

MATLAB EXPO 2019

Entwicklung von lokalen elektrischen Energiesystemen für Verkehrsflugzeuge

Robert Doering M.Sc., Anton Offner B.Sc.
München 2. Juli 2019

Flugzeugentwurf

- Familienkonzepte (z.B. A320-Familie)
- Maximalfall innerhalb einer Familie ist dimensionierend

→ Nicht-optimaler Entwurf



Quelle: <http://jetway.aero/a320-family/>

Flugzeugentwurf

- Familienkonzepte (z.B. A320-Familie)
- Maximalfall innerhalb einer Familie ist dimensionierend

→ Nicht-optimaler Entwurf

Elektrisches System

- Auslegung auf Basis von Lastanalysen
- Variation von bis zu 65 kVA im Kabinenbereich

→ Generatoren und Netz überdimensioniert



Quelle: <http://a320cabinmod.blogspot.com/>



Quelle: Airbus

Flugzeugentwurf

- Familienkonzepte (z.B. A320-Familie)
- Maximalfall innerhalb einer Familie ist dimensionierend

→ Nicht-optimaler Entwurf

Elektrisches System

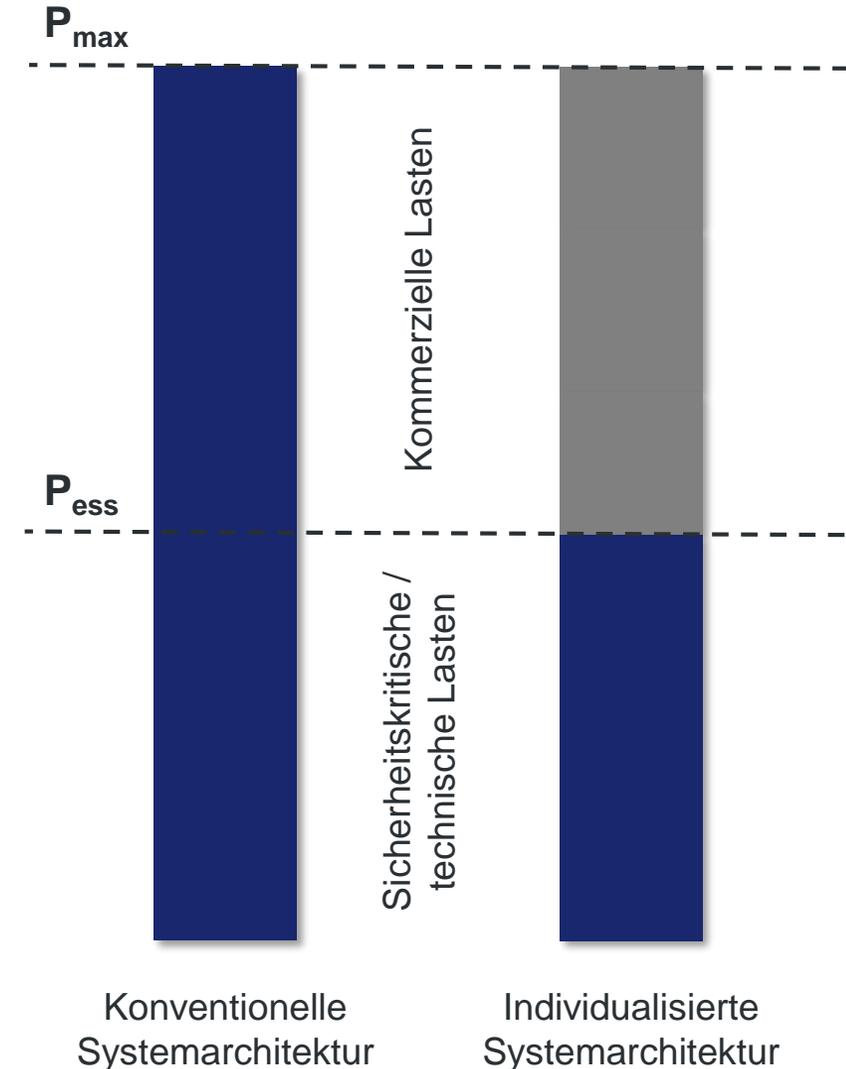
- Auslegung auf Basis von Lastanalysen
- Variation von bis zu 65 kVA im Kabinenbereich

→ Generatoren und Netz überdimensioniert

Optimierung durch Individualisierung

- Versorgung sicherheitskritischer Verbraucher über zentrales System
- Versorgung kommerzieller Lasten über individualisierte dezentrale Systeme

