

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 3 (1948)
Heft: 4

Artikel: Höhenflugteste
Autor: Lion, André
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-653653>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

HÖHENFLUGTESTE

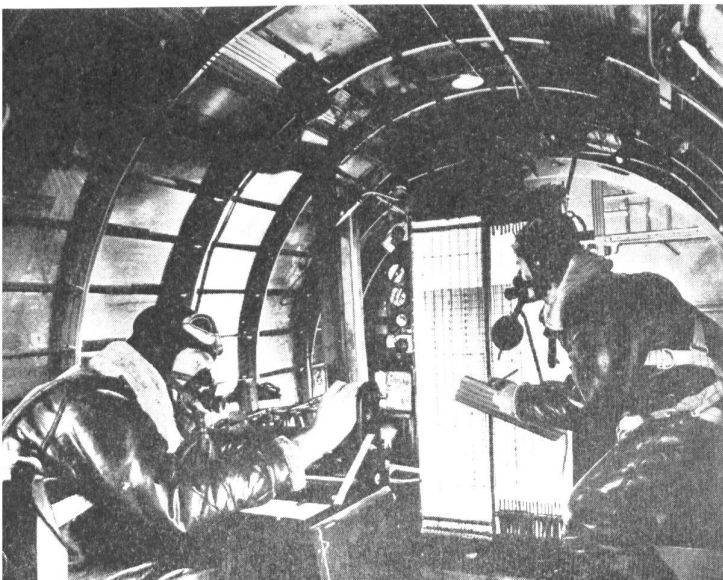
VON DIPL. ING. ANDRÉ LION



Bild 1: Blick durch das Fenster des Kühlraumes, wo unter ständiger Kontrolle von Ingenieuren, die sich ebenfalls niederen Temperaturen aussetzen müssen, Flugzeugteile geprüft werden. Im Innern dieser Kälteanlage herrschen Temperaturen bis zu 62° C unter Null.

Immer eindeutiger zeigt es sich, daß der zukünftige Fernluftverkehr in den luftverdünnten, verhältnismäßig ruhigen Luftschichten der Substratosphäre und der Stratosphäre stattfinden wird. Die Flugzeugindustrie, die um Jahre voraus planen muß, hat deshalb bereits Versuche mit Flugzeugen unternommen, die ohne jede Behinderung in diesen Höhen verkehren können. Es hat sich dabei gezeigt, daß bei diesen Flughöhen oft lebenswichtige Teile des Flugzeuges nicht mehr zuverlässig arbeiten oder sogar vollständig versagen. Die Kälte, die oft bis auf -62° Celsius und darunter sinkt, bewirkt, daß Gummi brüchig und hart wie Glas wird und tatsächlich einfriert.

Als bei einem Bombenangriff im Kriege ein Maschinengewehrgeschoß in dieser Höhe das hintere Rad einer «Super Fortress» traf, wurde der Reifen nicht nur durchlöchert, wie dies auf Meereshöhe geschehen wäre, sondern, wie wenn er aus Glas gewesen wäre, in tausend Stücke zerschmettert. In dieser Höhe wird oft Benzin breiig, Fett wie Blei, Metall schrumpft. Paradoxerweise bietet aber auch das Kühlen große Schwierigkeiten. Man sollte annehmen, daß die außerordentlich niedere Außenlufttemperatur die Abkühlung unterstreicht, aber die geringe Dichte der Luft bewirkt, daß die Gesamtmasse der Luft um die betreffende Einheit herum nicht ausreicht, um die



erzeugte Wärme abzuführen. Es hat sich zum Beispiel auch gezeigt, daß in solcher Höhe Generatoren, Spannungsregler, Elektromotoren, Radioempfänger und -sender der normalen Bauart aus den verschiedensten Gründen versagen. Daher ist die Flugzeugindustrie dazu übergegangen, für ihre zukünftigen Maschinen *Höhenflugteste* ausarbeiten zu lassen, das heißt, jeder einzelne Teil und die gesamte Maschine entweder im Flug selbst oder dann im dazu bestimmten Laboratorium auf das genaueste zu prüfen.

