

Energie effiziente Fahrzeug technologien



Cover Illustration: Stefanie Hilgarth

VORWORT

Seite 03

New Diesel - Effizienzsteigerung von Nutzfahrzeug-Dieselmotoren

Seite 05

Durch Maßnahmen zur Stickoxidreduzierung wird eine Verbrauchsabsenkung von Nutzfahrzeugdieselmotoren von 5 % unter Einhaltung der Emissionsgesetzgebung angestrebt. Zur Auslegung des Antriebs wird eine neue, prozessumfassende Methode auf Basis numerischer Verfahren entwickelt und eingesetzt.

VECEPT - All Purpose Cost Efficient Plug-In (Hybridized) Electric Vehicle

Seite 13

Das Projekt fokussiert sich auf die Entwicklung und Erprobung eines alltagstauglichen, kostengünstigen PHEV mit etwa 50 km rein elektrischer Reichweite als Volumenmodell für den Weltmarkt.

E-LOG-BioFleet

Seite 19

Brennstoffzellen mit Wasserstoffspeicher als Range Extender stellen einen Technologiesprung zur Verbesserung elektrischer Flurförderzeuge dar. Die Versorgung mit Wasserstoff aus Biomethan erfolgt erstmals in Österreich durch eine dezentrale Wasserstoffproduktionsanlage mit Hallenbetankung.

Eco Tram II - Energieoptimierung der thermischen Fahrzeugsysteme bei Schienenfahrzeugen

Seite 25

Projekthalt ist die Erstellung eines nichtkommerziellen Prototyps eines Schienenfahrzeugs mit energieeffizienten thermischen Fahrzeugkomponenten. Umbaumaßnahmen am Fahrzeug, an den Heizungs-Klima-Lüftungsgeräten sowie ein neues Regelkonzept sollen wesentliche Einsparungen bringen.

Gesamtoptimierte emissionsfreie Heating Ventilating und Air Conditioning-Anlage für Rail-Anwendungen

Seite 33

Das Projekt entwickelt eine Kälteanlage mit Wärmepumpenfunktion zum Einsatz in Schienenfahrzeugen. Ziel ist eine Prototypenanlage mit neu entwickelten Komponenten, welche die Etablierung der innovativen CO₂-Klimaanlagen, hergestellt von einem österreichischen Konsortium, auf dem Markt ermöglichen soll.

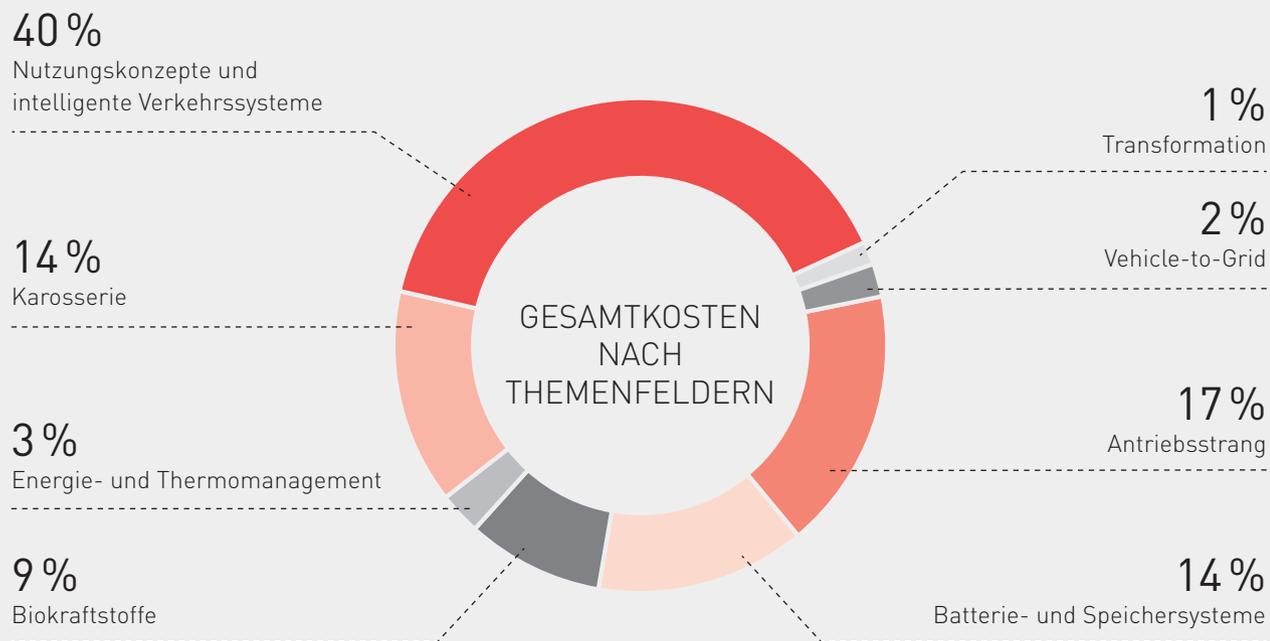
EHEV - Eco Drive for Hybrid Electric Vehicles

Seite 39

Schulungen der Fahrer auf „Ecodrive“, also verbrauchsoptimale Wahl des Fahrstils können bei konventionellen PKW und Nutzfahrzeugen über 10% Verbrauchseinsparung bewirken. In dem Projekt sollen in diese Grundlagen durch Simulation und Messung erarbeitet und Fahrer der Graz AG sukzessive über 2 Jahre auf Ecodrive an einem Hybridbus geschult werden.

Alle geförderten Projekte im Überblick

Seite 48



QUELLE:
Klima- und Energiefonds, Stand: Jänner 2015



„Technologische Innovationen werden uns dabei helfen, den Mobilitätsbedürfnissen bei gleichzeitiger Reduktion von Kosten und Umweltauswirkungen gerecht zu werden. Die Forschungsprogramme des Klima- und Energiefonds verfolgen vor allem ein Ziel: innovative Fahrzeugtechnologien rasch am Markt zu etablieren und Österreich als Innovationsführer zu positionieren.“

THERESIA VOGEL, GESCHÄFTSFÜHRERIN DES KLIMA- UND ENERGIEFONDS

Reduktion der Fahrzeugemissionen heißt die Devise!

Die Europäische Kommission hat im „Fahrplan zu einem einheitlichen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem“ ein ambitioniertes Ziel gesetzt: Reduktion der Emissionen um 60 % bis 2050. Die wirtschaftlichen Effekte einer künftigen CO₂-armen Fahrzeugflotte bei allen Verkehrsträgern sind daher von großer Bedeutung.

Innovationen im Fahrzeugbau machen den Standort Österreich im Bereich Mobilität attraktiv und wettbewerbsfähig. Über die Grenzen hinaus ist **Österreich als Produktions- und Forschungsstandort für innovative Fahrzeugtechnologie bekannt**. Mit mehr als 38.000 Beschäftigten und einem Umsatz von über 16 Milliarden Euro Umsatz ist die Branche ein Schwergewicht der heimischen Industrie.

Seit 2007 hat der Klima- und Energiefonds die Entwicklung energieeffizienter Fahrzeugtechnologien mit 68 Millionen Euro Förderung unterstützt. Die Gesamtprojektkosten belaufen sich auf 155 Millionen Euro. Schwerpunkte sind neue Fahrzeug- und Nutzungskonzepte, Optimierung und Diversifizierung von Antriebstechnologien, innovative Speichersysteme und Biokraftstoffe der zweiten Generation.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Klima- und Energiefonds

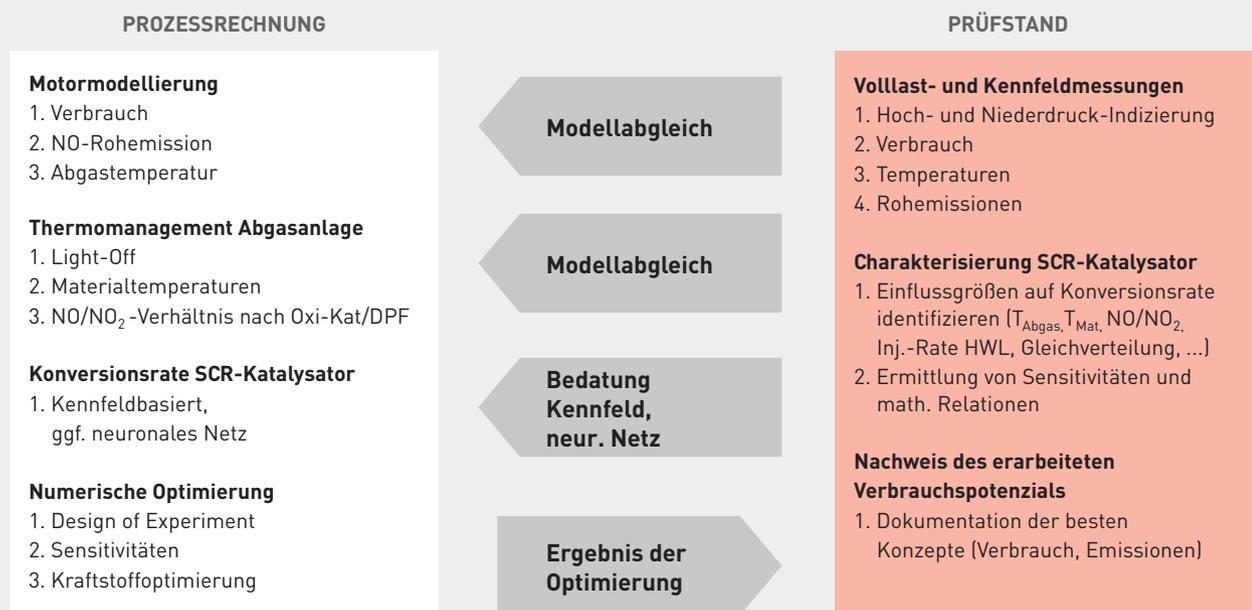


Projektleitung: THOMAS LAUER

Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik
Technische Universität Wien

Methodik zur Gesamtsystem-Modellierung und -Optimierung

ABBILDUNG 1



New Diesel

Effizienzsteigerung von Nutzfahrzeug-Dieselmotoren

Einleitung

Moderne Antriebssysteme für Nutzfahrzeuge müssen hohe Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit erfüllen. Die Europäische Emissionsstufe EURO VI und die amerikanische EPA 2010 sehen insbesondere eine weitere signifikante Reduzierung der Stickoxidemissionen vor. Maßnahmen zur Erfüllung der gesetzlichen Auflagen dürfen andererseits die TCO (Total Cost of Ownership) des Fahrzeugs und damit den Kraftstoffverbrauch nicht erhöhen. **Diese Forderungen bedingen immer komplexere Motoren mit einer steigenden Anzahl von Freiheitsgraden. Dies führt zu einem hohen Applikationsaufwand bei der rein experimentellen Systemabstimmung, insbesondere in Anbetracht der Betriebs- und Prüfstandskosten bei Nutzfahrzeugmotoren.**

Zielsetzung und Methodik

Es war das Ziel des Projekts ein integratives numerisches Gesamtmodell aus Motor und Abgasnachbehandlung zu erstellen, das das reale Systemverhalten im Hinblick auf den Kraftstoffverbrauch und die Stickoxid-Emissionen abbildet und Aussagen über den Einfluss verschiedener Modifikationen des Motorprozesses und der Abgasanlage erlaubt. Es sollte zudem eine Optimierung des Gesamtsystems ermöglichen und so weitere Potenziale zur Verbrauchs- und Emissionsabsenkung erschließen. Da die CO₂-Emissionen dem Kraftstoffverbrauch proportional sind, konnten durch diese Zielsetzung die Förderbedingungen des Klimafonds erfüllt werden.

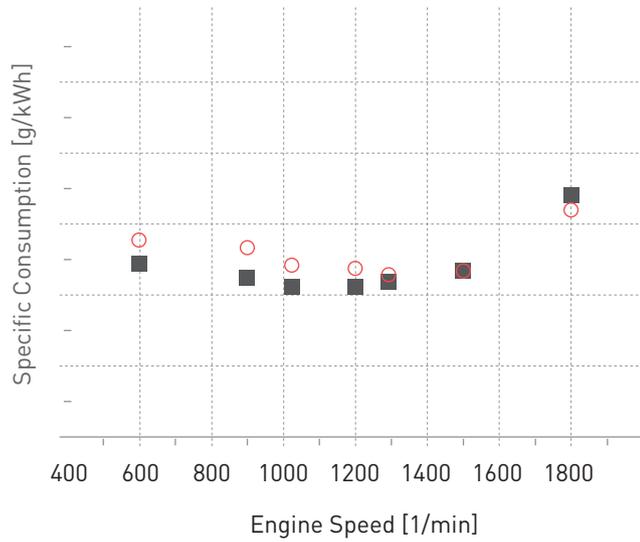
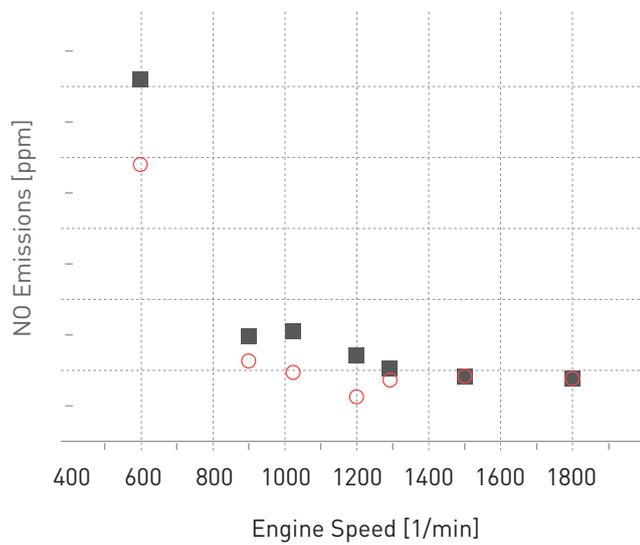
Als Demonstrator für die beschriebenen Forschungsarbeiten wurde von den Projektpartnern ein MAN

D2066 LUH-Aggregat ausgewählt, das vorwiegend in Stadt- und Überlandbussen verbaut wird und deshalb häufig im Bereich niedriger Lasten betrieben wird. Es ergeben sich daraus für diese Anwendungen hohe Anforderungen an das Thermomanagement der Abgasanlage, was in guter Übereinstimmung mit den Zielen dieses Projekts war. Der D2066 LUH ist ein 6-Zylinder NFZ-Dieselmotor mit 10,5 Liter Hubraum, 2-stufiger Abgasturboaufladung und einer Nennleistung von 206 kW. Die Abgasnachbehandlung erfüllte die Abgasnorm EURO VI und bestand aus Diesel-Oxidationskatalysator, Diesel-Partikelfilter und SCR-System.

Die anspruchsvolle Modellbildung für den aufgeladenen Dieselmotor und die Abgasnachbehandlung wurde durch eine Kombination aus Modellierung und Verifizierung mittels experimenteller Untersuchungen durchgeführt. Das prinzipielle methodische Zusammenwirken von Prüfstand und numerischer Simulation ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Die einzelnen Teilaufgaben waren die Modellierung der Verbrennung, das Aufheizverhalten der Abgasanlage (Light-Off) und die Stickoxid-Konversion im SCR-Katalysator. Sämtliche Daten, die zur Abstimmung und Validierung der Modelle erforderlich waren, wurden in stationären und transienten Messungen am Prüfstand des Antragstellers generiert. Nach der erfolgreichen Modellerstellung wurden wiederum die erarbeiteten Lösungen am Prüfstand überprüft, sofern keine wesentlichen Hardware-Änderungen notwendig waren. Ein zielgerichteter und ressourcenschonender Projektablauf war so gewährleistet.

Spezifischer Verbrauch bei 50 % Last

ABBILDUNG 2

**NO-Emissionen bei 50 % Last**

Modellierung des Motors und der Abgasanlage

Die Modellbildung erfolgte mit der Simulations-Software GT-Suite, die bei beiden Projektpartnern eingesetzt wird¹. Es konnte bei Projektbeginn ein Ladungswechselmodell vom Partner MAN an den Antragsteller übergeben werden, wodurch die Projektarbeit auf die wesentlichen Inhalte konzentriert werden konnte.

Der betrachtete Motor war mit einer Doppelspritzung bestehend aus Vor- und Haupteinspritzung appliziert. Es wurde ein Strahlmodell nach Hiroyasu eingesetzt², das die Tropfenverdampfung, die Luftbeimischung, die Verbrennung und die Schadstoffbildung umfasst. Die Einspritzverläufe wurden vom Partner mittels eines abgestimmten Modells der Einspritzdüse, die NO-Emissionen mittels Zeldovich-Mechanismus berechnet³. Zu diesem Zweck wurden umfangreiche Messungen zur Modellverifizierung durchgeführt. Neben den stationären Betriebspunkten des WHSC (World Harmonised Stationary Cycle) wurden in weiterer Folge auch komplette Fahrzyklen auf Basis des WHTC (World Harmonised Transient Cycle) vermessen.

