

*ENTWICKLUNGSPARTNER FÜR DIE
INDIVIDUELLE MOBILITÄT DER ZUKUNFT*

A close-up photograph of a car's headlight, showing the intricate details of the lens and the red and white body panels. The image is used as a background for the title text.

E-Mobilität und Brennstoffzellensysteme – Perspektiven und Ausblick bei der FES

Torsten Flammiger / Marcus Schaedler

*ENTWICKLUNGSPARTNER FÜR DIE
INDIVIDUELLE MOBILITÄT DER ZUKUNFT*



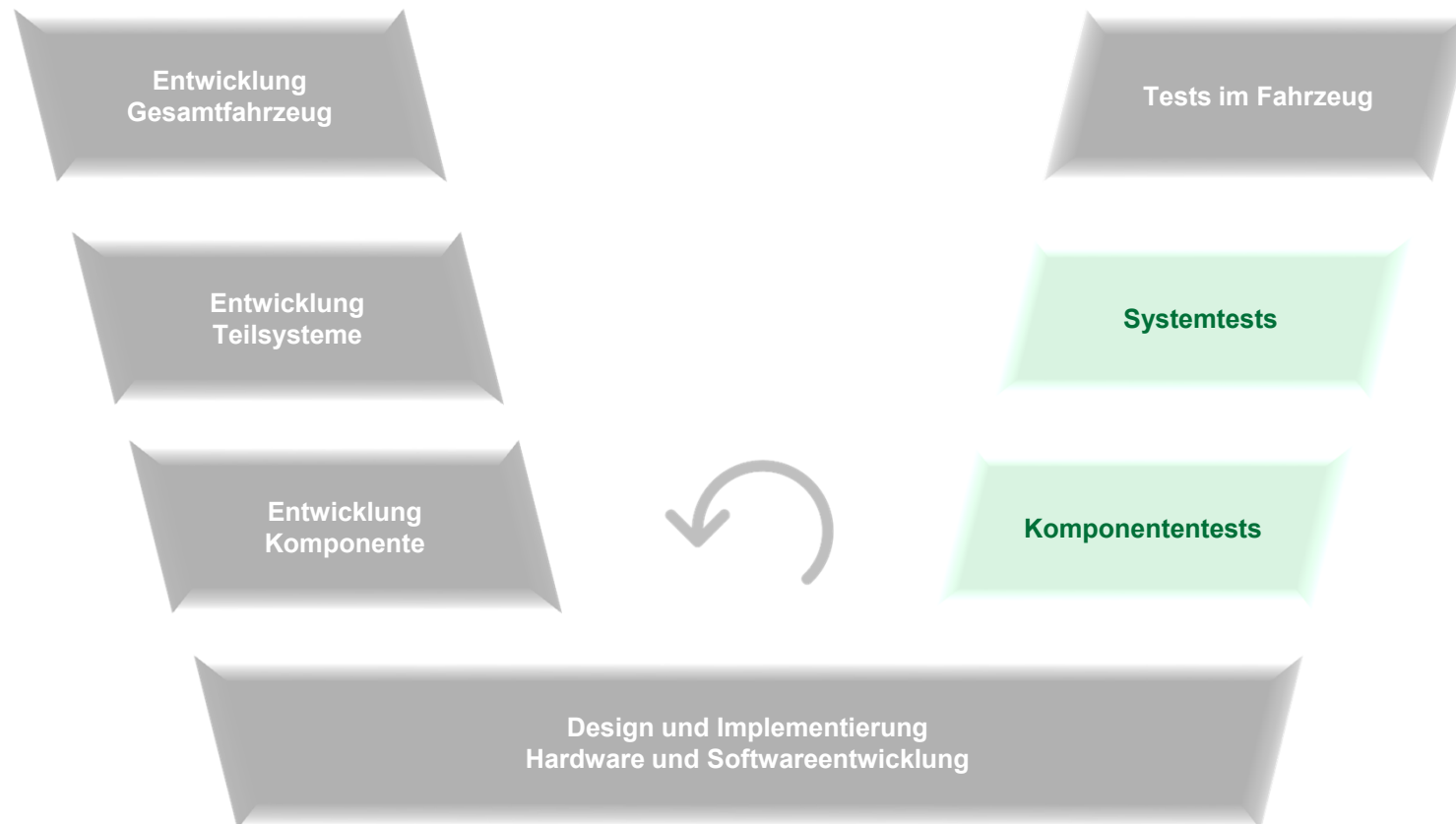
E-Mobilität und Brennstoffzellensysteme – Perspektiven und Ausblick bei der FES

Torsten Flammiger / Marcus Schaedler



Entwicklungsablauf ...

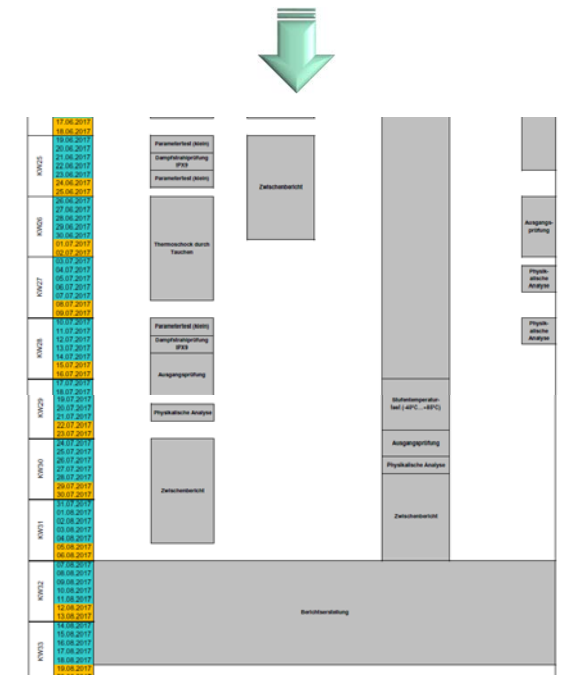
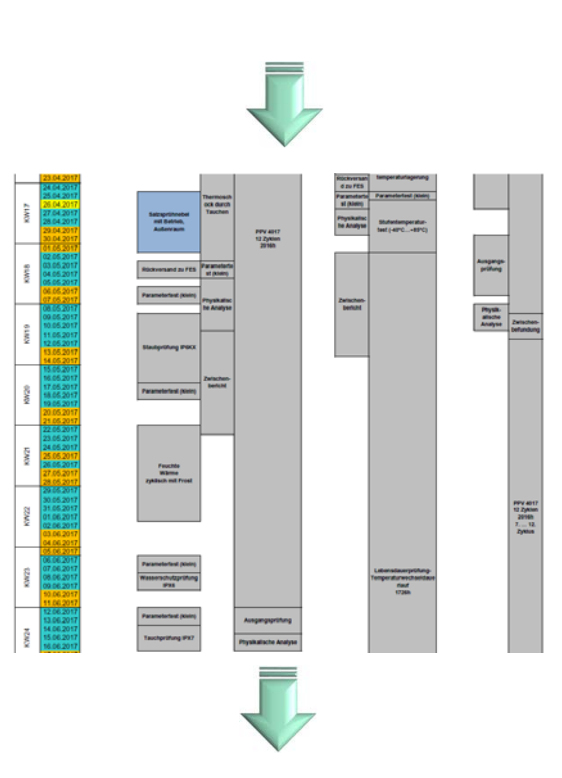
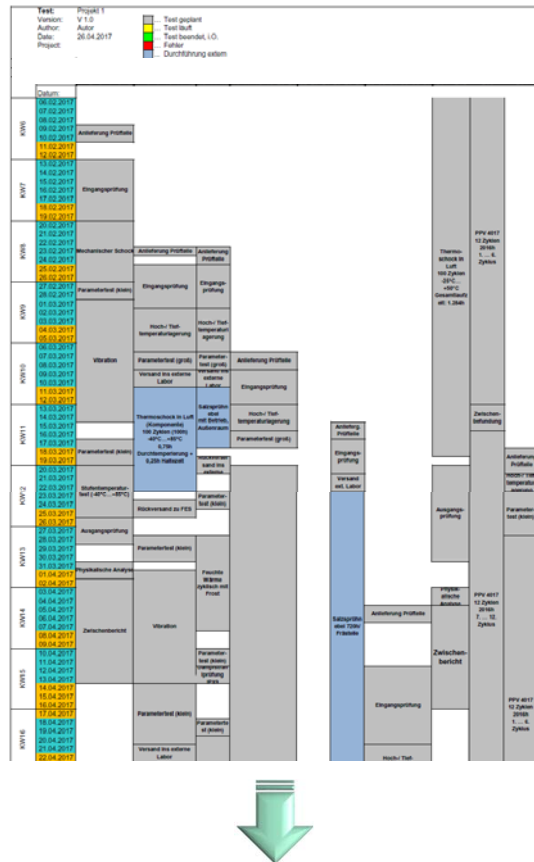
... aus Erprobungssicht

