Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 3: SIA-Heft, Nr. 1/1973: Neue Verkehrsmittel

Artikel: Das Überschall-Verkehrsflugzeug "Concorde"
Autor: Künzler, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71781

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

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

7. Wirtschaftlichkeit

So bestechend und einfach ein neues Verkehrsmittel auch sein mag, muss es doch in erster Linie gewissen wirtschaftlichen Überlegungen standhalten, damit es verwirklicht werden kann. Eine grobe Berechnung zeigte, dass sich für das vorgeschlagene System durchaus vertretbare Werte ergeben; diese sind:

Trasse in Hochlage	2,0 Mio Fr./km
Haltestelle in Hochlage	0,8 Mio Fr.
Fahrzeug	0,1 Mio Fr.
Betriebskosten	1 bis 2 Fr./Wagen-km
Fahrtkosten	0.50 bis 1.50 Fr./Fahrt

Die Ermittlung der Fahrtkosten reagiert sehr empfindlich auf gewisse Eingabewerte, insbesondere der Benützerzahlen und der Betriebskosten. Je nach Wahl der Grundwerte kann sich deshalb das System als sehr wirtschaftlich oder auch als unrentabel erweisen. Da die Berechnung ausgerechnet um diese kritische Nutzschwelle pendelt, stehen vertiefte Kostenermittlungen im Mittelpunkt der weiteren Untersuchungen, die im Rahmen einer kleinen Arbeitsgruppe durchgeführt werden sollen.

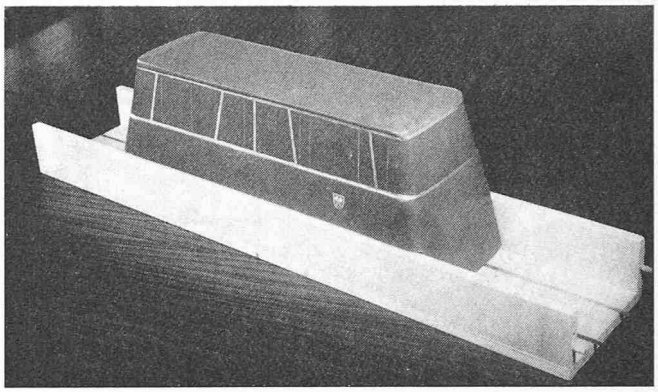


Bild 8. Modellaufnahme des Biel-o-Bil

Adresse des Verfassers: *Hans B. Barbe,* dipl. Ing. ETH/SIA A.M.I.T.E., in Firma Ingenieur- und Planungsbüro Barbe AG, Seefeldstrasse 45, 8008 Zürich.

Das Überschall-Verkehrsflugzeug «Concorde»

DK 656.73:629.138.5

Einleitung

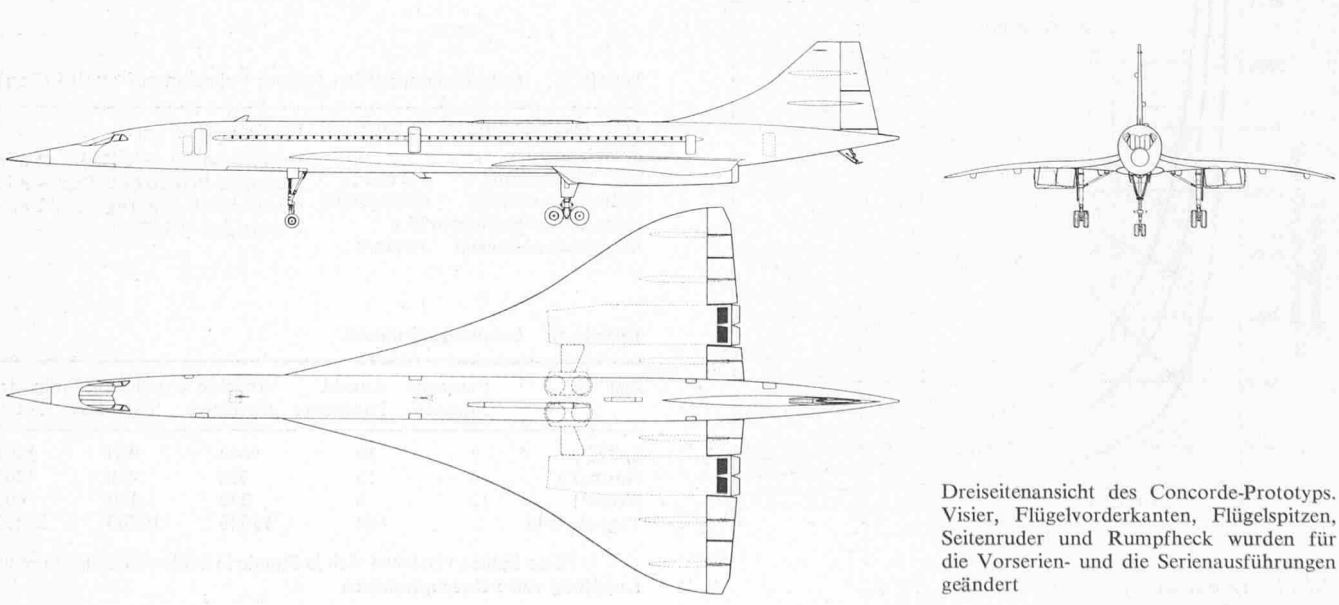
Am 3. März 1969 trafen in England und in Frankreich zwei Telegramme ein, die beide in freier Übersetzung etwa lauteten: «Europa hat einen Meilenstein gesetzt und einen Vorsprung auf einem Gebiet erreicht, auf dem bisher die USA unbestrittene Meister waren. Bravo. Die amerikanischen Konstrukteure gratulieren den europäischen und hoffen, sie bald einzuholen.» Sie stammten von einem der erfolgreichsten amerikanischen Flugzeughersteller, den Boeing-Werken, und galten dem am gleichen Tage beendeten Erstflug von 28 Minuten Dauer des Überschall-Verkehrsflugzeuges «Concorde». Die Amerikaner konnten zu dieser Zeit noch nicht wissen, dass ihr SST (Super Sonic Transporter), mit dem sie die Europäer einholen wollten, das Opfer eines politischen Intrigenspiels würde.

Diese einmalige Anerkennung der Leistung eines Flugzeugherstellers durch einen Konkurrenten galt wohl dem an jenem Tage in die praktische Erprobungsphase tretenden kühnen Projekt, sie galt aber auch dem Beispiel einer internationalen Zusammenarbeit, wie sie in Europa erstmals in diesem Masse verwirklicht worden ist.

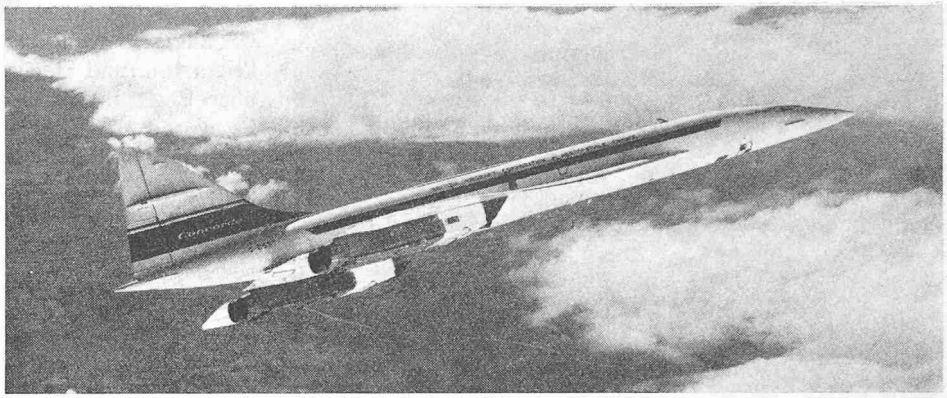
Das Projekt und die ersten Erfolgsmeldungen wurden mit Begeisterung aufgenommen – Europa zeigte, wie viel mehr durch Zusammenarbeit als im Einzelgang zu erreichen ist. Eine Zusammenarbeit, die vor allem zum Prüfstein für Europas eigene Kräfte geworden ist, die, sinnvoll angewendet und auf ein gemeinsames Ziel ausgerichtet, selbst mit dem grossen Flugzeugindustrieland jenseits des Ozeans konkurrieren können. Man freute sich, endlich wieder aus dem Schattendasein herauszutreten auf einem Gebiet, auf dem Europa in früheren Jahren so viel Wertvolles beigetragen hatte.

