

Abschlussbericht zum Teilvorhaben 19 U 6007F im Verbundprojekt **INGA**

Leistungselektronik für Hybridantriebe in PKW und
Nutzfahrzeuganwendungen
- **I**ntegrierbar in **G**etriebe und **A**ntriebsstrang,
hohtemperaturfähig, zuverlässig und robust -

VOLKSWAGEN

AKTIENGESELLSCHAFT

Spezifikation der Systemanforderungen und Verifikation der Systemperformance

Zuwendungsempfänger: Volkswagen AG	Förderkennzeichen: 19 U 6007F
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2006 bis 30.06.2010	
Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 30.06.2010	
Projektleiter:	Christian Mertens Volkswagen AG K-EFAS Brieffach 1778 38436 Wolfsburg christian.mertens@volkswagen.de

1 Inhaltsverzeichnis

1	INHALTSVERZEICHNIS	2
2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
3	VOLKSWAGEN AG: SPEZIFIKATION DER SYSTEMANFORDERUNGEN UND VERIFIKATION DER SYSTEMPERFORMANCE.....	4
3.1	MOTIVATION UND STAND DER TECHNIK.....	4
3.2	AUSGANGSSITUATION.....	5
3.2.1	<i>Aufgabenstellung</i>	<i>5</i>
3.2.2	<i>Zielsetzung.....</i>	<i>6</i>
3.3	PLANUNG, DURCHFÜHRUNG, ERGEBNISSE.....	6
3.3.1	<i>Arbeitspaket 1: Bewertung von Topologien U- und I-Umrichter</i>	<i>7</i>
3.3.2	<i>Arbeitspaket 2: Auswahl und Entwicklung geeigneter Aufbau und Verbindungstechnik</i>	<i>7</i>
3.3.3	<i>Arbeitspaket 3: Zwischenkreiskondensator über 150°C.....</i>	<i>13</i>
3.3.4	<i>Arbeitspaket 4: Integration der Leistungs- und Regelelektronik.....</i>	<i>14</i>
3.3.5	<i>Arbeitspaket 5: Systemintegration</i>	<i>14</i>
3.3.6	<i>Arbeitspaket 6: Systemintegration in fahrbaren Demonstrator.....</i>	<i>15</i>
3.4	NUTZEN, UMSETZUNG, VERWERTUNG DER ERGEBNISSE	16
3.5	VERGLEICH MIT DER ZIELSETZUNG / ZIELERREICHUNG	17
4	KURZFASSUNG DES SCHLUSSBERICHTES	17
5	ERFOLGSKONTROLLBERICHT	17

2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Temperaturbelastung der Leistungselektronik.....	4
Abbildung 3-2: Projektkonsortium	5
Abbildung 3-3: Lebensdauer-repräsentatives Missionprofile für den Umrichter.....	10
Abbildung 3-4: vom Missionprofile zur Lebensdauerabschätzung.....	10
Abbildung 3-5: Verlustleistungsprofile von Diode und IGBT	11
Abbildung 3-6: Lebensdauerrelevantes Temperaturprofil von IGBT und Diode.....	11
Abbildung 3-7: Vergleich der ausgewerteten Zählstrategien	12
Abbildung 3-8: Verbesserung der Lastwechselfestigkeit im InGA-Projekt	13
Abbildung 3-9: Einbauort für E-Maschine und Leistungselektronik.....	14
Abbildung 3-10: InGA-Leistungselektronik – Systemintegration	15
Abbildung 3-11: Hybridfahrzeug-Demonstrator mit InGA-Antriebssystem	16

3 Volkswagen AG: Spezifikation der Systemanforderungen und Verifikation der Systemperformance

3.1 Motivation und Stand der Technik

Die Einführung von Elektrotraktion als Fahrzeugantrieb als Grundlage einer CO₂-neutralen Elektromobilität ist heute, zum Abschluss des Vorhabens, mehr denn je in aller Munde. Alle Automobilhersteller erwarten eine zunehmende Elektrifizierung im Fahrzeugantrieb und präsentieren technische Lösungen für einen Serieneinsatz. Zu Beginn des Vorhabens waren erst sehr wenige Fahrzeuge mit elektrifizierten Antrieben am Markt eingeführt. Dies hat sich mittlerweile geändert, allerdings noch mit sehr geringen Marktanteilen. In Verbindung mit dem als klassischem Verbrennungsmotor ausgeprägten Haupt-Antrieb sorgen die elektrischen Antriebe dabei in Form der sogenannten Mild- oder Vollhybrid-Antriebssysteme für eine Verbrauchsreduzierung. Reine Elektrofahrzeuge, die ihre gesamte Antriebsenergie aus dem Stromnetz beziehen würden und damit die CO₂-Potenziale der regenerativen Energiequellen erschließen würden, sind derzeit wegen der hohen Batteriekosten, der daraus resultierenden geringen realisierbaren Reichweiten und der langen Ladezeiten nur Nischenprodukte. Eine größere Rolle könnte den sogenannten Plug-In-Fahrzeugen zukommen, die mit mittleren Batteriekapazitäten die meisten täglichen Fahrten über den Strom aus der Steckdose abdecken könnten, aber auch längere Fahrten aus ihrem Kraftstofftank und dem Verbrennungsmotor ermöglichen. Diese Systeme müssen allerdings zwei vollwertige Antriebe vereinen und der Kostendruck ist hier besonders hoch.