In den folgenden Diagrammen ist ein Vergleich zwischen den Messdaten in einigen stationären Motorbetriebspunkten und den entsprechenden Simulationsergebnissen dargestellt. Die Diagramme zeigen die einzelnen Betriebspunkte für 50% Motorlast über der Motordrehzahl. Man erkennt die gute Übereinstimmung von Mess- und Berechnungsergebnissen sowohl für die Verbrauchsdaten als auch für die NO-Rohemissionen, siehe Abbildung 2⁴.

Das Abgasnachbehandlungssystem bestand aus Diesel-Oxidationskatalysator (DOC), Diesel-Partikelfilter (DPF) und SCR-System (Selective Catalytic Reduction). Während DOC und DPF auf Basis der gemessenen Emissionswerte empirisch bedatet wurden, erfolgte eine detaillierte reaktionskinetische Modellierung des SCR-Systems. Es wurden zudem die thermischen Eigenschaften der Rohre, Trichter und

Substrate modelliert, um das transiente Aufheizen der Abgasanlage, das wesentlich für die Umsatzraten der Katalysatoren ist, abzubilden.

Das Modell des SCR-Systems bestand zum einen aus der Mischstrecke mit dem Injektor für die Harnstoff-Wasser-Lösung (HWL) und kinetischen Modellen, die die Thermolyse- und die Hydrolyse-Reaktion berechneten. Damit wurden die wesentlichen Konversionsschritte vom flüssigen Harnstoff zum gasförmigen Reduktionsmittel Ammoniak berücksichtigt. Zum anderen wurde ein Modell des eigentlichen SCR-Katalysators entwickelt, das die NH₃-Speichervorgänge und die heterogene Katalyse der Stickoxide zu unschädlichem Stickstoff abbildet⁵.

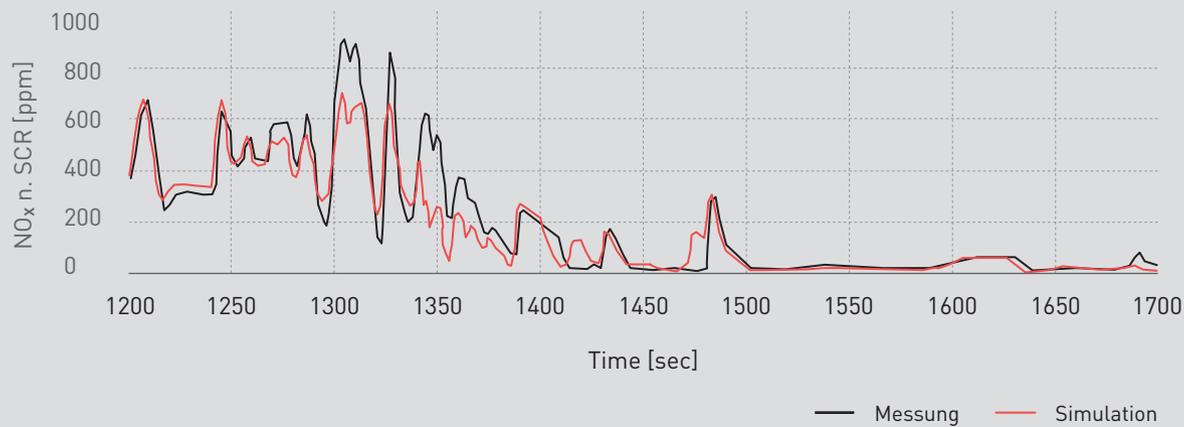
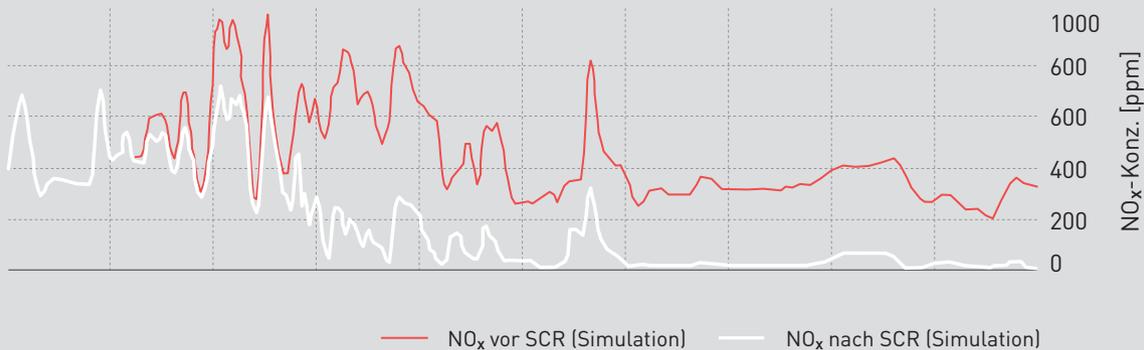
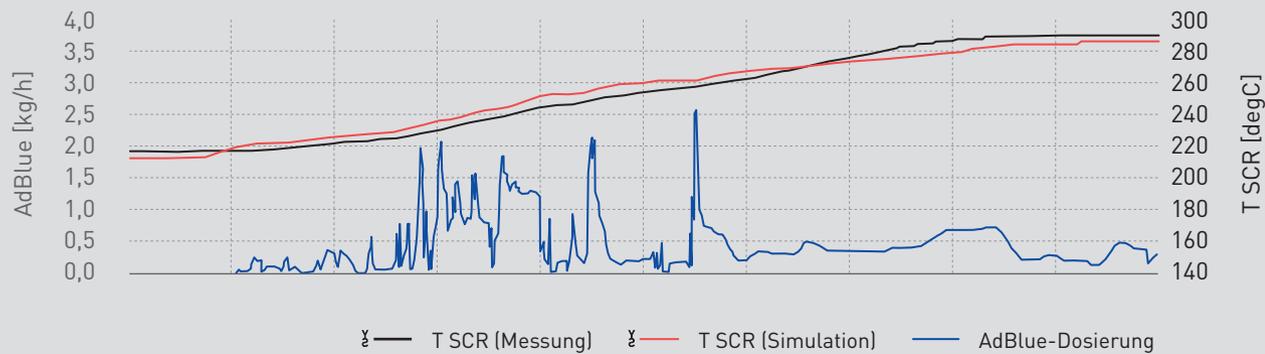
In Abbildung 3 sind die Berechnungsergebnisse im letzten, für die NO_x-Konversion relevanten Teil des transienten WHTC-Messzyklus dargestellt⁶.

Das obere Diagramm zeigt einen Vergleich der Materialtemperatur des SCR-Katalysators zwischen Messung und Simulation mit guter Übereinstimmung. Die blaue Kurve zeigt den gemessenen Massenstrom der HWL-Eindüsung. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Eindüsung erst bei einer Materialtemperatur von ca. 220 °C erfolgt, da der SCR-Katalysator bei niedrigeren Temperaturen nur einen schlechten Wirkungsgrad hat und ein Durchbruch des toxischen Ammoniaks erfolgt. Im mittleren Diagramm ist ein Vergleich der NO_x-Konzentration vor und nach SCR-Katalysator – jeweils Simulationsergebnisse – zu sehen. Im unteren Diagramm sind die Messungen der NO_x-Konzentration nach dem Katalysator den Simulationsergebnissen gegenübergestellt. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der berechneten Konversionsrate mit den Messdaten.

Damit waren die Einzelsysteme Motor und Abgasanlage modelltechnisch charakterisiert, die anschließend in ein Gesamtmodell integriert wurden. Die Einzelheiten der Modellintegration finden sich in⁷.

Transienter Zyklus. SCR-Temperatur, HWL-Dosierung, NO_x-Konversion.

ABBILDUNG 3



„Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Nur wer die Zusammenhänge innerhalb eines Systems versteht, wird alle Potenziale nutzen können. So ist auch die Weiterentwicklung gut bekannter Technologien möglich.“ PROJEKTLEITER THOMAS LAUER



Systemoptimierung

Nach Erstellung des Systemmodells waren in einem nächsten Schritt optimale Betriebszustände im Hinblick auf Verbrauch und Emissionen aufzuzeigen. Zur Modelloptimierung mit numerischen Methoden, wie zum Beispiel Design-of-Experiments (DoE) oder heuristischen Algorithmen waren die Rechenzeiten des Gesamtmodells deutlich zu hoch. Aus diesem Grund wurde der physikalische Detaillierungsgrad stark reduziert und die spezifischen Eigenschaften des Ladungswechsels und der Verbrennung stattdessen in neuronalen Netzen mathematisch beschrieben (Mean Value Modeling)⁸. Zum Trainieren – dh. zum Bedaten – dieser neuronalen Netze wurden insgesamt 15.000 stationäre Betriebspunkte mit dem detaillierten Modell gerechnet, was etwa ein Wochenende Rechenzeit in Anspruch nahm.

Die Rechenzeit verkürzt sich durch diesen Ansatz dramatisch, da wesentliche Größen des Modells nicht mehr berechnet müssen sondern aus den neuronalen Netzen ausgelesen werden können. Der WHTC-Zyklus mit 30 Minuten tatsächlicher Länge, dessen Berechnung mit dem detaillierten Modell 15 Stunden benötigte, wurde vom Mean Value Model in 45 Minuten

berechnet, also annähernd in Echtzeit. Dadurch ließ sich die für Optimierungsverfahren erforderliche Anzahl an Berechnungen in vertretbaren Zeiträumen bewältigen. Von den zahlreichen folgenden Optimierungen und Studien sollen zwei wesentliche Effekte kurz beschrieben werden, nämlich der Einfluss der Isolierung der Abgasanlage und der Abgasrückführung.

Wie bereits früher beschrieben ist eine Light-Off Temperatur des SCR-Systems notwendig, um eine effiziente Konversion von Stickoxiden zu ermöglichen. Experimente am Motorenprüfstand zeigten, dass aufgrund der thermischen Trägheit der Abgasanlage erst im letzten Drittel des transienten WHTC-Messzyklus mit der Eindüsung der wässrigen Harnstofflösung und damit mit einer effizienten Stickoxid-Nachbehandlung begonnen werden konnte. Es wurden zahlreiche Modifikationen der Abgasanlage berechnet, die zum Ziel hatten, das Potenzial von Isolierungsmaßnahmen und Materialeinsparungen aufzuzeigen. Insgesamt konnte so rechnerisch eine Reduzierung der Stickoxid-Emissionen von bis zu 20% durch schnelleres Light-Off nachgewiesen werden.

Die Rückführung gekühlten Abgases ist Bestandteil moderner Dieselmotoren. Das dem Zylinderinhalt beigemischte Inertgas senkt die Spitzentemperaturen ab und führt so zu geringeren Stickoxid-Rohemissionen. Mit dem hier beschriebenen Gesamtmodell konnte jedoch nachgewiesen werden, dass zwar die Rohemissionen durch diese Maßnahme tatsächlich abgesenkt werden können, jedoch das kritische Light-Off der Abgasanlage durch tendenziell kühleres Abgas weiter verschärft wird, so dass unter dem Strich die Stickoxid-Emissionen des Fahrzeugs nicht abnehmen. Die quantitative Beurteilung dieser Zusammenhänge war nur durch den gesamtheitlichen Ansatz möglich. **Schlussendlich konnte mit den Optimierungen gezeigt werden, dass durch Isolierungsmaßnahmen an der Abgasanlage Freiräume für eine verbrauchs-optimalere Verbrennung geschaffen werden können, so dass eine Verbrauchsabsenkung von ca. 2% bei einer gleichzeitigen Absenkung der Stickoxid-Emissionen von ca. 4% rechnerisch dargestellt werden konnten⁴.**

Zusammenfassung und Ausblick

Moderne Antriebssysteme für Nutzfahrzeuge müssen hohe Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit erfüllen. Diese Forderungen bedingen immer komplexere Motoren mit einer steigenden Anzahl von Freiheitsgraden. In diesem Projekt sollte daher ein integratives numerisches Gesamtmodell aus Motor und Abgasnachbehandlung erstellt werden, das eine Optimierung des Systems im Hinblick auf Kraftstoffverbrauch und Stickoxid-Emissionen ermöglicht.

Es wurde ein detailliertes physikalisches Motormodell mit einem Abgasnachbehandlungsmodell gekoppelt, das sowohl das thermische Verhalten als auch die für die Stickoxidreduktion relevante Reaktionskinetik im SCR-Katalysator abbildet. Die Abstimmung des Modells erfolgte mit stationären und transienten Messdaten vom Motorprüfstand. Die transienten Messungen wurden in einem transienten Zyklus auf Basis des Worldwide Harmonized Transient Cycle (WHTC) durchgeführt.

Um die Rechenzeit zu minimieren und damit die Basis für die numerische Optimierung zu schaffen, wurde das beschriebene Gesamtmodell mittels neuronaler Netze reduziert. Dadurch konnten die Rechenzeiten für das Modell bis nahezu auf Echtzeit reduziert werden.

Mit Hilfe der Design-of-Experiments (DoE) Methode wurden zahlreiche Motorparameter im transienten Zyklus variiert. Es konnten Möglichkeiten zur Verbrauchs- und Stickoxid-Absenkung durch Isolierungsmaßnahmen der Abgasanlage aufgezeigt werden.

Aufbauend auf die Projektergebnisse können erweiterte Konzeptuntersuchungen durchgeführt werden. Denkbar ist etwa die Optimierung der Aufladeeinrichtung und des Ladungswechsels (zB. variable Ventilsteuerzeiten). Weitere Forschungsaktivitäten in den Bereichen der Rohemissionen (CO, HC, Ruß) und der Abgasnachbehandlung auf Basis reaktionskinetischer Konzepte sind sinnvoll, um den Gültigkeitsbereich der Modellergebnisse weiter zu steigern.



Referenzen

- ¹ T. Morel, R. Keribar, J. Silvestri und S. Wahiduzzaman, „Integrated Engine/Vehicle Simulation and Control,“ SAE Technical Paper Series, Detroit, MI, 1999
- ² T. Yoshizaki, K. Nishida und H. Hiroyasu, „Approach to Low NO_x and Smoke Emission Engines by Using Phenomenological Simulation,“ SAE Technical Paper Series, Detroit, MI, 1993
- ³ G. Merker, C. Schwarz, G. Stiesch und F. Otto, Verbrennungsmotoren, 3. Hrsg., Wiesbaden: B. G. Teubner, 2006
- ⁴ Forsthuber, F.; Krenek, T.; Marinitsch, F.; Lauer, T.; Raup, M.; Schatzberger, T.; Weiß, J.: Investigations on the Tail-Pipe Emissions of Commercial Engines with Advanced One-Dimensional Simulation Methods. SAE Technical Paper 2013-01-1117
- ⁵ D. Chatterjee, T. W. M. Burkhardt, I. Nova, A. Grossale und E. Tronconi, „Numerical Simulation of Zeolite- and V-Based SCR Catalytic Converters,“ SAE Technical Paper Series, Detroit, MI, 2007
- ⁶ Lauer, T.; Fischer, S.; Forsthuber, F.: Numerische Simulation der Ammoniak-Aufbereitung und Stickoxid-Konversion in modernen SCR-Systemen. In: Motortechnische Zeitschrift MTZ 02/2013, S. 166 - 171
- ⁷ Forsthuber, F.; Lauer, T.; Geringer, B.: Optimization of a Heavy Duty Engine by Integrated Numerical Models. In: 6th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2012), Wien, 2012
- ⁸ Papadimitriou, M. Warner, J. Silvestri, J. Lennblad und S. Tabar, „Neural Network-Based, Fast-Running Engine Models for Control-Oriented Applications,“ SAE Technical Paper Series, Detroit, MI, 2005

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Bei aller berechtigten Aufmerksamkeit für alternative Technologien darf die Diversität der möglichen Lösungswege und dabei vor allem die Weiterentwicklung konventioneller Technologien nicht aus den Augen verloren werden. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die nächsten 10 Jahre. Das Projekt zeigte, dass durch methodische Weiterentwicklung Potenziale gehoben werden können.
- Es wurde die Zusammenarbeit zwischen der Technischen Universität Wien und der österreichischen Industrie weiter intensiviert. Bis zum heutigen Tag bestehen Kooperationen zwischen dem Antragsteller und der MAN Group (inzwischen innerhalb des VW Konzerns).
- Das Projekt lieferte einen wesentlichen Beitrag zur Ausbildung hochqualifizierter Fachkräfte, also in die Zukunft des Wirtschaftsstandorts Österreich. Es waren insgesamt 3 Dissertanten an diesem Projekt beteiligt.