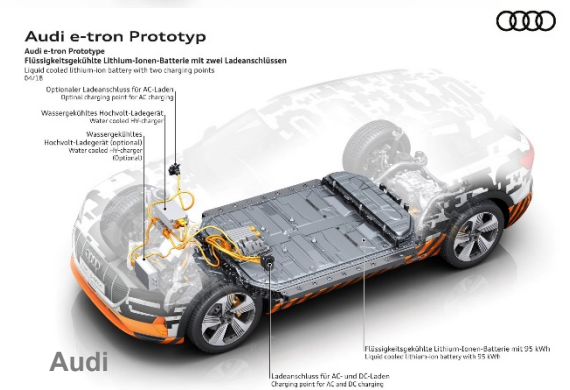
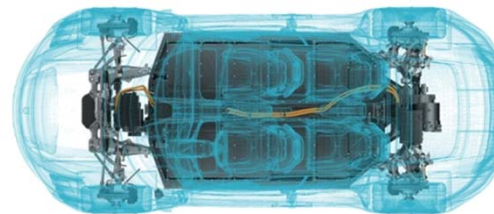
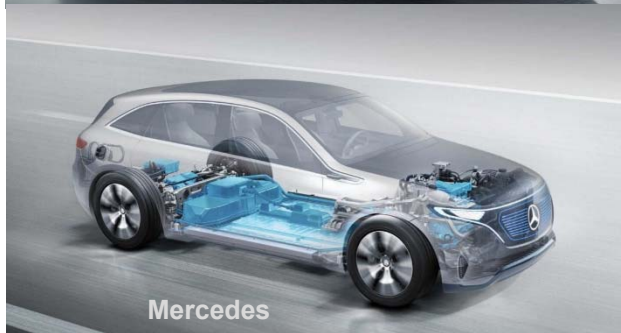




Elektromobilität im Laboralltag

Klassischer Umfang einer Validierung





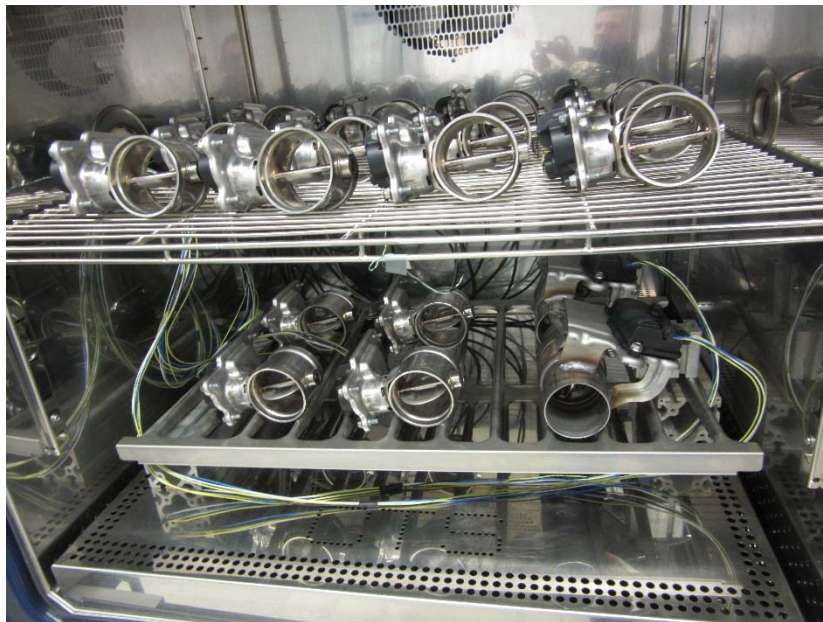


Elektromobilität im Laboralltag



Was ändert sich ...

... für ein Prüflabor?



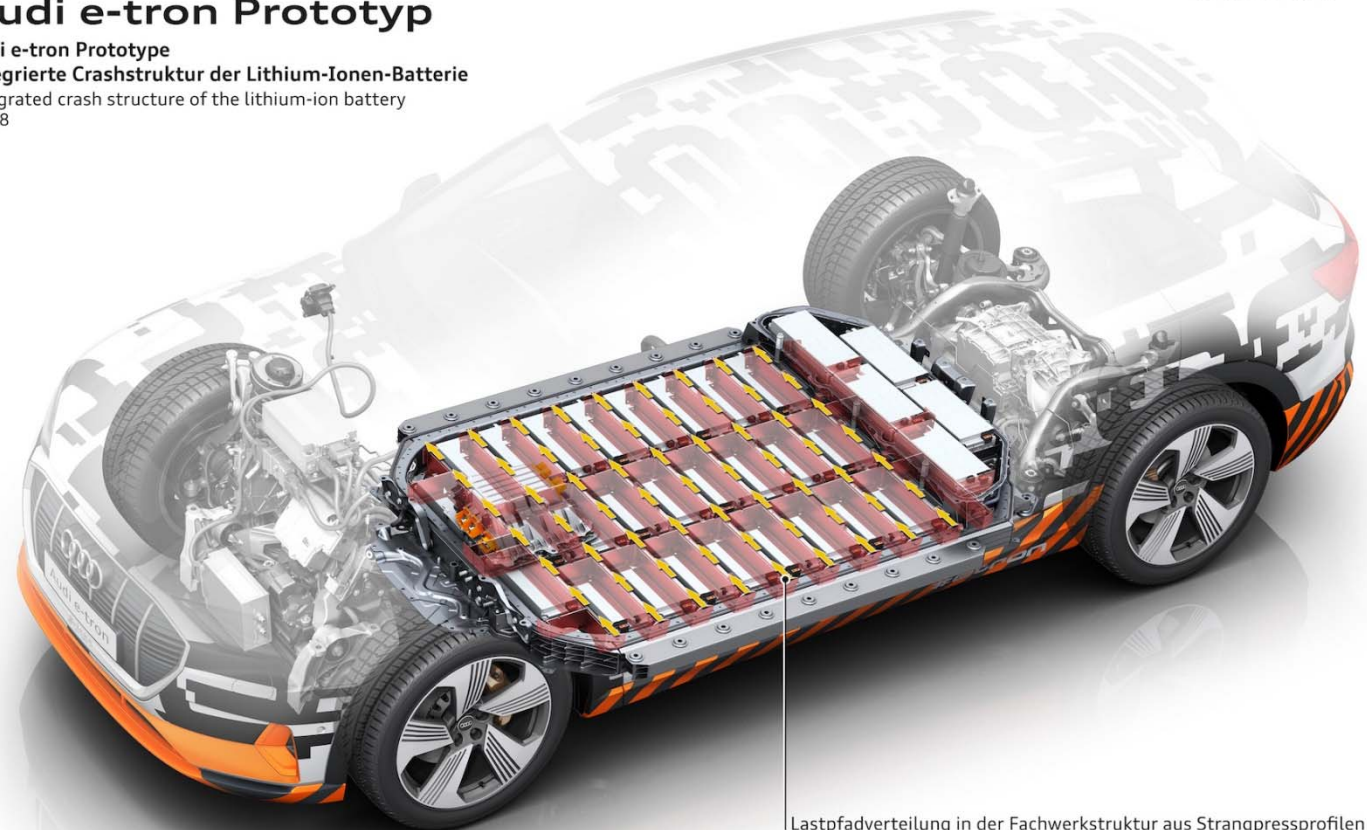


„Zusatz“-Thema Integration



Audi e-tron Prototyp

Audi e-tron Prototype
Integrierte Crashstruktur der Lithium-Ionen-Batterie
Integrated crash structure of the lithium-ion battery
04/18



Lastpfadverteilung in der Fachwerkstruktur aus Strangpressprofilen
Load path distribution in the structure made of extruded profiles



Aktuelle Aufgaben ...

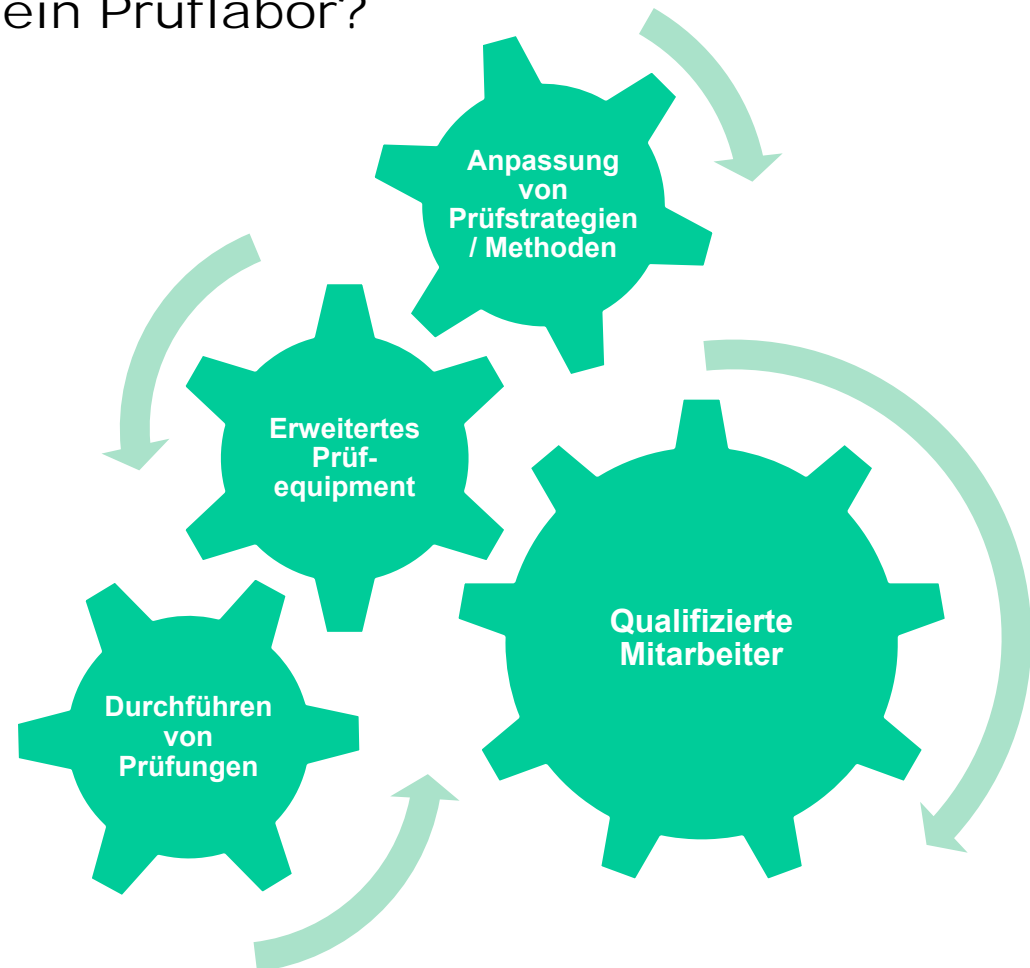
... für ein Prüflabor?