→ Einsatz lokaler elektrischer Energiesysteme



- **Welche Gewichtseinsparungen können durch den Einsatz von lokalen elektrischen Energiesysteme realisiert werden?**
- **Wie viel wiegen lokale elektrische Energiesysteme?**
- **Welche Auswirkungen ergeben sich auf Flugzeug- bzw. Flottenebene?**
- **Fallstudie: Lufthansa Group.**

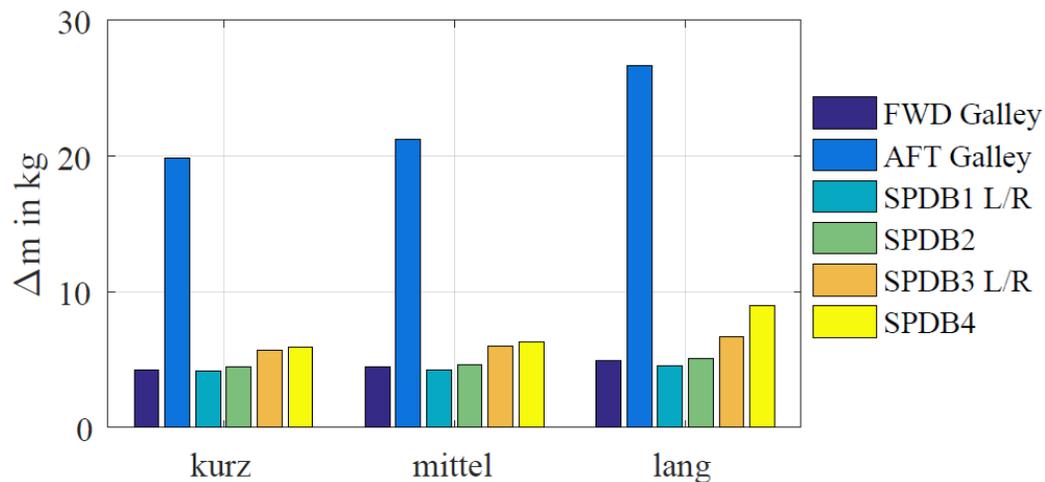
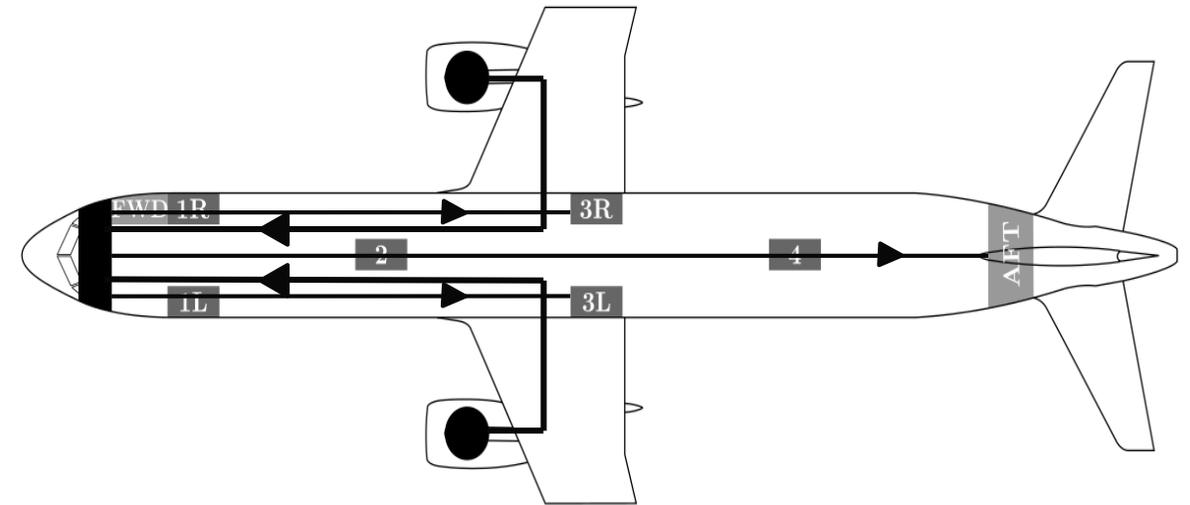
Netzwerkarchitektur

- Leistungsbereitstellung via Triebwerksgeneratoren
- Verteilung über primäres und sekundäre Verteilzentren

Gewichtsreduktionspotentiale

- Generatoren (Downsizing)
- Generatorkabel (Downsizing)
- SPDB-Kabel (Eliminierung)

→ PowerArchitekt zur Netzwerkdimensionierung

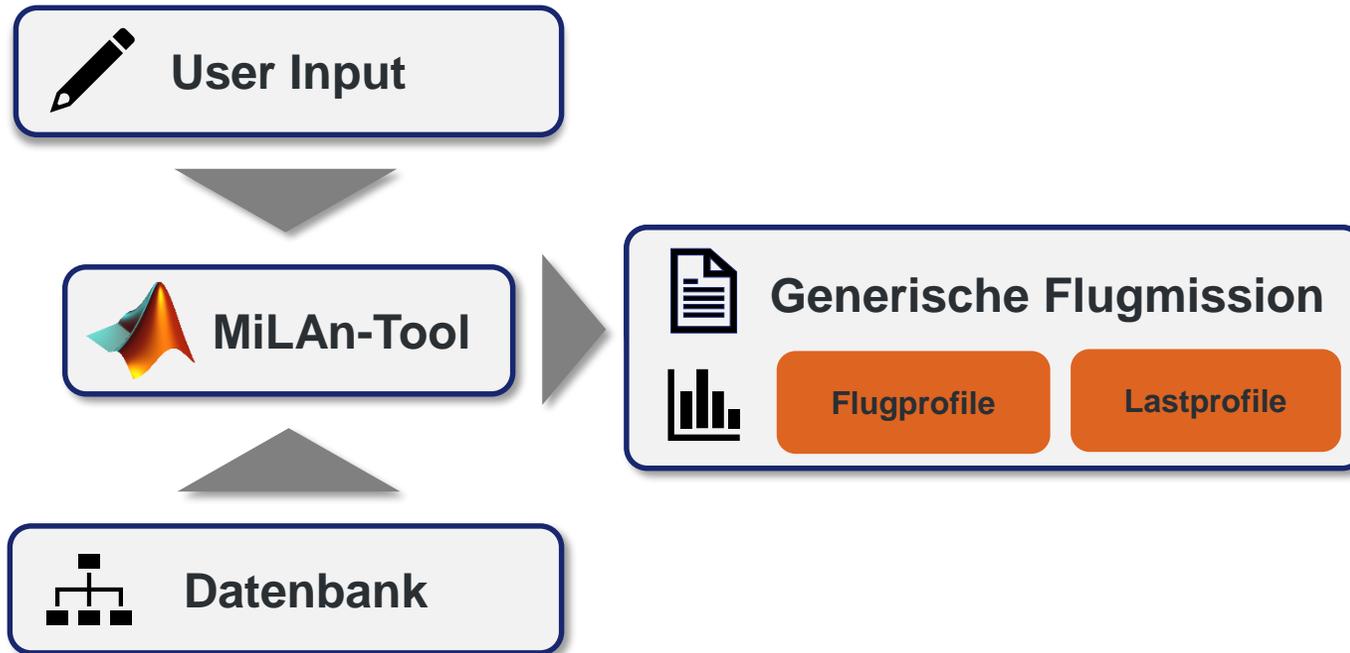


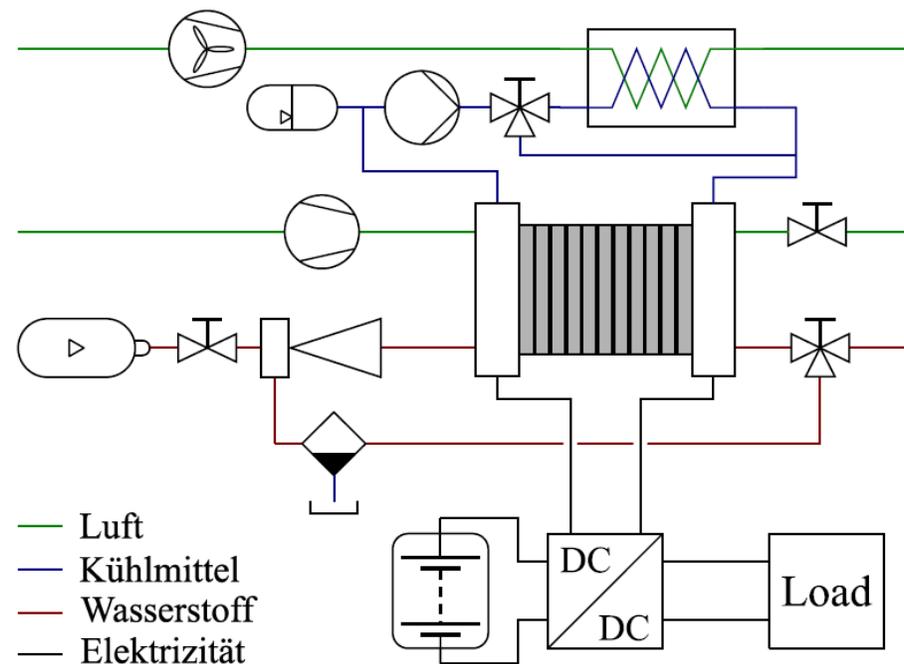
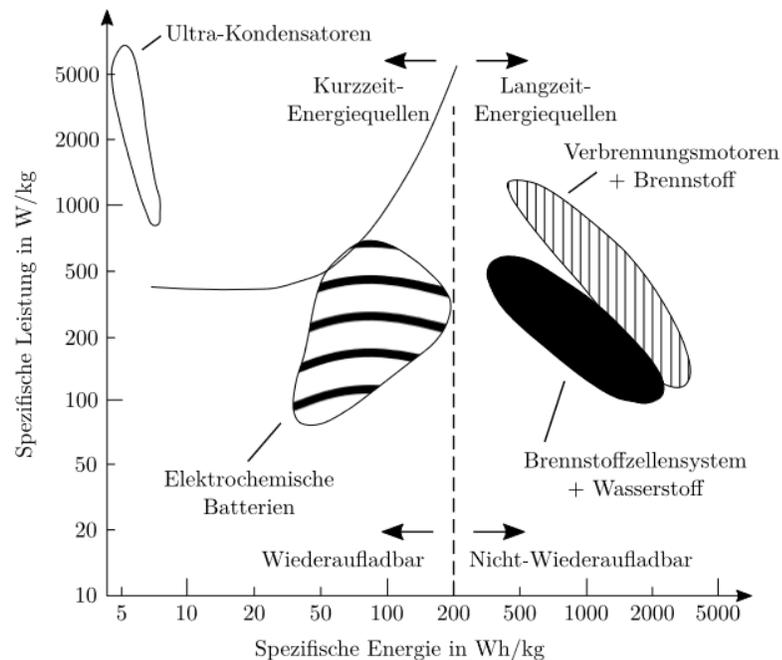
Ergebnisse

- Gewichtsreduktion abhängig von der Flugzeuglänge
- Gewichtsreduktion bis 30 kg möglich
- Entkopplung der hintere Bordküche am vielversprechendsten