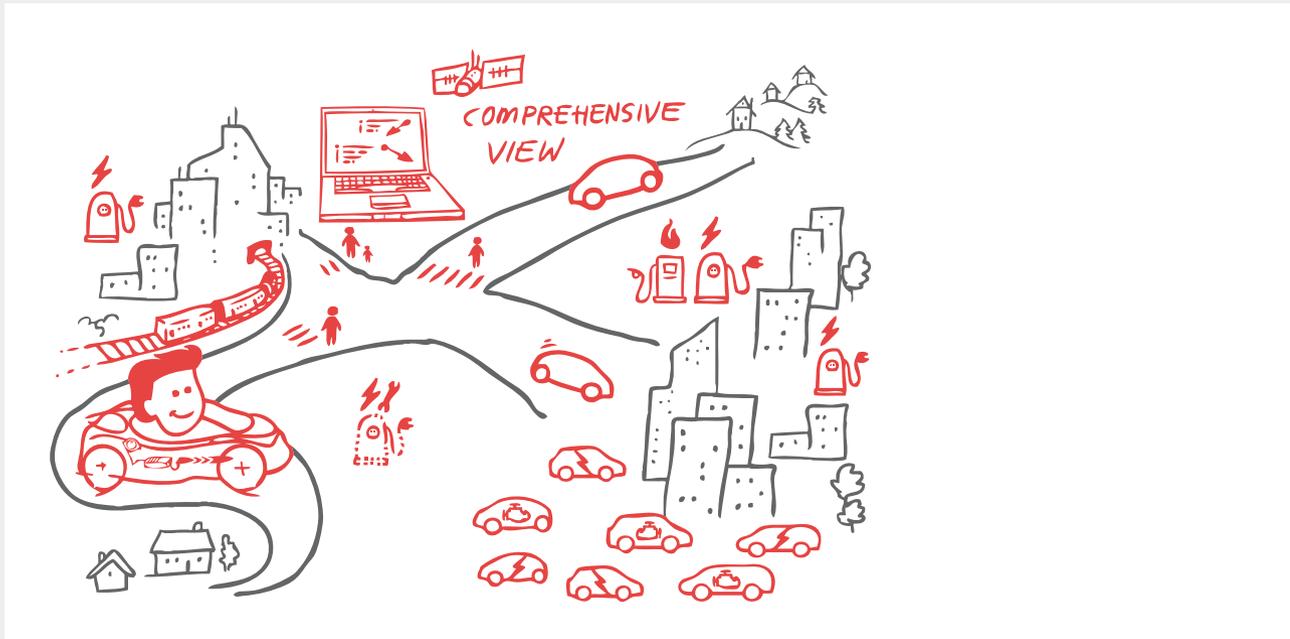




Projektleitung:
THEODOR SAMS
AVL List GmbH

The general approach of VECEPT

ABBILDUNG 1



EV Electric Vehicle
BEV Battery Electric Vehicle
PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle

VECEPT

Vehicle with Cost-Efficient PowerTrain

The mass deployment of electric vehicles has great potential to significantly reduce the consumption of petroleum and other high CO₂-emitting transportation fuels, however, the current decade is regarded a key “make or break” period. Here the development and quick market introduction of cost-effective plug-in hybrid vehicles will play a central role. Such kind of vehicles can clearly mitigate the range anxiety of consumers and will have a broad impact not least regarding environmental effects.

The flagship project VECEPT (Vehicle with cost-efficient power train) focuses on the development and testing of an all-purpose, cost-efficient plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) serving as a volume model for the global market (planned market entry 2017). This PHEV represents an internationally competitive combination of performance capability (range, comfort, safety) and cost efficiency. Its focus is on the electric drive train (electric vehicle with internal combustion engine assist).

On the one hand, a demonstrator vehicle with a newly developed power train module and new components will be build up, having a pure electric range of more than 30 km (typ. 50 km). The vehicle shall have highest efficiency in all operating modes and - beside strict CO₂ criteria - shall meet all related emission standards (EU7) as well as production criteria regarding manufacturability and quality appearance.

On the other hand, based on current results from the flagship project emporA an optimization of energy

storage systems for use in PHEVs will be worked on.

To meet the specific requirements of PHEVs significant improvement of battery technologies in terms of life time, safety, weight reduction and optimization of battery operation parameters is crucial.

VECEPT is also targeting at the use of PHEVs and Battery Electric Vehicle (BEVs) in larger mixed fleets to further promote the roll-out of electro-mobility, to provide security und flexibility for fleet operators and to overcome range anxiety. In addition, fleets also serve as a means to address private users.

An easy handling, high performance charging infrastructure (slow and fast charging) is another key factor to mitigate range anxiety particularly for the private user. Besides the installation of such infrastructure in VECEPT the use patterns of various user groups regarding potential differences between PHEV and BEV shall be investigated.

Finally demonstration and benchmark vehicles, mixed fleets and infrastructure are tested and evaluated thoroughly in a comprehensive field test.

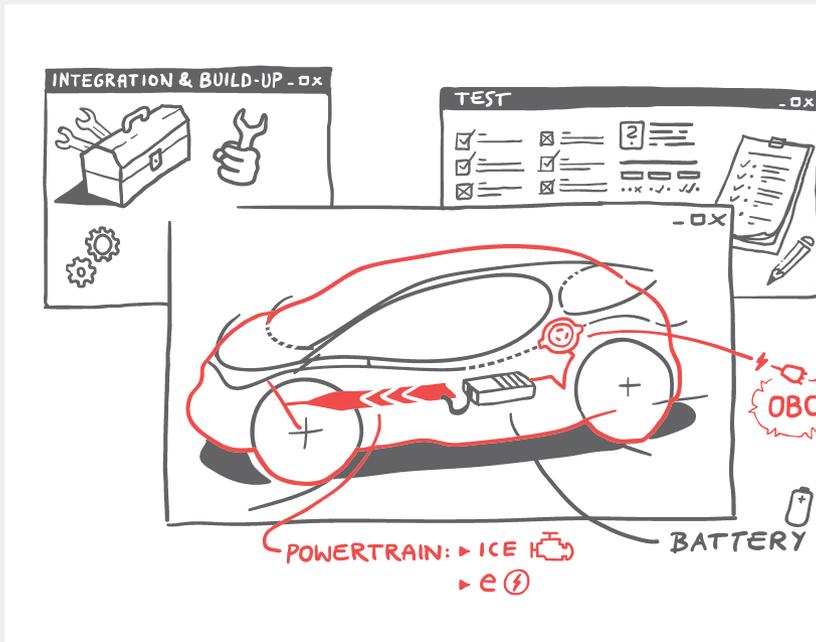
VECEPT is facing these challenges by the following problem solving approach:

Virtual OEM

The VECEPT partner consortium comprises leading companies and institutions from Austrian automotive industry, infrastructure technology, the public sector and science. It provides both thorough horizontal

WP1: Concept & Component

ABBILDUNG 2



(Vehicle, Applications/Users, Infrastructure, Mobility Provider) and vertical integration of value chains (Tier 2 suppliers for eg. the on-board charger, the battery system; Tier 1 suppliers for comprehensive hybrid power train solutions). Since no relevant OEMs are available in Austria, for VECEPT a virtual OEM has been formed by this alliance to cover all aspects regarding the development and the deployment of PHEVs.

Management of mixed fleets to quickly address a large number of users

For increasing the deployment of electro mobility it is necessary to make electric vehicles (PHEVs, BEVs, REEVs) available to a larger number of users (business, private, public). Business and public fleets offer a favourable access to a high number and variety of people for testing and providing feedback to the developers. Business and public fleets therefore serve as a good multiplier to also address private users and to bring them into touch with the new vehicles. At the moment a professional solution for the management of mixed fleets is not available.

Infrastructure

Current infrastructure for the ICE – vehicles gives the driver a feeling of safety and comfort to drive everywhere anytime. Infrastructure for PHEVs and especially for BEVs is expected to provide the same. It has to properly deal with the range anxiety of the users, the general anxiety regarding new technologies and the “same comfort feeling” in refuelling the vehicle. Different requirements of PHEV and BEV charging for an adequate infrastructure have to be analyzed, considered and balanced. This work has not been done so far. All in all, VECEPT focuses on i) the development of a cost-efficient PHEV by using a modular concept and by fully exploiting optimization potentials (battery, heating and cooling etc.), ii) creating a new strategic planning software framework for mixed fleets, and iii) setting standards for PHEV infrastructure.

VECEPT therefore provides a comprehensive approach integrating all relevant aspects to successfully deploy PHEVs, to accelerate market entry and to eventually pave the way for electro-mobility.

„According to the Technology Roadmap for Electric and plug-in hybrid vehicles by the International Energy Agency the mass deployment of EVs and PHEVs has great potential to significantly reduce the consumption of petroleum and other high CO₂-emitting transportation fuels, however, according to this roadmap the next decade is a key “make or break” period for both BEVs and PHEVs. VECEPT significantly contributes to the reduction of the main barriers of electric mobility, i.e. range anxiety and high vehicle prices.” PROJEKTLEITER THEODOR SAMS



WP4: Applications and User Behaviour

ABBILDUNG 3



WP5: Infrastructure

ABBILDUNG 4



**The Flagship project VECEPT
will deliver the following main results:**

- **WP1 Vehicle Component Development & Integration in Complete Vehicle:** Fully developed and tested PHEV demonstrator with cost-efficient power train
- **WP2 Enhancement of Energy Efficiency and Safety of Complete Vehicle:** Integrated Control for Thermal and Energy Management + Optimized (weight, energy), fully safety-tested battery integrated into a battery management system
- **WP3 Applications, User Behaviour:** Strategic planning software framework for the management of mixed fleets
- **WP4 Infrastructure:** Installed charging hubs in operation and extension use patterns BEV+PHEV
- **WP0.3 Evaluation & Quality Management:** Comprehensive Evaluation of WP1-4 under „real-world“ conditions

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- VECEPT – Vehicle with Cost-Efficient Power Train stands for a competitive PHEV for the global high-volume market and significantly accelerated introduction of a comprehensive “electro-mobility system” to meet the 2020 goals of Austria
- VECEPT is also targeting at the use of PHEVs and BEVs in larger mixed fleets to further promote the roll-out of electro-mobility, to provide security und flexibility for fleet operators and to overcome range anxiety. In addition, fleets also serve as a means to address private users.
- An easy handling, high performance charging infrastructure (slow and fast charging) is another key factor to mitigate range anxiety particularly for the private user. VECEPT install charging hubs connecting largest population centers and existing pilot regions with focus on the corridor “Graz – Vienna”





Projektleitung: MANFRED KLELL
HyCentA Research GmbH

ABBILDUNG 1+2



E LOG BioFleet II

Eco Logistics Bio Hydrogen Powered Fleet of Fuel Cell Range Extender Industrial Trucks

Zusammenfassung

Das im Vorprojekt E LOG BioFleet demonstrierte Range Extender Konzept für Flurförderzeuge soll in diesem Folgeprojekt weiter betrieben und in Richtung konkurrenzfähige Marktreife entwickelt werden.

Im Demonstrationsbetrieb über zwei Jahre werden wichtige Erkenntnisse hinsichtlich Lebensdauer, NutzerInnenakzeptanz, NutzerInnenverhalten sowie Wartungs- und Servicebedarf unter realen Bedingungen und fortschreitender Systemalterung generiert. Damit sollen die Voraussetzungen für einen effizienten Markteintritt geschaffen werden.

Problematik und Ausgangssituation

In Logistikanwendungen verursachen rein batterieelektrische Fahrzeuge eine Minderung der Produktivität vor allem im Mehrschichtbetrieb. Ausschlaggebend dafür sind die geringen Reichweiten der Fahrzeuge sowie die langen Standzeiten während der Ladevorgänge. Die Vorteile eines Brennstoffzellen Range Extender Konzepts hinsichtlich Betriebsverhalten, Kundennutzen und Umweltverträglichkeit wurden im Leuchtturmprojekt E-LOG BioFleet demonstriert. Im jetzt erweiterten Demonstrationsbetrieb werden Erkenntnisse hinsichtlich Betrieb, Lebensdauer, NutzerInnenakzeptanz und NutzerInnenverhalten der entwickelten Technologie gewonnen, die einen effizienten und wettbewerbsfähigen Markteintritt ermöglichen sollen.

Ergebnisse und Erkenntnisse des Vorprojekts E LOG BioFleet

Erstmals in Österreich wurden in der Logistik eingesetzte Batterie-Elektrofahrzeuge auf Hybridbetrieb mit Brennstoffzellen Range Extender und Lithium-Ionen-Akkumulatoren umgerüstet. Das Power-Package mit Brennstoffzelle, Wasserstoffdruckspeicher, Lithium-Ionen-Akkumulatoren und Regelelektronik wurde entwickelt und zertifiziert. Das Power-Package wurde in 12 Niederflurfahrzeuge anstelle des originalen Bleiakkus eingebaut, die Fahrzeuge wurden zertifiziert und im praktischen Industrieumfeld über ein Jahr lang betrieben, siehe Abbildung 1.

Eine dezentrale Reformer-Einheit zur Erzeugung von Wasserstoff aus Biomethan wurde aufgebaut, zertifiziert und im praktischen Industriebetrieb betrieben. Erstmals in Europa wurde eine Betankungsanlage für Wasserstoff im Inneren einer Halle ausgelegt, aufgebaut, zertifiziert und betrieben, siehe Abbildung 2.

Das Projekt erlaubt den Ausbau der österreichischen Technologieführerschaft im Bereich Range Extender für Logistikanwendungen. Durch seine Übertragbarkeit und Erweiterbarkeit auf allgemeine automotiv Transportsysteme übt das Leuchtturmprojekt eine klimarelevante Modellwirkung auf die Elektromobilität insgesamt aus.

Technische Daten im Vorprojekt E LOG BioFleet (vergleiche Abbildung 3 und 4)

Leistung Brennstoffzelle	2,6 kW
Wasserstofftank	23 Liter bei 200 bar, 0,33 kg Wasserstoff, Betankung < 3 Minuten
Einsatzzeit der 12 Flurförderfahrzeuge	16.135 Stunden
Einsatzzeit der Brennstoffzellen	8.439 Stunden
Start-Stop-Zyklen	23.632
mittlerer Wirkungsgrad der Brennstoffzellen effektiv	53 %
Anzahl der Betankungen	2.270
Kapazität der Wasserstoff-Reformierung	max. 10 kg Wasserstoff pro Tag
Erzeugte Wasserstoffmenge	ca. 900 kg
mittlerer Wirkungsgrad der Wasserstoff-Reformierung effektiv	36 %

Veröffentlichungen im Vorprojekt E LOG BioFleet

- Präsentation auf Kongressen und Messen (zB. A3PS Konferenzen Wien 2011, 2012, 2013, 2014, World Hydrogen Energy Conference Toronto 2012, f-cell Stuttgart 2013).
- über 30 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Medien (zB.: Striednig, M.; Brandstätter, St.; Sartory, M.; Klell, M.: Thermodynamic real gas analysis of a tank filling process. International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 39, S. 8495-8509, 2014)
- Energy Globe Award Austria, Wien 25.03.2014: Sieger in der Kategorie "Feuer"

Kurzinfo zum Vorprojekt E LOG BioFleet**Projekttitle**

E LOG BioFleet - Leuchtturm der Elektromobilität in einer Logistikflottenanwendung mit Range Extender unter Nutzung von Biomethan mit klimarelevanter Modellwirkung

EckdatenProjektleitung:

Linde Fördertechnik GmbH

Projektpartner:

Schenker & CO AG, Fronius International GmbH, HyCentA Research GmbH, JOANNEUM RESEARCH ForschungsgmbH, OMV Refining & Marketing GmbH

Förderprogramm:

Technologische Leuchttürme der Elektromobilität

Projektnummer:

825854

Projektdauer:

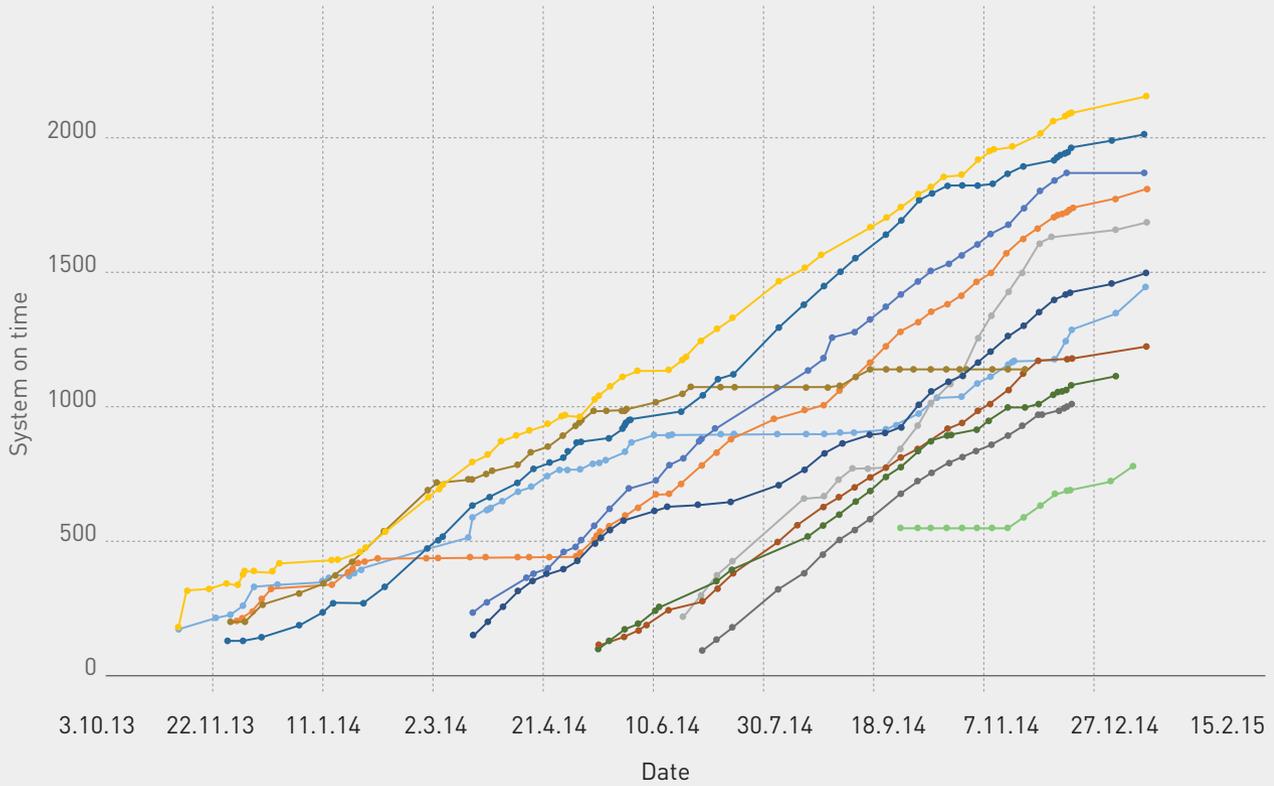
01.06.2010 – 30.05.2014

Projektbudget:

€ 4.753.351,-

Bild des Funktionsmusters der Absorptions-/Kompressions-Wärmepumpe am IWT

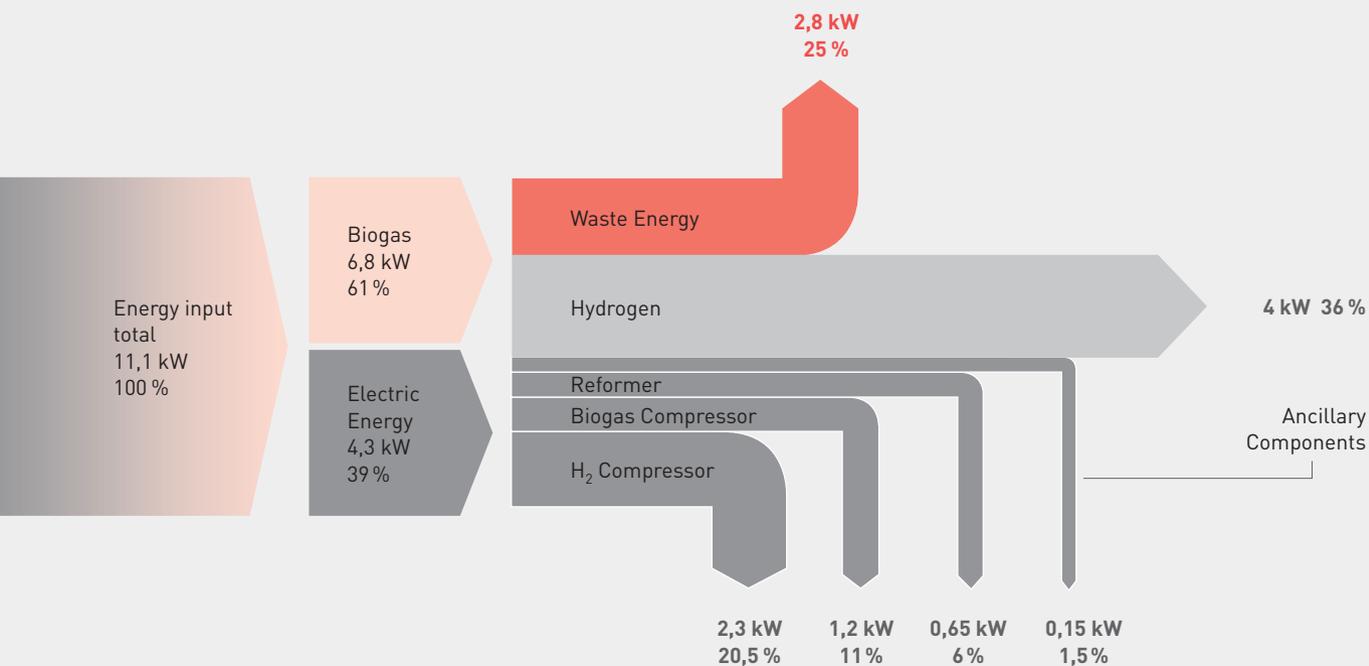
ABBILDUNG 3



- 61
- 62
- 63
- 64
- 65
- 66
- 67
- 68
- 69
- 70
- 71
- 72

THD Analyse

ABBILDUNG 4



„Im weltgrößten Markt für Elektroantriebe, dem Flurförderfahrzeugbereich, wird durch den innovativen Einsatz einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle als Range Extender ein Technologiesprung zur Verbesserung von Betriebsverhalten, Kundennutzen und Umweltverträglichkeit der Fahrzeuge dargestellt.“ PROJEKTLEITER MANFRED KLELL

Methodik E LOG BioFleet II

Ein Demonstrationsbetrieb über zwei Jahre im industriellen Umfeld des Logistikunternehmens ermöglicht die Erprobung des Range Extender Konzepts und der Versorgungsinfrastruktur bei fortschreitender Systemalterung und unter realen Einsatzbedingungen.

Eine detaillierte Analyse des NutzerInnenverhaltens wird durch regelmäßige Befragungen der involvierten Personen im Logistikzentrum, wie Fahrer und Sicherheitsbeauftragte sowie den Anlagenverantwortlichen im Verlauf des gesamten Demonstrationsbetriebes durchgeführt.

Es werden detaillierte Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkungen der Gasqualität des vor Ort produzierten Wasserstoffs, der Luftqualität im Logistikzentrum und des Betriebs der Flurförderzeuge bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt durchgeführt.

Die Betriebs- und Wartungsstrategien für das Range Extender Konzept und die Versorgungsinfrastruktur werden optimiert.

Ziele E LOG BioFleet II

Die Erkenntnisse aus dem Demonstrationsbetrieb dienen dazu die NutzerInnenakzeptanz, die Zuverlässigkeit, die Lebensdauer und die Betriebsstrategien der neuen Technologien zu optimieren, Konzepte für Kostensenkungen zu entwickeln und diese neuen Technologien weiter in Richtung konkurrenzfähiger Marktreife zu entwickeln.

Es werden Erkenntnisse über den Wartungs- und Servicebedarf bei fortschreitender Systemalterung

unter realen Einsatzbedingungen generiert um in weiterer Folge die Zuverlässigkeit zu steigern und die Kosten zu senken.

Auf Basis der Erfahrungen während des Demonstrationsbetriebs werden vereinfachte und damit kostengünstigere Anlagenkonzepte für die dezentrale Versorgungsinfrastruktur erarbeitet.

Detailziele

Nutzeroptimierung

- Verbesserte Mensch-Maschine Kommunikation
- Optimiertes Handling von Betankung und Kondensatabsaugung
- Optimierter Wartungs- und Serviceprozess

Degradation und Lebensdauer kenngrößen

- Definition von End-of-Life Kriterien
- Identifikation von Degradationsraten auf Komponentenebene

Kostensenkung und technische Optimierung

- Reduktion der Brennstoffzellensystemleistung auf das, in der Cross Dock Anwendung erforderliche Niveau
- Funktionsintegration auf Komponentenebene
- Auslegung der Wartungskomponenten (Kathodenluftfilter, Kühlmittelleitfähigkeit) entsprechend angestrebtem Wartungsplan
- Reichweitensteigerung durch Integration eines 350 bar H₂ Tanksystems
- Softwareoptimierung zur Ausdehnung des Fahrbetriebes auf den Frostbereich bis -10 °C
- Minimierung von Start/Stop-Zyklen

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Betriebsverhalten, Kundennutzen und Umweltverträglichkeit von Elektrofahrzeugen werden durch eine Wasserstoff-Brennstoffzelle als Range Extender deutlich verbessert.
- Durch seine Übertragbarkeit auf allgemeine automotiv Transportssysteme übt das Leuchtturmprojekt eine klimarelevante Modellwirkung auf die Elektromobilität insgesamt aus.
- Der Demonstrationsbetrieb liefert wichtige Erkenntnisse hinsichtlich Betrieb, Lebensdauer, NutzerInnenakzeptanz und -verhalten als Voraussetzungen für einen effizienten Markteintritt.





Projektleitung: WALTER STRUCKL, MARTIN KOZEK
Siemens AG Österreich, Technische Universität Wien

EcoTram

Die für das EcoTram Projekt umgebaute Straßenbahn ULF A1 mit
Spezialbeklebung bei Testfahrten in Wien. Quelle: Siemens, 2013

ABBILDUNG 1

EcoTram

Verbesserung der Energieeffizienz im Bereich der thermischen Komfortsysteme

Projektüberblick

Das Projekt EcoTram wurde im Jahre 2009 von fünf Konsortialpartnern mit dem Ziel gestartet, geeignete Maßnahmen zu entwickeln um den Energieverbrauch der Heizungs-, Klimatisierungs- und Lüftungsanlage (HKL) einer Straßenbahn zu senken. Dabei wurde einerseits eine Simulationssoftware für das thermische Verhalten von Schienenfahrzeugen entwickelt, andererseits wurden anhand realer Betriebsmessungen und Klimawindkanalversuchen geeignete Maßnahmen evaluiert und im anschließenden Fahrgastbetrieb nachweislich quantifiziert.

Warum die Energieeffizienz bei HKL Systemen eine Rolle spielt?

Moderne Schienenfahrzeuge besitzen in der Regel umfassende Heizungs-, Klimatisierungs- und Lüftungssysteme (HKL), die bei allen Umgebungsbedingungen ein angenehmes Klima für den Fahrgast bzw. Fahrer bereitstellen. HKL benötigen abhängig vom Fahrgastaufkommen und äußeren Einflüssen (Temperatur, Sonnenstrahlung, Luftfeuchte, etc.) einen nicht unwesentlichen Energiebedarf.

In Betriebsmessungen konnte wiederholt beobachtet werden, dass die HKL-Anlage neben der Traktion der größte Energieverbraucher von Schienenfahrzeugen im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) ist. Der prozentuale Anteil der HKL-Anlage kann unter besonderen Bedingungen bis zu 40% am Energieverbrauch eines Fahrzeuges betragen.

Außerdem sind die Auslegungsparameter für die Entwicklung von HKL Systemen einer hochdynamischen

Varianz ausgesetzt, die einerseits durch veränderliche Umweltbedingungen (Licht-Schattenwechsel aufgrund Wolken, Gewitter mit schnell ansteigender Luftfeuchte, Starkwind, etc.) andererseits durch betriebliche Ereignisse (hohe Fluktuation der Fahrgäste in Umsteigebahnhöfen, Wartezeiten in Umkehrschleifen ohne Fahrgäste, etc.) ständig wechselt.

Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde im Jahre 2009 die Projektidee zu EcoTram geboren, die sich eine Senkung des Energieverbrauchs des HKL-Systems zum Ziel setzte.

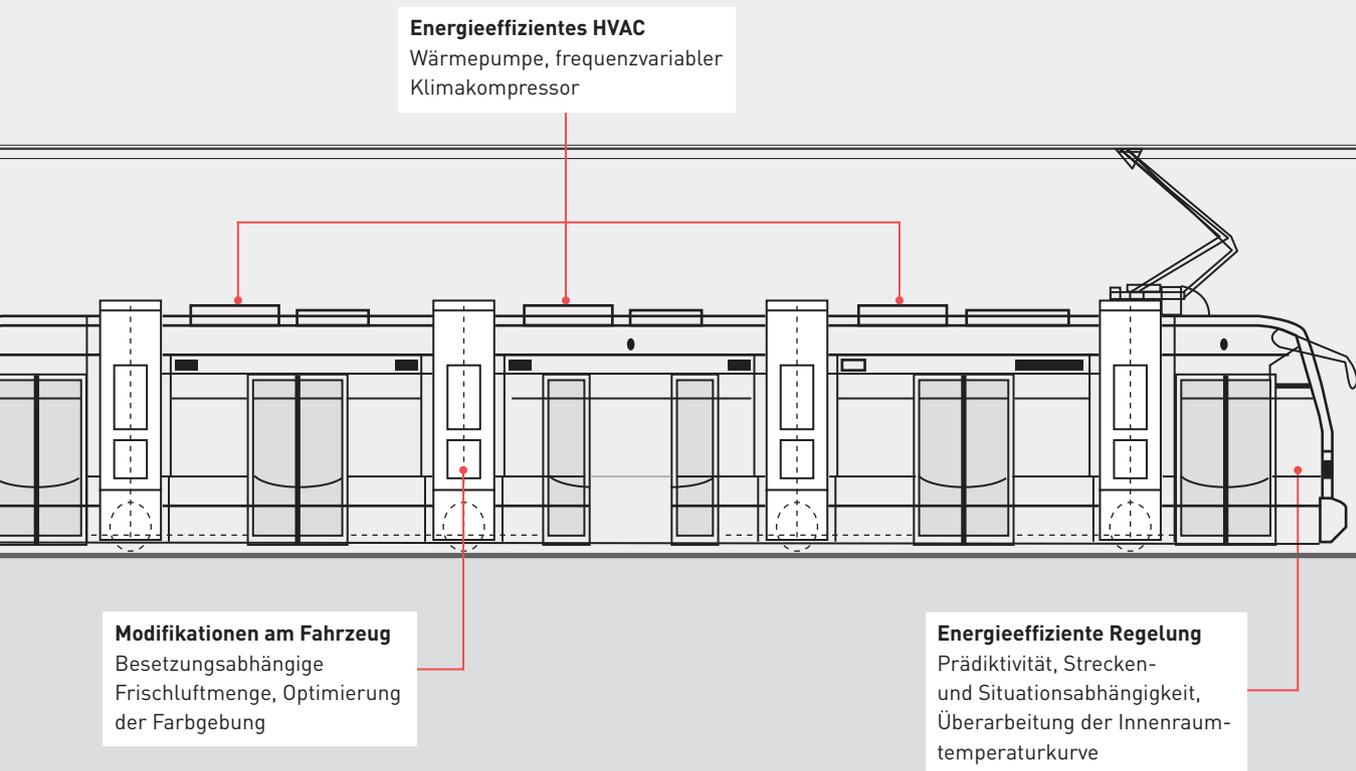
Die Energieeffizienzmaßnahmen im Projekt EcoTram

Das EcoTram Projekt basiert auf dem Ansatz energetische Verbesserungsmaßnahmen zu identifizieren, zu entwickeln und zu testen.

EcoTram bestand aus zwei Projektphasen, welche sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil gliederten. Ziel der ersten, theoretischen Phase war die Untersuchung der energetischen Potenziale im Bereich der HKL-Anlage, welche unter Berücksichtigung der technischen Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit im Falle des Siemens Straßenbahnfahrzeuges ULF Typ A1 (vgl. Abbildung 1) der Wiener Linien möglich war. Dabei wurden Messungen im Fahrbetrieb und im Klima-Wind-Kanal durchgeführt, die Aufschluss über den tatsächlichen Energieverbrauch des HKL-Systems inklusive der unterschiedlichen Subsysteme (beispielsweise Klimakompressor) geben sollte. Aus den Ergebnissen der Messungen konnten

Energieeffizienzmaßnahmen Ecotram (Siemens ULF A1)

ABBILDUNG 2



„Durch ein Konsortium, das alle Aspekte von Energieeffizienz und thermischen Fahrgastkomfort abdeckt, können innovative Technologien entwickelt, umgesetzt und im realen Fahrgastbetrieb getestet werden. Damit können zukünftig bereits in der Entwicklungsphase maßgebliche Faktoren zur Energieeinsparung bei Schienenfahrzeugen berücksichtigt werden.“ DIE PROJEKTLEITER



wichtige Basisdaten für ein Simulationsmodell zur Energieberechnung und des technisch-wirtschaftlichen Evaluierungsprozesses abgeleitet werden. Die Ergebnisse der Evaluierung führten zu einem Maßnahmenkatalog, in dem die effizientesten Maßnahmen für den Betreiber Wiener Linien konzeptioniert wurden.

Die zweite Projektphase zielte auf die praktische Erprobung bzw. Umsetzung der in Phase 1 vorgeschlagenen Umrüstmaßnahmen ab, wichtige Themen, wie Zulassung, Schnittstellenklärung und Messkonzepte waren abzuklären. Dabei wurden die Maßnahmen am Fahrzeug umgerüstet und mit Hilfe von vorher entwickelten Umbaukonzepten in der Werkstätte der Wiener Linien umgesetzt. Die alten drei HKL-Dachgeräte wurden abgehoben und durch die neue Vossloh Kiepe HKL 338 Eco ersetzt. Zeitlich parallel zum Umbau des Fahrzeuges wurden Kabel und Messtechnik in das Fahrzeug eingebaut.