Ihr Ansprechpartner

FES GmbH
Versuch Elektromobilität

Torsten Flammiger
Crimmitschauer Straße 59
08060 Zwickau

Telefon: +49 375 5660-557
Torsten.Flammiger@fes-aes.de





Quellenverzeichnis

- <http://www.motor-talk.de/bilder/ein-elektrischer-kumpel-fuers-volk-g72390300/an-vorder-und-hinterachse-des-budd-e-sitzt-je-ein-elektromotor-i208290293.html>
- <http://www.porsche.com/microsite/mission-e/germany.aspx#/reveal>
- <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2018/04/audi-e-tron-prototyp-technische-details.jpg>
- https://www.greencarreports.com/news/1116347_audi-details-battery-for-2019-e-tron-electric-suv#image=100649988
- <https://www.jaguar.com/jaguar-range/i-pace/index.html>
- <https://www.mercedes-benz.de/passengercars/mercedes-benz-cars/models/e-mobility/project-eq/drives/electric.module.html>
- <https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/next/e-mobilitaet/elektrisch-bewegte-einheit/>
- <https://www.nissan.de/fahrzeuge/neuwagen/leaf/intelligent-mobility.html>
- <https://www.ampera-e.de/>
- <https://www.renault.de/modellpalette/renault-modelluebersicht/zoe/Batterie-und-Aufladen.html>

*ENTWICKLUNGSPARTNER FÜR DIE
INDIVIDUELLE MOBILITÄT DER ZUKUNFT*



E-Mobilität und Brennstoffzellensysteme – Perspektiven und Ausblick bei der FES

Torsten Flammiger / Marcus Schaedler

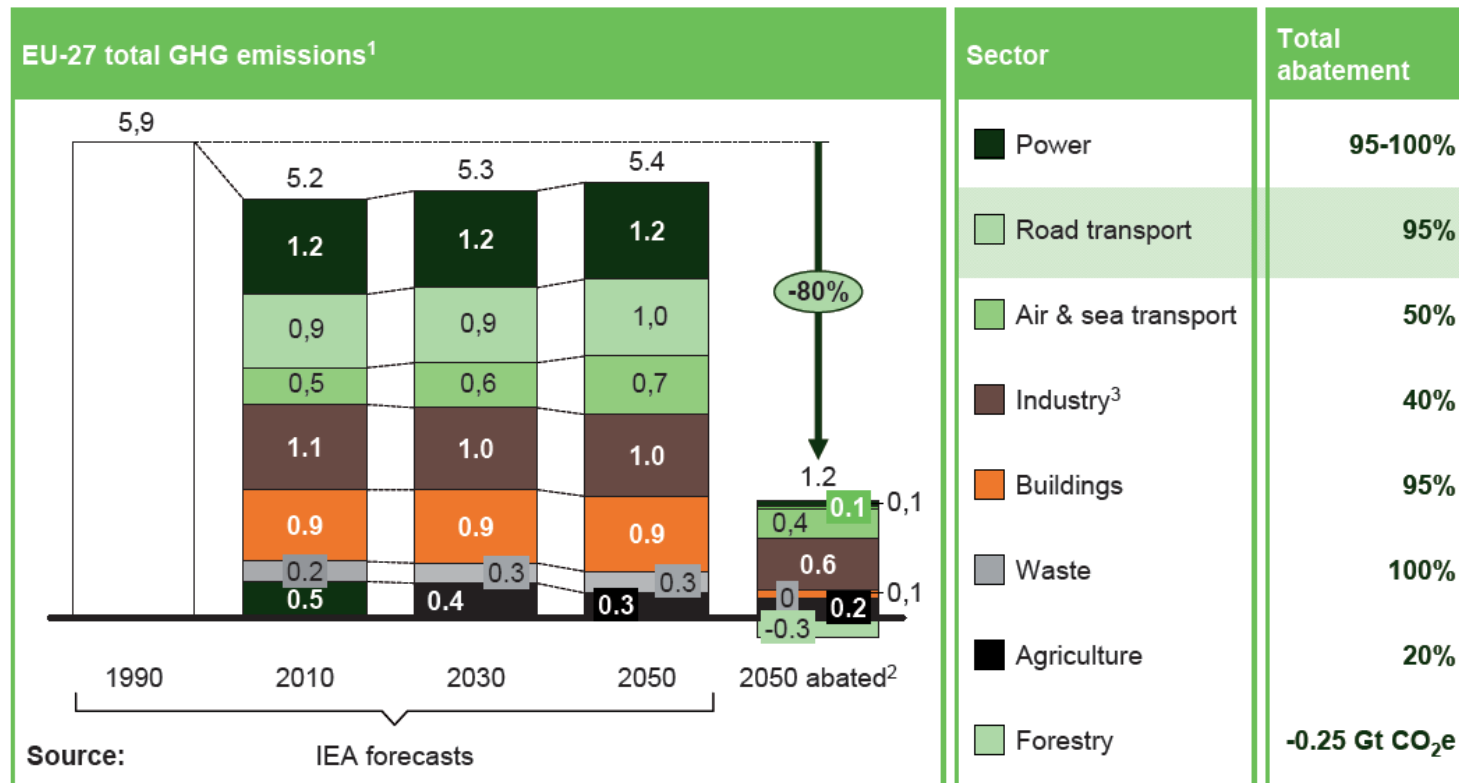


- **Motivation**
- **Systemschaubild**
- **Düse**
- **Verdichter**
- **Systemsimulation**
- **Prüfstand + Ausblick**



Motivation

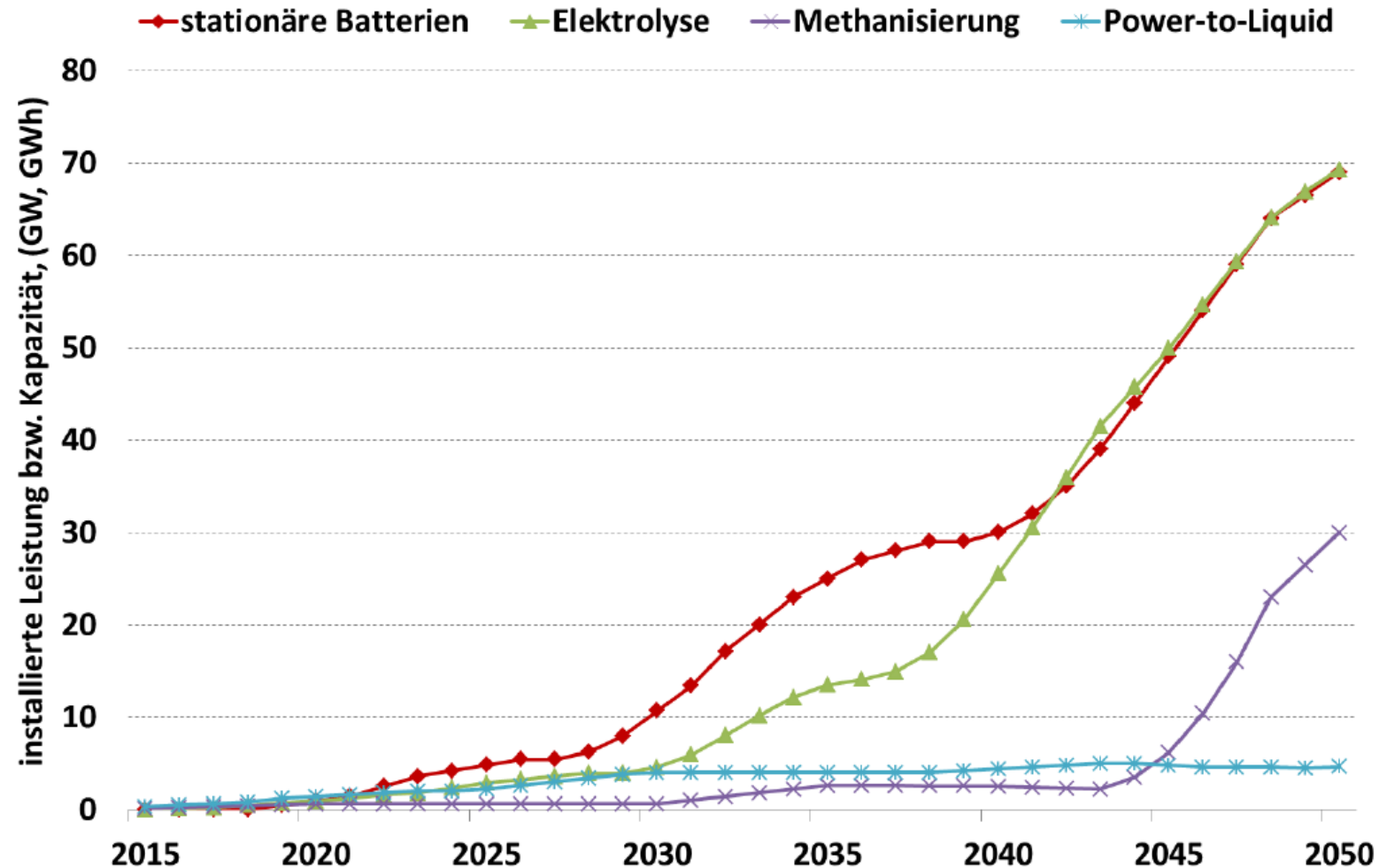
- EU CO₂ Ziele für 2050: 80 % Reduktion (bezogen auf 1990)
- nicht erreichbar durch weitere Effizienzsteigerung des konventionellen Verbrennungsmotors
- FCEVs, BEVs und Plug-In-Hybride nur mit Primärenergie aus regenerativen Energien