MiLAn-Tool

- Generierung von Referenzflugmissionen
- Benutzereingaben & Visualisierung
- Datenbank mit Lastinformationen



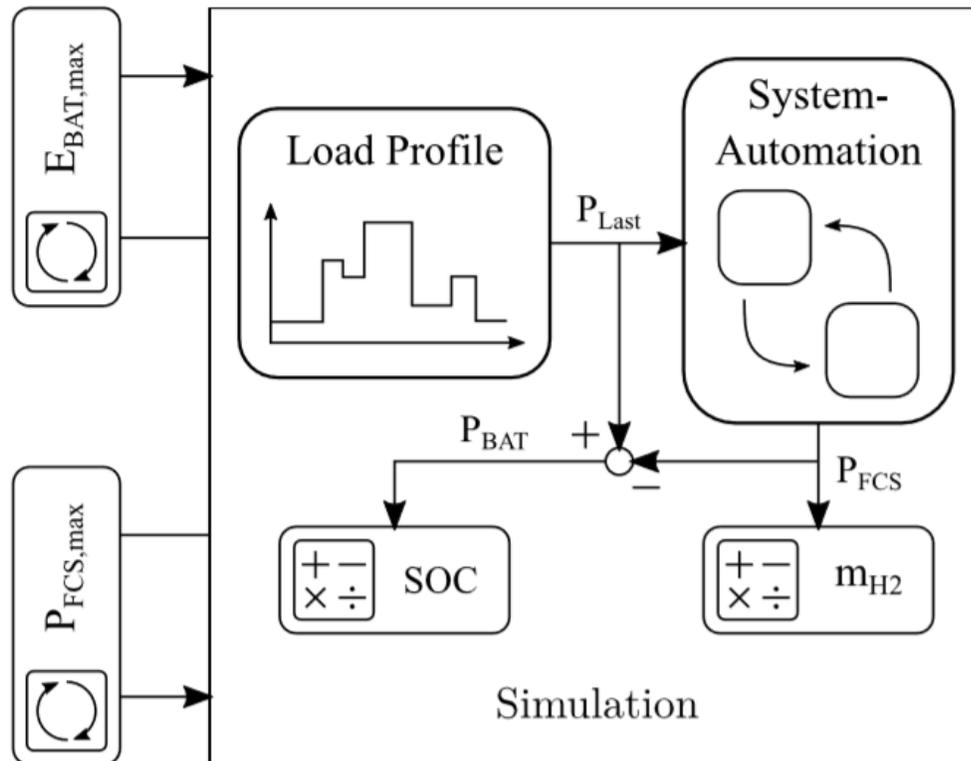


Kerntechnologie

- Batteriesysteme (LiPO_4)
 - 100 Wh/kg
 - einfach
- Brennstoffzellensysteme
 - Ca. 500 W/kg
 - komplex