Auf Basis der Evaluierung wurden folgende Maßnahmen (siehe Abbildung 2) für die Umrüstung des Serienfahrzeuges umgesetzt, wobei durch die bereits bestehenden Schnittstellen am Wagenkasten der Einbauraum weitgehend vordefiniert war.

Stufenloses Elektrisches Heizregister

Die Ansteuerung des Heizregisters und das Heizregister selbst wurden getauscht. Anstatt zweistufig wurde das Heizregister mit Halbleitern verschleißfrei gesteuert, so dass die Heizleistung nun quasi stufenlos und effizienter geregelt werden konnte.

Variable Frischluftmenge

Das Klimagerät wurde mit einem drehzahlgesteuerten Umlüfter und einer zusätzlichen Frischluftklappe ausgestattet. Frischluft- und Umluftmenge konnten variiert werden. Somit konnte energetisch effizienter geregelt werden, da in Zusammenhang mit der CO₂-Steuerung weniger Frischluft gekühlt oder erwärmt werden musste.

CO₂ abhängige Steuerung

CO₂-Fühler können den CO₂-Gehalt der Luft im Fahrgastraum messen. Anhand des CO₂-Gehalts konnte die optimale Frischluftmenge ermittelt werden und damit Energie eingespart werden. Herkömmliche Geräte arbeiten oftmals mit einer Frischluftmenge, die auf die maximale Fahrgastanzahl ausgelegt ist.

Wärmepumpe

Grundsätzlich neu war die Verwendung einer Wärmepumpe im Klimagerät einer Straßenbahn. Der Kältekreislauf des bestehenden Kompressors der Kälteanlage wurde hierbei umgedreht und brachte Wärmeenergie von außen ins Fahrzeug. Die Wärmepumpe kann wirtschaftlich im Temperaturbereich von +3°C bis +20°C arbeiten und ersetzt das elektrische Heizregister. Besondere Herausforderung war es die notwendigen Ventile im bestehenden Bauraum des HKL Gerätes unterzubringen und ohne einen Flüssigkeitsabscheider zu arbeiten. Der Wirkungsgrad der Wärmepumpe ist im Vergleich zum Heizregister ca. doppelt so hoch.

Leistungsaufnahme des Serienfahrzeuges ULF A1 (EcoTram in grauer Farbe) und der umgebauten ULF A1 im Klimawindkanal (EcoTram in roter Farbe II)

Quelle: RTA, 2014

Kompressor mit variabler Spannungsversorgung

Die Kompressordrehzahl wurde abhängig von der Spannung und der Frequenz im Bereich von 30 bis 90 Hz gesteuert. Somit konnte die Leistung im Kühl- und Wärmepumpenbetrieb ohne einen Bypass fein reguliert werden. Vor allem im Kühlbetrieb arbeitete das Klimagerät energieeffizienter, da die Kälteleistung bedarfsgenau abgerufen werden konnte und der Bypass, der sonst überschüssige Kälteleistung vernichtet nicht eingesetzt werden musste.

Kältemittel

Das herkömmliche Kältemittel 134a wurde durch 407c ersetzt. Dies war sinnvoll, um eine höhere Leistungsausbeute im Betrieb der Wärmepumpe zu erreichen.

Sonnenschutzfolien

Im Kühlbetrieb wird ca. 1/3 der notwendigen Kühlleistung für den Ausgleich der durch die Sonnenstrahlung ins Fahrzeug eingebrachten Wärme benötigt. Hierbei hat der Transmissionswert der Fensterscheiben den größten Einfluss. Da es aus Gewichtsgründen nicht möglich war die Einfachverglasung durch Isolierverglasung auszutauschen, wurden die Scheiben der EcoTram mit Sonnenschutzfolien beklebt. Diese Folien wiesen ca. dreimal mehr Sonnenenergie ab, so dass sich im Sommer der Innenraum weniger erwärmte. Gleichzeitig wurde es im Fahrgastraum etwas dunkler, jedoch gab es hierzu aus dem Betrieb keine negative Rückmeldung der Fahrgäste. Durch die Sonnenschutzfolien musste im Sommer weniger Kälteleistung bereitgestellt werden. Der negative Effekt durch einen höheren Heizbedarf im Winter war geringer als die Einsparungen im Sommer.

Fahrzeugfarbe

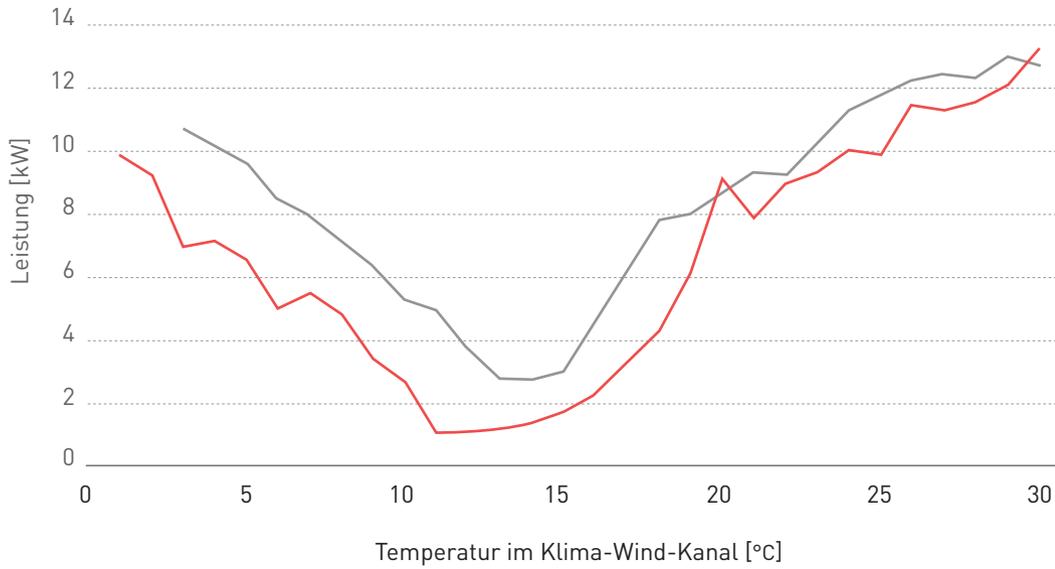
Voruntersuchungen hatten gezeigt, dass die Oberflächentemperatur von weiß lackierten Oberflächen im Sommer ca. 20 Kelvin kälter sind als schwarz lackierte Oberflächen. Da man das Fahrzeug für den Testbetrieb nicht umlackieren wollte, entschied man sich für eine weiße Folienbeklebung. Durch die weiße Farbe heizte sich das Fahrzeug weniger auf, als durch die herkömmliche grau rote Lackierung. Durch die weiße Farbe des Fahrzeugs musste im Sommer weniger Kälteleistung bereitgestellt werden, vergleichbar mit dem Effekt der Sonnenschutzfolien.

Klimaregler

Die herkömmlichen Klimageräte hatten einen Regler, der mit einem Zustandsautomaten auf die Innenraumtemperatur regelte, aber keine Rücksicht auf eine energieeffiziente Erzeugung der Heiz- bzw. Kühlleistung nahm. Die Anzahl an Schaltstufen im Seriengerät von Lüfter, Kompressor und Heizregister umfasste 72 Schaltzustände. Die neuen Klimageräte der EcoTram hatten durch die feinen Abstufungen ca. 1,2 Millionen Schaltzustände zu bieten, die sich je nach Betriebsparameter auf den energieoptimalen Zustand einregelten. Der Führungsregler berechnete auf Basis aller ihm zur Verfügung stehenden Messdaten die notwendige Heiz- bzw. Kühlleistung, die durch die Klimageräte eingebracht werden musste, um die Innenraumtemperatur zu regeln. Ein anschließender Folgeregler wurde darauf optimiert aus einem Kennfeld den sparsamsten Schaltzustand für die Klimageräte auszuwählen. Das Kennfeld wurde in aufwendigen Versuchen im Klima-Wind-Kanal Wien ermittelt. Der Regler war das Herzstück der neuen Klimageräte und half über den gesamten Temperaturbereich Energie

Leistungsvergleich

ABBILDUNG 3



— Serienfahrzeug ULF A1 — EcoTram II

zu sparen indem alle Komponenten des Klimageräts optimal angesteuert wurden. Nach Abschluss der Zulassungsfahrten und der Betriebsfreigabe für die oben genannten Maßnahmen konnte die EcoTram für die Messungen im Klimawindkanal und im Fahrbetrieb freigegeben werden.

Das Testfahrzeug war ein Jahr lang im Netz der Wiener Linien unterwegs, in dieser Zeit ließen sich Messungen unter allen möglichen Betriebsbedingungen durchführen. Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser zweiten Projektphase wurde das Fahrzeug zum Serienfahrzeug zurück gebaut.

Evaluierung der Maßnahmen im Klimawindkanal und Betrieb

Nachdem Umbau des Fahrzeuges und der Inbetriebnahme der neuen HKL-Geräte sollte überprüft werden, wie hoch die Einsparungen an Energie sind. Hierzu wurden im Klima-Wind-Kanal ausführliche Versuche durchgeführt, während die Leistungsaufnahme der HKL-Geräte vermessen wurde. Jedes der HKL-Geräte wurde mit verschiedenen Spannungen versorgt: DC 600 V für das Heizregister, AC 400 V 50 Hz für die Lüfter und AC 400 V frequenzvariabel für den Kompressor zum Kühlen und Betrieb der Wärmepumpe. Somit wurde jeweils Strom und Spannung gemessen, aus dem die aktuelle Leistungsaufnahme bzw. benötigte Energie berechnet wurde.

Alle Messwerte wurden zusammen mit weiteren Daten in einer autonomen Datenerfassung aufgezeichnet, die sowohl im Klimawindkanal, als auch im späteren Betrieb kontinuierlich Messdaten aufzeichnete. Neben der Leistungsmessung wurden Innen- und Außentemperatur, Luftfeuchtigkeit und Sonneneinstrahlung, Betriebsparameter der HKL-Geräte und Position bzw. Geschwindigkeit des Fahrzeugs aufgezeichnet.

Vor den eigentlichen Messungen des Energieverbrauchs wurde die Wärmepumpe ausführlich getestet und optimiert. Hierbei war zum einen das Umschalten zwischen Heizen (mit der Wärmepumpe) und Kühlen eine technische Herausforderung, zum anderen die

untere Einsatzgrenze, bis zu der die Wärmepumpe effizient betrieben werden konnte. Anschließend wurden verschiedenen Rampenversuche durchgeführt, um den Energieverbrauch zu bewerten. Hierbei wurde bei konstanten Bedingungen die Lufttemperatur kontinuierlich geändert. Mit einem Gradienten von 3 Kelvin pro Stunde wurde hierbei der Temperaturbereich von +0 °C bis +28 °C durchgeführt. Diese Rampenversuche wurden mit unterschiedlichen Randbedingungen, wie Sonnensimulation, Fahrgeschwindigkeit und Besetzungssimulation durchgeführt. Die Rampenversuche wurden bei einem Serienfahrzeug im Jahre 2010 und der EcoTram im Jahre 2013 durchgeführt. Erkenntnis war, dass der Energieverbrauch der optimierten HKL-Geräte deutlich unter dem der herkömmlichen Geräte lag.

Das berechnete Einsparpotential auf Basis von standardisierten, mittleren Temperaturdaten und den Ergebnissen aus dem Klimawindkanal ergab eine theoretisch mögliche Reduktion von 32%. Dieser Wert berücksichtigt jedoch nicht die tatsächliche Temperaturverteilung über ein Jahr. Somit war es sinnvoller, einen Jahresenergieverbrauch anhand einer gemessenen Temperaturklassifikation (Temperaturhistogramm) zu berechnen. Hierzu wurde in Gradschritten die gemessene Leistungsaufnahme mit der Anzahl der Stunden, in denen die jeweilige Temperatur gemessen worden ist, multipliziert und zum Energieverbrauch summiert. Dieses Verfahren geht davon aus, dass die Besetzung und Fahrtgeschwindigkeit im Mittel konstant sind und die Sonnenstrahlung mit der Außentemperatur korreliert. **Auf Basis dieser Rechnung benötigten die drei HKL-Geräte des Erprobungsträgers im Jahr 26% weniger Energie als herkömmliche Fahrzeuge. Konkret benötigten die neuen Klimageräte damit im Mittel 5,7 kW Leistung anstatt 7,7 kW Leistung** (siehe Abbildung 3).

Seit Juli 2013 war die Straßenbahn im Passagierbetrieb auf der Linie 62 in Wien unterwegs. Auch hierbei wurden alle Messdaten kontinuierlich aufgezeichnet. Ziel der Messung im Betrieb war, die Zuverlässigkeit



zu überprüfen und die im Klima-Wind-Kanal gemessene Energieeinsparung zu verifizieren. Die Messungen im Fahrgastbetrieb ergaben eine Reduktion des Energieverbrauchs von 13 % bezogen auf das HKL System, wobei die Vergleichbarkeit der Energiereduktion im realen Fahrgastbetrieb sehr eingeschränkt möglich war. Aufgrund der langen Vergleichszeiträume,

Betriebspläne und der sich ständig wechselnden Betriebsumgebung (Tunnel, Temperaturen, Linienführung und Fahrgastwechsel) konnten zwei Testfahrzeuge niemals dieselbe Strecke zur selben Fahrzeit absolvieren, um den direkten Vergleich herleiten zu können. Der Testbetrieb wurde im Mai 2014 beendet.

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Energie- und ressourcenschonendes Konzept für den thermischen Fahrgastkomfort ermöglicht nachhaltige Stadtentwicklung
- Nutzen sowohl für den Betreiber (Energieeffizienz) als auch für den Fahrgast (Komfort) gesichert
- Innovative Technologien stärken die Position österreichischer Unternehmen im internationalen Wettbewerb





Projektleitung: MICHAEL NÖST
IESTA, Institut für innovative Energie- & Stoffaustauschsysteme



„Mit den Entwicklungsergebnissen aus GreenHVAC4Rail können in Österreich in den ersten 5 Jahren nach Markteinführung im Schnitt 3.500 t CO₂-Äquivalent eingespart werden (bis 2030 in Summe etwa 87.000 t) – einerseits durch reduzierte Emissionen von HFKWs, andererseits durch die Nutzung der Wärmepumpe zur Beheizung der Waggons. Aktuell werden die entwickelten Wärmetauscher produziert, das Gesamtsystem aufgebaut und in weiterer Folge unter Labor- und Echtsystembedingungen getestet.“ PROJEKTLLEITER MICHAEL NÖST

GreenHVAC4Rail

Gesamtoptimierte emissionsfreie Heating-, Ventilating- und Air Conditioning-Anlage für Rail-Anwendungen

In diesem vom Klima- und Energiefonds geförderten und im Rahmen des „e!MISSION.at“-Programms durchgeführten Projekt wird eine in mehrfacher Hinsicht umweltfreundliche Klimaanlage zum Heizen und Kühlen speziell für Schienenfahrzeuge entwickelt. Daran beteiligt sind drei wissenschaftliche Partner und drei Kooperationspartner aus der Industrie. Zukünftig sollen in Zügen gängig verwendete Klimaanlagen durch Kälteanlagen mit Wärmepumpenfunktion ersetzt werden. Wärmepumpen bestehen aus vier Komponenten, die in einem Kreisprozess durchlaufen werden: aus zwei Wärmetauschern (Kondensator und Verdampfer), aus einer Drossel und einem Kompressor. Durch entsprechende Verschaltung der Komponenten kann je nach Bedarf gekühlt oder geheizt werden.

Ein Kühlschrank funktioniert nach demselben Prinzip. Die dabei im Kreisprozess genutzte Energie ist jene, die zur Kühlung des Innenraums eines Kühlschranks verwendet wird. Diese wird zusammen mit der Antriebsenergie als Abwärme an die Umgebung abgegeben. So funktioniert auch die Kühlung der Zugabteile. Kehrt man den Prozess um, kann geheizt werden.

Aus der Umgebung mit niedriger Temperatur wird Energie aufgenommen und zusammen mit der Antriebsenergie des Kompressors auf ein zu beheizendes System wie einen Raum übertragen.