Quelle: A portfolio of power-trains for Europe a fact-based analysis "The role of Battery Electric Vehicles, Plug-in Hybrids and Fuel Cell Electric Vehicles", McKinsey & company, www.roadmap.eu



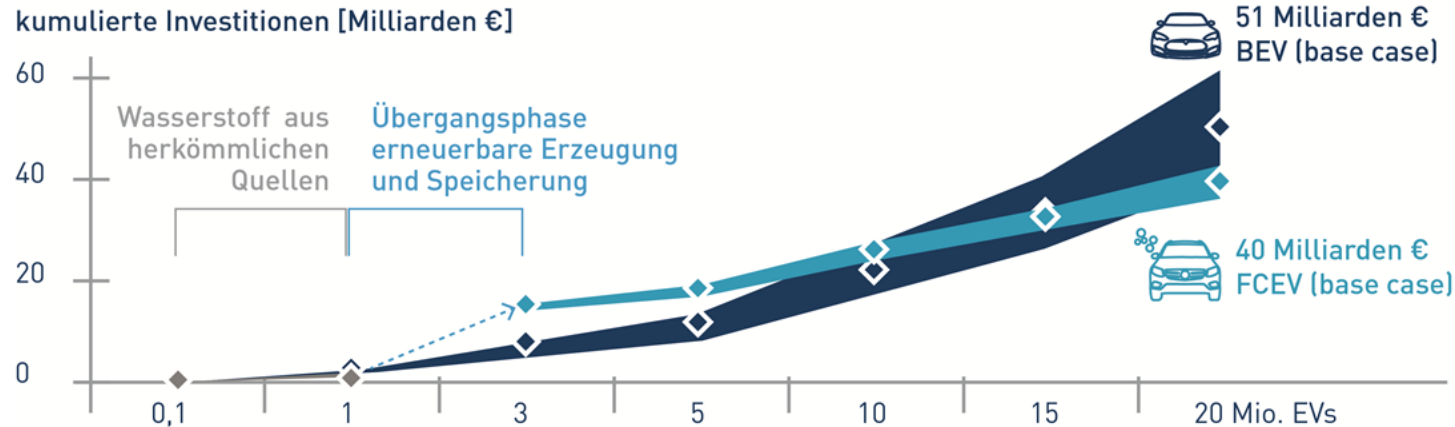
Motivation



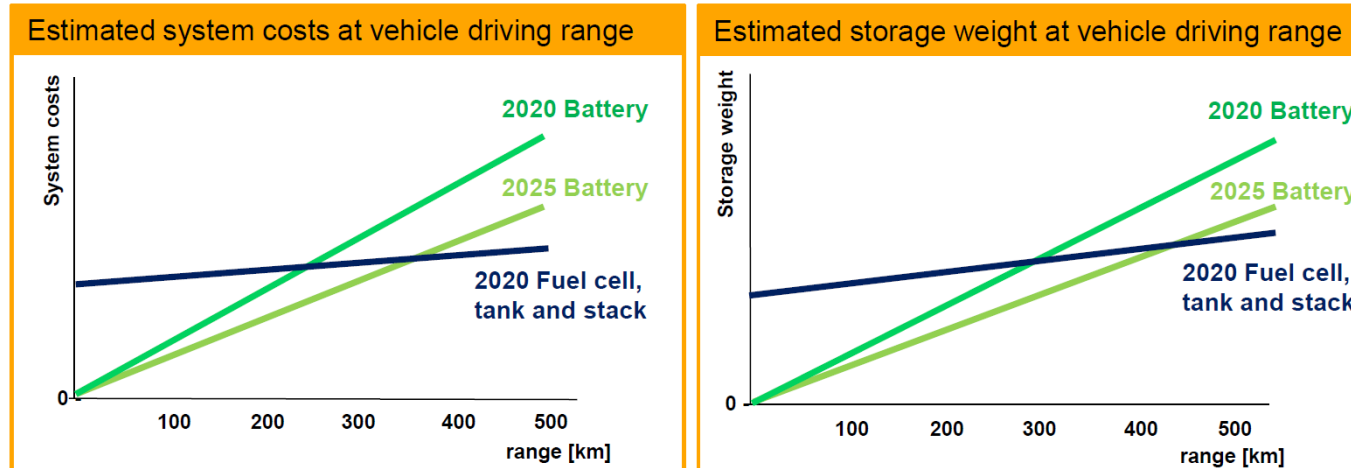
Quelle: Sektorkopplung und Systemintegration - Schlüsselemente auf dem Weg in das zukünftige Energiesystem, Prof. Dr. Hans-Martin Henning, Fraunhofer ISE, Vortrag „Energy Saxony Summit 2017“



Motivation



Quelle: *Comparative Analysis of Infrastructures Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles*, Martin Robinius, Forschungszentrum Jülich GmbH, 2017



Considering 18 kWh/100km electrical energy consumption, 100 kW FC-stack power (@ 100 k units/year)

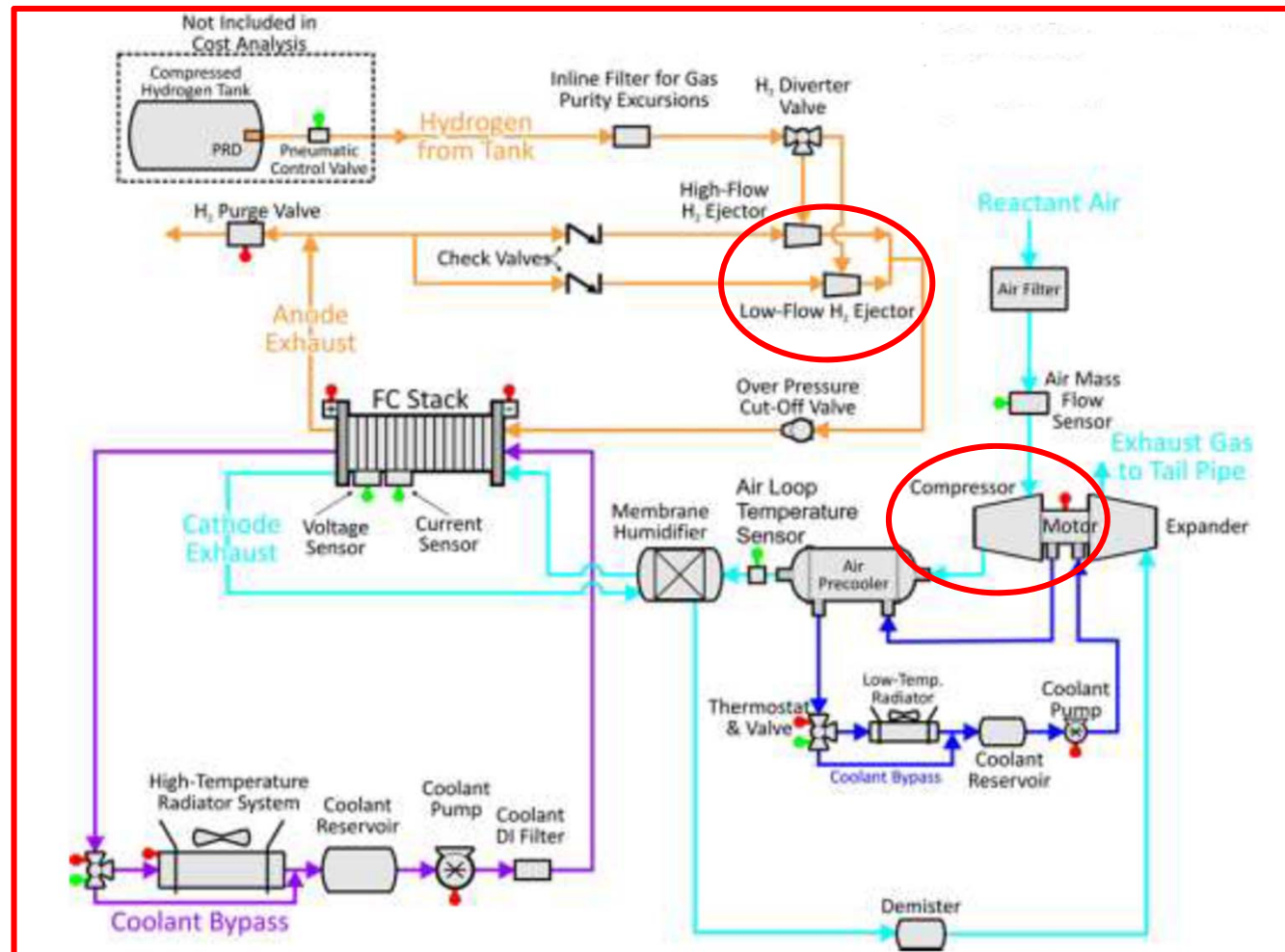
Quelle: *Predictive Energy Management on Powertrain*, Thomas Knorr, Continental Powertrain Division, Vortrag „Energy Saxony Summit 2017“



- **Motivation**
- **Systemschaubild**
- **Düse**
- **Verdichter**
- **Systemsimulation**
- **Prüfstand + Ausblick**



Systemschaubild BZ-System



Quelle: Mass Production Cost Estimation Direct H₂ PEM Fuel Cell Systems for Transportation Applications: 2016 Update, Brian D. James, Jennie M. Huya-Koudio, Cassidy Houchins, Daniel A. DeSantis

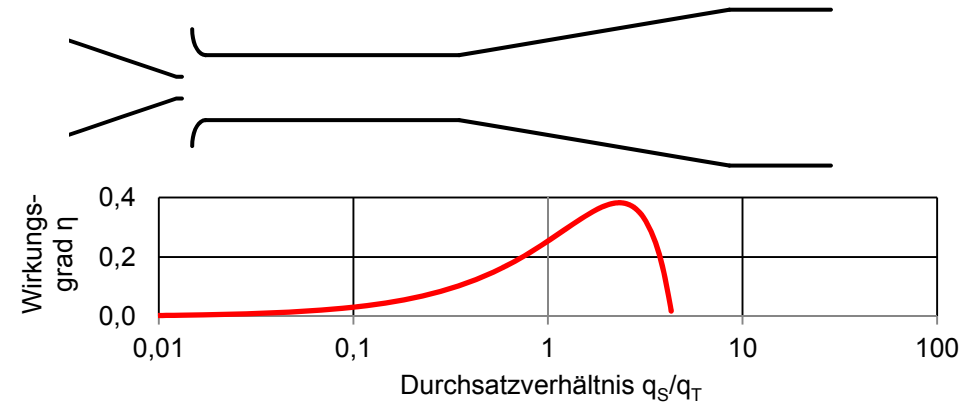


- **Motivation**
- **Systemschaubild**
- **Düse**
- **Verdichter**
- **Systemsimulation**
- **Prüfstand + Ausblick**

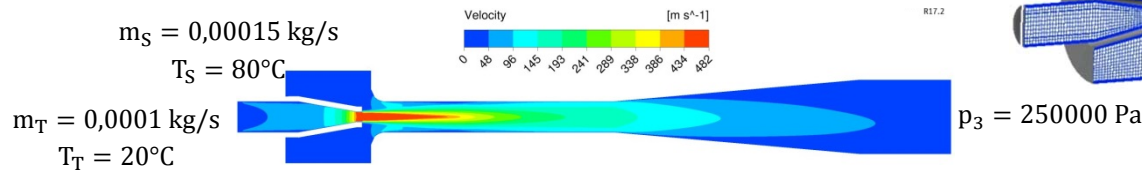


Düse

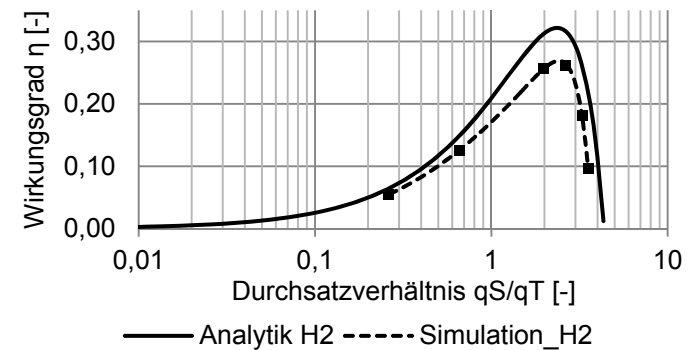
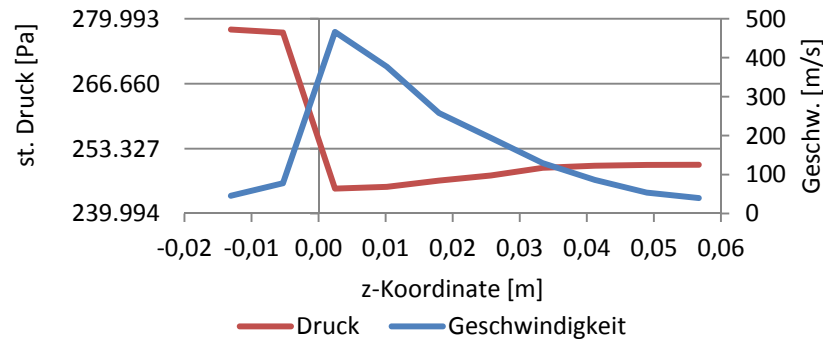
- Empirisch-analytisches Modell als Grundlage zur Geometrieerstellung



- parametrisches CAD-Modell/strukturierte Vernetzung/Simulation

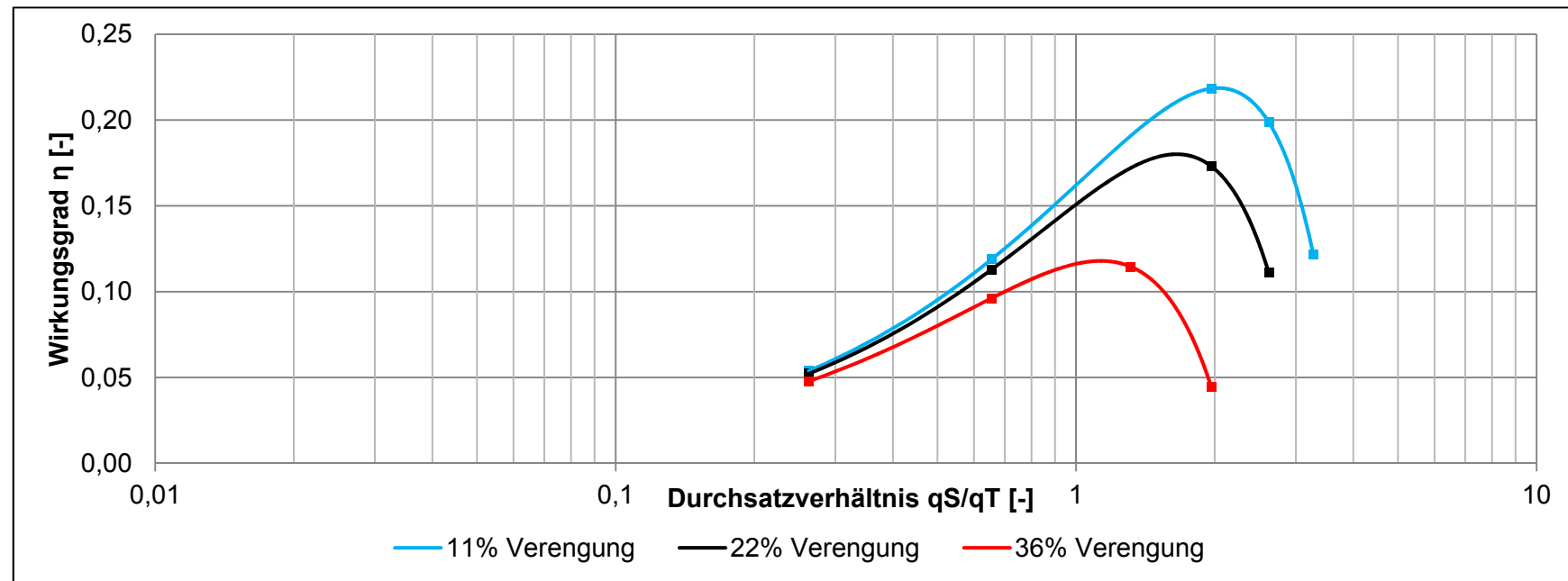
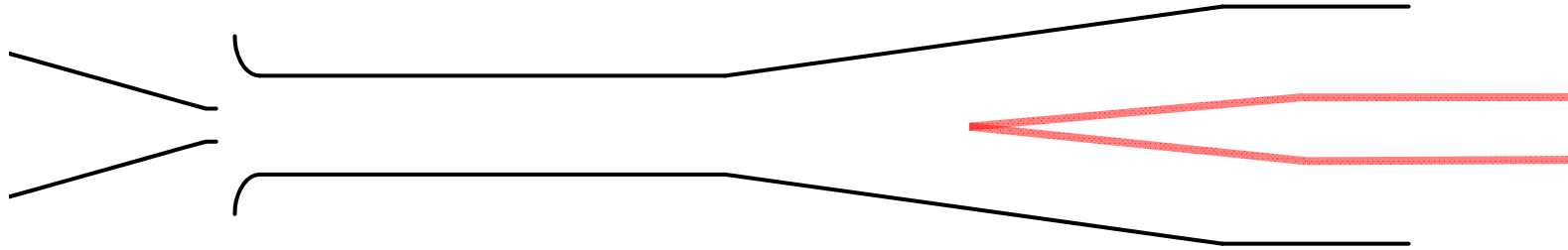


- Verifizierung/Analyse





Düse





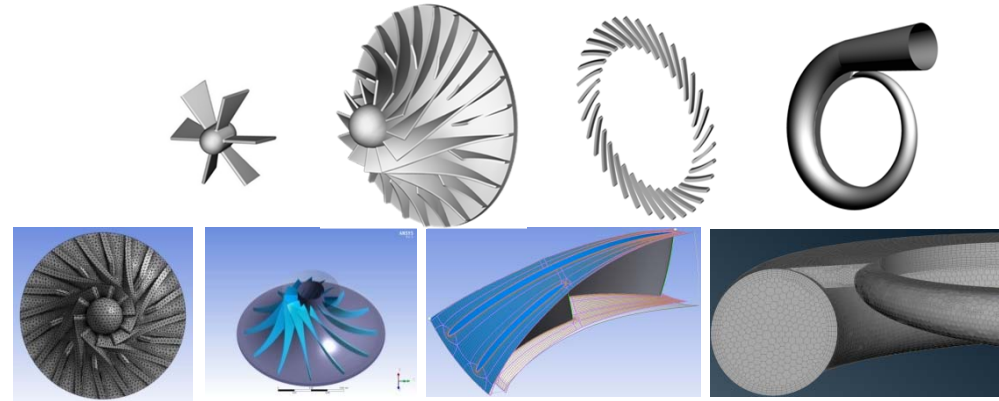
- **Motivation**
- **Systemschaubild**
- **Düse**
- **Verdichter**
- **Systemsimulation**
- **Prüfstand + Ausblick**



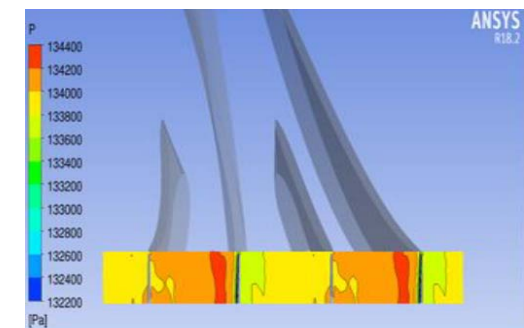
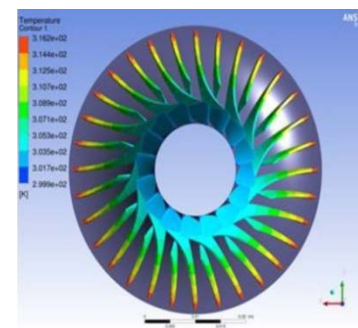
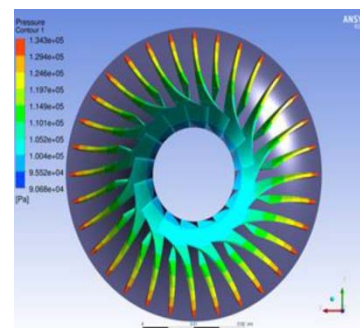
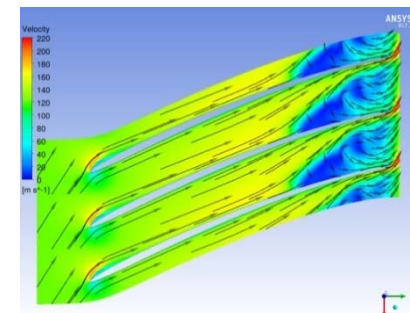
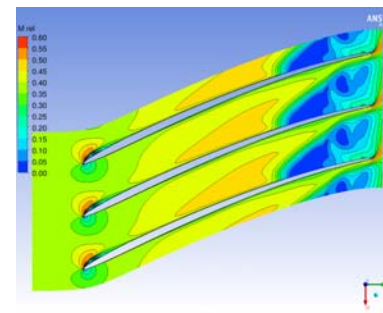
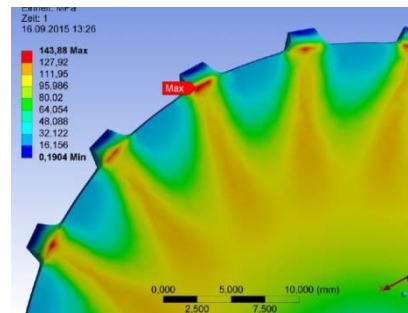
Verdichter

- Empirisch-analytisches Modell als Grundlage für parametrische Geometrie

- Vernetzung Laufrad (strukturiert), Gehäuse



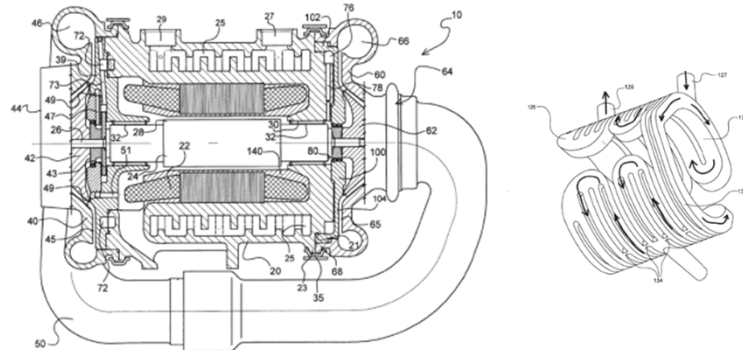
- Simulation (FEM/CFD)





