

**FAT**

**233**

**V**

Spezifische Anforderungen an das  
Heiz-Klimasystem elektromotorisch  
angetriebener Fahrzeuge

**F**

# **Spezifische Anforderungen an das Heiz- Klimasystem elektromotorisch angetriebener Fahrzeuge**

## **Forschungsstellen:**

TLK-Thermo GmbH, Braunschweig

Institut für Thermodynamik, TU Braunschweig

Institut für Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig

## **Autoren:**

Dipl.-Ing. Martin Konz

Dr.-Ing. Nicholas Lemke

Dr.-Ing. Sven Försterling

Dipl.-Ing. Marjam Eghtessad

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) gefördert.

# Vorwort FAT-Projekt „Elektrofahrzeug-Klimatisierung“

Gesteigerte Mobilitätsansprüche einer ständig wachsenden Weltbevölkerung bei knapper werdenden Ressourcen an fossilen Brennstoffen sowie zunehmende Anforderungen an die Luftqualität – insbesondere in Ballungsräumen – machen die Entwicklung und den forcierten Einsatz alternativer Antriebstechnologien in Fahrzeugen unerlässlich.

Dabei sind Elektrofahrzeuge als eine Zukunftstechnologie mit hohem Lösungspotenzial für die Bewältigung der genannten Herausforderungen anzusehen. Entscheidende Vorteile hinsichtlich der Umweltbelastung können Elektrofahrzeuge insbesondere in Kombination mit der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen erzielen.

Bedingt durch den deutlich höheren Gesamtwirkungsgrad von Elektrofahrzeugen, bezogen auf den installierten Energieträger, fallen insgesamt weniger Energieverluste an. Diese hohe Effizienz des elektrischen Antriebs führt zu einem anderen Effekt, der eine neue, bis dato ungelöste Herausforderung darstellt.

Die gesamte in Elektrofahrzeugen zur Verfügung stehende Abwärme (von Elektromotor, Leistungselektronik, etc.) ist im Vergleich zu einem Verbrennungsmotor verschwindend gering. Für die Temperierung des Innenraums und die Gewährleistung der Verkehrssicherheit sind Zusatzgeräte notwendig, die einen nicht unerheblichen Energiebedarf (vor allem durch Heizung und Klimaanlage) haben. Diese Energie muss ebenfalls mitgeführt werden und ist im hohen Maße reichweitenrelevant. Durch die geringe Energiedichte der verfügbaren elektrischen Speicher, rückt die Reichweite des Fahrzeugs bei rein batterieelektrischen Antriebskonzepten sehr viel stärker in den Fokus als bei verbrennungsmotorischen Antrieben mit Tanks für flüssige Kraftstoffe.

Aufgrund der geschilderten Herausforderungen hat der FAT- Arbeitskreis 5 „Klimatisierung“ der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) das Projekt " Spezifische Anforderungen an das Heiz- Klimasystem elektromotorisch angetriebener Fahrzeuge " formuliert und in Auftrag gegeben. Das Forschungsprojekt dient der Analyse, Bewertung und Erarbeitung von Heiz- Klimakonzepten von batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen. Ziel war die Schaffung einer gemeinsamen Daten- und Informationsbasis.

Die Projektergebnisse vermeiden Mehrfacharbeiten und Parallelentwicklung und führen insgesamt zu verkürzten Entwicklungszeiten, einem schnelleren Transfer von Know-how, einer verbesserten Aufteilung von Entwicklungsaktivitäten zwischen OEM und Zulieferern und liefern die Grundlage für eine Anpassung der bestehenden technischen Regeln für Kfz an die speziellen Erfordernisse von Elektrofahrzeugen.

Durch die vorliegende Forschungsarbeit wurde zum ersten Mal das gemeinsame Verständnis der deutschen Fahrzeughersteller und –zulieferer hinsichtlich der Herausforderungen beim Heizen und Klimatisieren von batterieelektrischen Fahrzeugen dokumentiert.