Concorde und Umwelt

Bald folgten aber Kritik (Angst vor dem eigenen Mut?), sachliche und unsachliche Einwände. Eine gut organisierte Kampagne löste in der Sensationspresse und unter dem inzwischen aktuell gewordenen Deckmantel des Umweltschutzes – der die nötigen Hysteriereaktionen sicherstellte – eine



Dreiseitenansicht des Concorde-Prototyps. Visier, Flügelvorderkanten, Flügelspitzen, Seitenruder und Rumpfheck wurden für die Vorserien- und die Serienausführungen geändert



Die Concorde 002 anlässlich eines Probefluges über England. Der Rumpfbug befindet sich in der oberen Lage, das Visier ist ausgefahren: Die Maschine fliegt in Überschallkonfiguration

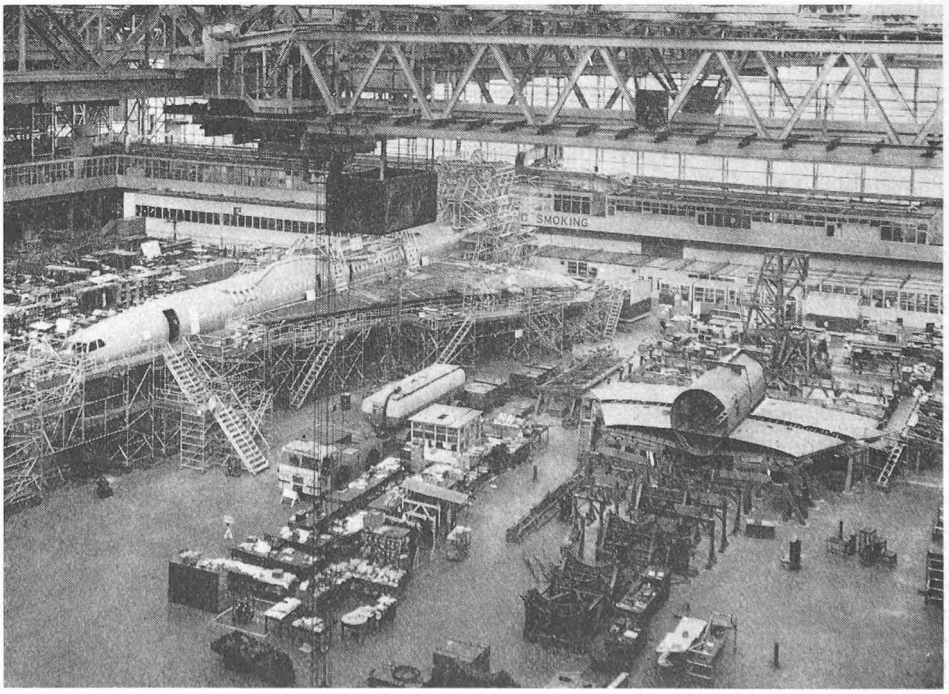
Anzahl pseudowissenschaftlicher Abhandlungen aus mit dem Ziel, das zu diskreditieren, was man kurz vorher noch in den Himmel gehoben hatte. Einige Einwände mögen begründet (aber nicht unwidersprochen) sein, andere schiessen aber weit über das Ziel hinaus[1]). Eines haben sie jedoch erreicht: Der Mann auf der Strasse verbindet bereits das Überschallflugzeug mit dem Gedanken der sich abkühlenden Atmosphäre, die zu einer verheerenden Folge von klimatischen Katastrophen führen wird. Die Kreise, die diese Furcht ausgelöst haben, erwähnen aber nicht, dass die 250 Concordes, die nach optimistischen Schätzungen (andere reden von höchstens 30 bis 50) in den nächsten 10 Jahren verkauft werden könnten, geradezu lächerlich erscheinen im Vergleich mit den Tausenden von Militärflugzeugen, die seit vielen Jahren täglich Flüge mit Überschallgeschwindigkeit in Höhen bis weit über 20 000 m absolvieren – aber eben: die Umwelt wird von Zivilflugzeugen anders beeinflusst!

Man mag sich fragen, ob solche düstere Prophezeiungen, die höchstens irrationale Angstzustände auszulösen vermögen (aber nur in den wenigsten Fällen Kommendes an der Verwirklichung hindern), dazu angetan sind, die Umwelt zu schützen, oder ob es nicht weit sinnvoller wäre, die Energieausbrüche und die finanziellen Mittel, die solche Aktionen verschlingen, dazu zu verwenden, der Technik eine wirklich nützliche Vervollkommnung zu ermöglichen, um damit der Menschheit ohne bedrohliche Begleiterscheinungen dienen zu können.

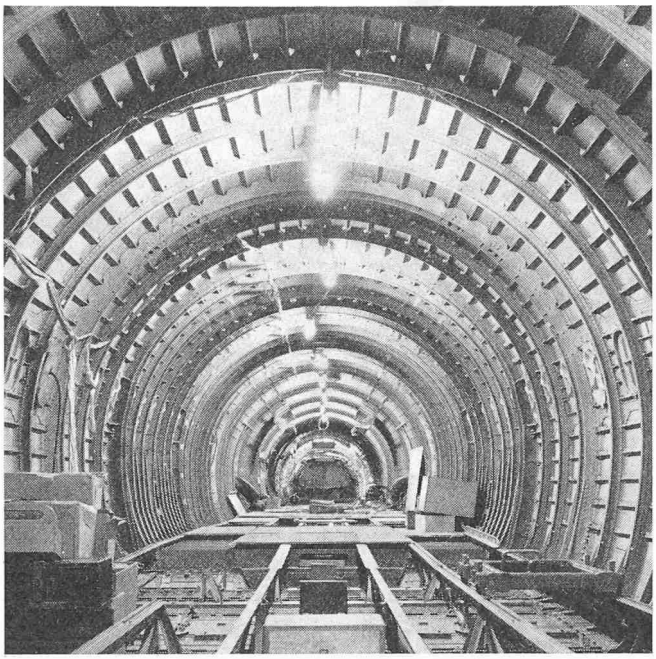
Ob die Kritiken zu Recht bestehen oder nicht, sei dahingestellt. Die *Notwendigkeit* des mit Überschallgeschwindigkeit fliegenden Verkehrsflugzeuges wird immer umstritten sein und bleiben. Denn, ist es wirklich *nötig,* die Strecke London–New York in vier statt in acht Stunden zurücklegen zu können? Objektiv und sachlich wird diese Frage nur in den seltensten Fällen – wenn überhaupt – eindeutig mit Ja beantwortet werden können.

Nun ist die Concorde aber eine *Realität;* sie als neues Verkehrsmittel zu ignorieren, hiesse Vogelstrauss-Politik zu betreiben. In einigen Jahren wird sie auf gewissen Strecken zum gewohnten Bild gehören wie heute bereits das Grossraumflugzeug (dem ja auch einmal von den gleichen Kreisen katastrophale Luftverschmutzungen nachgesagt wurden – man denke an die grotesken Vergleiche des Brennstoffverbrauchs eines «Jumbos» mit dem von x-tausend Automobilen!). Im Fall Concorde bleibt zu hoffen, dass die Ingenieure, die das kühne Projekt mit grosser Anstrengung bis kurz vor die Serienreife gebracht haben, auch die nötigen Mittel und die

[1]) Diesbezüglich sei auf den Beitrag «Stellt das Überschallflugzeug eine Bedrohung für die Umwelt dar?» in *Interavia 26* (1971), H. 7, S. 813–815, hingewiesen, der einen guten Überblick über die düsteren Prophezeiungen sowie über deren Entgegnungen gibt.



Blick in die Montagehalle der BAC in Filton. Rechts die ersten beiden in Frankreich hergestellten Rumpf- und Flügelteile für das Vorserienflugzeug 01. Links der Prototyp 002 während der letzten Bauphasen



Blick in den schlanken Rumpf des Prototyps 001 der Concorde während der Montage in Toulouse (grösste Breite 2,63 m)

entsprechende Unterstützung erhalten, um das technisch äusserst interessante Projekt auch in technisch-ökologischer Hinsicht vervollkommnen zu können. Dies und nur dies wäre konstruktiver Umweltschutz – und viel sinnvoller, als gegen Realitäten nutzlos zu schimpfen.

Der Sinn dieses Beitrages im Rahmen des Themas «Neue Verkehrsmittel» soll nicht darin liegen, sich in die Kontroverse für/gegen Concorde einzumischen. Vielmehr gilt es den Lesern die mannigfachen Probleme darzulegen, die am neuen Flugzeug von der Ingenieurkunst zu lösen waren.