Im Sommer des Jahres 1804 unternahmen auf Veranlassung der Académie Française zwei kühne Männer die erste wissenschaftliche Expedition in höhere Luftschichten. Die beiden berühmten französischen Physiker Biot und Gay-Lussac waren, nach zeitgenössischen Berichten in ihrer Freiballongondel «mit ausgezeichneten Instrumenten reichlich versehen» (Bild 5). Ihre Untersuchungen beschränkten sich im wesentlichen auf magnetische und elektrische Erscheinungen. Gay-Lussac unternahm sehr bald darauf allein einen zweiten Aufstieg, der ihn «gegen 9000 Meter» in die Lüfte hob.

Wenn man bedenkt, daß über hundert Jahre später zahllose Wissenschaftler und Ingenieure die Arbeit von Jahren in die Entwicklung von Wärmeschutzkleidung und Sauerstoffmasken gesteckt haben, die allein, selbst in einem geschlossenen Flugzeug, Menschen in 9000 Meter Höhe gegen Erfrierung und Ersticken schützen können, dann ist offenbar Skepsis geboten gegenüber den zeitgenössischen Angaben, daß die beiden Wissenschaftler in Pelzmantel und Zylinderhut – von dem mitgenommenen Kanarienvogel ganz zu schweigen – wirklich das erreicht haben, was wir heute als Stratosphäre bezeichnen.

Die kühnen Männer, die heute, als Testpiloten und -mannschaften, in ihren Flugzeugen bis in die Stratosphäre aufsteigen, sind mit tausendmal besserem wissenschaftlichen Rüstzeug versehen als seinerzeit Biot und Gay-Lussac, obgleich ihre Expeditionen nicht wissenschaftlichen Zwecken

Bild 2: «Denitrogenisierung» vor dem Aufstieg in die Stratosphäre – oder dem simulierten Aufstieg in der Strato-Kammer. Jedes Mitglied der Test-Mannschaft muß 45 Minuten lang Freiübungen machen oder sich sonstwie intensiv körperlich betätigen, während er reinen Sauerstoff einatmet. Dadurch wird der Stickstoff aus dem Blut getrieben, der in großen Höhen sich stark ausdehnt und Blasen bildet – die Ursache für den schmerzhaften Aeroembolismus, das der Taucher-Krankheit ähnliche Leiden der Höhenflieger.

Bild 3: Blick in einen Kühlraum, der zu Testversuchen für Flugzeugteile benützt wird.

Bild 4: Beobachtungen während eines Höhen-Versuchsfluges

dienen, sondern praktischen Untersuchungen von Flugzeugen, Flugzeugteilen und -instrumenten, Testen, die erweisen sollen, wie von Menschen geschaffene Dinge – und die Menschen selber – den Flug unter den in großen Höhen herrschenden ungewöhnlichen physikalischen Verhältnissen aushalten.

Es sind meist blutjunge Wissenschaftler, die sich oft in Lebensgefahr begeben müssen, um Neukonstruktionen zu prüfen – neue Flugzeugtypen oder Vergaser, Motoren, Zündungssysteme, verbesserte Schwanzoberflächen, Turbokompressoren, Steuerorgane. Diese jungen Männer nehmen ihre Arbeit ungeheuer ernst. Sie müssen das; denn wenn ihre Arbeit und Zusammenarbeit nicht vollkommen sind, wenn nicht alle Versuchsbedingungen genau gemessen werden, dann sind die Ergebnisse wochenlanger Vorarbeiten wertlos – und zudem würden sie das Leben ihrer Kameraden gefährden.

*

Besondere «fliegende Laboratorien» sind für die systematische Prüfung von Flugzeuggeräten und -teilen geschaffen worden. Im Juni 1941 unternahm die Firma Boeing den ersten Versuchsflug bis zu 9000 Meter, wobei eine neue Höhenausrüstung für die Mannschaft verwendet wurde, mit besonderen Fliegeranzügen, Fallschirmabsprungmasken – Sauerstoffflaschen und Schutzbrillen (Bild 6). 1943 waren Flüge in elf Kilometer Höhe bereits alltäglich. Aber dann bereitete die große Kälte, mit Temperaturen bis zu minus 77° Celsius immer größere Schwierigkeiten. Beim Abstieg verhielt sich der Rumpf des Flugzeuges wie ein aus dem Kühlschrank genommenes Metallstück. Wenn er den Bereich höherer relativer Feuchtigkeit in niedrigeren Höhen erreichte, schlug sich eine dicke Reifschicht auf ihm nieder, die das Innere der Kabine kühl hielt wie die Isolierwand eines Kühlschranks. Im Juli 1945 erreichte ein «fliegendes Laboratorium» eine Höhe von 13 258,50 Meter, eine Rekordhöhe für ein viermotoriges Flugzeug und vermutlich die für diesen Typ überhaupt erreichbare Grenze.