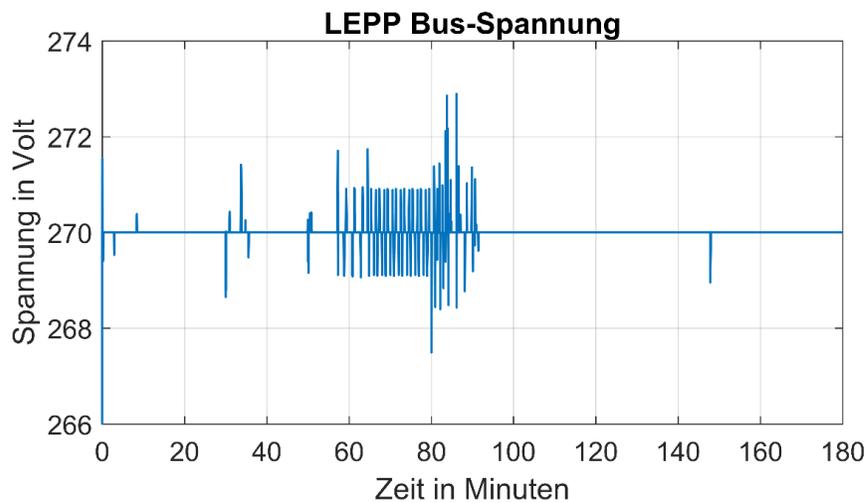
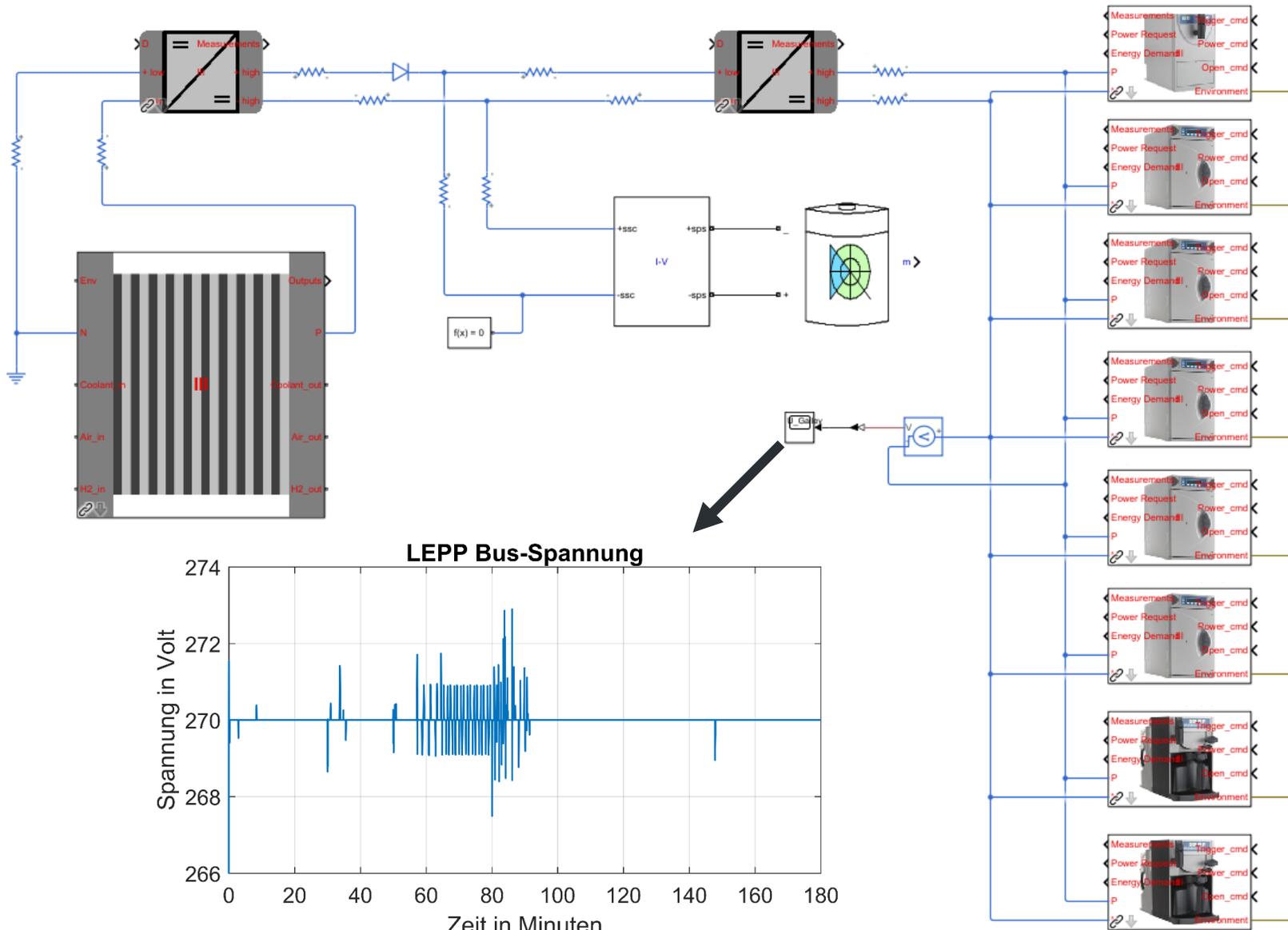
Sekundäre Systeme

