

Der „Ce-Liner“: Luftverkehrskonzept für eine potenziell emissionsfreie Zukunft

Die von der EU-Kommission in „Flightpath 2050“ festgesetzten ambitionierten Ziele sind ein wesentlicher Treiber der Arbeiten am Bauhaus Luftfahrt. In diesem Kontext entstand das Ziel, die zahlreichen Erkenntnisse und Technologien der einzelnen Forschungsbereiche in einem gemeinsamen Luftfahrzeugkonzept zusammenzuführen, das einen Ausblick auf eine mögliche Lösung zu Erreichung der hohen Ziele ermöglicht.

Zu Beginn wurden ökonomische und technische „Top-Level“-Anforderungen als Leitlinien der Flugzeugauslegung definiert, so zum Beispiel für Flugzeuggröße, Reichweite, Reisegeschwindigkeit oder der Umschlagzeit am Flughafen. Die Identifikation des zukünftigen Marktsegments mit dem größten CO₂-Einsparpotenzial zeigte, dass 2035 Passagierflugzeuge in der Kategorie mit 180 bis 200 Sitzen weltweit für die meisten Flugbewegungen verantwortlich sein werden. Deshalb wurde der Mittelwert von 190 Sitzen als Designgröße festgelegt. Die mögliche Reichweite hingegen wird wesentlich durch die bei Markteintritt verfügbare Batterietechnologie bestimmt. Für ein elektrisch angetriebenes Flugzeug mit einer Kapazität von 190 Passagieren wurde eine Reichweite von 600 nautischen Meilen (nm) im Jahr 2030, von 900 nm für das Jahr 2035 und von 1400 nm im Jahr 2040 ermittelt. Bei einer Reichweite von 900 nm könnten 79 Prozent aller Flugbewegungen durchgeführt werden, was als ausreichend hoch eingeschätzt wurde. Somit wurde das Jahr 2035 als Markteintrittszeitpunkt für ein Flugzeug mit einer Reichweite von 900 nm bei vollständig elektrischem Antrieb definiert.

Nach der Untersuchung von Marktanforderungen eines ökonomisch sinnvollen Flugzeugkonzepts für das Jahr 2035 mussten in einem nächsten Schritt Schlüsseltechnologien, die Systemkonfiguration und das Grundkonzept abgeleitet werden. Auf der einen >

The “Ce-Liner”: Air transport concept for a potentially emission-free future

The European Commission’s “Flightpath 2050” goals resemble a key driver for activities at Bauhaus Luftfahrt. In this context, the goal evolved to join the numerous findings and ideas from the different research groups into the conceptual design and assessment of a zero-emission transport aircraft that gives an impression of possible solutions for the achievement of the ambitious goals.

A crucial prerequisite for the aircraft design process is the definition of economic and technical top-level requirements, which define the aircraft size and mission range, as well as cruise speed or turnaround times. The identification of the aircraft size segment with the largest CO₂ abatement effects on the global fleet shows that the highest frequency of flight movements comprising all world regions will be done by aircraft with seats in the range between 180 and 200. Therefore, the aircraft size was defined to allow for the mean value in this category, which is 190 seats. As the range depends on the battery technology level, this decision is closely connected to the entry into service (EIS) date. Forecasts of future battery technology developments indicated a range of 600 nautical miles (nm) for an EIS in 2030, 900 nm for an EIS in 2035 and 1400 nm for an EIS in 2040. The calculated range segments of 600, 900 and 1400 nm would cover 59, 79 and 92 percent of all flights operated by aircraft within the defined size category. As 79 percent of possible market coverage was evaluated to be sufficient, the EIS year was defined to be 2035, corresponding to an operational range of 900 nm.

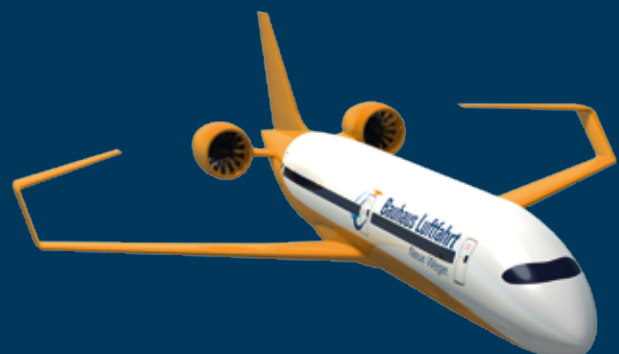
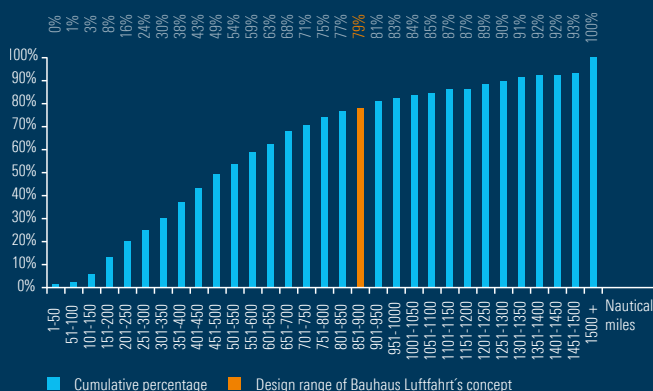
With an economically viable transport application identified, the aircraft’s key technologies, system configuration and overall layout had to be selected. Setting up an electromotive power system for the targeted 190 passenger and 900 nm design was a challenging task, going far beyond current concepts of full-electric flight. On >