Für den Erfolg der Forschungsarbeit war es notwendig, Kenntnisse aus unterschiedlichen Wissensbereichen zu kombinieren. Es wurden spezielle Erfahrungen aus den Bereichen Thermodynamik/Klimatisierung, Fahrzeugtechnik und Gesamtfahrzeugsimulation benötigt. Am Standort Braunschweig konnte mit dem Institut für Thermodynamik, dem Institut für Fahrzeugtechnik (beides Institute der Technischen Universität Braunschweig) und der TLK-Thermo GmbH ein Konsortium gefunden werden, das sich als Forschungsnehmer den Herausforderungen dieses Projektes gestellt hat. Für die geleistete Arbeit dankt der FAT-Arbeitskreis 5 „Klimatisierung“ Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Köhler (Institut für Thermodynamik), Herrn Prof. Dr.-Ing. F. Küçükay (Institut für Fahrzeugtechnik), Herrn Dr.-Ing. W. Tegethoff (TLK-Thermo) und Dr.-Ing. N. Lemke (TLK-Thermo). Ebenfalls gedankt sei den Mitarbeitern der genannten Einrichtungen, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. M. Konz (TLK-Thermo), Herrn Dr.-Ing. S. Försterling (TLK-Thermo) und Frau Dipl.-Ing. Marjam Eghtessad (Institut für Fahrzeugtechnik).

Weiterhin gilt der Dank auch den Mitarbeitern des Arbeitskreises 5, die das Projekt initiiert und es durch Bereitstellung von Daten, sowie zahlreiche fruchtbare Diskussionen unterstützt haben.

Berlin, im Mai 2011

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Gliederung und Zielsetzung der Untersuchung</b> .....	<b>3</b>
2.1	Gliederung der Studie.....	3
2.1	<b>Ziele der Untersuchung</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Literaturrecherche</b> .....	<b>5</b>
3.1	<b>Patente</b> .....	<b>5</b>
3.2	<b>Richtlinien und Normen</b> .....	<b>10</b>
3.3	<b>Fachbeiträge und Publikationen</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Methodisches Vorgehen</b> .....	<b>15</b>
4.1	<b>Fahrzyklus</b> .....	<b>15</b>
4.2	<b>Reichweitenermittlung</b> .....	<b>16</b>
4.3	<b>Fahrgastraummodell</b> .....	<b>18</b>
4.3.1	Solare Bestrahlung .....	19
4.3.2	Wärmestrahlung .....	19
4.3.3	Konvektiver Wärmestrom .....	20
4.3.4	Differentialgleichungssystem.....	21
4.4	<b>Klimatisierungssystem</b> .....	<b>23</b>
4.5	<b>Referenzszenarien für die Konditionierung</b> .....	<b>24</b>
4.5.1	Beheizung.....	25
4.5.2	Kühlung.....	25
4.6	<b>Umgebungsrandbedingungen</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Fahrzeugklassen</b> .....	<b>27</b>
5.1	<b>Definition der Fahrzeugklassen</b> .....	<b>27</b>
5.2	<b>Fahrzeugparameter</b> .....	<b>27</b>
5.3	<b>Rekuperationspotenzial</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Simulation des Kundenbetriebs</b> .....	<b>30</b>
6.1	<b>3F-Methodik: Anforderungsermittlung im Kundenbetrieb</b> .....	<b>30</b>
6.2	<b>Fahrzeugmodell und Fahrer- /Fahrumgebungsstatistiken</b> .....	<b>31</b>
6.3	<b>Ergebnisse der Kundensimulation</b> .....	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Referenz für die Maßnahmenbewertung</b> .....	<b>37</b>
7.1	<b>Kühlfall</b> .....	<b>37</b>
7.2	<b>Heizfall</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Maßnahmen zur Reichweitenerhöhung</b> .....	<b>41</b>
8.1	<b>Standmaßnahmen</b> .....	<b>41</b>
8.1.1	Heizfall .....	41
8.1.2	Kühlfall.....	43
8.2	<b>Reduzierung der thermisch relevanten Masse im Fahrgastraum</b> .....	<b>47</b>