- Kühlsystem
- Luftversorgungssystem
- Wasserstoffversorgungssystem
- Tanksystem
- Systemregelung und Automation



Definition eines Hybridisierungsgrades

- Abbildung der Systemautomation in Stateflow
- Simulation entlang eines Lastprofils mit Simulink
- Variation von FCS Leistung und BAT Energie
- Berechnung des SOC und des H₂-Verbrauchs
- Berechnung der erwarteten Systemmasse

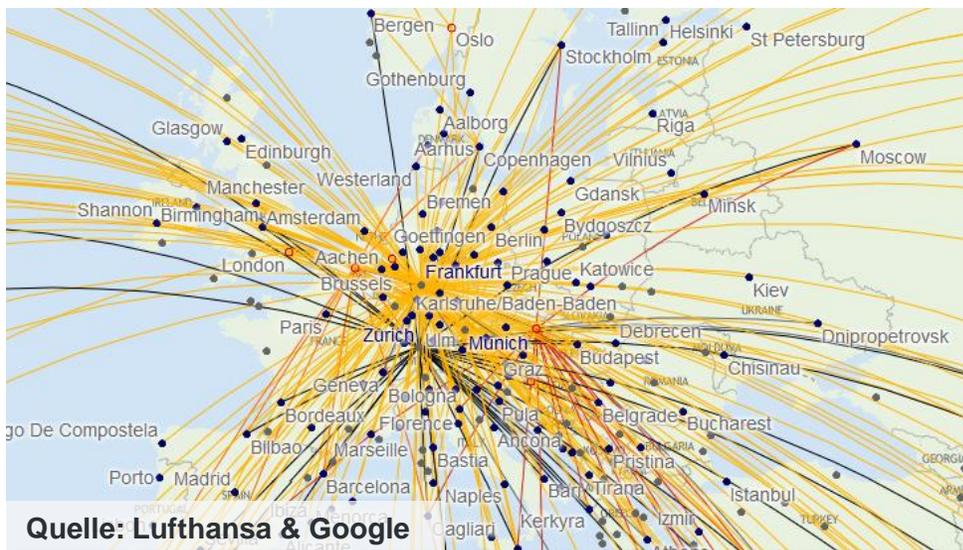
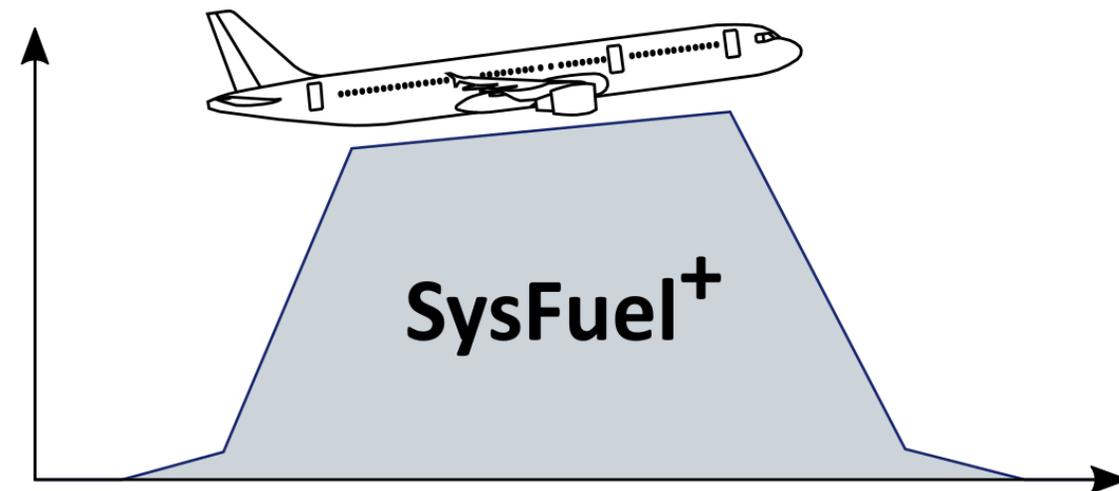