Das Problem aus Umweltsicht: Als Kältemittel werden zurzeit synthetische Substanzen, sogenannte teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), verwendet, deren

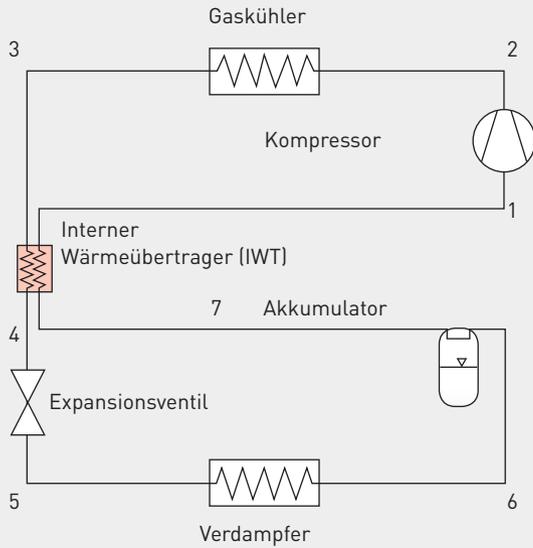
Emissionen treibhauswirksam sind. Daher wurde die Verwendung eines umweltfreundlichen Kältemittels vorangetrieben. Ersatz konnte im natürlichen Kältemittel CO₂ gefunden werden. Der Review der F-Gas-Verordnung der Europäischen Kommission, darin geht es um Emissionen fluoriertes Gase (F-Gase), sieht CO₂ als Ersatzoption für die HFKW vor. Darin wird im Bahnsektor für 2030 sogar mit einer Marktdurchdringung bei Neuinstallationen von 60% der Klimaanlagen mit CO₂ als Kältemittel gerechnet. Auf dem Markt bereits vorhandene Wärmepumpenlösungen mit CO₂ können jedoch für die Bahn nicht eins zu eins übernommen werden, sondern müssen an die spezifischen Bedingungen dieses Transportmittels adaptiert werden.

Bei den Projektpartnern TU Graz, Obrist und am Virtual Vehicle Research Center hat man bereits Erfahrungen in diesem Bereich gesammelt. 2013 wurde ein Prototyp einer CO₂-Klimaanlage mit Wärmepumpenfunktion für Hybrid- und Elektroautos entwickelt. Dennoch hat die Bahn spezielle Anforderungen, auf die man bei der Entwicklung der Teilkomponenten einer Wärmepumpe, vor allem bei den Wärmetauschern, eingehen muss. Die Industriepartner Liebherr und Fertinger kennen diese Bedürfnisse genau.

Eine große Herausforderung im Projekt war es ein Konzept mit einer Schaltungsvariante zu finden, das drei verschiedene Betriebsarten ermöglicht: einen Kühlbetrieb, einen Heizbetrieb sowie den aufgrund der Eisbildung bei niedrigen Temperaturen im Winter

Schematische Darstellung der Konzeptfindung für den Kältekreislauf

Schaltungsvariante



Simulationsergebnisse

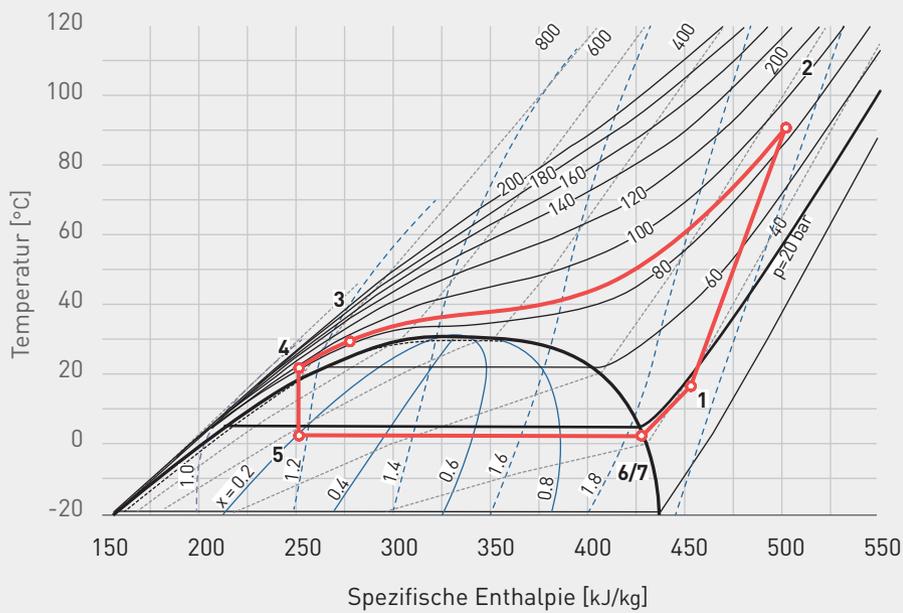
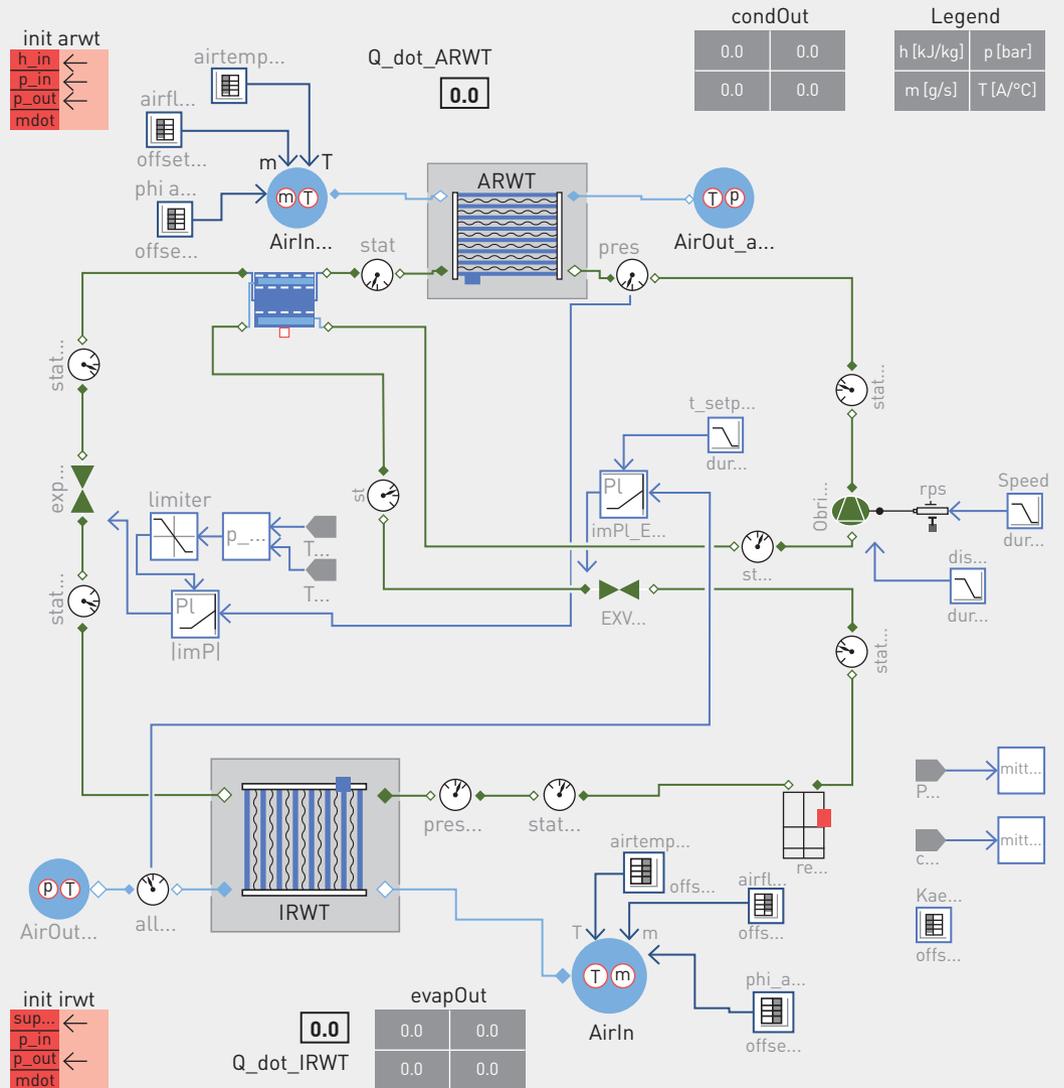


ABBILDUNG 1

Simulationsmodell



notwendigen Abtaubetrieb des Außenraumwärmetauschers (Details zu den einzelnen Betriebsarten sind in ¹ beschrieben). Diese Konzeptfindung wurde mit Hilfe von Simulationsmodellen für den Kältekreislauf durchgeführt (Schema dargestellt in Abbildung 1), welche unter Verwendung der Modellierungs- und Simulationsumgebung Dymola sowie der dafür erhältlichen Bibliothek „AirConditioning Library“ erstellt wurden. So konnten verschiedene Schaltungsvarianten mit Hilfe von Simulationsrechnungen bewertet werden und anschließend die am besten geeignete Variante ausgewählt werden. Besondere Beachtung fand dabei auch der Enteisungsbetrieb, um bei der Vereisung des Außenraumwärmetauschers und die dadurch notwendige Enteisung (siehe auch ²) trotzdem eine hohe Systemeffizienz gewährleisten zu können.

Der Außenraumwärmetauscher (Verdampfer) ist der heikelste Wärmetauscher, er ist im Freien, dh. auf dem Dach eines Zuges montiert und allen Witterungsbedingungen wie Hagel, Eis, Regen, Wind ausgesetzt. Außerdem wirken auf ihn bei Hochgeschwindigkeitszügen große Kräfte durch die Luftströmungen. Bedingungen, die einen extrem stabilen und robusten Bau erfordern, bei gleichzeitigem Anspruch, wartungsarm und betriebssicher zu sein. Bei Hochgeschwindigkeitszügen müssen die Luftkanäle sehr schnell geschlossen werden, um beispielsweise bei der Einfahrt in einen Tunnel keine für die Passagiere unangenehmen Druckschwankungen im Waggon zu erzeugen. Alles in allem Besonderheiten bei der Klimatisierung von Zügen, die bei der Konstruktion der CO₂-Wärmepumpen bedacht werden müssen.

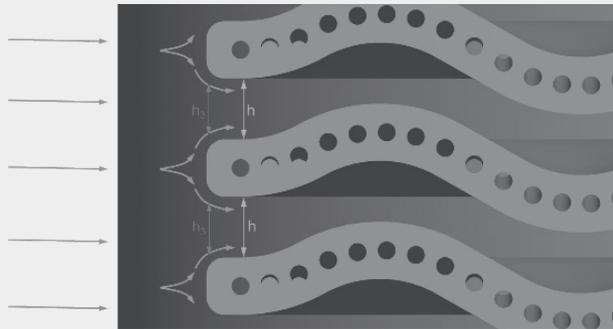
Die Entwicklungsarbeiten für die Wärmetauscher brachten folgende Ergebnisse:

Außenraumwärmetauscher: Finnenloser Wärmetauscher (Finless HX) - Revolutionäre Möglichkeit für Kühl- und Heizbetrieb

- Speziell entwickelt für umschaltbare Systeme im Klima- und Heizbetrieb, Kühlen und Heizen über einen Wärmetauscher möglich

- Trockene Oberflächen durch ständiges Abfließen des Kondenswassers, keine Geruchentwicklung
- Besonders geeignet für umweltfreundliche Kältemittel wie CO₂
- Lokal reduzierte Geschwindigkeiten führen zu einem ausgezeichneten Geräusch-Verhalten
- Hohe Packdichte für HVAC-Einheiten, verbesserte Luftzirkulation und Verteilung
- Robustes Design und lange Lebensdauer durch finnenlose Ausführung
- Sehr gute Reinigbarkeit, unempfindlich gegen Einwirkungen von außen
- Kostenreduzierung durch einfache Bauweise und Fertigung

Finless -HX, optimierte Luftführung an den Lamellen durch abgerundete Profile, Verringerung des luftseitigen Druckverlustes:

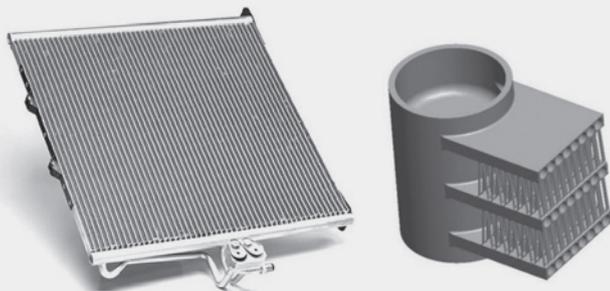
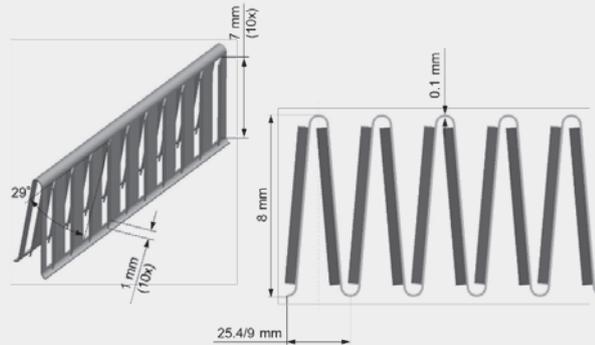


Finless -HX, speziell umgeformte Profile verbessern den luftseitigen Wärmeübergang durch Erhöhung der Turbulenz:



Innenraumwärmetauscher:**Microchannel Wärmetauscher**

- Kompakter, widerstandsfähiger Aluminium-Wärmetauscher
- Geringes Gewicht gegenüber herkömmlichen Wärmeaustauschern
- Hoher luftseitiger Flächenanteil, hohe Leistungsdichte führen zu geringer Wärmeaustauschfläche
- Reduzierte Kältemittelfüllmenge
- Relativ empfindlich gegenüber Einwirkungen von außen (Steinschlag, Reinigung)

Standard MC-HX, Ausschnitt aus Sammelrohr MC-HX:**Findesign MC-HX, Ausführung mit louvered fins (geschlitzte Lamellen):****Quellen/Referenzen**

- ¹ Steiner, A.: „Untersuchung von Konzepten zur Innenraumkonditionierung von Fahrzeugen mit Elektroantrieben unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs“; Technische Universität Graz, Dissertation, 2014
- ² Steiner, A.; Rieberer, R.: “Parametric analysis of the defrosting process of a reversible heat pump system for electric vehicles”; Applied Thermal Engineering, Volume 61, S. 393-400, 2013
- ³ Baumkirchner P.; Nöst.M.; Steiner. A.: “Klimafreundliche Wärmepumpen sollen Elektroheizungen und Klimaanlage mit schädlichen Kältemitteln ersetzen. 40% der Energie werden dadurch eingespart“, „Die Presse“, Print-Ausgabe, 11.10.2014

**DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT**

- Das Projekt trägt klar zu den geforderten CO₂-Einsparungszielen bei. Bis 2013 in etwa durch 87.000 Tonnen CO₂!
- Ein innovatives Heiz-/Kühlsystem mit CO₂ als Kältemittel ermöglicht Einsparungen in Höhe des 4fachen der Beschaffungskosten. Ein konventionelles System wird in 30 Jahren Betriebszeit weitere zehnmal bezahlt.
- Darstellung von österreichischer Spitzentechnologie auf Komponenten- und Systemebene für den Weltmarkt, durch den Schulterschluss von Firmen aus der Automobil- und Eisenbahnindustrie.



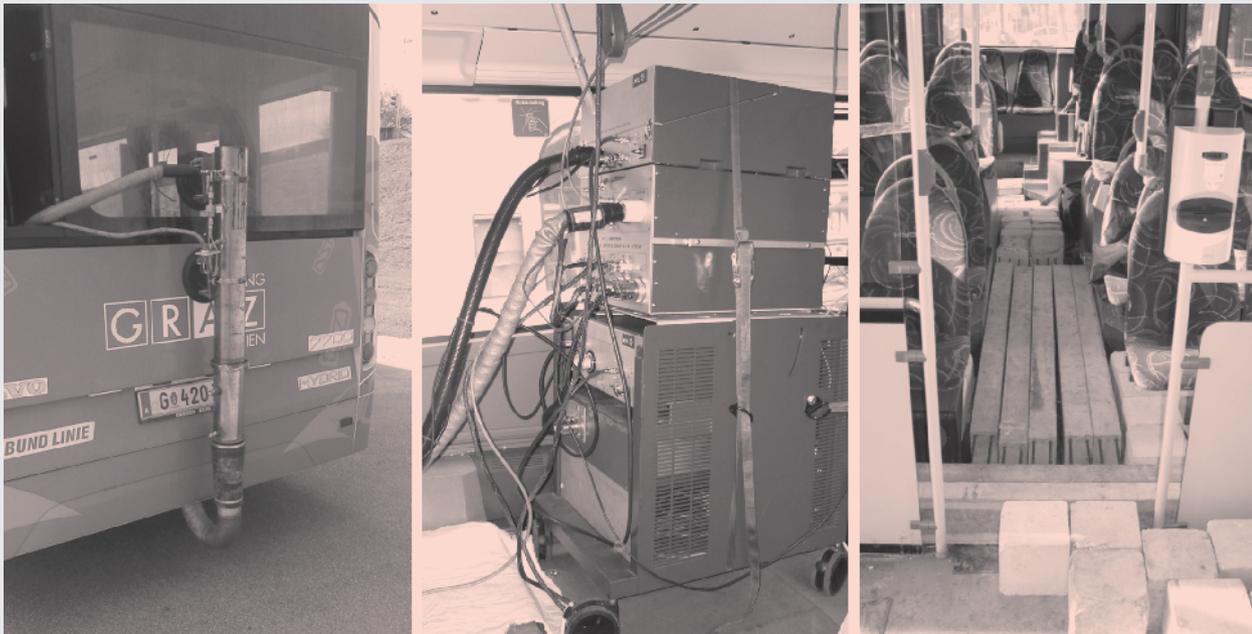


Projektleitung: ANTONIUS KIES

TU Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen
und Thermodynamik

Messaufbau des Busses

ABBILDUNG 1



V.l.n.r.: Abgas-Massenstrommessgerät, Abgasanalysator, Ballast 3.5 t

EHEV

Eco Drive for Hybrid Electric Vehicles

Das Ziel des Projektes EHEV – Eco Drive for Hybrid Electric Vehicles – war es, einen Fahrstil zu finden, der sparsam sowohl in Bezug auf Kraftstoffverbrauch, Schadstoffausstoß und Batterieverschleiß ist. Die Erarbeitung einer Fahrweise, die diese Anforderungen erfüllt, erfolgte mittels Messung und Simulation mehrerer Fahrzeuge. In diesem Beitrag werden die Messergebnisse für den Hybrid-Stadtbus Volvo 7700 LH, und den Hybrid-Pkw VW Jetta Hybrid vorgestellt. Beides waren Parallelhybride, wo die elektrische Maschine (EM) auf der Getriebeeingangswelle montiert war.