Aus diesen Gründen sind die dem Vorhaben bei Projektbeginn zugrunde gelegten Fragestellungen immer noch hochaktuell. Die Leistungselektronik zur Ansteuerung der Elektromaschine mit dem gleichen Kühlkreislauf wie den Verbrennungsmotor zu betreiben und damit dessen Temperaturniveau als passive Temperaturbelastung der Elektronik aufzuprägen ist vom Kostengesichtspunkt äußerst wünschenswert, bedeutet aber eine extreme Belastung der gesamten Komponenten. Diese erfährt schließlich wegen ihrer eigenen Verlustwärmern zusätzliche Temperaturzyklen, die nun auf höherem Niveau die Materialien wesentlich früher an ihre Lebensdauergrößen führen (s. Abbildung 3-1).

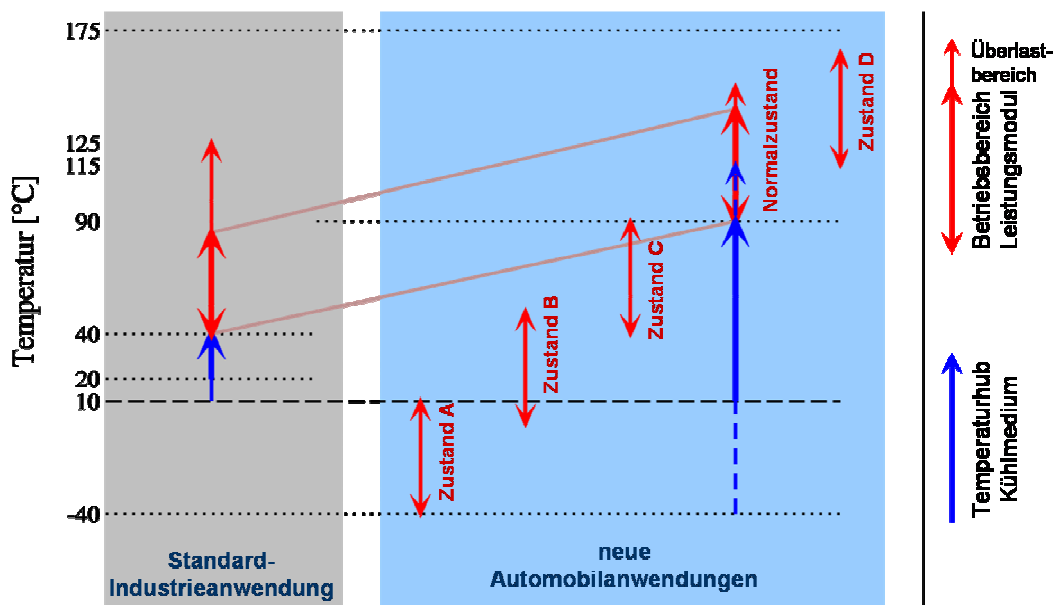


Abbildung 3-1: Temperaturbelastung der Leistungselektronik

Die aktiven Halbleiterbauelemente auf Siliziumbasis sind dabei bereits mit Sperrschichttemperaturen bis 200 °C betrieben werden. Noch höhere Sperrschichttemperaturen versprechen Siliziumkarbid-Bauelemente (SiC). Dann wären theoretisch deutlich kleinere Halbleiterflächen bei geringerem Kühlaufwand realisierbar, wenn auch eine geeignete Aufbautechnik für diese Anwendung derzeit nicht zur Verfügung steht. Bei den SiC-Bauelementen sah der Partner SiCED (Förderkennzeichen 19 U 6007D) den „Vertical Junction Field Effect Transistor“ (VJFET) als eine marktreife SiC-Halbleiterstruktur, die deshalb den vergleichenden Untersuchungen in diesem Projekt zugrunde gelegt wurde.

Alle benötigten Komponenten – Leistungsmodul, Treiberkarte, Controllerkarte und Controller-Chip und Kondensator – des leistungselektronischen Umrichters für die Ansteuerung der Elektromaschine waren zu Projektbeginn nicht für die beschriebene Hochtemperaturanwendung entwickelt. Zudem war ungeklärt, welche genauen Anforderungen an diese Leistungselektronik zu stellen sind.

3.2 Ausgangssituation

3.2.1 Aufgabenstellung

Das Projektkonsortium (siehe Abbildung 3-2) hat sich die Aufgabe gestellt, ein Fahrzeugsystem zu definieren, welches nur einen gemeinsamen Kühlkreislauf für Verbrennungsmotor, E-Maschine und Leistungselektronik aufweist. Dafür sollte beispielhaft eine geeignete, möglichst hoch integrierte Leistungselektronik mit allen Komponenten entwickelt werden. Um dem Kostengesichtspunkt für einen zukünftigen Serieneinsatz gerecht zu werden, sollte ein modularer Ansatz auf Komponentenebene zugrunde liegen. Damit wäre es möglich, die Ergebnisse in unterschiedlichsten Leistungsklassen und Bauformen zu nutzen.

Daneben war als Prognose für in fernerer Zukunft liegende Anwendungen der Stand der SiC-Halbleitertechnik zu evaluieren und zu bewerten.



Abbildung 3-2: Projektkonsortium

Das Gesamtsystem sollte abschließend in einem Fahrzeug-Demonstrator dargestellt und erprobt werden.

Die Themengebiete des Gesamtprojektes waren damit folgende:

- Hochtemperatur Aufbau- und Verbindungstechnik
- Hochtemperatur Leistungselektronik
- Hochtemperatur Regelelektronik
- Hochtemperaturfähige Kondensatoren
- Entwärmungskonzepte
- Systemintegration