Systemsimulationen

- MATLAB Simscape / Stateflow / Simulink
- Identifikation von Verbesserungspotentialen
- Eigenschaftsabsicherung
 - Z.B. Einhaltung von Spannungsgrenzen (250 – 280 V)

Flugzeugebene

- Bewertungskriterium: Kerosinverbrauch
 - Masse
 - Luftwiderstand
- SysFuel⁺
 - Atmosphären-, Flugphysik- und Triebwerksmodell
 - Simulation entlang einer gegebenen Flugmission (MiLAn)
- ▶ Geänderter Treibstoffverbrauch gegenüber Referenz



Flottenebene

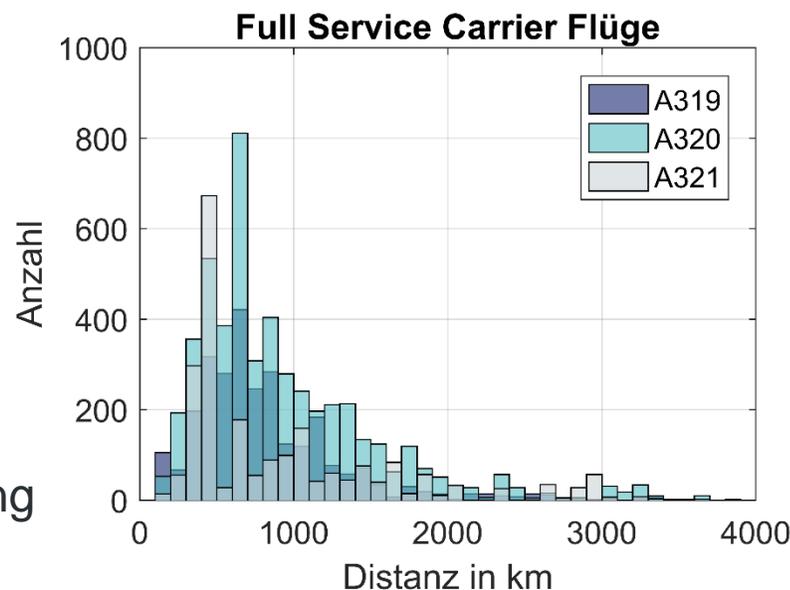
- Analyse der Routen
- Analyse der Flugzeugmuster
- Analyse der Nutzungsszenarien
- ▶ Gewichtung der Bewertung auf Flugzeugebene gemäß Flottenzusammensetzung und -betrieb

Entkopplung der Bordküche

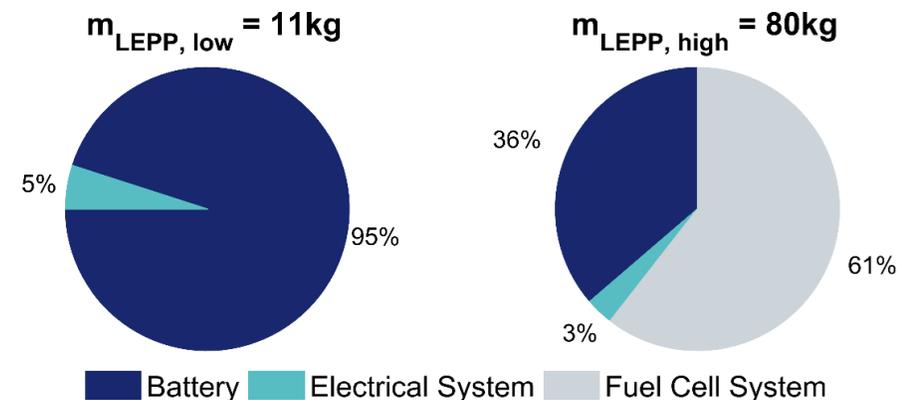
- Volle Ausstattung:
 - Lufthansa, Swiss, Austrian und Brussels bei Strecken >1500km
- Reduzierte Ausstattung:
 - Eurowings
 - Lufthansa, Swiss, Austrian und Brussels bei Strecken <1500km