Das Projekt

Während bei der Konstruktion der neusten, bereits im Einsatz stehenden Flugzeuge (Boeing 747, Douglas DC-10, Lockheed 1011) die Wirtschaftlichkeit (möglichst grosse Nutzlast mit geringstmöglichem Aufwand bei den üblichen subsonischen Geschwindigkeiten zwischen 800 und 1000 km/h zu befördern) als wichtigstes Ziel galt, wurden beim Projekt Concorde die Prioritäten umgekehrt gestellt und die doppelte Schallgeschwindigkeit angestrebt. Selbstverständlich durften dabei die wirtschaftlichen Gesichtspunkte nicht vernachlässigt werden, denn nur der ökonomische Betrieb kann letzten Endes die Luftfahrtgesellschaften zur Anschaffung eines Fluggerätes bewegen. (Das viel zitierte Prestige zählt wahrscheinlich, besonders in Anbetracht der angespannten finanziellen Lage, in der sich viele dieser Gesellschaften befinden, weniger, als allgemein angenommen wird.) Die Concorde ist teurer als jede andere bisherige Verkehrsmaschine (geschätzt rund 140 Mio Fr.). Sie fliegt aber mehr als doppelt so schnell wie diese und erzielt daher in der gleichen Zeiteinheit auch die zweifache Dienstflugkapazität im Vergleich zu den langsameren Maschinen. Diese Tatsache wird die Concorde annähernd konkurrenzfähig machen. Ausserdem rechnet man mit der Bereitwilligkeit gewisser Kundenschichten, für die Zeitersparnis auch höhere Tarife in Kauf zu nehmen.

Zur Geschichte

Man kann behaupten, dass die Concorde aus rein vernünftigem Denken entstanden ist. Bereits im Jahre 1956 wurde in Frankreich und in England an der Entwicklung von Verkehrsflugzeugen gearbeitet, welche mit Geschwindigkeiten von rund Mach 2,2 eine Nutzlast von etwa 10 000 kg über Entfernungen von über 9000 km befördern sollten. Es wurden umfangreiche Voruntersuchungen, Windkanalversuche mit den verschiedensten Modellen, Berechnungen usw. gemacht. Bald stellte sich heraus, dass der Aufwand so hoch sein würde, dass die Entwicklung, Konstruktion und Erprobung kaum von einem Land im Alleingang zu bewältigen wären. Sowohl die Bristol Aircraft Ltd. (heute eine Tochtergesellschaft der British Aircraft Corporation, BAC) wie auch die Sud Aviation (heute SNIAS, Société Nationale Industrielle Aérospaciale) gelangten in ihren Studien zu vergleichbaren und für eine Zusammenlegung der Kräfte sprechenden Zwischenergebnissen. So folgten den ersten Kontaktnahmen im Jahre 1961/62 ernsthafte Verhandlungen mit dem Ziel einer engen Zusammenarbeit; im November 1962 wurde das Abkommen unterzeichnet. Dieses sah die Produktion des Flugzeuges zu gleichen Teilen in England und Frankreich vor. Auf Grund der Vorstudien lagen viele Einzelheiten bereits fest, so der schlanke Deltaflügel mit den Vorteilen seiner günstigen aerodynamischen Eigenschaften auch im Langsamflug und seines verhältnismässig einfachen Aufbaus. Die Form der Tragfläche ergab sich aus Untersuchungen des Royal Aircraft Establishments. Sie weist einen minimalen Luftwiderstand auf. Die Vorderkante ist so ausgebildet, dass sie Wirbel induziert, die sich bei Zunahme des Anstellwinkels in einer Erhöhung des Auftriebes auswirken. Man einigte sich ausserdem auf das bereits seit einigen Jahren im Einsatz stehende und zuverlässige Zweiwellentriebwerk Olympus der Siddeley Engines (heute Bristol Engine Division der Rolls-Royce Ltd.). Von dessen Weiterentwicklung versprach man sich eine beträchtliche Leistungssteigerung.

Entwicklung des Programms

In der ersten Programmstufe war vorgesehen, je einen französischen und einen englischen Prototyp zu erstellen. Die Entwicklungskosten wurden auf rund 150 Mio £ geschätzt. Zwei Jahre danach bezifferte man diese Kosten bereits auf 280 Mio £, und im Jahre 1966, nach dem Beschluss, zusätzlich zwei Vorserienflugzeuge zu bauen, war der Kostenvoranschlag auf 370 Mio £ gestiegen. Zu diesen Summen kamen noch der Bau von zwei Zellen zu Versuchszwecken und die Kosten der Flugerprobung bis zur Zulassung. Ende 1966 wurden die Gesamtkosten bereits auf etwa 500 Mio £ geschätzt. Anfang 1971 veranschlagte man die gesamten Entwicklungskosten bereits auf 820 Mio £. Es war ein langer Weg, und unzählige Schwierigkeiten mussten überwunden werden. Schon die Kostenvorberechnungen zeugen von den Problemen und den Rückschlägen, die in der zehnjährigen Geschichte dieser Zusammenarbeit überwunden werden mussten. Dies, obwohl man von vorneherein auf völlig Neues verzichtete (variable Pfeilung der Flügel, Zelle aus neuen Legierungen wie Titan oder Edelstahl) und für die Konstruktion herkömmliche Materialien, Methoden und Bauweisen wählte.

Eine Hauptschwierigkeit lag darin, mit der gewählten starren Flügelgeometrie gute Flug- und Steuereigenschaften sicherzustellen sowohl bei der vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von rund 2400 km/h wie auch im Langsamflug (die Abhebe- und Lande- bzw. Anfluggeschwindigkeit liegt um 300 km/h). Man musste sich an die optimale Lösung langsam herantasten, und es waren viele Änderungen und Verbesserungen nötig, bis die Piloten befinden konnten, die Concorde sei eines der am angenehmsten zu steuernden Flugzeuge. Gerade auf diesem Gebiet stiessen

die Konstrukteure auf Neuland, denn alle bisherigen Überschallerfahrungen beruhen auf bedeutend leichteren und kleineren Maschinen, die zudem im Vergleich nur während äusserst kurzer Zeiten mit Überschallgeschwindigkeiten fliegen. Insbesondere die mit steigender Geschwindigkeit im Überschallbereich zunehmende Längsinstabilität bereitete Sorgen – was würde beispielsweise beim Ausfall eines oder gar beider Triebwerke einer Seite geschehen? Solche und ähnliche Fragen wurden durch unzählige Ereignissimulationen im Windkanal, rechnerisch und im Fluge beantwortet. Im Verlaufe dieser Versuche wurden neue Flügelvorderkanten entwickelt, die sowohl die aerodynamischen Eigenschaften des Flugzeuges wie auch die Triebwerksanströmung verbesserten und die, zusammen mit verbesserten Flügelspitzen und verlängertem Rumpfheck, auch in die Prototyp- und die Vorserienmaschine 01 eingebaut wurden bzw. werden. Das Vorserienflugzeug 02 wurde von vornherein damit ausgerüstet.

Die sich im Laufe der Entwicklungsarbeiten ergebenden Änderungen und Verbesserungen machten den Bau der Vorserienmaschinen – die ursprünglich nicht geplant waren – notwendig und verzögerten das ganze Projekt erheblich. Anderseits muss jedoch gesagt werden, dass, wenn die Concorde den kommerziellen Dienst aufnimmt, sie bei weitem die bisher besterprobte Maschine aller Zeiten sein wird: Es gibt praktisch nichts an der Concorde, was im Laufe der Entwicklung nicht erprobt und verbessert worden wäre.

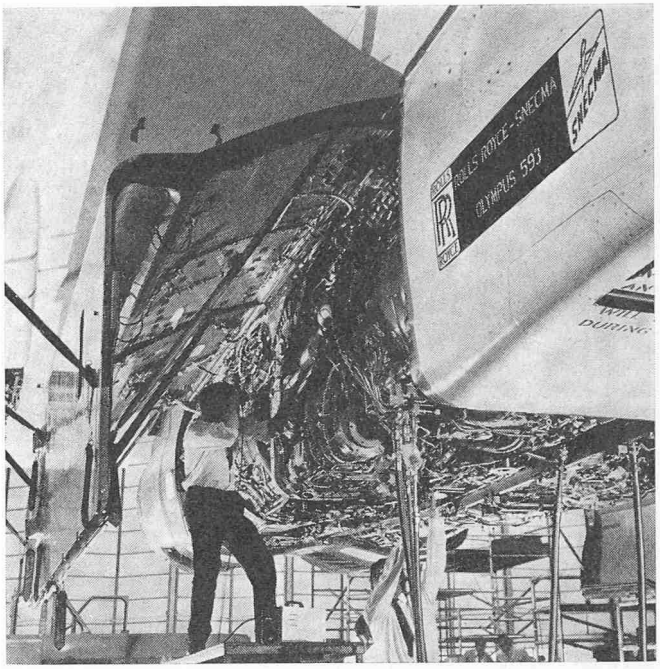
Die Verwirklichung des Projekts Concorde – das den Namen «Eintracht» wohl verdient – erforderte grosse Anstrengungen. Wie komplex die Aufgabe war und ist, erweist sich schon daraus, dass die einzelnen Baugruppen (je Zehntausende von Einzelteilen umfassend) räumlich getrennt, teils in Frankreich, teils in Grossbritannien, hergestellt werden müssen und dass für die Endmontage aber in beiden Ländern je eine Halle benützt wird. Ein weiteres Erschwernis ergab sich daraus, dass in Frankreich und England unterschiedliche Masssysteme bestehen und dennoch die einzelnen Teile nicht nur höchste Präzision erfordern, sondern auch gegenseitig austauschbar sein müssen. Zudem galt es die Entfernung und die Sprachunterschiede zu überwinden. Ohne gegenseitige Anpassung, Rücksichtnahme und ein grosses Mass an Loyalität wäre die Concorde nicht entstanden, und sie ist dem Menschen im Ingenieur nicht zuletzt zu danken. In den Jahren seit Beginn der Entwicklung ist zwischen Filton und Toulouse eine regelrechte Luftbrücke entstanden. Sie diente nicht nur den Materialtransporten, sondern auch dem Austausch von Informationen, dem persönlichen Gespräch und dem engen Kontakt. Dies ist, so glauben wir, das Beispielhafte am Projekt Concorde.