Marktstudie: 900 nm Reichweite ließen den „Ce-Liner“ 79 Prozent der Plan-Routen abdecken

Market study: With 900 nm range the “Ce-Liner” could cover 79 percent of all planned routes

Der „Ce-Liner“ (Computergrafik): Einblick in eine potenziell emissionsfreie Zukunft

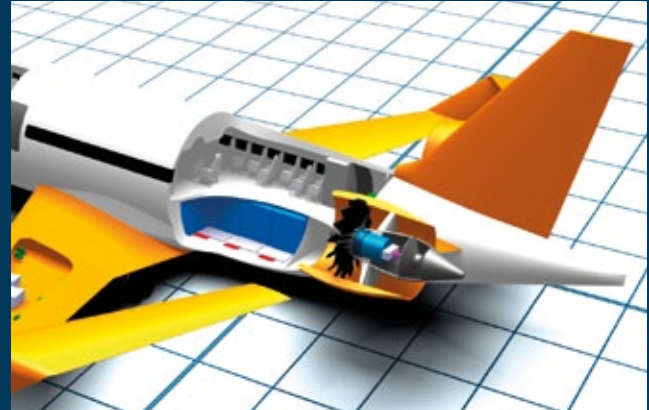
The “Ce-Liner” (rendering): Insight into a potentially emission-free future of aviation





Auswahlprozess: Wissenschaftler im Bauhaus Luftfahrt diskutieren verschiedene Konzepte

Down selection process: Scientists at Bauhaus Luftfahrt discuss conceptual designs



Lokal emissionsfrei: Bis zu 16 Batteriecontainer versorgen zwei elektrische Triebwerke

Locally emission-free flight: Up to 16 battery containers supply two electric engines

Seite bietet der vollelektrische Ansatz neue Freiheitsgrade bei der Auslegung und Integration von Systemen innerhalb des Flugzeugs. Auf der anderen Seite ergeben sich aber auch neue Einschränkungen durch die festgeschriebene Abfertigungszeit am Flughafen: Das Schnellladen der Batterien beispielsweise stellt so extreme Anforderungen, dass ein Austausch nach jedem Flug angenommen wird. Für die Elektromotoren des Antriebs und die Kabel zur Leistungsübertragung ist Hochtemperatur-Supraleitungs-Technik (HTS) vorgesehen, die im Jahr 2035 voraussichtlich die höchste Leistung pro Gewicht erzielen kann.

Die aerodynamische Effizienz wird durch ein nichtplanares Tragflächenkonzept, den sogenannten C-Wing, gesteigert. Es verringert den Widerstand und hält gleichzeitig die Spannweitenbeschränkungen seitens der Flughäfen ein. Auch wirtschaftliche Überlegungen seitens eines potenziellen Flugzeugbetreibers waren ein Baustein: Das vorgeschlagene Konzept muss in Bezug auf die Wartungs- und Betriebskosten besser abschneiden als Mitbewerber. Zudem wurde ein Kabinenkonzept entwickelt, das Bevölkerungsentwicklungen für 2035+ wie den Trend zu steigenden Körpermaßen in der Konfiguration von Sitzen, Gängen und Staufächern berücksichtigt.

Angetrieben von der großen Herausforderung der Aufgabe erprobte das Team in der Entwicklung des Flugzeugkonzepts auch neue Wege der Zusammenarbeit nach dem Prinzip der „Agilen Methoden“. Im Angesicht der hochgradig dynamischen und komplexen Zielsetzung erwies sich hier der aus der Softwareentwicklung übernommene SCRUM-Prozess als sehr wertvoll, mit dem besonders flexibel und effizient auf vielerlei Veränderungen reagiert werden konnte, ohne von Qualität und Budget abzuweichen.

Am Ende des interdisziplinären Entwicklungsprozesses entstand mit dem „Ce-Liner“ ein Luftfahrzeugkonzept, das einen interessanten Einblick in eine potenziell emissionsfreie Zukunft gibt. □

the one hand, a full-electric approach including electromotive power offers new degrees of freedom with respect to system integration onboard the aircraft. On the other hand, the ground handling characteristics, especially turnaround times, require easy access to the battery packs. Recharging the batteries during turnaround is postulated to remain challenging; hence an exchange after each flight is assumed. The motive power system's electric motors as well as the power transmission system's wiring are to be equipped with High Temperature Superconducting (HTS) technology, which by the time of EIS, is expected to deliver a high power-to-weight ratio.

Aerodynamic efficiency is improved by adopting a non-planar wing configuration, the so-called C-wing. It offers an enhanced performance for given geometrical constraints imposed by airport compatibility, for instance wing span limitations. Economic considerations of the potential operators were another aspect. The chosen concept needs to outperform any competitors in terms of operating cost and direct maintenance. In addition, a well thought-out cabin layout was designed using passenger data for the year 2035+, catering to the expected trend towards taller passengers in a modified setup of seats, aisles and storage bins.

Challenged by the huge task the group during the design process even selected new ways of cooperation according to "Agile Methods". In this context, especially the so-called SCRUM process derived from software engineering proved very valuable in the management of highly dynamic and interdisciplinary tasks and enabled a flexible reaction to the numerous changes in requirements without quality flaws or budget overruns.

In the end of the interdisciplinary design process, all considerations evolved into the "Ce-Liner", an aerospace vehicle concept offering interesting insight into a potentially emission-free future of aviation. □