Bereits in 9000 Meter Höhe, bei etwa 55° Celsius unter Null, ist der Luftdruck in der Kabine so niedrig, daß man seine eigene Stimme nicht mehr hört, wenn man über das Mikrophon des «Interphons» spricht. Das Telefon funktioniert, aber der Luftdruck ist nicht mehr ausreichend, um die gedämpfte Sprache bis zum Ohr zu tragen. Schriftliche Aufzeichnungen werden langsam und bedächtig, und die Handschrift sieht fremd aus (Bild 4).

Der Gesundheitszustand der Testteilnehmer, ihre Ernährung, selbst ihre Verdauung, sind von größter Bedeutung. Gasbildende Nahrungsmittel

verursachen stärkstes Mißbehagen und Schmerzen, weil sich bei stark fallendem Außendruck Gas in den Därmen bis auf das Siebenfache ausdehnt. Aber wer deshalb nichts oder weniger isst, braucht mehr Sauerstoff; denn er lebt von seinen eigenen Fettzellen, die für ihre Verbrennung viel Sauerstoff benötigen, und Sauerstoff ist knapp in der Stratosphäre. Kohlehydrate wie Zucker und Schokolade werden als Nahrungsmittel bevorzugt, weil sie verhältnismäßig wenig Sauerstoff für ihre Verbrennung benötigen.

Erkältungen oder Stirnhöhlenkatarrh können, besonders beim Abstieg, Qualen verursachen. Pfeifen ist unmöglich; denn mangels Gegendruck an den Lippen entweicht die Atemluft zu leicht, um einen Pfeiflaut hervorzurufen. Sprechen erfordert mit fallendem Luftdruck immer mehr Anstrengung, und die Stimmen klingen unnatürlich hoch. Das Ohr gleicht beim Aufstieg den großen Unterschied zwischen Innen- und Außendruck selbsttätig aus, aber beim Abstieg muß selbst der hartgesottene Testflieger durch Schlucken, Kauen oder Gähnen nachhelfen. Oft sehen seine Augen, infolge des fehlenden Luftgedruckes, blutunterlaufen aus. Jedes Mitglied der Höhenexpedition trägt natürlich eine Sauerstoffmaske, durch die Sauerstoff in die Lungen und den Blutstrom gezwungen wird. Aber in 12 000 oder 13 000 Me-

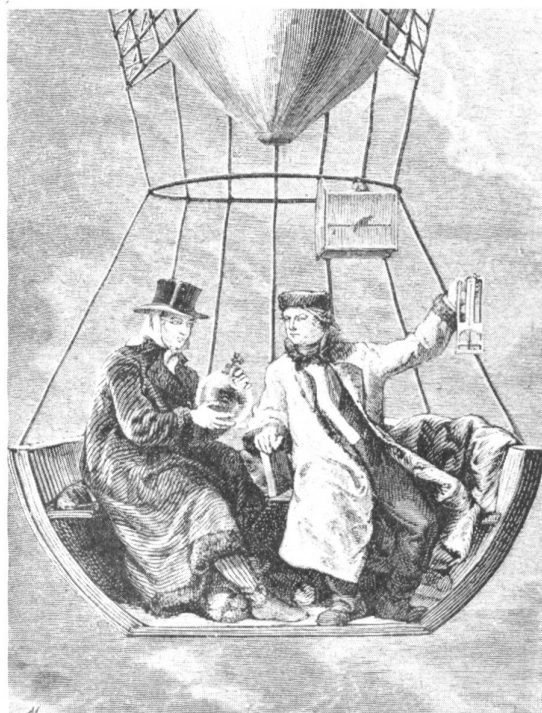


Bild 5: Die erste wissenschaftliche Expedition in die höheren Schichten der Atmosphäre, den die französischen bekannten Physiker Biot und Gay-Lussac «mit den ausgezeichnetsten Instrumenten reichlich versehen» im Jahre 1804 in einem Freiballon unternahmen.



Bild 6: Mitglieder einer Höhen-Test-Mannschaft in voller Ausrüstung sehen oft aus wie Erscheinungen aus einer anderen Welt. Fliegerhauben, Schutzbrillen, Sauerstoff-Masken und die schwere, elektrisch geheizte oder pelzgefütterte Kleidung verbergen Gestalt und Gesicht der Männer, und man glaubt es kaum, daß sie, derart behindert, längere Zeit sorgfältige Beobachtungen machen und aufs engste mit den anderen Mitgliedern der Mannschaft zusammenarbeiten können. Der kleinste Fehler kann die Arbeit von Wochen zunichte machen oder sogar das Flugzeug und das Leben aller gefährden.

(Alle Photos Boeing Aircraft, USA.)

ter Höhe bedeutet selbst bei künstlicher Sauerstoffzufuhr jede Bewegung eine Anstrengung, und man hat das Gefühl, aufgeblasen und immer müder und müder zu werden.

Sauerstoffmangel muß unter allen Umständen vermieden werden; denn er verursacht Aeroembolismus, des Höhenfliegers mildes und doch sehr unangenehmes Aequivalent für die Taucherkrankheit der Taucher. Der Betroffene leidet unter starken Schmerzen, zuerst besonders in den Gelenken, weil dort die Blutzirkulation am schlechtesten ist. Die Schmerzen werden hervorgerufen durch die Ausdehnung und Blasenbildung des Stickstoffes im Blutstrom und ein Zerreißen

der Blutgefäße. Aeroembolismus der Testmannschaft wird durch ein verhältnismäßig einfaches Mittel verhindert: Vor jedem Aufstieg wird der Stickstoff im Blut durch Sauerstoff ersetzt. 45 Minuten lang müssen die Teilnehmer der Expedition durch sogenannte «Denitrogenisierungs»-Masken reinen Sauerstoff einatmen, während sie kräftig Freiübungen machen oder Ball spielen. Das Ausarbeiten nimmt den Stickstoff aus dem Blut und ersetzt ihn durch Sauerstoff (Bild 2).

Es ist durchaus nicht immer erforderlich, für jeden Höhentest in die Stratosphäre aufzusteigen. Amerikanische Ingenieure haben ein in vielen Fällen befriedigendes, einfacheres Verfahren entwickelt, um Flugzeugteile und -instrumente zu testen: Sie bringen die Stratosphäre ins Laboratorium. Im Jahre 1940 bauten Boeing-Ingenieure die erste «Strato-Kammer», einen schweren Stahltank, 3,65 Meter lang und 1,70 Meter im Durchmesser, mit luftdicht schließenden Türen an beiden Enden. Der Behälter ist in zwei Abteilungen unterteilt, die durch eine Tür miteinander verbunden sind. Eine Abteilung vertritt die Kabine des Flugzeuges, die andere die Außenluft. Im Innern der Kammer ist Raum für mehrere Versuchsingenieure. Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit in der Kammer können sowohl von innen wie von außen geregelt werden. Die Verbindung mit der Außenwelt ist durch die Beobachtungsfenster und eine Telephonanlage gesichert. Die Stratokammer ist inzwischen durch eine Tieftemperatur-Tiefdruckabteilung erweitert worden.

Die Stratokammer ermöglicht wissenschaftliche Untersuchungen unter Bedingungen, wie sie bis zu 12 000 Meter Höhe über Meer herrschen, ohne daß diese Höhen aufgesucht werden müssen. Durch eine Verstärkung der Pumpanlage könnte das Niveau der Untersuchungen ohne Schwierigkeiten bis auf über 18 000 Meter heraufgesetzt werden. Die Kammer dient nicht nur der Entwicklung neuer Flugzeuge und Flugzeugteile, sondern auch dazu, Testmannschaften zu lehren, wie sie sich in großen Höhen, unter ungewöhnlichen physikalischen und physiologischen Verhältnissen zu verhalten haben (Bild 1). Hier lernen die jungen Männer vor allem, mit den Sauerstoffgeräten und mit den für Notfälle geschaffenen Hilfsmitteln umzugehen. Hier entscheidet es sich, ob sie geistig und körperlich für den Beruf des Höhen-testingenieurs geeignet sind.

In der Kammer werden mechanische Teile und elektrische Geräte bei gleichzeitigem niedrigen Druck und tiefen Temperaturen, also unter vollen stratosphärischen Bedingungen, geprüft. Eine Temperatur von minus 62° Celsius und ein Luftdruck von nur 0,19 Atmosphären würde also etwa einer Höhe von 12 000 Metern entsprechen.

Viele Flugzeugteile brauchen jedoch nur unter einer der beiden Bedingungen, entweder Kälte oder niedrigem Druck, untersucht zu werden. Vor allem größere Teile und Zusammenbauten, die nur einen Kältetest erfordern, werden in einem Kälteraum geprüft (Bild 3) in dem dieselbe Kühlmaschine, die die Stratokammer abkühlt, Temperaturen bis zu minus 62° Celsius erzeugen und unbegrenzt lange aufrecht erhalten kann. Die im Kälteraum arbeitenden Techniker werden

ununterbrochen von einem Ingenieur durch dicke Glasfenster beobachtet, und der Beobachter steht in ständiger telephonischer Verbindung mit der Testmannschaft. Auch bei einem sich lange hinziehenden Kälteversuch sind also Leben und Gesundheit der Versuchsmannschaft im Kälteraum – wie auch in der Stratokammer – niemals gefährdet, was man von der Testmannschaft im «Fliegenden Laboratorium» nicht immer sagen kann.

An der Grenze des menschlichen Lebens

DIE HITZE

Von Dr. Heinz Graupner

Gegen Kälte kann sich der Mensch durch Kleidung oder Heizung schützen. Vor der Hitze dagegen pflegt er ohnmächtig zu kapitulieren. Schatten, Ventilator und Eiswasser scheinen die einzigen Linderungsmittel zu sein, um die qualvoll herabstürzende Glut der tropischen Sonne zu mildern.

Wer von kaum erträglicher Hitze spricht, denkt an brennende Sonne. Aber ich habe doch meine unangenehmsten Erinnerungen an Hitze nicht in der flimmernden, wüstentrockenen Luft Nordafrikas, sondern in der dunstigfeuchten Atmosphäre des Amazonasgebietes gewonnen, obgleich dort die Temperaturen nicht die Maxima afrikanischer Steppengebiete erreichten und die Sonne nicht brannte, sondern dunstig abgeschirmt war.

Damit ist bereits ein wenig die Problematik der Frage umrissen, welche Temperaturhöhe für uns unerträglich ist. Wo liegt die Lebensgrenze, wenn das Thermometer nach oben steigt? Wir können weder genau noch ungefähr antworten. Die Zahl versagt.

Das liegt zu einem Teil daran, daß der Mensch ein lebendiges Wesen mit vielen körperlichen und seelischen Anpassungsmöglichkeiten ist. Zum anderen Teil ist daran schuld, daß die Hitze, die unseren Körper trifft, in ihrer Wirkung von der Feuchtigkeit der Luft abhängig ist, und zwar in einem Maße, das uns zu erstaunen pflegt.

Betrachten wir einmal nicht den Gefahrenpunkt für den Menschen, sondern das Optimum, jene Temperatur, die man so treffend und freundlich als Behaglichkeitsklima bezeichnet hat. Dieses Optimum ist genau so wenig mit Exaktheit zu bestimmen, wie die Lage der äußersten Lebensgrenze. In USA. hat man vor längerer Zeit Versuche darüber in einer Kammer mit künstlichem Klima angestellt. Die Versuchsperson war ganz leicht gekleidet. Sie fand 20 Grad bei 100 Prozent relativer Feuchtigkeit – das heißt völlig wassergesättigter Luft – behaglich, ebenso 22½ Grad bei 60 Prozent und 37 Grad bei zehn Prozent relativer Feuchtigkeit. In der freien Natur spielt für das subjektive Wärmeempfinden die Luftbewegung noch zusätzlich eine große Rolle. Sie kühlt, wenn sie über den schweißfeuchten Körper streicht, erheblich ab und kann so Temperaturen, die bei Windstille kaum auszuhalten wären, noch tragbar machen.

Übersteigt die Außentemperatur 37 Grad, das heißt unsere durchschnittliche Körpertemperatur, muß durch ein Temperaturgefälle zwischen Haut und Luft eine Abkühlung herbeigeführt werden, da sonst die Körpertemperatur fiebrig steigen würde. Das geschieht durch Verdunstung. Dabei werden dem Körper beträchtliche Wärmemengen entzogen. Beispielsweise kann in den Tropen eine Temperatur von 45 Grad nur ertragen werden, wenn beim Erwachsenen etwa