Erste Flüge

Am 29. März 1969 flog die Concorde erstmals. Am Steuer sass der Chefpilot der Aérospaciale André Turcat. Der Flug erfolgte mit ausgefahrenem Fahrwerk bei einer Geschwindigkeit von etwa 450 km/h und bis zu einer Höhe von rund 3000 m. Etwa sechs Wochen später absolvierte der in England hergestellte Prototyp 002 seinen ersten Flug. Er dauerte 22 Minuten unter fast gleichen Bedingungen wie der Flug der ersten Maschine. Dabei wurden vornehmlich die Steuereigenschaften im unteren Geschwindigkeitsbereich geprüft.

Zu diesem Zeitpunkt war im Versuchsprogramm vorgesehen, nach den in etwa 4000 Flugstunden gewonnenen Erfahrungen die Concorde bei der BOAC und der Air France im Jahre 1973 in Dienst zu stellen.

Die Schallgeschwindigkeit wurde von beiden Prototypen etwa ein Jahr nach dem Erstflug überschritten, im August 1970 erreichte man bereits Mach 1,5. Mit der Bereitstellung der Olympus-Triebwerke mit erhöhter Leistung konnte dann allmählich die Geschwindigkeit weiter gesteigert werden.



Ein Techniker der Rolls-Royce bei der Endoskopprüfung eines der Olympus-SNECMA-Triebwerke 593-4 der Concorde 01

Am 31. März 1971 fand der «Rollout», Ende des gleichen Jahres der Erstflug des Vorserienmodells 01 statt. Anfang 1972 wurde als Datum für die Ablieferung der ersten Serienflugzeuge der Herbst 1974 genannt. Am 25. Mai 1972 erfuhr man, dass die BOAC fünf Optionen für die Concorde in Festaufträge umgewandelt hatte. Die ersten Ablieferungen sind für die ersten Monate 1975 vorgesehen. Ende 1972 belief sich der Auftragsbestand auf 14 Festaufträge und 60 Optionen; bestellt haben neben der BOAC die Volksrepublik China, die Air France und Iran-Air.

Die Konstruktion

Der Aufbau und die konstruktiven Merkmale des Flugzeuges können als herkömmlich bezeichnet werden. Bei der Herstellung wurde Bewährtes und Bekanntes mit den modernsten Methoden vereint. Die Ausrüstung, die Steuerorgane und die Navigationshilfen sind dagegen teilweise neu oder stellen zumindest den neuesten Stand in der Entwicklung dar.

Im Flug wird die Concorde nicht nur durch die bisher von keinem Verkehrsflugzeug erreichte Höhe von rund 18 000 m, die Geschwindigkeit von fast 2400 km/h und die als Folge auftretende Reibungshitze beeinflusst. Bei hohen Ueberschallgeschwindigkeiten verlagert sich zudem der Neutralpunkt, und das Flugzeug muss entsprechend ausgetrimmt werden.

Für den normalen Flugbereich wurden die Lastvielfachen von —1 bis +2,5 *g* zugrunde gelegt. Den dynamischen Zusatzbelastungen durch Rollen am Boden, Böen und Landestoss hat man durch die üblichen Sicherheitsfaktoren Rechnung getragen.

Als Hauptwerkstoff wurde eine Aluminiumlegierung gewählt, weil damit herkömmliche Herstellungsverfahren angewendet werden können und weil mit diesem Material bereits langjährige Erfahrungen vorliegen. Man wählte die in Grossbritannien als Hiduminium RR.58 und in Frankreich als AU 2 GN bekannte, wärme- und kriechbeständige Le-

Blick in das Cockpit des britischen Concorde-Prototyps 002. Bei den Vorserienmodellen wurde die Instrumentierung geändert und ergänzt durch eine vollautomatische Flugregelanlage. Am Pilotenplatz der BAC-Chefpilot Brian Trubshaw

gierung, die in Form von Schmiedeteilen, Blechen, vorgereckten Platten, Strangpressprofilen usw. geliefert werden kann. Dort, wo die besonderen Eigenschaften von RR.58 nicht benötigt werden, kommen herkömmliche Aluminiumlegierungen zur Anwendung. Die Verwendung von Stahl und Titan beschränkt sich auf einige hochbeanspruchte Teile des Fahrwerks und der Triebwerkinstallationen sowie auf die Steuerflächen.

Die spezifische Festigkeit von RR.58 nach einer Dauererwärmung von 20 000 h bei 125 bis 130 °C entspricht derjenigen von rostfreiem Stahl mit 12 % Cr. Diese Erwärmungszeit würde bei einer Flugzeugzelle einer Lebensdauer von rund 45 000 h gleichkommen. Versieht man die exponierten Stellen des Flugzeuges mit einem weissen Anstrich, so verringern sich die Aufheizungstemperaturen bei Mach 2,2 um etwa 6 bis 11 °C. Im unteren Geschwindigkeits- und Höhenbereich, wo die durch Böen und Manöver induzierten Zusatzbelastungen auftreten, ist die Zelle kalt, und daher ist die Materialfestigkeit in vollem Masse gewährleistet. Sogar nach der Erwärmung von RR.58 auf 140 °C während 20 000 h beträgt die Festigkeit noch 95 % des ursprünglichen Wertes.

Beim Überschallflug über lange Strecken wird die Nutzlast durch die grosse Brennstoffmenge stark beschränkt. Es ist daher zwingend, das Flugzeugeigengewicht so niedrig wie möglich zu halten. Zu diesem Zweck wurden weitestgehend integrale, spanabhebend bearbeitete Bauteile verwendet. Diese Methode hat den Vorteil, gleichmässige Wanddicken und Querschnittformen zu gewährleisten, womit das Materialgewicht auf das infolge Spannungen Zwingende beschränkt werden kann. Viele Einzelteile wiesen nach der Bearbeitung nur noch $^1/_{12}$ des Rohmaterialgewichtes auf. Die hohen Material- und Bearbeitungskosten konnten durch geringere Montagekosten ausgeglichen werden. Sie wurden auch durch die Anwendung modernster Fertigungsmethoden und Maschinen auf tragbarer Höhe gehalten. Ausserdem gestattet dieses Verfahren Gewichtseinsparungen bis zu 20 %.

Flügel

Die infolge Temperaturschwankungen zwischen rund —60 und +130 °C in den Rippen- und Holmstegen entstehenden Spannungen (die sich zu jenen durch das Flugzeuggewicht bedingten addieren können und annähernd gleich gross sind) zwangen die Ingenieure, nach neuen konstruktiven Lösungen zu suchen. Man fand sie in rautenförmig ausgesparten Gitterstegen und in Strukturen, die mit gelenkig angeschlossenen Streben ausgesteift sind. Solche Konstruktionen findet man besonders häufig im Flügelinnenraum, wo sie den Vorteil aufweisen, den Zugang zu Wartungszwecken selbst in die dünnsten Flügelabschnitte zu ermöglichen. Da der Flügel zugleich mit 60 % seiner Fläche als Brennstoffbehälter dient, treten besonders hohe Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Teilen seiner Struktur auf. Zudem werden die Brennstoffbehälter in grossen Höhen unter Druck gehalten.

Da die hohen Temperaturen übermässiges Kriechen an Verbindungsstellen verursachen, wurden diese wo immer möglich vermieden. Daher weisen einige Flügeldeckenfelder Längen von über 7 m auf. Bei den herkömmlichen Flugzeugen tritt Materialermüdung nur in Flächen auf, die vom Triebwerkschall direkt getroffen werden. Bei der Concorde mussten gegen diese Erscheinungen praktisch an der gesamten Zelle Vorkehrungen getroffen werden, da bei den hohen Reisegeschwindigkeiten auch der Grenzschichtlärm das Material stark beansprucht.

Die Hautfelder der Flügeldecke bestehen aus vorgereckten Platten, die spanabhebend bearbeitet sind und die ein bestmögliches Verhältnis Gewicht/Festigkeit gewährleisten. Die Triebwerkgondeln sind derart am Flügel befestigt, dass genügend Spiel für die unterschiedlichen Wärmeausdehnungen bleibt. Der Flügel wird von einem Hitzeschild, bestehend aus zwei Blechen aus rostfreiem Stahl und einer isolierenden Zwischenschicht, geschützt. Zur Verbindung der Aussenflügel zum Mittelflügelkasten dienen 340 Bolzen aus hochfestem Stahl je Seite. Die Flügelvorderkante ist in 1,2 m lange Abschnitte unterteilt; diese können leicht ausgewechselt werden. Der Vorflügel besteht aus chemisch abgetragenen Hauptplatten, spanabhebend herausgearbeiteten Stützrippen und Strangpressprofilen.

Rumpf

Die Konstruktion der Rumpfschale zeigt weitgehend herkömmliche Merkmale. Die Spanten, die im Abstand von 533 mm angebracht sind, weisen im vorderen einen und im mittleren und hinteren Rumpfbereich zwei Nietflaschen zur Befestigung der Rumpfhaut auf (Schallermüdung). Die Kabinenfenster bestehen aus zwei Scheibeneinheiten mit einem belüfteten Zwischenraum. Die innere Einheit nimmt den Kabinendruck auf und setzt sich aus zwei chemisch gehärteten Scheiben und einer Kunststoffzwischenschicht zusammen. Die äussere Einheit dient als Wärmeschild und besteht aus einer halbgehärteten Scheibe, die während einer gewissen Zeit in der Lage ist, dem Kabinendruck zu widerstehen. Die verhältnismässig flachen Fenster sind in integralen, aus dem Vollen gefrästen Fensterrahmenwänden montiert, die sich fast über die gesamte Rumpflänge erstrecken. Der Rumpfbug besteht aus einer Spitze mit variabler Geometrie, die nicht druckbelüftet ist, einem einziehbaren Visier und einem druckbelüfteten Teil, der das Cockpit beherbergt.

Die Passagier- und Servicetüren sowie das Bugfahrwerk sind im Rumpfvorderteil angeordnet, während der Unterflurfrachtraum sich im Rumpfzwischenteil unter dem Kabinenboden befindet. Der Mittelrumpf besteht aus vier Abschnitten, die zusammen mit den entsprechenden Teilen des Mittelflügels hergestellt werden. Der Raum unter der Kabine enthält Brennstoffbehälter, die Schächte für das Hauptfahrwerk und Stauraum für Bordsysteme. Im Rumpfheck (nicht druckbelüftet) befindet sich die Brennstoff-Umpumpanlage. Die Seitenflosse weist eine torsionsfeste Kastenstruktur auf mit zehn parallel zur Ruderachse verlaufenden Holmen, die an den verstärkten Rumpfspanten befestigt sind. Die Beplankung besteht aus spanabhebend bearbeiteten Integralplatten. Die Triebwerksgondeln nehmen je zwei Triebwerke

auf; jede von ihnen ist aufgeteilt in ein Einlaufgehäuse und ein Triebwerkgehäuse; an dessen Rückseite befinden sich die Sekundärdüsen und die Schubumkehranlage.

Das Besondere am Concorde-Rumpf ist der Bug mit variabler Geometrie. Die für den Überschallflug aerodynamisch optimale Form würde dem Piloten beim Anflug – der mit ziemlich grossem Anstellwinkel erfolgt — und beim Rollen am Boden keine Bodensicht gestatten. Man wählte deshalb herkömmliche, grossflächige Windschutzscheiben und eine absenkbare Rumpfspitze. Diese Massnahmen ermöglichen dem Piloten beim Endanflug mit einem Gleitwinkel von 3 ° und aus einer Höhe von 15 m die Bodensicht in etwa 130 m Entfernung vom Hauptfahrwerk. Beim Flug mit hoher Geschwindigkeit wird die Rumpfspitze mit einem Visier abgedeckt. Dieses ist im Rumpfbug verstaut und kann nur (hydraulisch) ausgefahren werden, wenn die Rumpfspitze sich in der oberen Lage befindet. Das verglaste Visier dient der Verbesserung der aerodynamischen Form und ist zugleich Hitzeschild.

Steuersystem

Infolge ihrer besonderen aerodynamischen Form weist die Concorde weder Vorflügel noch Spoiler noch Luftbremsen auf. Jede Flügelseite ist mit drei Elevons (Höhen- und Querruder) versehen; für die Giersteuerung besitzt das Seitenleitwerk ein zweiteiliges Ruder. Die Ruderflächen werden mittels hydraulischer Stellmotoren betätigt.

Das Hydrauliksystem arbeitet mit einem Druck von 280 kp/cm² und wurde konstruiert für einen Temperaturbereich von —40 bis +120 °C. Um die Temperatur innerhalb dieser Grenzen zu halten, wird der Brennstoff zu Hilfe gezogen, indem er den kalten Teil eines Wärmeaustauschers beaufschlagt. Die Anlage weist drei unabhängige Kreise auf, zwei für den normalen Betrieb und der dritte für den Notbetrieb. Jeder Hydraulikkreis wird von zwei Pumpen gespiesen, die so an verschiedene Triebwerke angeschlossen sind, dass auch bei Ausfall von zwei beliebigen Triebwerken von den sechs Pumpen immer deren vier weiterarbeiten. Selbst wenn alle Triebwerke ausfallen sollten, genügt die von der Luftgeschwindigkeit bewirkte Triebwerkdrehzahl, um eine gewisse hydraulische Leistung aufrecht zu erhalten. Damit bleibt das Flugzeug steuerbar, und auch die Brennstofftrimmpumpen können zwecks Schwerpunktverschiebung beaufschlagt werden. Ferner kann in niedrigen Höhen die Anlasserturbine auf Triebwerk 2 zum Antrieb der beiden Hydraulikpumpen benutzt werden, wobei für Notfälle zwei Hydraulikkreise unter Druck stehen.

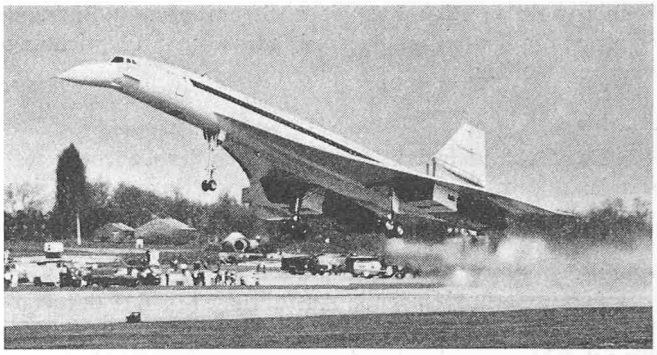
Stromversorgung

Der Bedarf an elektrischer Energie wird von vier 40-kVA-Generatoren, die je an einem Triebwerk über ein Konstantdrehzahlgerät angeschlossen sind und mit 8000 U/min laufen, gedeckt. Die Anlage liefert für Belastungen über 1 kVA Dreiphasenwechselstrom von 200 V bei 400 Hz; für kleinere Belastungen steht Einphasenstrom von 115 V zur Verfügung. Der Gleichstrom von 28 V wird von vier 150-A-Transformatoren-Gleichrichtern von 4 kW erzeugt. Für den Notfall sind eine Batterie und eine besondere Anlage vorhanden.

Brennstoffanlage

Die Brennstoffanlage ist in der Concorde besonders aufwendig. Ihr bzw. dem Brennstoff kommen drei Funktionen zu:

- Versorgung der Triebwerke
- Kühlmittel für die anderen Bordsysteme
- Verschiebung des Flugzeugschwerpunktes in bestimmten Flugphasen.