Für konventionelle Kraftfahrzeuge sind bereits seit den 1980er Jahren Möglichkeiten bekannt, wie die Fahrerinnen und Fahrer den Kraftstoffverbrauch senken können, zB.

- Sanfte Fahrweise ohne starke Beschleunigung oder Verzögerung.
- Vorausschauendes Verhalten, zB. Ausrollen vor roten Ampeln oder Stop-Schildern.
- Bremsen mit eingekuppeltem Motor, im Schleppbetrieb wird kein Kraftstoff verbraucht.
- Frühes Hochschalten, um die Motordrehzahl niedrig zu halten.
- Den Motor während des Stillstandes abschalten.
- Elektrische Verbraucher wie Klima- oder Stereoanlage ausschalten, wenn sie nicht benötigt werden.
- Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel. Dh. Kauf und Betrieb eines zusätzlichen Kraftfahrzeuges nur, wenn es unbedingt notwendig ist.

Das meiste hiervon ist auch für Hybridfahrzeuge gültig. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde untersucht, ob es besonders für schwere Fahrzeuge wie Stadtbuse zusätzliche Sparmöglichkeiten gibt.

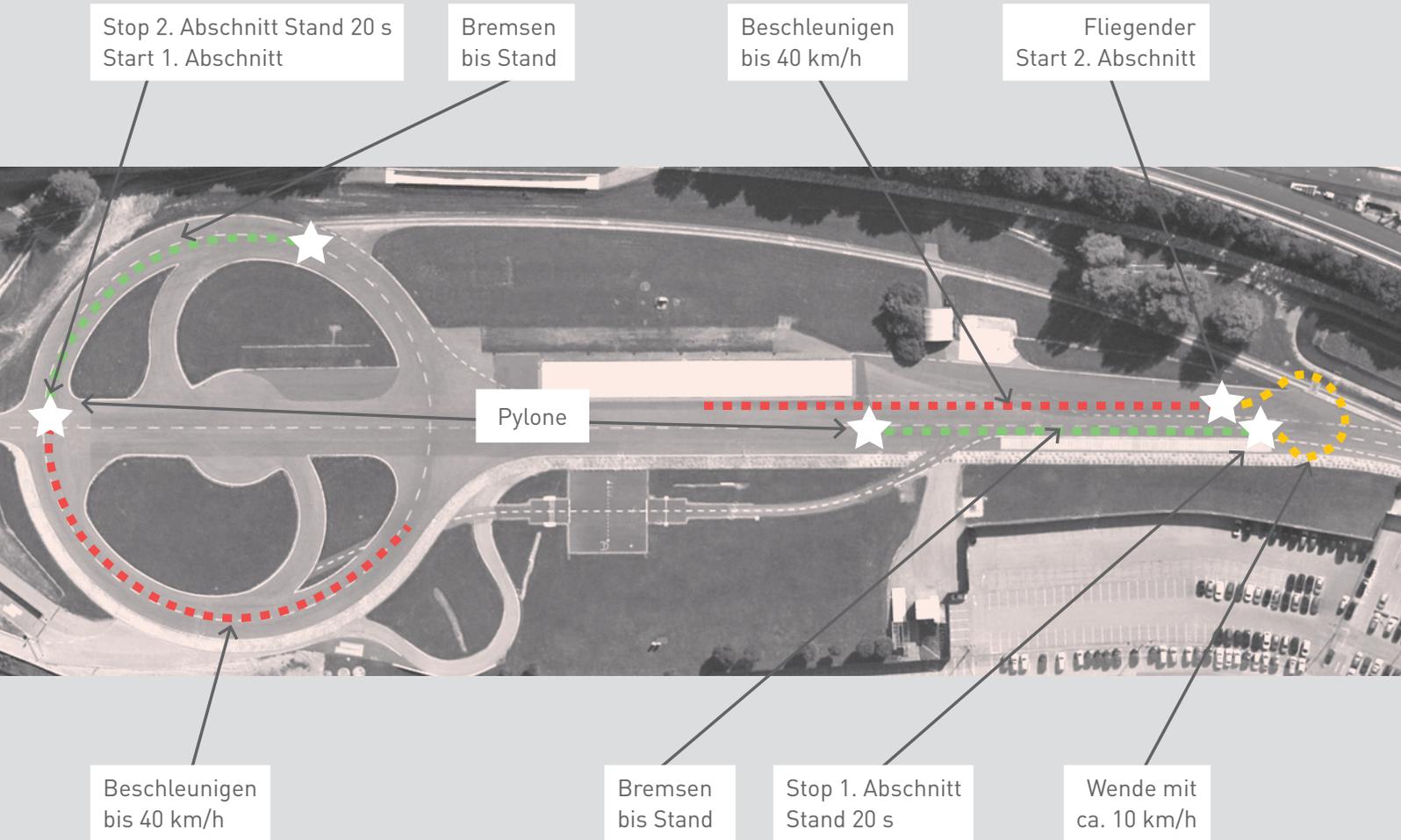
Für die Messungen wurde ein PEMS Gerät verwendet (Portable Emission Measurement System), welches aus einem Abgas-Massenstrommessgerät, Modell Sensors Semtech EFM-HS, und einem Gasanalysator (Modell Sensors Semtech DS) besteht. Damit wurden während mehrerer Fahrten die Massenströme Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) aufgezeichnet. Über den CO₂-Ausstoß und die Kohlenstoffbilanz (1 L-Diesel ↔ 2.63 kg-CO₂) kann auf den Dieselverbrauch zurückgerechnet werden (siehe Abbildung 1).

Der Bushersteller Volvo weist die Fahrerinnen und Fahrer mittels eines leichten Anschlags bei 20 % Bremspedalstellung auf das maximale Nutzbremsvermögen der EM hin. Bis dahin wird nur mit der EM gebremst, die als Generator betrieben wird. Wird das Bremspedal mit mehr als 20% des Pedalweges betätigt, werden die Radbremsen zugeschaltet und Bewegungsenergie geht dort als Reibungswärme an die Umgebung verloren. Um getrennt den Einfluss von Gas- und Bremspedalstellung zu untersuchen, wurden unter beiden Pedalen fixe Anschläge verbaut. Damit war der Betrieb nur auf einer Teststrecke möglich. Auf der Runde von Magna in Thondorf wurde ein künstlicher Stadtbuszyklus nachgefahren (siehe Abbildung 2).

Es ist offensichtlich, dass die Bremspedalstellung einen größeren Einfluss auf den Verbrauch hat als die Gaspedalstellung. Der Grund ist, dass über 20 % Bremspedalweg kinetische Energie in den Reibungsbremsen an den Räder verloren geht und nicht mehr mittels Rekuperation zurückgewonnen werden kann (siehe Abbildung 3).

Messstrecke Magna

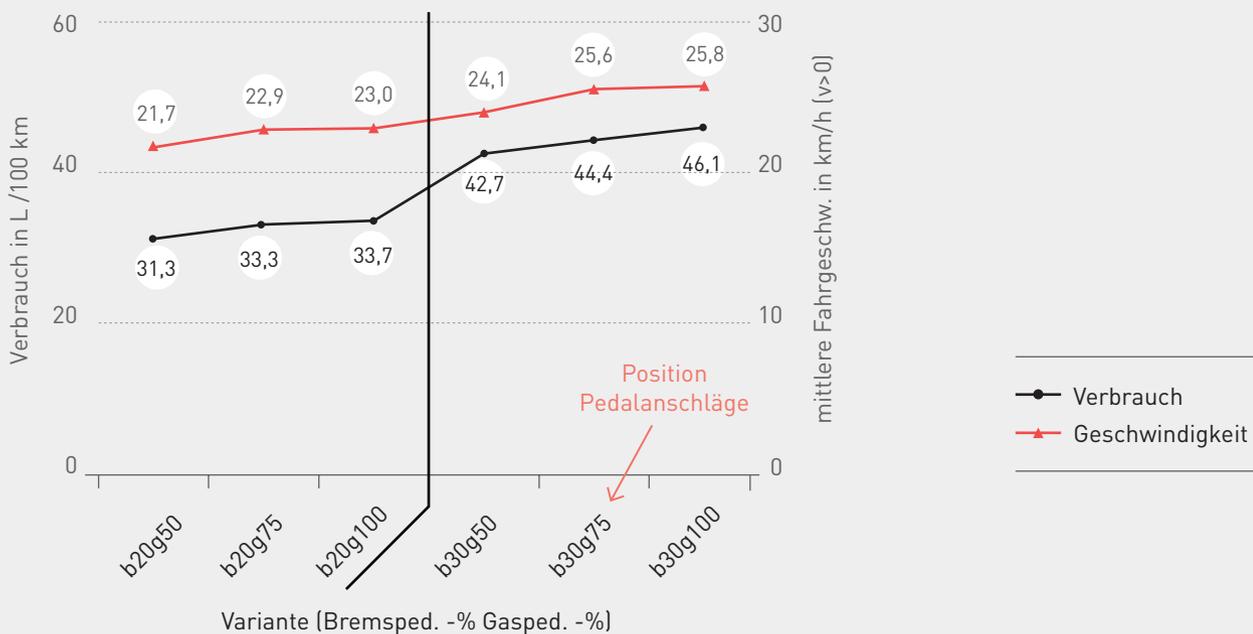
ABBILDUNG 2a



Rundenlänge: ca. 760 m

Messrunde und Ergebnisse: Bus auf Teststrecke, Zuladung 3,8 t

ABBILDUNG 2b

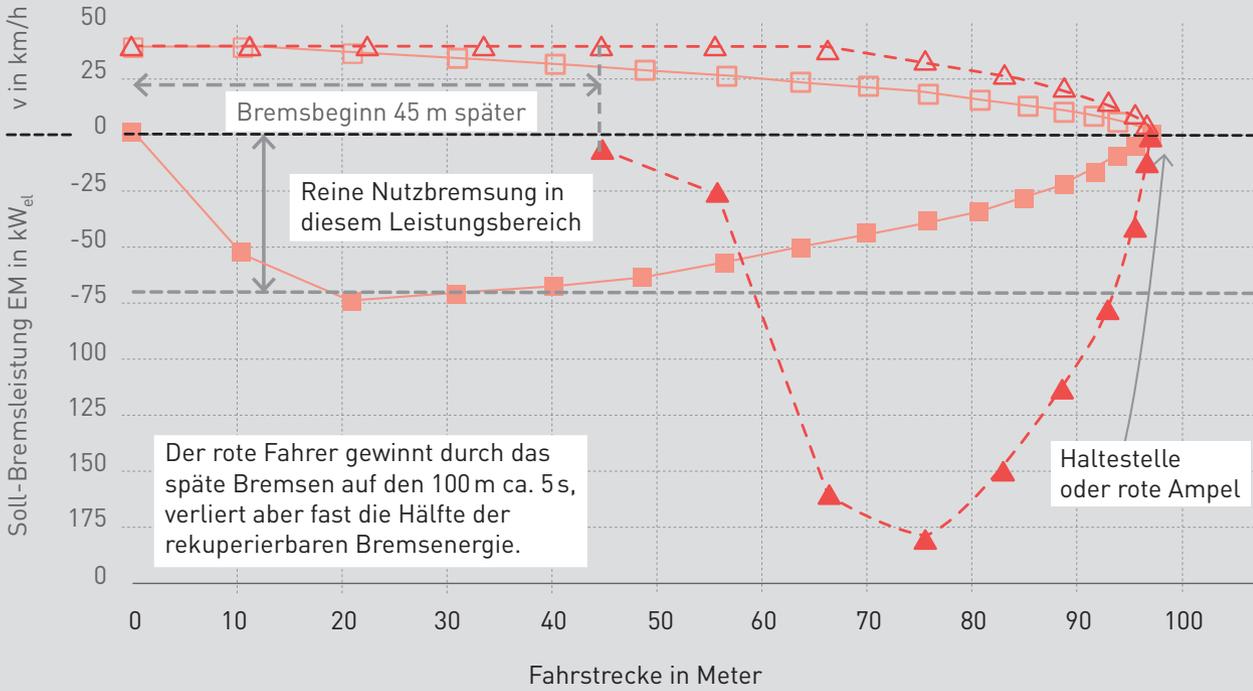


„Die konsequente Umsetzung des Eco Drive bei Hybridbussen senkt deren Kraftstoffverbrauch um ca. 10 %, beim Hybrid-Pkw wurde eine Einsparung von 13 % gemessen. Zusätzlich sinkt die Emission der meisten Schadstoffe, die Batterielebensdauer steigt und das Fahrzeug wird nur wenig langsamer. Daher sollten Fahrerinnen und Fahrer entsprechend geschult werden, um diese Vorteile nutzen zu können.“ PROJEKTLEITER ANTONIUS KIES



Bremung EM-Leistung

ABBILDUNG 3



Der rote Fahrer gewinnt durch das späte Bremsen auf den 100 m ca. 5 s, verliert aber fast die Hälfte der rekuperierbaren Bremsenergie.

- Bremsped. 20%, Geschwindigkeit in km/h
- △- Bremsped. 30%, Geschwindigkeit in km/h
- Bremsped. 20%, elektr. Soll-Leistung EM in kW
- ▲- Bremsped. 30%, elektr. Soll-Leistung EM in kW
- - - max. Bremsleistung EM in kW

→ Generator-Sollleistung der elektrischen Maschine für die Bremspedalpositionen 20% und 30%, Zuladung 3.8 t

Bei der Anfahrt auf einen Halt und einer Bremsung mit 30% Pedalstellung können die Fahrerinnen und Fahrer die höhere Geschwindigkeit ca. 45 m länger halten und „gewinnen“ damit ein paar Sekunden reduzierte Fahrzeit. Jedoch geht ca. die halbe Bremsleistung in den Radbremsen verloren. Bei der reinen Nutzbremung mit 20% Bremspedalstellung kann fast die ganze Bremsleistung in der EM umgesetzt und nachfolgend in der Batterie zwischengespeichert werden. Ebenfalls wird die Bedeutung der maximalen Generatorleistung der EM ersichtlich. Je höher diese ist, desto mehr Bremsleistung kann bei größerer Verzögerung eingespeist werden.

Mit der Kenntnis über die Bedeutung der Bremspedalstellung wurden 5 neue Busfahrer der Holding Graz Linien theoretisch und praktisch geschult. Vor und nach der Schulung wurde eine 11 km lange Testrunde im Grazer Stadtverkehr gemessen, im nachgestellten Linienverkehr mit Zeitvorgabe. Bei der zweiten Fahrt wurden die Fahrer gebeten, das Gelernte anzuwenden und das Bremspedal nach Möglichkeit nicht weiter als bis zum ersten Anschlag zu betätigen (siehe Abbildung 4).

Durch bewusstes Nutzbremsen lässt sich eine Einsparung bei CO₂ und Kraftstoff von ca. 10% erreichen, ebenfalls die Schadstoffe HC und CO werden um 48% bzw. 6% weniger. An Kraftstoffkosten bedeutet das eine Minderung von ca. 2.600 EUR/Jahr pro Hybridbus.

Die mittlere Fahrdauer (bezogen auf die Zeiteile ohne Stillstand) steigt nur wenig um 0,12 min/km. D. h., auf einer 20 km langen Buslinie wird die gesamte Fahrdauer, ohne Standphasen, um ca. 2,5 min länger, was ein als ein gangbarer Kompromiss aus Kraftstoffeinsparung und Fahrzeitverlängerung erscheint. Der Grund für den Anstieg der NO_x-Emissionen im Eco Drive um 23% ist, dass der Motor während der Nutzbremung ausgekuppelt und im Leerlauf betrieben wird. Dabei strömt Abgas mit vergleichsweise niedriger Temperatur durch die Abgasnachbehandlung und kühlt den SCR Katalysator aus. Dieser hat

bei niedrigeren Temperaturen einen schlechteren Konvertierungsgrad für NO_x. Weil beim Eco Drive die Nutzbremsdauer länger ist, hat der Katalysator eine niedrigere Temperatur, was somit zu höheren NO_x-Emissionen führt (siehe Abbildung 5).