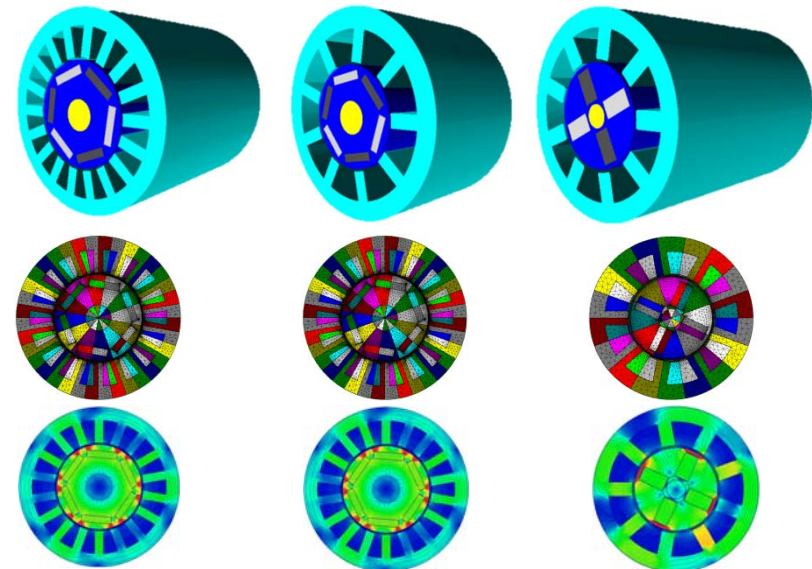
Verdichterantrieb

- Patent-, Veröffentlichungs- und Marktrecherche



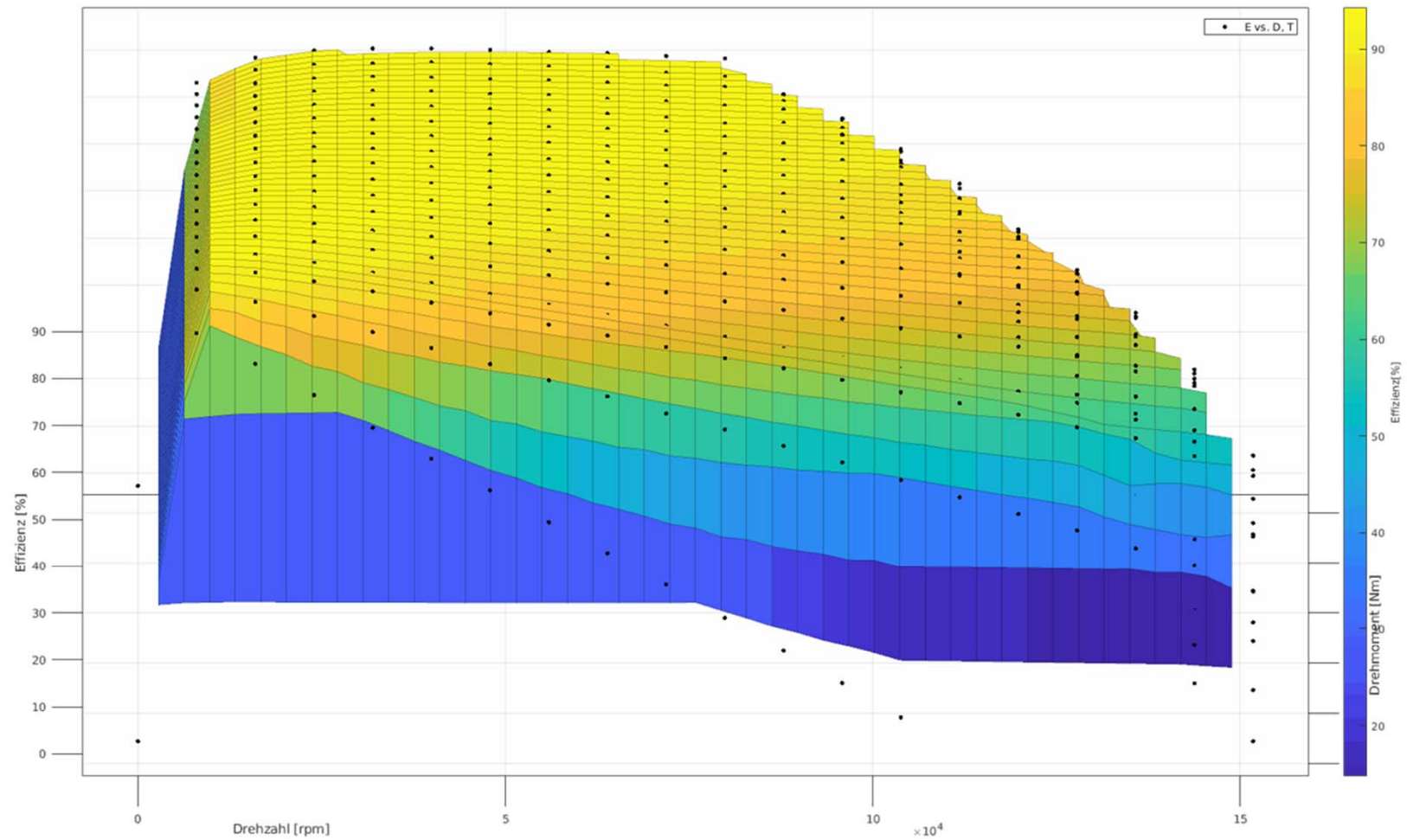
Quelle: EP 2 940 835 A1 – *Electric motor-driven compressor having bi-directional liquid coolant passage*

- Empirisch-analytisches Modell als Grundlage zur Geometrieerstellung abhängig von Randbedingungen im Auslegungspunkt
- Vernetzung
- Simulation



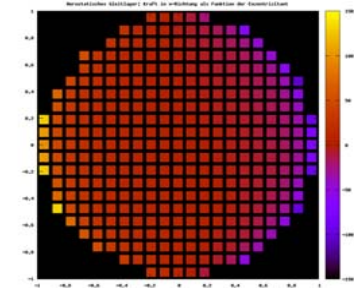
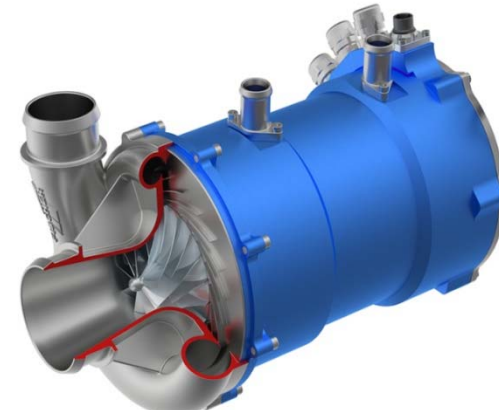


Verdichterantrieb



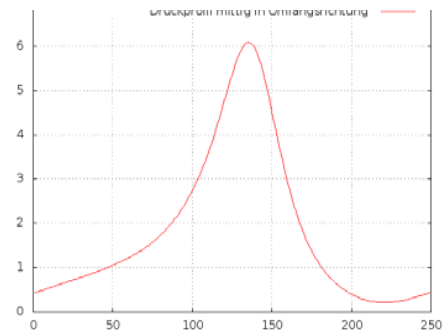
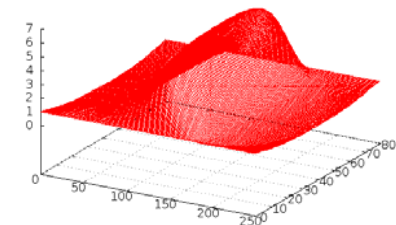


-



Druck im Lager —

- Numerische Methode zur Berechnung des Druckprofils und der Lagerkräfte



The screenshot shows a C++ program in a text editor. The program is titled "r_l.c - Programm zur Berechnung von aerostatischen Radiallagern". It includes headers for `<stdio.h>`, `<math.h>`, `<stdlib.h>`, and `<time.h>`. The program defines several constants: `d_aussen=0.01`, `d_innen=0.009985`, `n=140000`, `Fx=0.0`, `Fy=60.0`, `p_s=400000`, `d_s=0.0005`, `p_a=101325`, `L=0.01`, `eta=17.4e-6`, `R=287.6`, `rho=288.0`, `T=293.0`, `imax=300`, and `jmax=100`. The program uses `printf` to output the radial load `F_r` and axial load `F_a` for each radial position `i` and axial position `j`. The output is displayed in a separate window titled "SPESUNG2".

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

const double d_aussen=0.01; /* Lagerdurchmesser [m] */
const double d_innen=0.009985; /* Wellendurchmesser [m] */
const int n=140000; /* 117000 Drehzahl [1/min] mit - geht auch math. negativ */

const double Fx=0.0; /* Lagerlast, mit Vorzeichen [N] */
const double Fy=60.0; /* Lagerlast, mit Vorzeichen [N] */
const double p_s=400000; /* Speisungsdruck [Pa] */
const double d_s=0.0005; /* Durchmesser der Speisungsöffnung [m] */
const double p_a=101325; /* Aussendruck [Pa] */
const double L=0.01; /* Lagerlaenge [m] */
const double eta=17.4e-6; /* auch my */
const double R=287.6; /* Gaskonstante [NM/kg*K] */
const double rho=288.0; /* Umgebungstemperatur [K] Wert? */
const int imax=300; /* max Knotenpunkte in Umfangsrichtung */
const int jmax=100; /* max Knotenpunkte axial, i1max > j1max */