Der Concorde-Prototyp 002 startet in Filton zum Erstflug. Nach 22 Minuten Flugzeit ist er auf dem Flugplatz Fairford in Gloucestershire, dem Versuchsstützpunkt des Flugprogramms, gelandet

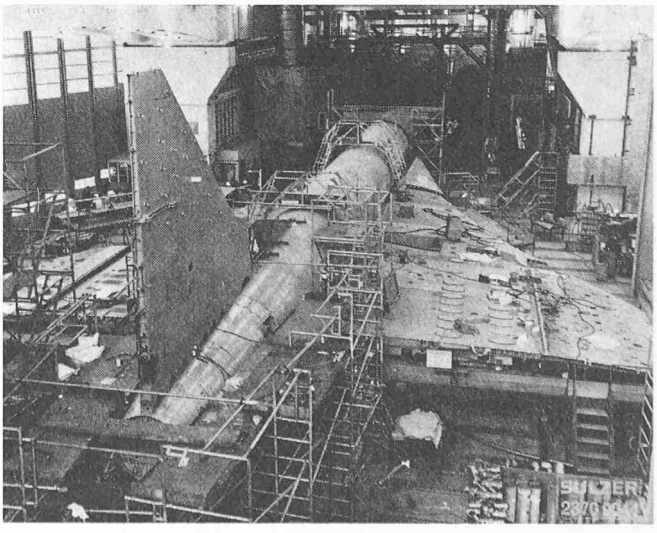
Die Anlage umfasst 17 Behälter, die etwa 60 % des Flügelvolumens und annähernd die Hälfte des unter der Kabine verfügbaren Rumpfvolumens beanspruchen.

Beim Start und bei der Landung muss sich der Schwerpunkt der Concorde in etwa 52,5 % der mittleren Flügeltiefe befinden, beim Überschallreiseflug dagegen bei 57 %. Um diese Verschiebung zu erreichen, wird in der Beschleunigungsphase ab Mach 0,7 Brennstoff aus den vorderen Behältern in die hinteren umgepumpt. Dieser Vorgang endet etwa beim Erreichen von Mach 1,8 und wird in der Verzögerungsphase umgekehrt.

Navigation

Das Navigationssystem der Concorde erlaubt es den Piloten, ohne Hilfe von aussen, zu jeder Zeit und überall auf der Welt, die Position des Flugzeuges (absolut und gegenüber Routenfestpunkten) genau zu ermitteln. Es besteht aus einer mit Kreiseln und Beschleunigungsmessern ausgerüsteten Plattform, einem Digitalrechner und Geräten zur Anzeige und Übermittlung der Angaben. Das System liefert Fluglage- und Azimutreferenzwerte, führt Navigationsberechnungen durch, besorgt selbsttätig das erste Ausrichten bezüglich der Vertikal- und Nordreferenzen, spürt Eigenfehler auf und ermöglicht einwandfreie Polarnavigation. Ferner ist die Concorde mit einem automatischen Rollkartendarstellungsgerät ausgerüstet, das kontinuierlich den Standort des Flugzeuges auf einer Karte anzeigt. Die Standortanzeige

Der Wechseltemperaturprüfstand der Gebr. Sulzer AG in Farnborough während des Baus



kann sowohl in Bildmitte wie auch am unteren Bildrand erfolgen; die Karte kann in Nord- oder aber in Flugrichtung orientiert werden.

Antrieb

Das Strahltriebwerk für den Antrieb der Concorde entstand aus dem Olympus 593 der Bristol Engines Division von Rolls-Royce und wurde in Zusammenarbeit zwischen dieser Firma und der französischen SNECMA weiterentwickelt.

Die in Serie gelangende Ausführung Mk. 602 des axialen Zweiwellentriebwerkes Olympus 593 herkömmlicher Bauart leistet mit Nachverbrennung einen Startschub von 17 300 kg. Das eigentliche Triebwerk ist 3,91 m lang, der Durchmesser am Einlaufgehäuse beträgt 1,21 m. Die für den Entwurf des Triebwerks zugrunde gelegten Betriebsparameter sind: Geschwindigkeit Mach 2, Höhe 18 300 m, Luftzustand nach SIA +5 °C. Unter diesen Bedingungen arbeitet das Triebwerk mit einem Verdichtungsdruckverhältnis von 11,3:1. Da das Triebwerk verhältnismässig leicht ist und eine kleine Strinfläche aufweist, wurde es als ideale Lösung für den Antrieb der Concorde betrachtet.

Lufteinlasskanal

Damit am Verdichtereintritt auch bei der Höchstgeschwindigkeit Unterschallbedingungen herrschen, musste ein besonderer Lufteinlass konstruiert werden; dieser weist einen konvergent-divergenten Kanal, gebildet durch ein verstellbares Rampenpaar an der Decke des Einlaufs, auf. An der vorderen Rampe entsteht ein System von Stosswellen, das die Einlaufgeschwindigkeit der Luft auf knapp unter der Schallgeschwindigkeit vermindert. Dahinter befindet sich der Unterschalldiffusor (divergenter Kanal), in dem die Geschwindigkeit der Einlaufströmung bei einer Reisegeschwindigkeit des Flugzeuges von Mach 2 auf Mach 0,45 verzögert wird. Am Verdichtereintritt beträgt der Druck etwa das Siebenfache des Aussendruckes. Mit Hilfe dieser Rampen und in Verbindung mit Sekundärluftabzapfung und einer Zusatzklappe am Boden des Kanals wird dem Luftbedarf des Triebwerkes im gesamten Geschwindigkeits- und Leistungsbereich Rechnung getragen.

Verdichter

Das Zweiwellentriebwerk weist einen siebenstufigen Niederdruck- und einen ebenfalls siebenstufigen Hochdruckverdichter auf. Diese werden von zwei mechanisch unabhängigen einstufigen Turbinen angetrieben. Das Triebwerk hat keine Leitschaufeln am Einlass, doch sind im Eintrittsgehäuse fünf Stützen angeordnet, die der Aufnahme des vorderen Wälzlagers dienen. Alle Laufschaufeln werden mit Tannenbaumfüssen gehalten, die Leitschaufeln zwischen den einzelnen Verdichterstufen sind mit Schwalbenschwanzhalterungen versehen. Alle Verdichterschaufeln sind geschmiedet. Aus Gründen der Formbeständigkeit (Verzerrungsfreiheit) und um Gewicht zu sparen, sind beide Verdichtergehäuse einteilig ausgeführt. Die Lauf- und Leitschaufeln der ersten vier Verdichterstufen bestehen aus Titan; für die Schaufeln der letzten drei Stufen mussten dagegen auf Grund der hohen Austrittstemperaturen (< 1150 °C) besondere Nickellegierungen verwendet werden, ebenso für die beiden Turbinenstufen. Sowohl die Lauf- wie auch die Leitschaufeln des Hochdruckverdichters sind luftgekühlt; Messungen haben ergeben, dass durch die Zwangskühlung die Temperatur der Schaufeln beim Start und beim Reiseflug 300 bzw. 200 °C unter der Gastemperatur liegt.

Zwischen beiden Verdichtern befindet sich ein Übergangsgehäuse aus Titan. Dieses ist so konstruiert, dass es den aerodynamischen Wirkungsgrad erhöht, indem sich darin die Austrittsluft des Niederdruckverdichters beruhigt und zugleich verzögert wird. Im Übergangsgehäuse sind das zweite und das dritte Hauptlager sowie die Kegelradgetriebe für den Hilfsgeräteantrieb angeordnet.

Brennkammer

Am Austritt des Hochdruckverdichters wird die Luft durch ein Gehäuse aus einer besonderen Nickellegierung der Ringbrennkammer zugeführt. Die ringförmige Brennkammer, die zwischen zwei einteiligen zylinderförmigen Gehäusen angeordnet ist, stellt den grössten Unterschied zwischen den serienmässigen und den in den Prototypen eingebauten Triebwerken dar. Sie ersetzt die früher angewendeten Einzelflammrohre und gestattet, dass das System praktisch rauchfrei arbeitet. Im Brennerkopf sind 16 Brennstoffverdampfungsrohre mit je zwei Einspritzdüsen angeordnet. Ein Stützrahmen im hinteren Teil des inneren Brennkammergehäuses nimmt das vierte Hauptlager auf. Das äussere Brennkammergehäuse erstreckt sich bis über die Hochdruckturbine und trägt die Leitschaufeln für die Niederdruckturbine.

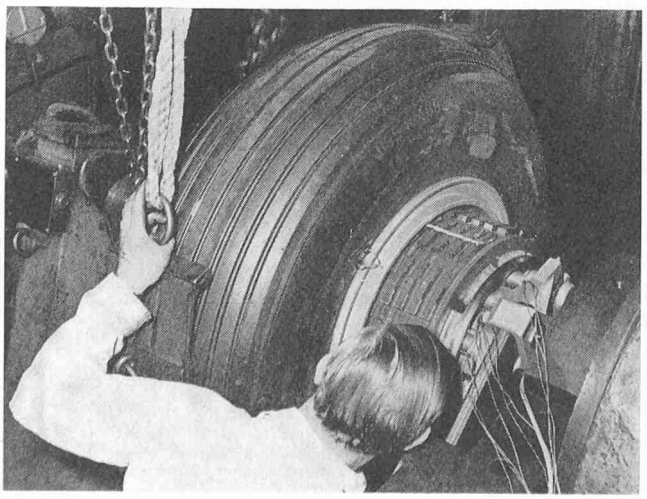
Turbine

Die Laufschaufeln beider Turbinenstufen sind aus einer besonderen Nickellegierung gegossen, weisen Deckbänder und Tannenbaumhalterungen sowie radiale Kühlluftbohrungen auf (auch die Hochdruckleitschaufeln werden auf diese Weise gekühlt).

Nachbrenner

Das Triebwerk Olympus 593 Mk. 602 besitzt einen Nachbrenner, der beim Start 22 % und für die Beschleunigung im transsonischen Bereich bis zu 30 % zusätzlichen Schub liefert. Die Anlage befindet sich im Abgasdiffusor und weist einen einzigen Flammenhalter auf. Der Nachbrenner arbeitet automatisch in Abhängigkeit von der Primärdüsenstellung und ist an einem Niederdruckbrennstoffsystem angeschlossen. Die Zündung erfolgt durch Hochspannungsfunken.

Die Bremsanlagen für die Concorde stellten den Ingenieuren der Dunlop Aviation Division in Coventry schwer zu lösende Fragen. Hier wird eine solche Anlage für die Prüfungen vorbereitet. In dieser Anlage bestehen die fünf Läuferscheiben und die sechs Ständerscheiben aus einem neuen kohlenstoffverstärkten Verbundmaterial, womit eine Gewichtsersparnis von rund 68 kg je Rad bzw. von insgesamt 544 kg erzielt wird. Die Bremsscheiben haben einen Durchmesser von 560 mm, und man schätzt, dass sie Temperaturen bis 3000 °C widerstehen können. Die Lebensdauer einer Bremsanlage beträgt etwa 3000 Landungen. Die hier gezeigte Anlage ist die neueste einer Reihe von 57 Konstruktionsstudien und ersetzt die Beryllium-Scheiben der Prototypen



Abgasdüsensystem

Das Abgasdüsensystem wurde mit dem Ziel entwickelt, bei den sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen die jeweils bestmögliche Konfiguration zu gestatten. Es umfasst eine Primärdüse mit veränderlichem Querschnitt, eine Sekundärdüse (ebenfalls mit veränderlichem Querschnitt), die auch als Schubumkehrvorrichtung dient, und die Schalldämpfervorrichtung.

Die Primärschubdüse ist konvergent und besitzt 36 Klappen, die paarweise von pneumatischen Stellgliedern zwecks Querschnittveränderung kontinuierlich verstellt werden können. Die Sekundärschubdüse wird von zwei schalenförmigen Klappen je Triebwerk gebildet. Diese Klappen können pneumatisch so weit verstellt werden, dass sie den Abgasstrom umleiten zwecks Umkehr des Schubes. Die kombinierte Düsenverstell- und Schubumkehrvorrichtung enthält auch die Schalldämpferanlage. Diese besteht aus acht rechteckigen Blechen je Triebwerk, die radial in den Abgasstrahl eingeführt werden können und die einen Teil der Abgase nach aussen ablenken.

Inspektion

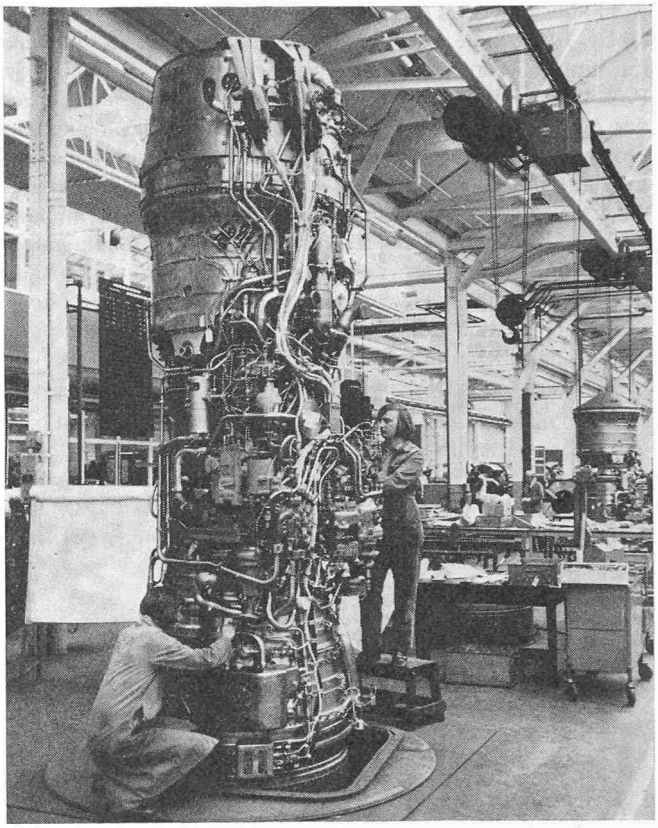
Grosser Wert wurde bei der Triebwerkkonstruktion auf die einfache Wartung und auf eine umfassende Zustandsüberwachung gelegt. Die Modulbauweise gestattet, das Triebwerk in kurzer Zeit in zwölf Hauptbaugruppen zu zerlegen und wieder zusammenzubauen. An allen wichtigen Stellen sind Endoskopöffnungen angebracht. Diese ermöglichen die visuelle Inspektion des grössten Teils des Triebwerksinnern. Solche Inspektionen können ohne Zubehörmontage am installierten Triebwerk vorgenommen werden. Für die Zustandsüberwachung sind vorne und hinten an jedem Triebwerk Vibrationsmesser angebracht, ferner zeigen Messsonden allfällige Axialbewegungen der Wellen an, und Thermoelemente in den jeweiligen Kühlkreisläufen überwachen die Lager, die Turbinenschaufeln und die Turbinenscheiben. An verschiedenen Stellen der Nieder- und Hochdruckverteiler, der Brennkammer und der Turbinenleitvorrichtungen sind Inspektionsöffnungen angebracht.

Prüfanlage für Wechseltemperaturversuche

Zu Beginn dieser Übersicht wurde erwähnt, die Concorde sei das bisher besterprobte Flugzeug. Dies hat nicht nur Gültigkeit in bezug auf die Anzahl Flugstunden oder auf die Prüfstunden des Triebwerkes auf den Boden- und Luftprüfständen sowie in den Flugzeugprototypen selbst, sondern auch auf den Umfang der durchgeführten und vorgesehenen Versuche.

Die Concorde ist infolge der hohen Geschwindigkeit und der grossen Flughöhen grossen Temperatur- und Druckschwankungen unterworfen. Bei einem typischen Flugverlauf erfolgen die Temperaturänderungen an der Flugzeugoberfläche sehr rasch; die tiefer liegenden Teile der Zelle können diesen Schwankungen aber nur allmählich folgen: Es entstehen Temperaturgradienten, die zusätzliche Spannungen verursachen.

Die Auswirkungen dieser Spannungen auf das Material sollen mit einer Bodenversuchsanlage geprüft und erfasst werden, die von Gebr. Sulzer AG im britischen Luftfahrtforschungszentrum in Farnborough erstellt wird. Darin wird eine Serienmaschine einem sich über ein Jahrzehnt erstreckenden Dauerversuch unterzogen werden. Das Versuchsprogramm wird so abgewickelt, dass das geprüfte Flugzeug den im Einsatz befindlichen Maschinen stets um eine beträchtliche Anzahl Belastungszyklen vorauseilt. Die Ermüdungsprüfungen werden möglichst wirklichkeitsgetreu durchgeführt. Die Prüfanlage besteht aus einem System von fünf



Das Strahltriebwerk Olympus 593 Mk. 602 mit wirbelfreiem Verdichtereinlass und Ringbrennkammer mit Zerstäubungsbrenner erreichte auf dem Prüfstand bis zu 18 150 kp Schub. Im Flugzeug wird es mit einer Leistung von 17 300 kp betrieben

Windkanälen, die das Flugzeug vollständig umhüllen. Die Wärme- und Kälteströme werden mit einem Luftkonvektorsystem gesteuert und nach einem bestimmten, die Aufwärmung und Abkühlung im normalen Flug simulierenden Programm gefahren. Das Programm wird an einem vollbeladenen und mit einer Ersatzflüssigkeit vollgetankten Flugzeug abgewickelt; auch die Innendrücke der Kabine, Brennstoffbehälter usw. sind den im Flug herrschenden Verhältnissen angeglichen.

