

Methodische Konzeptentwicklung zur Batterietemperierung mittels Peltier-Elementen

K. Oetringer, B. Mayer

Einleitung

Die bestehende Temperaturempfindlichkeit von batterieelektrischen Energiespeichern in Fahrzeuganwendungen gibt Anreiz zur Entwicklung neuer innovativer Temperierungskonzepte. Ein Ansatz dazu ist der Einsatz von Peltier-Elementen (TEM). Diese erfüllen die Funktion einer Wärmepumpe. Daher besteht das Potential mit einem Aufbau die Funktionen Heizen und Kühlen abdecken zu können. In diesem Zusammenhang wird die in der VDI 2221 beschriebene Vorgehensweise zur anwendungsorientierten Auswahl von Konzepten verfolgt. Die ermittelten Grundideen sollen für den generellen Anwendungsfall Gültigkeit besitzen und mit einer Entscheidungsgrundlage objektiv bewertet werden.

Um diesem Rechnung zu tragen erstreckt sich die Betrachtung auf die Haupt-Kühlsysteme im batterieelektrischen Fahrzeug.

Randbedingungen Batterie & Klima

- Traktionsbatterie: Lithiumionenzellen
- Temperaturerhöhung um 1 °C verringert die Lebensdauer um 2 Monate^[4]
- Temperaturbereich 20-40°C



Fig. 1: Beispielsystem ELMOTO HR2

- Bei 10 °C verdoppelt sich der Innenwiderstand im Vergleich zu 25 °C^[5]
 - Leistungsfähigkeit sinkt
 - Verluste steigen
- Auslegung auf 96% der klimatischen Randbedingungen in Europa (-2,5 ... 27,5 °C)
- Grenzwerte liefert die Betrachtung städtischer Ballungsräume

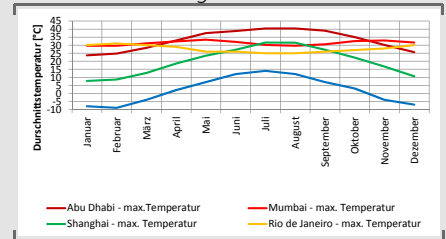


Fig. 2: Thermische Randbedingungen in städtischen Ballungszentren

Vorgehensweise nach VDI 2221

Es wird zunächst eine Funktionsstruktur für die oberste Abstraktionsebene im Fahrzeug-gesamtsystem erstellt. Dabei ist wichtig, dass die Gültigkeit für den generellen Anwendungsfall erhalten bleibt.

Die Funktionen sind die Eingangsgrößen für die morphologische Konzeptentwicklung. Dort werden für diese Funktionen Lösungen gesucht deren Hauptbestandteil die vorausgesetzten Fahrzeugkühlsysteme sind.

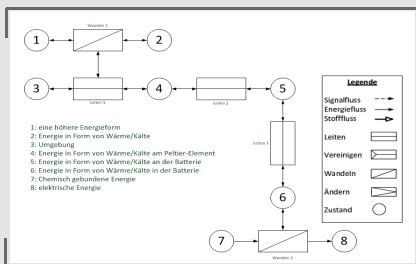


Fig. 3: Funktionsstruktur einer Batterietemperierung im batterieelektrischen Fahrzeug

Entsprechend der drei Grund-Szenarien *Heizen*, *Kühlen* und *Normalbetrieb* entstehen drei morphologische Kästen. Für alle drei werden Konzepte erstellt indem Lösungsansätze für die jeweiligen Funktionen miteinander verbunden werden. Dabei ergibt sich eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten. Gemäß der allgemeingültigen Festforderungen werden Lösungen eingeschränkt und Konzepte ausgewählt. So werden vier Konzepte, die bei allen Szenarien gleich sind und drei weitere Konzepte, die ein Umschalten zwischen den genutzten Kreisläufen vorsehen, ausgewählt.

Die entstandenen Konzepte haben noch keinen Bezug zu einem konkreten Anwendungsfall. Allein die vorgegebene Funktion der Batterietemperierung im batterieelektrischen Fahrzeug ist ihnen gemein. Im nächsten Schritt, der Bewertung, wird nun auf den konkreten Anwendungsfall eingegangen.

Bewertung nach Gewichtung

Die Anforderungen werden entsprechend dem Einsatzzweck gewichtet. Für das Beispiel: Klein-Fahrzeug wird die geringe Komplexität und der möglichst geringe Integrationsaufwand stärker bewertet als energetische Aspekte. Zwei Konzepte erreichen eine relativ hohe Bewertung und werden im Folgenden näher beschrieben.

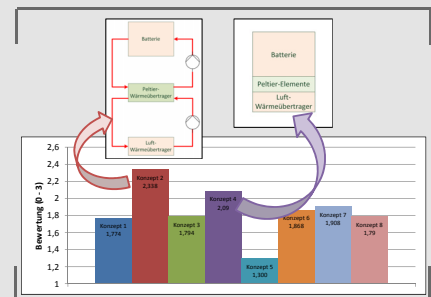


Fig. 4: Bewertung der sieben Konzepte und Herausstellen der besten Konzepte für das Beispiel: Klein-Fahrzeug (ELMOTO)

Konzept 2

Dieses Konzept erreicht für die Anwendung im Kleinfahrzeug die höchste Bewertung. Das resultiert vor allem aus der guten thermischen Anbindung der TEM in einem Wasser-Wasser-Wärmeübertrager, was eine hohe erreichbare Leistungsdichte verspricht und der geringen Komplexität des Konzepts. Durch die hohe erreichbare Leistungsdichte brauchen nur wenige Peltier-Elemente zum Einsatz kommen. Daher werden dafür auch weniger Kosten anfallen.

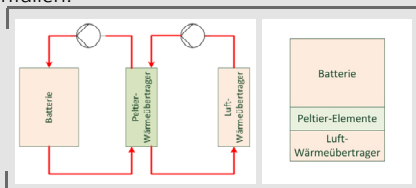


Fig. 5: Schematische Darstellung von Konzept 2 (links) und Konzept 4 (rechts)

Konzept 4

In diesem Konzept werden die Peltier-Elemente direkt an die Batterie angebunden und die Abwärme über eine Berippung an die Umgebung abgegeben. Ein Eingriff in den Batterieaufbau ist daher obligatorisch. Es zeigt die geringste Komplexität aller Konzepte auf und ist deshalb für diesen Anwendungsfall interessant. Im Vergleich zu Konzept 2 werden mehr TEM zum Einsatz kommen, da die thermische Anbindung schlechter sein wird.

Zusammenfassung & Ausblick

Diese Arbeit zeigt wie durch eine systematische Vorgehensweise 7 allgemeingültige Konzepte für eine Batterietemperierung im batterieelektrischen Fahrzeug entstehen. Die Konkretisierung auf einen Anwendungsfall erfolgt durch Bewertung und Gewichtung der Anforderungen.

Dieses Vorgehen wurde exemplarisch durchgeführt und 2 Konzepte herausgestellt. Im weiteren Verlauf der Arbeiten werden die ausgewählten Konzepte auf simulativer Basis ausgearbeitet und ausgelegt. Des Weiteren wird das gleiche Vorgehen auch auf andere Anwendungsfälle angewendet werden.

Quellen:

- [1] S. Pischinger et. al.: AUFGABEN BEIM THERMOMANAGEMENT VON HYBRID- UND ELEKTROFAHRZEUGEN, ATZ 04|2014
- [2] Ch. Kuper, M. Hoh, G. Houchin-Miller, J. Fuhr: Thermal Management of Hybrid Vehicle Battery Systems. EVS24, Stavanger, Norway, 13-16.05, 2009
- [3] Dr. Grünwald, MAHLE Behr GmbH & Co. KG: Battery Thermal Management with Thermoelectricity 18.11, 2013
- [4] Salvio Chacko, Yongmann M. Chung, Journal of Power Sources: www.elsevier.com/locate/jpowsour Thermal modelling of Li-ion polymer battery for electric vehicle drive cycles, Aufgerufen am 01.02.2013
- [5] B. Eberleh: Thermomanagement für Lithium-Ionen Batterien, VDI-Konferenz: Thermomanagement für elektromotorisch angetriebene Fahrzeuge, Stuttgart 12.12, 2012