int main() {
    int i, j;
    double F_r, F_a;
    for (i=0; i<imax; i++) {
        for (j=0; j<jmax; j++) {
            F_r = ...;
            F_a = ...;
            printf("i=%d, winkel=%d, Spaltbreite=%d, hoch 2=%d, hoch 3=%d\n", i, F_r, F_a, ...);
        }
    }
}

```



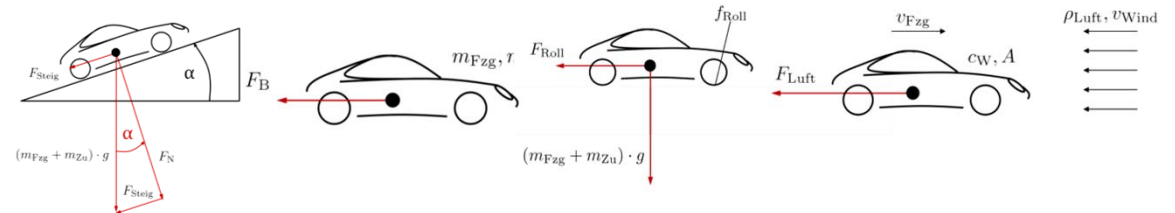
- **Motivation**
- **Systemschaubild**
- **Düse**
- **Verdichter**
- **Systemsimulation**
- **Prüfstand + Ausblick**



Systemsimulation Brennstoffzellenhybrid



- Auslegung und Dimensionierung von elektrischen Antriebssträngen

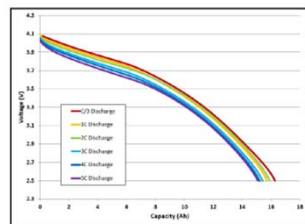


- Kennfeldererstellung/Digitalisierung/Charakterisierung

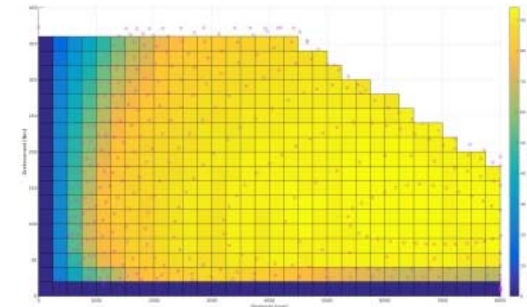
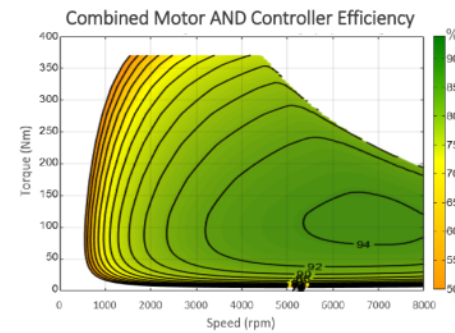
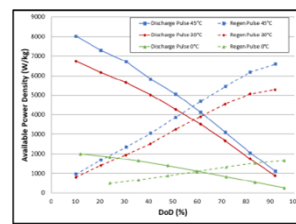
AFM Yasa Motors P400 Series

Enerdel CP160-365 Moxie+ Prismatic Cell

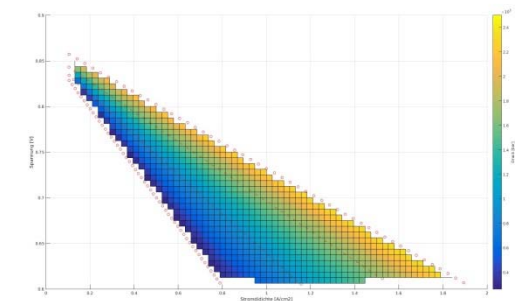
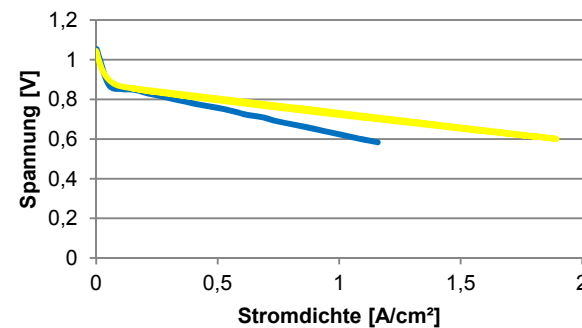
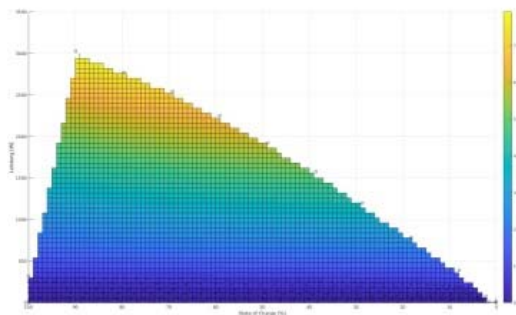
DISCHARGE CAPABILITY



PULSE POWER CHARACTERISTICS



ElringKlinger Stack NM5



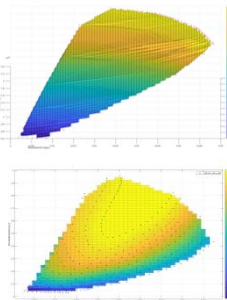
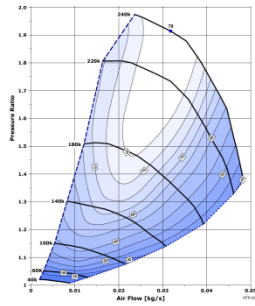


Systemsimulation Brennstoffzellenhybrid



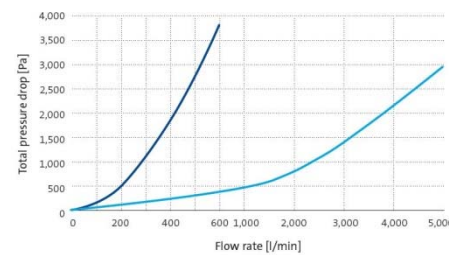
- Peripheriekomponenten/Kreisläufe

Rotrex C8-6

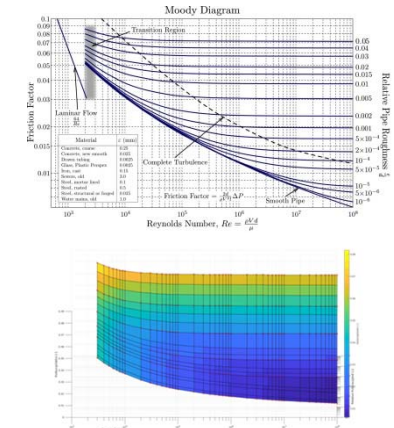
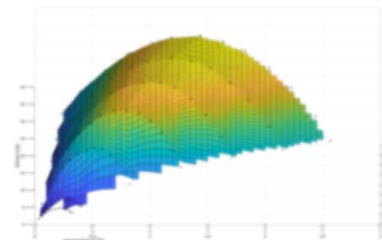


Freudenberg FC F513-N

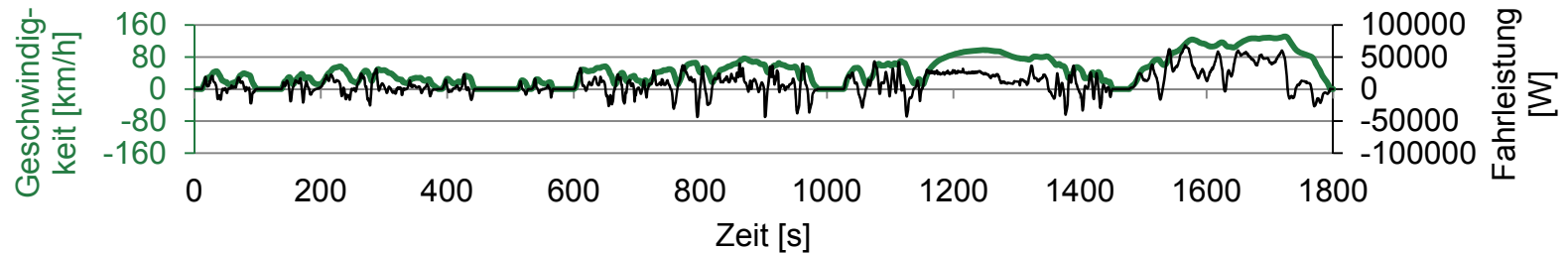
Pressure Drop (Begin of Life, following ISO 5011)



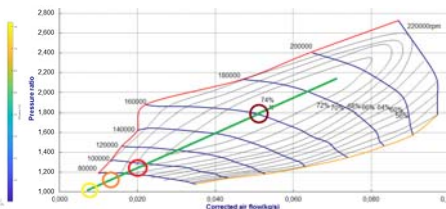
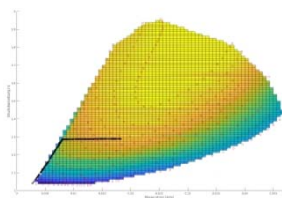
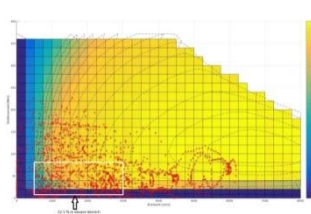
KWP



- Berechnung



- Hybrid- und Betriebsstrategie



Quelle: Fuyuan Turbochargers



- **Motivation**
- **Systemschaubild**
- **Düse**
- **Verdichter**
- **Systemsimulation**
- **Prüfstand + Ausblick**



Eigenentwicklung Prüfstand seit Anfang 2017

Kompetenzaufbau seit 4 Jahren

Ziele:

- Weiterentwicklung unserer Software
- Charakterisierung von Komponenten für alle Kreisläufe
- Validierung von Komponenten- und Systemsimulationen
- Optimierung Systemaufbau (Druckverlust, Dynamik, Betriebsstrategie)

Rezirkulation H2:

- Modulares Düsengehäuse im Prüfstand charakterisieren
- Integration H2-Rezirkulationsgebläse in Prüfstand

Radialverdichter:

- Förderprojekt Modularisierung und Skalierbarkeit Kompressor

Systemsimulation Brennstoffzelle:

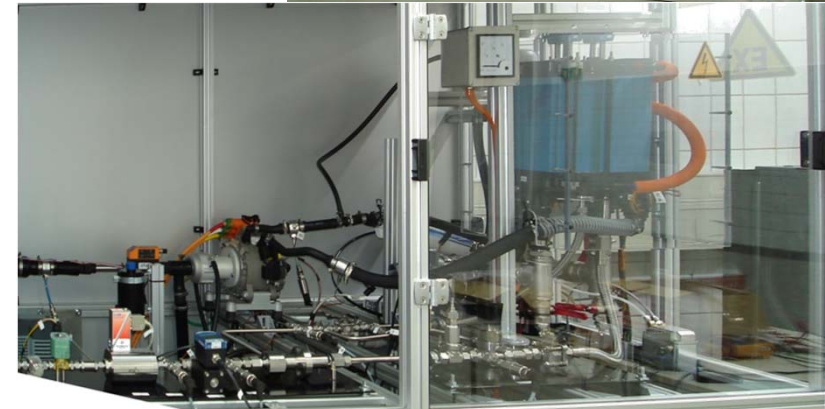
- Ausbau der Simulation auf die Peripheriekomponenten und Kreisläufe
- anschließende Integration der Thermodynamik

PSM/Kompressormodul:

- Konstruktion, Auslegung und thermische Berechnung des Kühlmantels
- prototypische Integration aller Komponenten in ein Gehäuse

Luftlager:

- Sensitivitätsanalyse von geometrischen, physikalischen und Vernetzungsrandbedingungen





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

FES GmbH
Versuch Elektromobilität

Torsten Flammiger

Crimmitschauer Straße 59
08060 Zwickau

Telefon: +49 375 5660-557
Torsten.Flammiger@fes-aes.de

FES GmbH
Entwicklung Brennstoffzellensysteme

Marcus Schaedler

Crimmitschauer Straße 59
08060 Zwickau

Telefon: +49 375 5660-855
Marcus.Schaedler@fes-aes.de