Eine mögliche Gegenmaßnahme wäre, den Motor während der Nutzbremung abzuschalten. Dadurch würde zusätzlich Kraftstoff eingespart und der Katalysator nicht durch Leerlaufabgas ausgekühlt. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist allerdings zu beachten, dass der Bus noch die Abgasnorm EURO V erfüllte. Mit der Einführung von des aktuell gültigen EURO VI Standards wurde das NO_x-Emissionsniveau deutlich abgesenkt sowie Heizstrategien zur Vermeidung niedriger Temperaturen im SCR-Katalysator eingeführt.

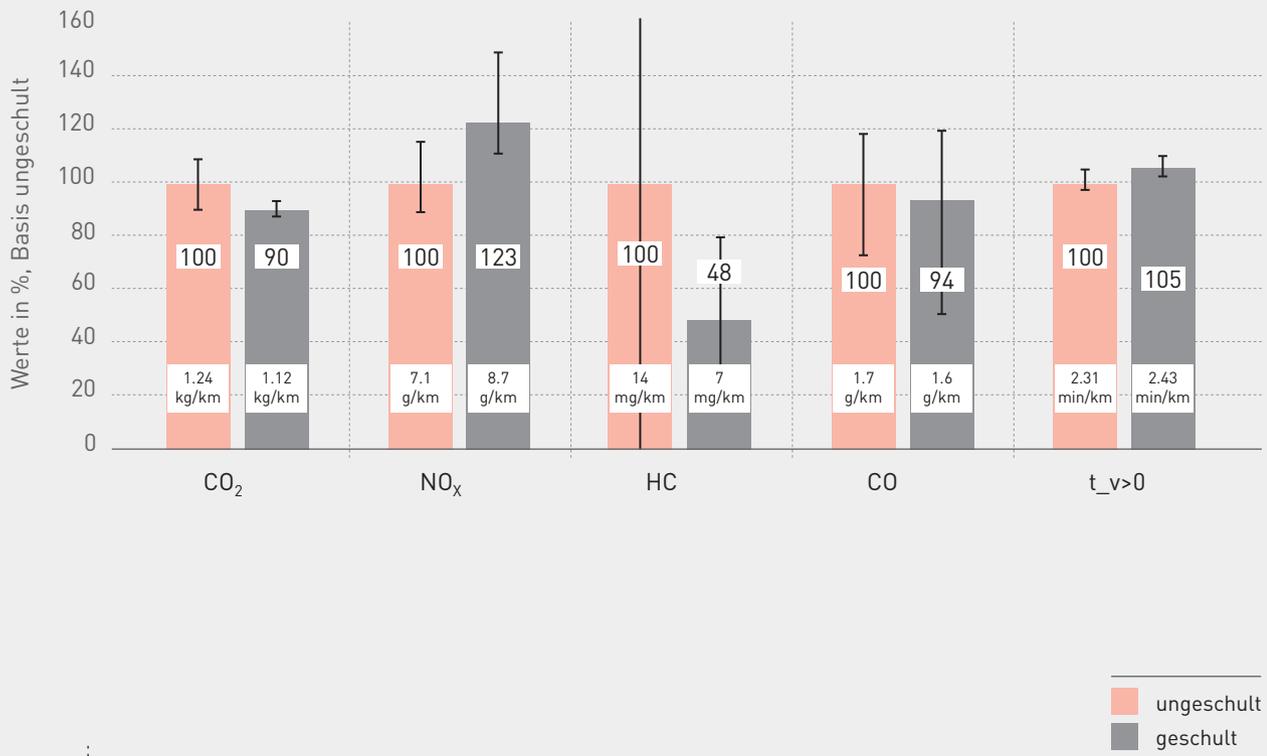
Im Rahmen des Projektes wurde ebenfalls ein Hybrid-Pkw mit Ottomotor vermessen (Typ VW Jetta Hybrid). Bei diesem Fahrzeug ist zur Information der Fahrerinnen und Fahrer eine Leistungsanzeige montiert (siehe Abbildung 7).

Sieben Fahrerinnen und Fahrer wurden im Eco Drive geschult und gebeten, zwei Runden auf einer knapp 4 km langen Strecke im Grazer Univiertel zu fahren. Das erste Mal sollten sie ihren individuellen Fahrstil anwenden, das zweite Mal den Eco-Drive. Dort sollte versucht werden, beim Anfahren und Bremsen die vorgegebenen Grenzen auf der Leistungsanzeige einzuhalten (siehe Abbildung 6) gezeigt.

Beim Hybrid-Pkw werden im Eco Drive CO₂-Emissionen und Kraftstoffverbrauch um 13% reduziert, die Schadstoffemissionen sinken um ca. 60%. Interessant ist, dass die mittlere Fahrgeschwindigkeit (ohne Stillstand) nur sehr wenig von 27.1 km/h auf 26.7 km/h sinkt, es also nur einen sehr geringen Zeitverlust gibt. Dabei muss beachtet werden, dass die EM des Pkw ca. 30 kW_{meh} Nutzbremleistung für ca. 1.7 t Fahrzeugmasse aufbringen kann, wohingegen die EM im Bus 70 kW_{meh} für ein ca. 13.5 t schweres Fahrzeug hatte. Daher musste mit dem Pkw nicht so zurückhaltend gebremst werden wie mit dem Bus.

Strassenmessung Bus

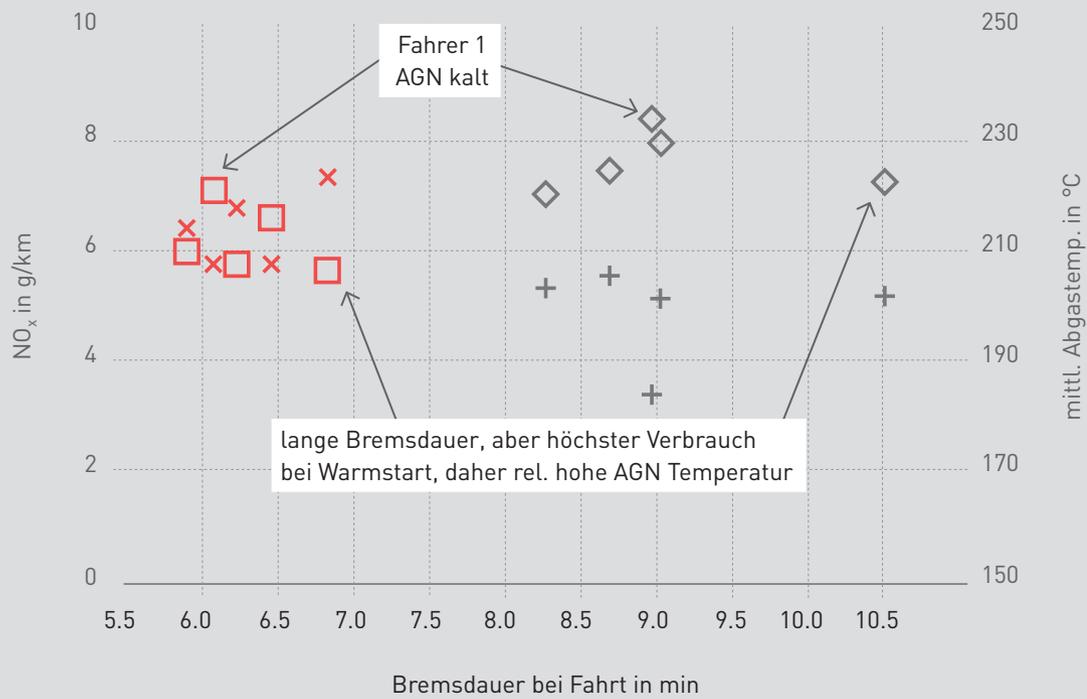
ABBILDUNG 4



→ Ergebnisse der Fahrerschulung:
 Durchschnittswerte von 5 Fahrern.
 Emissionen CO₂, NO_x, HC und CO,
 mittlere Fahrdauer je Kilometer
 (v > 0, ohne Stillstand). Zuladung 0,8 t

Bremsdauer NO_x

ABBILDUNG 5



- NO_x vor Schulung
- × T_{Abg,m} vor Schulung
- ◇ NO_x Schulung
- + T_{abg,m} Schulung

NO_x-Emissionen, Mittlere Abgastemperatur
und Bremsdauer, abhängig vom Fahrstil

Fahrstrecke im Grazer Univiertel

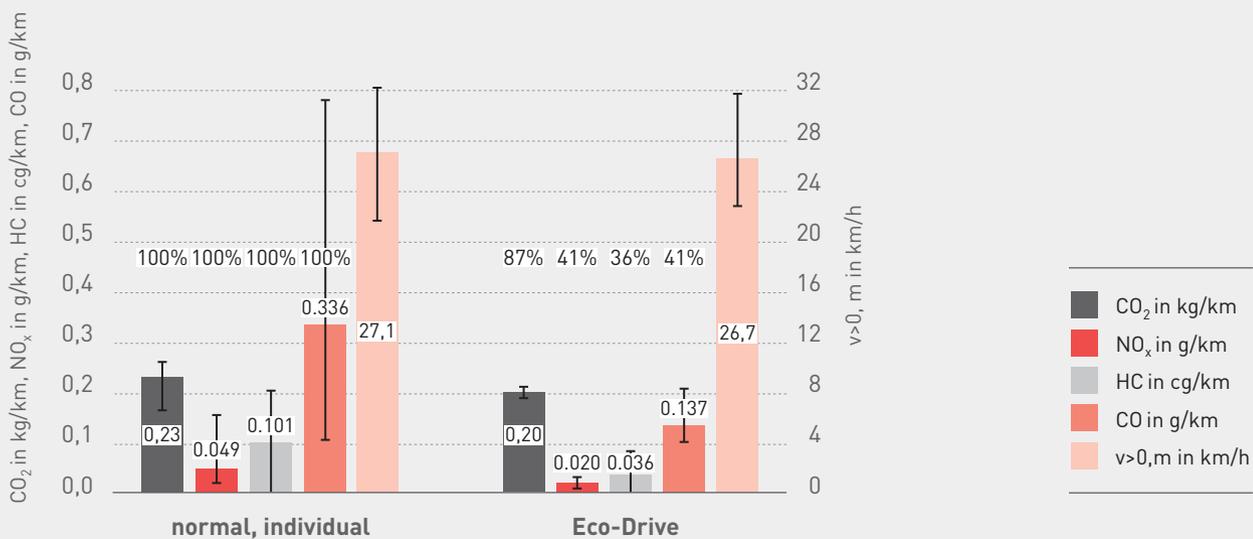
ABBILDUNG 6a+b



openstreetmap.org

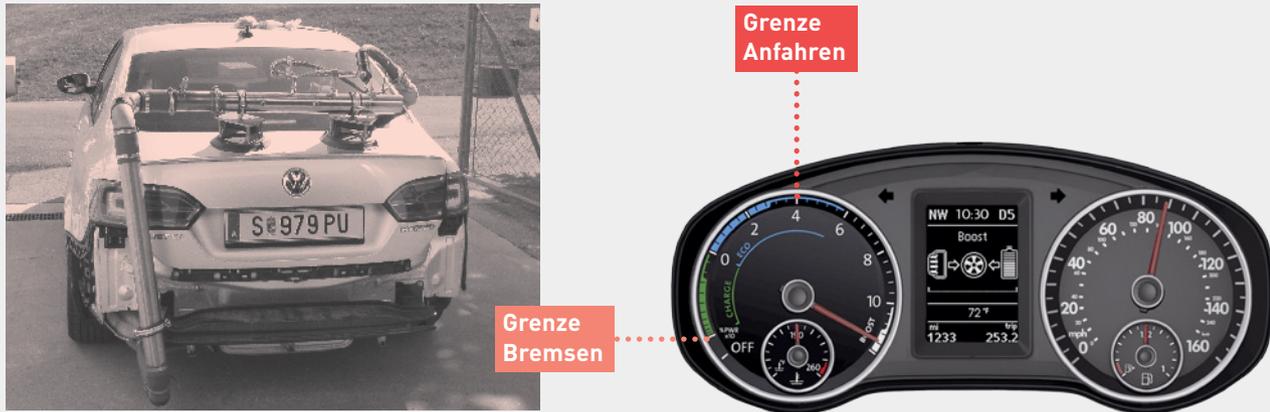
Rundenlänge: ca. 3.700 m

Messergebnisse (Mittelwert aus 7 Fahrerinnen und Fahrern, Zuladung 0.35 t)



Hybrid-Pkw mit PEMS und Leistungsanzeige mit Grenzen für den Ecodrive

ABBILDUNG 7



DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Es wurde mit Messungen belegt, dass bei Hybridfahrzeugen durch sanftes, vorausschauendes Verzögern die Energieeffizienz weiter gesteigert werden kann.
- Der erarbeitete Eco Drive Fahrstil wirkt sich auch positiv auf die Batterielebensdauer aus, wie durch die Simulation des Batterieverschleisses ermittelt wurde.
- Für die Simulation von Fahrzeugen und des Verkehrsflusses wurden wichtige Erfahrungen für zukünftige Projekte gesammelt.





New Diesel – Effizienzsteigerung von Nutzfahrzeug-Dieselmotoren

Projektnummer	825410
Koordinator	Technische Universität Wien Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik
Projektleitung	Thomas Lauer: thomas.lauer@ifa.tuwien.ac.at
Partner	MAN Truck & Bus Österreich AG
Förderprogramm	Neue Energien 2020, 3. Ausschreibung
Dauer	01.04.2010 – 30.06.2012
Budget	359.049 €



All-Purpose Cost-Efficient Plug-In Electric Vehicle

Projektnummer	834868
Koordinator	AVL LIST GMBH
Projektleitung	Theodor Sams: theodor.sams@avl.com
Partner	AVL List GmbH, AIT, ecoplus GmbH, Fluidtime Data Services Wien, IESTA, Infineon, IVD-Prof. Hohenberg GmbH, Magna E-Car Systems GmbH & Co OG, Uni Wien, Samariterbund Wien, Verbund AG, VIF
Förderprogramm	Leuchttürme der E-Mobilität
Dauer	02.07.2012 - 01.07.2015
Budget	7.042.549 €



E-LOG-Bio-Fleet

Projektnummer	845091
Koordinator	HyCentA Research GmbH
Projektleitung	Manfred Klell: klell@hycenta.at
Partner	Schenker & CO AG, Fronius International GmbH, JOANNEUM RESEARCH ForschungsgmbH, Linde Fördertechnik GmbH, OMV Refining & Marketing GmbH
Förderprogramm	Leuchttürme der E-Mobilität
Dauer	01.07.2014 - 30.06.2016
Budget	1.071.602 €



NE-EE: Eco Tram II - Energieoptimierung der thermischen Fahrzeugsysteme bei Schienenfahrzeugen - Evaluierung

Projektnummer	829788
Koordinator	Siemens Aktiengesellschaft Österreich
Projektleitung	Walter Struckl: walter.struckl@siemens.com , Martin Kozek: martin.kozek@tuwien.ac.at
Partner	RTA - Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH, Schieneninfrastruktur-DienstleistungsgmbH., Vossloh Kiepe GmbH., Wiener Linien GmbH & Co KG
Förderprogramm	Neue Energien 2020
Dauer	01.10.2011 - 31.05.2014
Budget	2.134.096 €



Gesamtoptimierte emissionsfreie Heating Ventilating und Air Conditioning-Anlage für Rail-Anwendungen

Projektnummer	838636
Koordinator	IESTA, Institut für Innovative Energie- und Stoffaustauschsysteme
Projektleitung	Michael Nöst: michael.noest@iesta.at
Partner	Institut für Wärmetechnik, TU Graz, Kompetenzzentrum Das virtuelle Fahrzeug Forschungs-GmbH, Liebherr-Transportation Systems GmbH & Co KG, Obrist Engineering GmbH, Rupert Fertinger GmbH
Förderprogramm	e!Mission+.at - Energy Mission Austria
Dauer	01.03.2013 - 28.02.2015
Budget	1.291.479 €



NE-EE: EHEV - Eco Drive for Hybrid Electric Vehicles

Projektnummer	829966
Koordinator	TU Graz Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Projektleitung	Antonius Kies: kies@ivt.tugraz.at
Partner	Magna E-Car Systems; TU Graz, Institut f. Straßen- u. Verkehrswesen; Holding Graz Linien
Förderprogramm	Neue Energien 2020
Dauer	09.09.2010 - 31.07.2013
Budget	548.597 €



Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: (+43 1) 585 03 90, Fax: (+43 1) 585 03 90-11

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) oder die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiter-
nutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung

www.angieneering.net

Druck

Druckerei Janetschek GmbH. Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

Verlags- und Herstellungsort: Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

www.klimafonds.gv.at





In Kooperation mit:

