

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 6 (1951)
Heft: 8

Artikel: Tanken im Fluge : neue Entwicklungen in der Flugtechnik
Autor: Weihmann, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-654308>

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: 31.01.2025

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

TANKEN IM FLUGE

Neue Entwicklungen in der Flugtechnik

Von Dipl.-Ing. G. Weikmann

DK 656.7.065.35

Früher, in einer geruhsameren und friedfertigeren, in der sogenannten guten, alten Zeit waren es die Meldungen über Polarexpeditionen, über neue Kanalbaupläne, über moderne Überseedampfer, die in den Spalten der Tagespresse für die vom Publikum gewünschten Sensationen aus der Welt von Wissenschaft und Technik sorgten. Heute ist es neben der Wissenschaft von der Atomenergie und der Krebsbekämpfung vornehmlich die Flugtechnik, die diese Aufgabe übernommen zu haben scheint. Keine Woche vergeht, in der nicht wenigstens einmal von einem neuen Geschwindigkeitsrekord, vom Transport einer vollständigen Kompanie Soldaten samt Bewaffnung und Ausrüstung in einem einzigen Frachtflugzeug, vom neuesten Rückstoßtriebwerk, vom ersten Passagierflugzeug mit Kinovorführraum oder Badezimmer, vielleicht gar mit einem Roulettetisch berichtet wird. Die Fülle solcher Meldungen stumpft freilich ab. Und so reichte es für die folgende Nachricht nur eben für vier Druckzeilen: „Im März 1949

hat ein amerikanischer Bomber den ersten Nonstop-Flug um die Erde ausgeführt. Das Flugzeug hieß ‚Lucky Lady II‘, also ‚Glückliche Frau II‘, und benötigte für den Flug 94 Stunden.“

Die lakonische Kürze dieser Meldung läßt freilich nicht erkennen, daß man jenen Flug mit gutem Recht als einen der so gern zitierten „Marksteine in der Entwicklung der Flugtechnik“ bezeichnen kann. Das Unternehmen wurde nämlich allein dadurch möglich, daß unterwegs aus einem „Tankerflugzeug“ Brennstoff übernommen wurde, und zwar insgesamt viermal: über den Azoren, über Australien, den Philippinen und Hawaii, jedesmal während des Fluges, also ohne Zwischenlandung. Und das war notwendig, weil ein Flugzeug wie die wahrhaft „Glückliche Frau“, eine viermotorige Boeing vom Typ B 50, für jeden Kilometer Flugstrecke rund fünf Liter Brennstoff braucht, für ihre 27.500 km lange Reise um den Erdball also fast 140.000 Liter. Wo sollte man eine solche riesige Benzinmenge, mit der drei oder vier Automobilbesitzer bequem ihr ganzes Leben

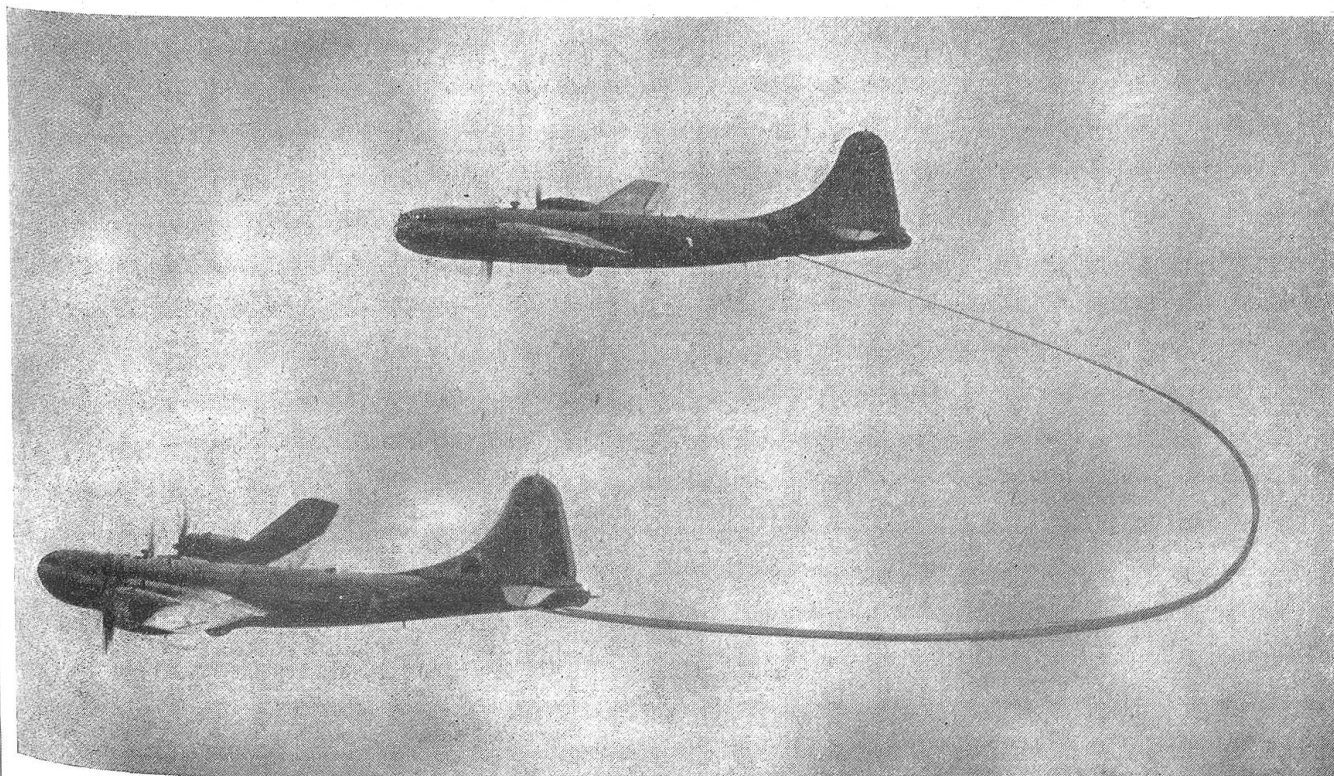


Abb. 1. Tanken in der Luft nach dem „Harpunier-System“. Die beiden Flugzeuge sind durch einen Schlauch miteinander verbunden

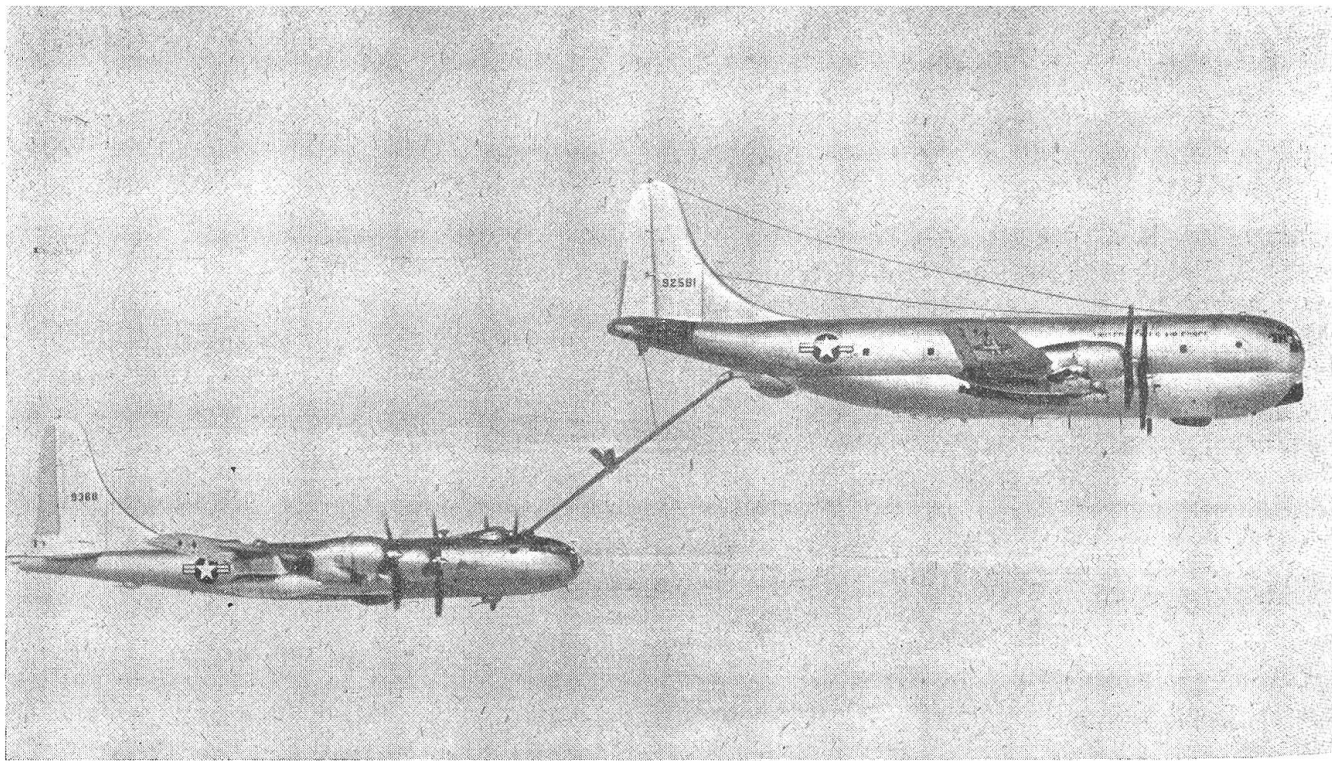


Abb. 2. Treibstoffübernahme in der Luft nach dem „Starr-Rohrsystem“. Die Verbindung zwischen den beiden Flugzeugen ist hergestellt und das Auftanken hat begonnen

lang ausreichen, in einem Flugzeug unterbringen? Am Problem der Treibstoffübernahme in der Luft arbeitet man seit nunmehr fast drei Jahrzehnten. Im Jahr 1923 gelang es durch Nachtanken im Fluge den Piloten Smith und Richter, sich 420 Stunden lang, also $17\frac{1}{2}$ Tage ununterbrochen in der Luft zu halten. Die Gebrüder Hunter brachten es dann auf 554 Stunden, und im Jahre 1935 schraubten die Gebrüder Keys den Rekord gar auf 654 Stunden, also auf über 27 Tage, fast einen vollen Monat! Ziel all dieser Unternehmungen war freilich nur der Rekord als solcher; eine praktische Notwendigkeit lag für die Treibstoffübernahme im Fluge noch nicht vor. Heute aber — genauer gesagt: seit dem Ende der dreißiger Jahre — liegen die Dinge anders. Heute stellt man an das Verkehrsmittel „Flugzeug“ sehr erhebliche Ansprüche, besonders bezüglich Tragfähigkeit, Geschwindigkeit und Reichweite. Das bedingt erhöhte Leistung der Triebwerke. Man muß mehr Motoren einbauen, größere und leistungsfähigere. Diese aber schlucken mehr Benzin; infolgedessen müssen die Treibstofftanks vergrößert und deshalb die Motorleistung abermals erhöht werden, weshalb dann wieder... So entsteht ein Circulus vitiosus, welcher der Grund dafür ist, daß man Flugzeuge nicht beliebig

groß bauen kann, zumal wenn die Reichweite nicht geringer werden soll. Man sagt: Das Verhältnis zwischen zahlender Ladung (das sind die Passagiere, die Frachtgüter und die Postsäcke) und der nicht zahlenden Ladung (das ist vor allem der Treibstoff) wird um so ungünstiger, der Flug also um so teurer, je weiter die Entfernung und je größer die Reisegeschwindigkeit wird.

Und noch ein Weiteres kommt hinzu: Die ungünstigsten Flugbedingungen während der ganzen Reise herrschen beim Start. Denn hier erlaubt die verhältnismäßig geringe Rollgeschwindigkeit kein allzu hohes Gewicht, soll der Auftrieb — also der Luftdruck unter den Tragflächen und der Sog über ihnen — ausreichend sein, die gewaltige Last des Flugzeuges abzuheben und hochzuziehen. Deshalb darf das zulässige Startgewicht nicht überschritten werden. Nach vollzogenem Start wäre die Tragfähigkeit des Flugzeuges dann freilich erheblich größer; aber nun „ist es zu spät“.

Was das bedeutet, mögen einige Zahlen zum Ausdruck bringen: Ein modernes Großflugzeug braucht für einen Fernflug so viel Treibstoff, daß dieser 25 bis 35% des Startgewichtes ausmacht. Für die zahlende Last, also Passagiere und Fracht, verbleiben dann nur noch 5 bis 15% als zulässiger Anteil am Abfluggewicht. Stünden aber „fliegende Benzinzapfsäulen“ zur Ver-

fügung, himmlische Tankstellen gewissermaßen, dann brauchte man nur mit einem Minimum an Treibstoff in kleineren und leichteren Benzintanks starten, dafür aber entsprechend mehr zahlende Last aufnehmen, welche so auf 20 bis 25% des Abfluggewichtes wächst. Der für den Fernflug fehlende Treibstoff wird dann im Fluge nachgetankt. Oder, noch einleuchtender: Ein viermotoriges Transozeanflugzeug braucht für einen Flug von London nach New York rund 30.000 Liter Brennstoff, wenn es 50 Passagiere an Bord hat. Diese Fluggäste zahlen zusammen etwa 60.000 Mark. Startet man nur mit dem nötigsten Treibstoff, dann kann man weitere 50 Fluggäste einsteigen lassen, die wiederum 60.000 Mark einbringen. Für das dann notwendige Nachtanken im Fluge rechnet man knapp 10.000 Mark Kosten, so daß der Reingewinn durch die fliegenden Tankstellen, von eventuellen Amortisationen abgesehen, rund 50.000 Mark beträgt!

Die Betankung im Fluge ist also aus der Sphäre allgemeiner Rekordsucht herausgerückt und zu einer Angelegenheit von Rentabilität und

Wirtschaftlichkeit geworden. Dabei steht in der Zivilluftfahrt weniger die Erhöhung der Reichweite im Vordergrund; Flüge „rund um die Erde“ sind ja verkehrstechnisch ein Nonsens, denn die längste praktisch denkbare Entfernung zweier irdischer Punkte ist der halbe Erdumfang, also 20.000 km, ein „weiterer“ Punkt wird „andersherum“ auf kürzerem Wege erreicht. Nein, es ist die Erhöhung der Lade-fähigkeit, die Vermehrung der zahlenden Last, welche den Wunsch nach fliegenden Tankstellen wachwerden ließ. In der Militärfliegerei allerdings kommt die Erhöhung der Reichweite schnellfliegender, rückstoßgetriebener Kampf-flugzeuge hinzu, weil deren hoher Brennstoff-verbrauch einen verhältnismäßig geringen Aktionsradius zur Folge hat.

Soweit die Hoffnungen, Wünsche, Forde-rungen — kurzum: die Theorie. Und die Wirk-lichkeit? Wie steht es in der Praxis um die fliegenden Tankstellen?

Wir dürfen sagen: das Problem ist gelöst. D r e i wirklich brauchbare Methoden zur Über-nahme von Brennstoff im Fluge kennt man

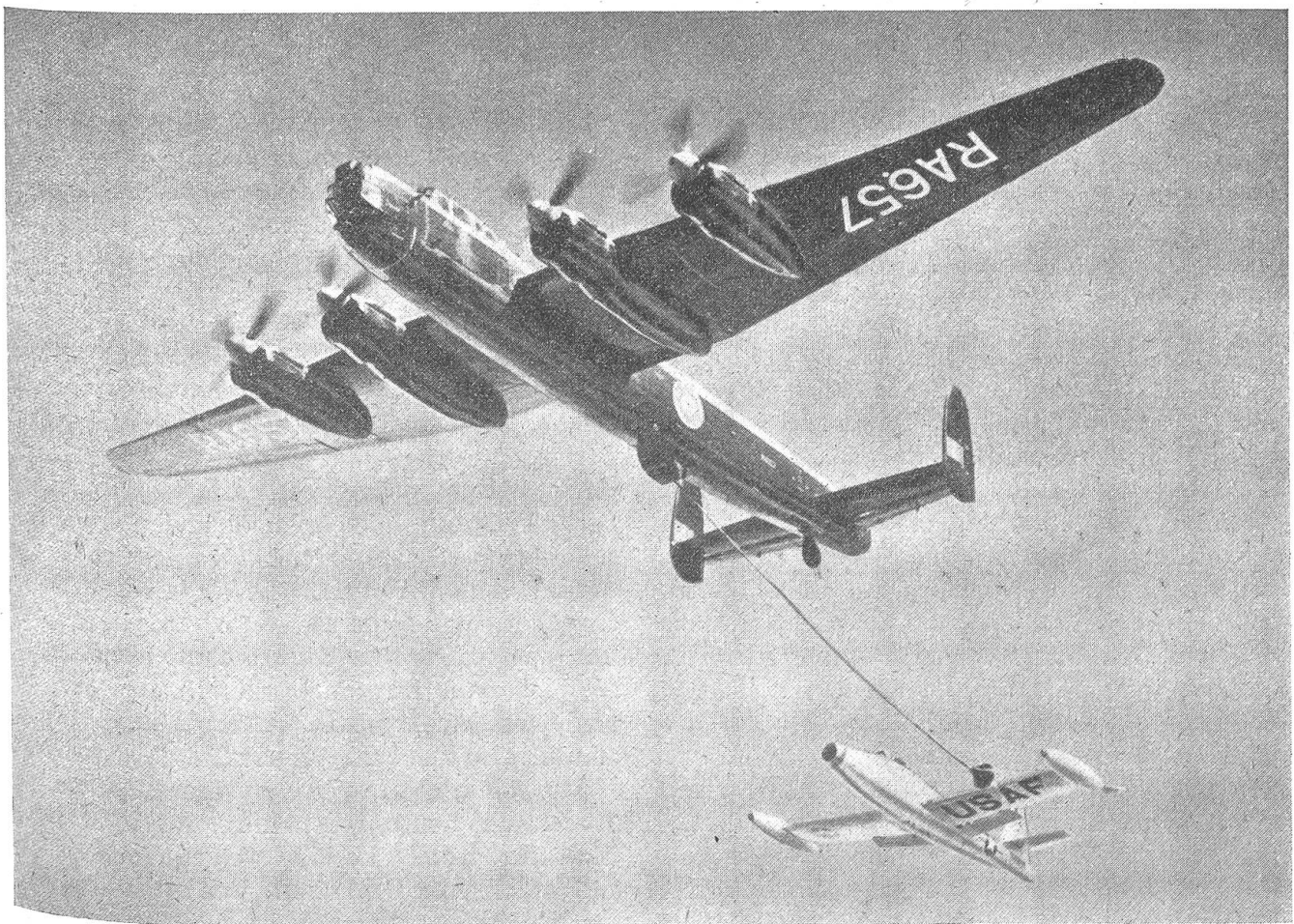


Abb. 3. Treibstoffübernahme im Fluge. Ein Thunderjet-Jagdflugzeug wird von einem Lincoln-Tankflugzeug mit Treibstoff versorgt. Hier tritt das „Trichtersystem“ in Anwendung (The Illustrated London News)

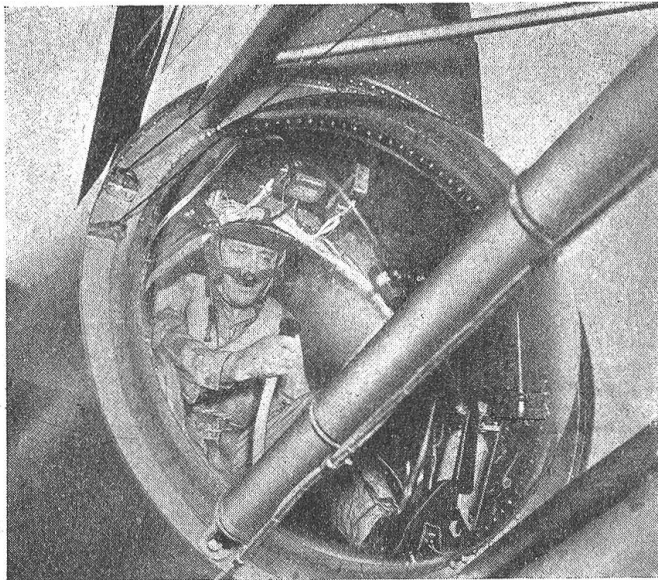


Abb. 4. Der Tankwart im Heck des Tankers leitet mit dem Steuerknüppel die Bewegung des „Flying Boom“

(Luftfahrt-Archiv Herwig)

heute, zwei englische und eine amerikanische. Bei allen drei Verfahren wird zwischen dem Tanker- und dem Empfängerflugzeug eine Leitungsverbindung hergestellt, durch die der Brennstoff überfließt; bei den beiden englischen, von Sir Alan Cobham entwickelten Methoden sind es biegsame Schläuche, bei der amerikanischen ein starres Rohr.

Sir Alan begann seine Berechnungen und Versuche im Jahre 1932. Er stützte sich dabei auf praktische Erfahrungen anderer und vor allem auf die Versuche der Deutschen Luft Hansa aus dem Jahre 1930. Sieben Jahre lang hat Cobham experimentiert. Im Jahr 1939 war er soweit, daß man die planmäßig verkehrenden Nordatlantikflugboote vom Typ Short S-30 in der Luft mit jeweils rund 5000 Liter Brennstoff nachtanken konnte. Das Verfahren kann man als „Harpuniermethode“ bezeichnen. Das Tankerflugzeug, kurz „Tanker“ genannt, setzt sich dabei — durch Funk, neuerdings durch Radar herangeführt — hinter die Verkehrsmaschine, den „Empfänger“, dabei zunächst etwas seitlich und ein wenig tiefer fliegend als dieser. Nun spult das Empfängerflugzeug aus seinem Heck eine 80 m lange Schleppleine ab, die, am Ende durch eine Kupplungsvorrichtung belastet, sich durch den Flugwind in einem weiten Bogen nach abwärts wölbt. Jetzt tritt der wichtigste Mann im Tanker, gewissermaßen der „Tankwart“, in Aktion: Wohlgezielt schießt er mit einer Harpune eine Fangleine so vor das Schleppseil, daß sich beide ineinander verhängen. Die Fangleine rutscht an dem bogenförmig niederhängenden Seil herab und hakt sich an dessen Ende automatisch in die Kupplung ein. Eine erste Verbindung ist hergestellt! Nun holt

der Tankwart mit Hilfe der motorisch angetriebenen Seiltrommel die Fangleine wieder ein und befestigt am Ende des Schleppseiles das Mundstück des eigentlichen Tankschlauches. Während jetzt der Tanker allmählich über die Höhe des Empfängerflugzeuges steigt, wird von dort der knapp 80 m lange Tankschlauch an der Schleppleine herübergezogen. Automatisch kuppelt sich dessen Mundstück im Einfüllstutzen des Benzintanks ein, und ein Lichtsignal zeigt in beiden Maschinen an, daß der Anschluß betriebsklar ist (Abb. 1). An sich könnten nun die Brennstoffventile geöffnet werden. Da man aber befürchten muß, daß sich im ersten Augenblick ein leicht entzündlicher und deshalb gefährlicher Benzinnebel im Innern des Schlauches bildet, wird vom Tanker her die Leitung zunächst mit unbrennbarem Stickstoff durchgeblasen und so jede Luft herausgedrückt. Dann erst beginnt man mit der Treibstoffabgabe: Durch das natürliche Gefälle strömt das Benzin durch die innen etwa 5 cm messende Leitung, an die 550 Liter in der Minute. Sollte durch einen unvorhergesehenen Zwischenfall die auf dem Schlauch lastende Zugkraft 650 kg übersteigen, dann löst sich automatisch die Kupplung, und ebenso selbsttätig schließen sich die Ventile.

Haben sich die Tanks des Empfängers „sattgetrunken“, dann holt der Tankwart den Füllschlauch wieder ein, der dabei zur besseren Führung noch mit dem Schleppseil verbunden bleibt. Diese letzte Verbindung wird kurzerhand dadurch gelöst, daß der Tanker abschwinkt: An einer eigens dafür vorgesehenen schwachen Stelle reißt die Schleppleine, und nun geht ein jeder wieder seine eigenen Wege: Der Tanker nimmt Kurs „Heimathafen“, das Empfängerflugzeug setzt seine Reise fort. Zehn Minuten hat das Tanken gedauert, etwa ebenso lange rechnet man für die vorbereitenden und abschließenden Manöver. Der ganze Vorgang nimmt also rund 20 Minuten in Anspruch.

Mit diesem Harpuniersystem arbeiten die Engländer heute regelmäßig auf ihrer Nordatlantikroute: In London steigen die Maschinen mit halbleeren Tanks auf, werden in der Nähe des Flughafens Shannon auf Irland nachgetankt, überqueren dann das große Wasser, ergänzen den Brennstoffvorrat wieder über Gander auf

Neufundland und landen schließlich in New York. Auch die „Lucky Lady II“ wurde auf ihrem ersten Flug rund um die Erde nach diesem Verfahren nachgetankt. Es hat den bedeutenden Vorteil, daß nur die Mannschaft des Tankers besonders geschult sein muß, während sich für den Empfänger im wesentlichen alles automatisch abspielt. Und da ein Tanker zur Versorgung vieler Verkehrsflugmaschinen eingesetzt werden kann, fällt dieser Vorteil schon ins Gewicht. Aber einige Nachteile dieses Systems sind doch auch recht beträchtlich: Es funktioniert nicht in größeren Höhen, es erfordert immerhin 20 Minuten Zeit, und die Fluggeschwindigkeit darf während der Brennstoffübernahme nicht allzu hoch sein. So entwarf Sir Alan Cobham das zweite, das „Trichtersystem“. Hierbei setzt sich der Tanker vor den Empfänger und spult aus seinem Heck gleich den Füllschlauch selbst ab. Am Ende des Schlauches sitzt ein mächtiger Trichter, dessen Öffnung infolge der Luftströmung genau nach rückwärts weist. Das Empfängerflugzeug aber besitzt an der Vorderkante eines seiner Tragflügel oder auch an der Rumpfspitze eine starre Sonde, eine Hohnadel gewissermaßen, mit welcher der Pilot in den Trichter hineinstößt. Dazu muß er freilich gut zielen, aber die Weite des Trichters und die glänzende Manövrierfähigkeit moderner Flugzeuge erleichtert den Vorgang. In der Spitze des Trichters klinkt sich die Sonde automatisch ein, und schon kann der Brennstoff unter Druck in die Tanks des Empfängers gepreßt werden. Das durch eine Feder begrenzte Spiel der Schlauchtrommel im Tanker sorgt dafür, daß die Leitung immer die gleiche Straffheit besitzt, auch wenn sich der Abstand der Flugzeuge voneinander etwas ändert.

Dieses Verfahren arbeitet natürlich viel schneller als das Harpuniersystem. Selbst große Maschinen wie die „de Havilland Comet“ sind in fünf Minuten aufgetankt. Zudem wiegen die notwendigen Zusatzeinrichtungen im Empfänger statt 135 nur 14 kg. Die Sonde dient übrigens manchmal gleichzeitig als Radar-Antenne und als Zieleinrichtung bei Militärflugzeugen. Vor allem funktioniert das Trichtersystem auch bei sehr hohen Geschwindigkeiten. Aber — es läßt sich nur für rückstoßgetriebene

Empfängerflugzeuge verwenden, für die es speziell entwickelt wurde. So trug es denn auch zum Gelingen der ersten Nordatlantiküberquerung eines Düsenflugzeuges entscheidend bei: Am 22. 9. 1950 starteten vom Flughafen Manston in England zwei amerikanische Düsenjäger vom Typ F 84 und machten sich auf den 6000 km langen Weg nach New York. Der eine hatte allerdings Pech: bei ihm hatte man sich verkalkuliert, so daß der Pilot wegen Benzinmangels vor der Küste von Labrador mit dem Fallschirm aussteigen mußte. Der andere aber erreichte bei insgesamt dreimaligem Nachtanken glücklich sein Ziel. Da ein Düsenflugzeug erheblich mehr Brennstoff verbraucht als eine Propellermaschine, ist diese erste Atlantiküberquerung schon ein bemerkenswertes Ereignis.

