

## IRON LIQORNE

Iron bird to test a safe and efficient LIQuid hydrogen fuel system for airBORNE applications

|                                 |  |                        |            |
|---------------------------------|--|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Mobilitätssystem, Mobilitätssystem, FTI-Lösungen für die Transformation des Luftfahrtsystems, Sustainable Aviation Fuels inkl. Wasserstoff 2023          | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.10.2024   | <b>Projektende</b>     | 30.09.2027 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2024 - 2027  | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | Cryogenic LH2 Low-Pressure Fuel System, Thermal Management of LH2, Hydrogen Combustion, Model Design Simulation, Fuel Recovery, LN2 IRONBIRD Development |                        |            |

### Projektbeschreibung

Das Projekt IRON LIQORNE, ein Leuchtturm der Innovation in der nachhaltigen Luftfahrt, vereint die Konzepte von Innovation und Nachhaltigkeit durch die Entwicklung und Integration von Niederdruck-Flüssigwasserstoff (LH2)-Treibstofftechnologien in Flugzeugsysteme. Mit dem Ziel, die Nettoemissionen bis 2050 auf Null zu reduzieren, wird das große Potenzial von LH2 sowohl als Treibstoff als auch als Kühlflüssigkeit genutzt. Dabei wird LH2 in den Flugzeugsystemen bis zur Verdampfung kurz vor der Einspritzung in die Brennkammer in flüssiger Form gehalten, wodurch sich das Systemvolumen verringert und die Betriebszeiten aufgrund der höheren volumetrischen Massendichte im Vergleich zu gasförmigen Hochdrucksystemen verlängert. Die Verdampfung des LH2 profitiert dann von der Wärmeentwicklung des Triebwerks/der Brennstoffzelle, was bis zu 10 % effizienter ist als die Verwendung von Energie im Vorfeld der Vergasung, wie es bei den meisten aktuellen Systemen der Fall ist.

Ein neuartiger Ansatz, der erforscht wird, umfasst eine 3D-gedruckte Brennkammer mit zahlreichen kleinen Kanälen für eine effiziente LH2-Verdampfung, die auch den Motor kühlt und so die Effizienz des Systems erhöht. Zu den Sicherheitsverbesserungen gehören eine Booster-Pumpe und ein Verteilerventil für eine schnelle Drosselklappenreaktion, das den Kraftstoffstrom in den Primär- und Rückgewinnungsstrom leitet, bevor er in die Brennkammer gelangt. Im Rahmen des Vorgängerprojekts LIQORNE wurde ein grundlegendes parametrisiertes Matlab-Simscape-Modell unter Verwendung von realen Zweiphasen-Gasdaten aus der CoolProp-Datenbank für ein kleines zweimotoriges Mittelstreckenflugzeug entwickelt, wobei geplant ist, dieses Modell auf verschiedene Flugzeug- und Missionsprofile zu erweitern. Die niedrigen Temperaturen kryogener Systeme können dazu führen, dass Wasserdampf aus der feuchten Umgebungsluft kondensiert und an einzelnen Komponenten festfriert, was ein erhebliches Sicherheitsrisiko im Falle von Eisblockaden in der Boil-off-Leitung darstellt.

Darüber hinaus leistet das Konsortium Pionierarbeit mit einem kostengünstigen, anpassungsfähigen LN2-Forschungsprüfstand für flexible Untersuchungen von Komponenten und Systemarchitekturen unter verschiedenen Bedingungen. Dieser Prüfstand unterstützt Experimente zur Verbrennung alternativer Brennstoffe (LNG) und hilft bei der Überprüfung innovativer Brennergeometrien und des Verbrennungsverhaltens. Es werden Kennzahlen entwickelt, um die

Testergebnisse von LN2 und LNG mit denen von LH2-Systemen vergleichbar zu machen und die Sicherheitsrisiken, die mit kryogenen Temperaturen verbunden sind, zu berücksichtigen.

Mehrphasen-CFD-Simulationen, einschließlich Phasenwechselmodellen innerhalb einer parametrisierten CAE-Umgebung, helfen bei der Bewertung von Kondensationsraten und der Validierung experimenteller Messungen für LH2-, LN2- und LNG-Simulationen von Flugzeugtankkomponenten. Um die Lücke zwischen Forschung und industrieller Anwendung zu schließen, konzentriert sich das Konsortium auf die Vernetzung mit Industriepartnern und Behörden, um ein österreichisches LH2-Produktions-/Testzentrum einzurichten und die Forschungsergebnisse an die Luftfahrtgemeinde und Studenten weiterzugeben.

Dieser umfassende Ansatz zielt nicht nur auf den effizienten und sicheren Einsatz von LH2 in der Luftfahrt ab, sondern positioniert das IRON LIQORNE Projekt auch als zentralen Akteur bei der Weiterentwicklung nachhaltiger Flugkraftstofftechnologien.

## **Abstract**

The IRON LIQORNE project, a beacon of innovation in sustainable aviation, unites the concepts of innovation and sustainability by developing and integrating low-pressure liquid hydrogen (LH2) fuel technologies into aircraft systems. Aiming for zero-net emissions by 2050, it leverages the high potential of LH2 as both an engine fuel and a cooling fluid. This involves maintaining LH2 in liquid form within the aircraft's systems until vaporization just before injection into the combustion chamber, reducing system volume and extending operating times due to its higher volumetric mass density compared to gaseous high-pressure systems. The evaporation of the LH2 then benefits from the heat developed by the engine/fuel cell, which is up to 10% more efficient than using energy upstream to perform this gasification, as is the case with most current systems.

A novel approach being explored includes a 3D-printed combustor with numerous small channels for efficient LH2 vaporization, which also cools the engine, enhancing system efficiency. Safety enhancements feature a booster pump and a splitter valve for rapid throttle response, directing fuel flow into primary and recovery streams before entering the combustion chamber. The previous project, LIQORNE, has developed a basic parameterized Matlab Simscape model using two-phase real gas data from the CoolProp database for a small twin-engine medium-range aircraft, with plans to extend this model to various aircraft and mission profiles. The low temperatures of cryogenic systems can cause water vapor from the humid ambient air to condense and freeze on individual components, which poses a significant safety risk in the event of ice blockages in the boil-off pipe.

Additionally, the consortium is pioneering a cost-effective, adaptable LN2 research test bed for flexible component and system architecture investigations under varied conditions. This test stand supports alternative fuel combustion (LNG) experiments, aiding in the verification of innovative burner geometry and combustion behavior. Key figures are being developed to make LN2 and LNG test results comparable with LH2 systems, addressing the safety risks posed by cryogenic temperatures.

Multiphase CFD simulations, including phase change models within a parameterized CAE environment, aid in evaluating condensation rates and validating experimental measurements for LH2, LN2, and LNG simulations of aircraft fuel tank

components. To bridge the gap between research and industrial application, the consortium is focused on networking with industrial partners and authorities to establish an Austrian LH2 production/test center and disseminate research findings to the aviation community and students.

This comprehensive approach not only targets the efficient and safe use of LH2 in aviation but also positions the IRON LIQORNE project as a pivotal player in advancing sustainable aviation fuel technologies.

### **Projektkoordinator**

- FH JOANNEUM Gesellschaft mbH

### **Projektpartner**

- Combustion Bay One e.U.
- Österreichisches Institut für Vereisungswissenschaften in der Luftfahrt (AII)