Schlusswort

Es gab bisher kaum ein Luftfahrtprojekt auf der Welt, das auf so grosse Widerstände und Kritiken gestossen ist wie die britisch-französische Concorde, und es ist der Mut der Verantwortlichen zu bewundern, die ungeachtet aller Verleumdungen, trotz Rückschlägen und Schwierigkeiten, ihren Glauben an die Sache aufrecht erhalten haben. Die Concorde kommt; wenn nichts Ausserplanmässiges geschieht, wird die BOAC sie im Jahre 1975 auf den Strecken von London nach den USA, Südafrika, Japan und Australien einsetzen. Die Flugzeit London–Sydney wird 33 h 22 min anstelle von 46 h 46 min betragen. Ob es ein finanziell lohnendes Unterfangen ist, wird sich erst nach einer längeren Betriebszeit zeigen. Die fünf bisher von der BOAC fest bestellten Maschinen kosten immerhin mit Ersatztriebwerken, Wartungshilfsgeräten, Simulatoren, Zellen- und Elektronikersatzteilen 115 Mio £, sie stellen also eine gewaltige Investition dar, die – so hofft man – in 12 Jahren abzuschreiben ist.

Noch zögern die meisten auf die Concorde optierenden Gesellschaften, ihre Optionen in Festaufträge umzuwandeln. Dies mag zum Teil an finanziellen Überlegungen liegen,

wohl aber auch aus Angst vor den mächtigen Umweltschutzlobbies. Denn die Maschinen, die im September 1971 und im Juni 1972 auf Vorführungsreisen gingen, es waren die Prototypen 001 bzw. 002, hinterliessen noch den Eindruck des lärmenden und rauchenden Ungetüms, das heute viel grössere Furcht auslöst als Tausende von Automobilen im Leerlauf mit ihren *wirklich giftigen* – aber unsichtbaren – Abgasen. Aber gerade in dieser Hinsicht – schon im Hinblick auf die scharfen amerikanischen Zulassungsbedingungen – wurde an der Concorde fieberhaft gearbeitet. Bereits die Vorserienausführungen (und erst recht die Serienmodelle) arbeiten praktisch rauchfrei und erzeugen nicht mehr Lärm als herkömmliche Strahlmaschinen.

Und nach der Concorde werden weitere, verbesserte Überschallflugzeuge kommen; schon heute befinden sich verbesserte Ausführungen der Concorde mit erhöhter Nutzlast in der Planung; Eingeweihte wollen wissen, dass in den USA auch die NASA an den technischen Grundlagen eines SST der zweiten Generation arbeitet. Ferner hört man Gerüchte, die von einer amerikanisch-europäischen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet wissen wollen. Es scheint doch so weit gekommen zu sein, dass man heute das Überschallflugzeug als eine folgerichtige Weiterentwicklung betrachtet, und, dass es – ohne das herkömmliche Flugzeug vorerst abzulösen – als das Langstrecken-Verkehrsmittel von morgen gilt.

M. Künzler

Benutzte Quellen:

- Concorde vor dem Erstflug (Übersicht über die Hauptbauteile und deren Konstruktionsmerkmale). «Interavia» *23* (1968), H. 3, S. 149 bis 167
- Verschiedene Beiträge in «Interavia» *27* (1972), H. 3, S. 805 und S. 825—836
- Beiträge aus «Britische Nachrichten, Forschung und Technik» der Britischen Botschaft in Bern
- Wechseltemperaturprüfanlage für die «Concorde», Druckschrift, herausgegeben von der Gebr. Sulzer AG, Winterthur
- *Bilder:* BAC, British Aircraft Corp. (3), Central Office of Information, London (6), Gebr. Sulzer AG, Winterthur (1).

Zum Thema öffentliche Nahverkehrsmittel von morgen

DK 656.3

Von **R. Mögerle**, Baden

I. Allgemeines

Über das in letzter Zeit sich immer mehr in den Vordergrund drängende Thema der Nahverkehrsmittel der Zukunft sollen hier einige Überlegungen gebracht werden, die sich der Verfasser insbesondere nach der Teilnahme an einem Seminar der Technischen Akademie Wuppertal Mitte 1972 über den öffentlichen Personennahverkehr gemacht hat. Es wird versucht, eine Verbindung herzustellen zwischen den Auffassungen der Fachleute und den in Presse- und Fernsehberichten teilweise allzu hochgeschraubten Erwartungen. Dabei ist zu prüfen, ob es sich bei den Verkehrsmitteln von morgen nur um technische Errungenschaften oder auch um einen Fortschritt auf dem Wege zur Bewältigung der Verkehrsprobleme handelt. Im Gegensatz zu vielen anderen Entwicklungen können wir uns bei der Weiterentwicklung der Verkehrssysteme keine Unstetigkeiten leisten. Hier muss der Mensch in den Mittelpunkt gestellt werden, er muss den Veränderungen folgen können. Beim Sprung auf Übermorgen darf das Morgen nicht übersprungen werden. Wir müssen eine Vorstellung von Morgen und Übermorgen haben, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. Daher werden im vorletzten Abschnitt dieses Aufsatzes einige Verbesserungen aufgezeigt, die zunächst ohne grosse Neuentwicklungen zu verwirklichen sind.

II. Gründe für die Suche nach neuen Verkehrsmitteln

- Die Bevölkerung der Industrienationen hat sich mit überwältigender Mehrheit für das Auto entschieden.
- Die Regierungen dieser Länder lehnen eine Reglementierung der Verkehrsmittelbenutzung bzw. die unpopuläre Einengung der individuellen Nutzung des Autos ab.

Das Ergebnis ist bekannt: Zu Zeiten des Berufsverkehrs und des Freizeitverkehrs sind die Strassenverkehrsanlagen hoffnungslos überlastet, und Unfälle und Umweltbeeinträchtigungen haben ein kaum mehr erträgliches Ausmass angenommen. Alle Bemühungen der öffentlichen Verkehrsträger, Fahrgäste in grösseren Zahlen zurückzugewinnen, sind bisher fehlgeschlagen. Auch die zeitweilige Einführung des Nulltarifs brachte keine Besserung. Die Voraussetzungen für die eigenwirtschaftliche Betriebsführung eines Verkehrsbetriebes sind nicht gegeben: Ein Verkehrsunternehmen hat heute im Durchschnitt eine Auslastung von höchstens 18 bis 20%; die Personalkosten belaufen sich auf 60 bis 70% aller Betriebskosten. Durch Subventionen geht die Eigenständigkeit der Betriebe verloren. Erhalten diese für die Verbesserung ihres Verkehrsangebotes auf vorhandenen Linien keine Zuschüsse oder werden betriebsfremde Lasten wie zum Beispiel Konzessionsabgaben erhoben, so müssen die Fahrpreise erhöht werden. Auch aus zu starken Rationalisierungsmassnahmen ergeben sich für den Fahrgast Nachteile.

Wesentliche Nachteile der bestehenden öffentlichen Verkehrsmittel sind die, linien- und fahrplangebunden zu sein, dem Fahrgast nicht jederzeit zur Verfügung zu stehen sowie die An- und Abmarschwege zur Haltestelle. Gerade diese Fusswege und lange Warte- und Umsteigezeiten bringen es mit sich, dass der Autofahrer selbst in Spitzenzeiten oft schneller an sein Ziel kommt als der Fahrgast einer Strassen-, S- oder U-Bahn.

Untersuchungen über das Verkehrsaufkommen im öffentlichen Personennahverkehr in Wohngebieten ergaben, dass die Personenwagen-Benützer ausser einer ausreichenden Bequemlichkeit vor allem der Reisezeit die grösste Bedeutung beimessen. Sie nannten den gebrochenen Verkehr als entscheidenden Beweggrund, nicht auf ein öffentliches Verkehrsmittel umzusteigen.

Der Einzugsbereich der Massenverkehrsmittel ist begrenzt. Die flächenhafte Erschliessung des Verkehrsraumes ist noch nicht gelöst.

Aus den hier aufgeführten Überlegungen geht hervor, dass dem grossen Vorteil der öffentlichen Verkehrsmittel, der hohen Leistungsfähigkeit bei nur geringem Platzanspruch, nicht unbedeutende Nachteile gegenüberstehen.

Die Vorzüge des Personenwagens sind seine Freizügigkeit, keine Bindung an bestimmte Strecken, Haltestellen und Fahrpläne, sowie seine Bequemlichkeit.

Auf das Auto als Fortbewegungsmittel kann in absehbarer Zeit noch nicht verzichtet werden, bevor es nicht durch neue, geeignetere Verkehrsmittel ersetzt wird. Es müssen echte Alternativen geboten werden. Wir brauchen daher neue Verkehrsmittel, die die Vorzüge der öffentlichen Verkehrsmittel mit denen des individuellen Personenwagens vereinigen.