Flottenanalyse

- Anzahl der Flüge pro Woche:
 - FSC = 10.077
 - Eurowings = 3842
- FSC: 85% < 1500 km
- ▶ 90% der Flüge mit reduzierter Ausstattung durchführbar



Entwurfsergebnisse



- Gewichtsänderungen von -15,7 bis +61,2kg

Ergebnisse

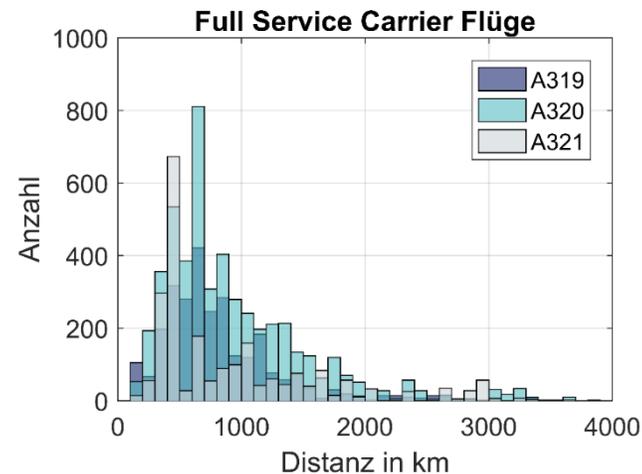
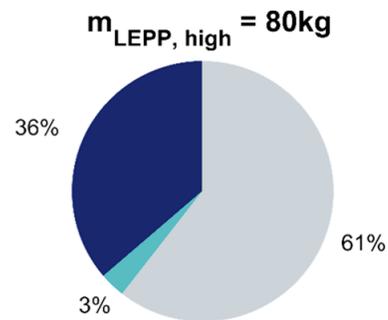
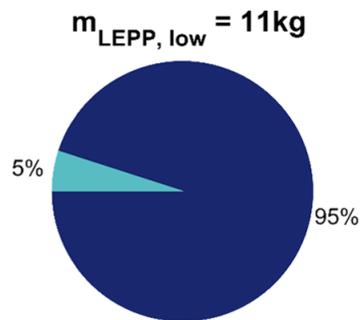
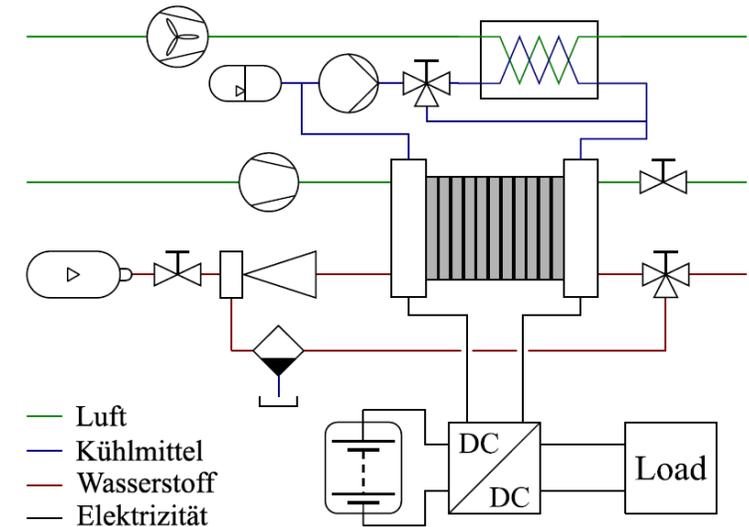
- Treibstoffeinsparungen:
 - Eurowings: -1.400kg
 - Full-Service Carrier: +16.000kg
- ▶ Positiver Effekt für Eurowings realisierbar
- ▶ Negativer Effekt für Lufthansa, Swiss, Austrian und Brussels

Motivation

- Optimierung des elektrischen Systems durch Individualisierung
- *Local Electric Power Packages* zur Energieversorgung

Integration & System Design

- Hintere Galley durch ein *Local Electric Power Package* versorgt
- *Local Electric Power Packages* auf Basis hybrider Brennstoffzellensysteme



Fallstudie

- Lufthansa Group:
 - Positiver Effekt für Eurowings
 - Negativer Effekt für Lufthansa, Swiss, Austrian und Brussels

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen?

Kontakt:

Robert Doering, M.Sc.
Institut für Flugzeug-Systemtechnik
Technische Universität Hamburg
Hamburg, Deutschland
robert.doering@tuhh.de