Für propellergetriebene Flugzeuge aber wäre das Anfliegen des Trichters mit einer Sonde doch zu gefährlich. So kam es zum dritten System, dem amerikanischen „Flying Boom“, dem „Fliegenden Ausleger“. Das ist ein starres Teleskoprohr, welches, nach rückwärts weisend, am Heck des Tankers in einem Kugelgelenk montiert ist. Zunächst ist es bis auf etwa 8 m in sich zusammengeschoben; sein freies Ende wird durch ein über eine Rolle laufendes Stahlseil in gerader Verlängerung des Rumpfes gehalten. Haben Tanker und Empfänger, wieder durch Radar dirigiert, zueinander gefunden, dann öffnet der Mechaniker an Bord der Empfängermaschine eine Luke im Dach des Rumpfes, während der Pilot die Maschine knapp hinter den Tanker setzt, dabei ein wenig tiefer fliegend als dieser. Nun wird der „Fliegende Baum“ am Halteseil niedergelassen und das teleskopartige Verlängerungsstück herausgeschoben. Das Rohr bekommt so eine Länge von etwa 14 m. Im Heck des Tankers

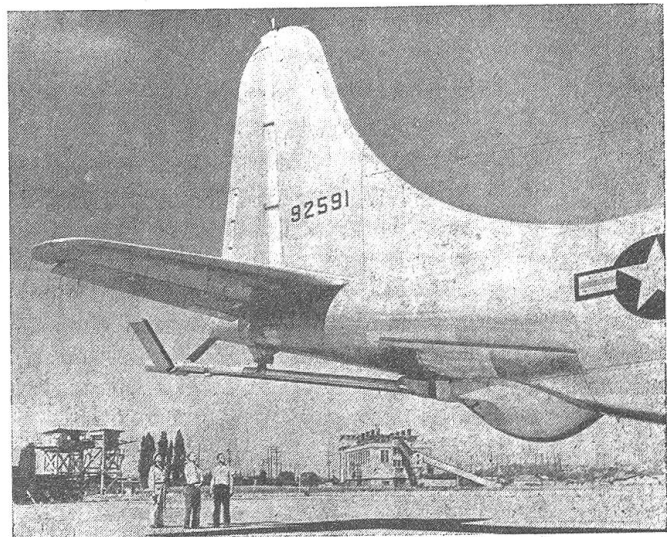


Abb. 5. Am Heck des Tankers ist in einem Kugelgelenk ein starres Teleskoprohr montiert, das beim Tanken auf die doppelte Länge ausgefahren werden kann

aber sitzt wieder ein Tankwart; in der Hand hat er einen Steuerknüppel, mit dem er ein V-förmiges Leitwerk betätigt, das etwa in der Mitte des ausgezogenen Teleskoprohres sitzt. Je nach Bewegung des Steuerknüppels hebt und senkt sich das Rohrende, schwenkt es nach rechts oder links — eben ein „Flying Boom“. So dirigiert ihn der Tankwart, bis er genau vor der offenen Luke des Empfängerflugzeuges steht — eine letzte Korrektur, und schon schiebt er sich in den Einfüllstutzen, wird dort eingekuppelt, und dann beginnt die Brennstoffabgabe, auch hier durch kräftige Pumpen beschleunigt.

Wie das Trichtersystem, so kann auch diese Einrichtung in großen Höhen verwendet werden. Sie arbeitet dabei sehr rasch und zuverlässig. Eine Veränderung des Abstandes der beiden

Flugzeuge beispielsweise gleicht das Teleskoprohr automatisch aus. Selbst der Möglichkeit einer Vereisung des Teleskopleitwerkes hat man durch Einbau eines Goodrichenteisers (das sind in Gummi eingebettete Heizdrähte) vorgebeugt.

Überhaupt scheint uns die Tatsache bemerkenswert, daß alle drei Systeme zum Tanken in der Luft: das Harpunier-, das Trichter- und das Starr-Rohrsystem, derart sicher arbeiten, daß bis heute noch kein Unfall während der Brennstoffübernahme bekanntgeworden ist. Eine solche Sicherheit aber ist die Voraussetzung für ihre Anwendung in der Verkehrsluftfahrt. Denn niemals darf hier die Vergrößerung der Reichweite und die Zunahme der Nutzlast durch erhöhte Gefahren erkauft werden. „Safety first“ ist das oberste Gebot in der Zivilliegerei.

GEHORTETE WÄRME IM ERDBODEN

DK 551.525.4

Wo bleiben die Wärmemengen, die im Laufe eines Sommers von der Sonne auf den Erdboden gestrahlt werden? Gehen gerade diese Werte, die den Kraftstoff allen Lebens auf der Erde bilden, im Erdreich verloren? Wenn sich auch der Boden bei der sommerlichen Bestrahlung zeitweise außerordentlich stark erwärmt, so wird doch ein erheblicher Prozentsatz dieser Wärme sofort wieder an die Luft zurückgegeben bzw. durch Verdunstung verbraucht. Es steht jedoch fest, daß bedeutende Wärmemengen in die einzelnen Erdschichten eindringen, dort konserviert werden und erst später wieder zur Bodenoberfläche und in die Atmosphäre zurückkehren. In einem normalen Boden kann man die tägliche Temperaturwelle bis zu 1 m Tiefe und die jährliche Temperaturschwankung bis zu 7 bis 12 m Tiefe verfolgen. Eingehende Messungen haben ergeben, daß mit der während der Sommerperiode aufgespeicherten Bodenwärme eine 32 m hohe Luftschicht 180 Tage lang in der kalten Jahreszeit theoretisch um 10 Grad aufgeheizt werden kann. Es wurde ferner nachgewiesen, daß die nach Ablauf der Vegetationsperiode (April bis September) endgültig „magazinierte“ Wärmemenge sich keineswegs nur auf die oberen Bodenschichten verteilt. Es beträgt die Speicherung bis zu 1 m Tiefe in dieser Zeitspanne zirka 3800 Kalorien, in der Schicht von 1 bis 2 m sogar 4000, von 2 bis 6 m 12.100, von 6 bis 8 m immer noch 2400, also über 19.000 Kalorien je Quadratmeter, die Speicherung unterhalb 8 m nicht mitgerechnet (Waldböden vereinnahmen weniger, felsige Böden weit mehr). Dazu kommt noch, daß nicht unbeträchtliche Zusatzspeicherungen im Laufe der Vegetationszeit erfolgen, die immer dann, wenn während des Sommers länger anhaltende Abkühlungen eintreten, örtlich und zeitlich verschieden stark abgegeben werden, die aber nicht in diesen Rechnungen enthalten sind. Wie weit der Boden durch diese oft unterschätzten Energieströme temperatursausgleichend auf die Luft wirkt, hängt nicht nur von

seiner Oberflächenbeschaffenheit und den gegenwärtig herrschenden Temperaturverhältnissen der obersten Bodenschicht ab, sondern vor allem von der Größe und Schnelligkeit der je nach Vorrat aus dem Untergrund längs des Temperaturgefälles rücktransportierten Wärmemenge. Woher sollten sonst auch die 1000 und mehr Kalorien kommen, die in einer wolkenlosen Herbst- und Frühlingsnacht aus jedem Quadratmeter Oberfläche ausgestrahlt werden, wenn nicht aus der Speicherwärme? Nur ein Zwanzigstel dieser Wärmemenge wird normalerweise von der erdnahen Luftschicht abgegeben, mehr nur bei Wind oder auch dann, wenn zum Nachteil von Garten- und Landwirtschaft kein Energienachschub aus dem Boden erfolgen kann. Landschaften mit vorwiegend schweren Kulturböden und hohem Grundwasserstand oder ausgedehnten Wasserflächen verhalten sich dabei anders als Waldgebiete und wieder anders als Sandheideflächen. Letztere geben bei Trockenheit und starker Einstrahlung ihre kaum aufgenommene Wärme weniger nach unten als bald wieder an die Atmosphäre ab, sie verlieren das Gleichgewicht und werden zu Aufwindgebieten oder Gewitterförderungsherden.

Mit der Wärmespeicherung im Boden verbinden sich also vielseitige Vorgänge, die für die Vervollkommnung der langfristigen Wettervorhersagen von Bedeutung sein könnten. Insbesondere für die nachtfrostgefährdeten Zeiten ist eine genaue Kenntnis der Wärmespeicherung des Bodens und der Bodenfeuchtigkeit von großem Vorteil. So wurde für den Frühling 1948 darum die Nachtfrostgefahr geringer bewertet, weil infolge des heißen Sommers 1947 mit einem genügenden Wärmeschub aus den tieferen Bodenschichten gerechnet werden konnte. Dagegen war im Frühjahr 1949 die Nachtfrostgefahr sehr groß, weil nur geringe Wärmevorräte bestanden und außerdem große Bodentrockenheit den Nachschub dieses geringen Wärmevorrates nach oben behinderte.

Walter Lammert