

Entwicklung von hocheffektiven smarten Kühlkörpern auf Basis von nanomodifizierten Werkstoffsystemen für die e-Mobility der Zukunft

„smart nanoCOOLing“

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur (MWFK) gefördert. Wir erhalten eine Zuwendung aus dem Programm des MWFK zur Förderung der „Stärkung der technologischen und anwendungsnahen Forschung an Wissenschaftseinrichtungen im Land Brandenburg“ (StaF-Richtlinie).

Zielstellung des Vorhabens

In der Elektromobilität kommt der Leistungselektronik eine zentrale Bedeutung zu. Neben einer Vielzahl von Umrichteraufgaben, haben Leistungselektroniken über die eigentliche elektrische Funktion hinaus weitere Anforderungen wie z. B. geringen Platzbedarf bei niedrigem Gewicht zu erfüllen.

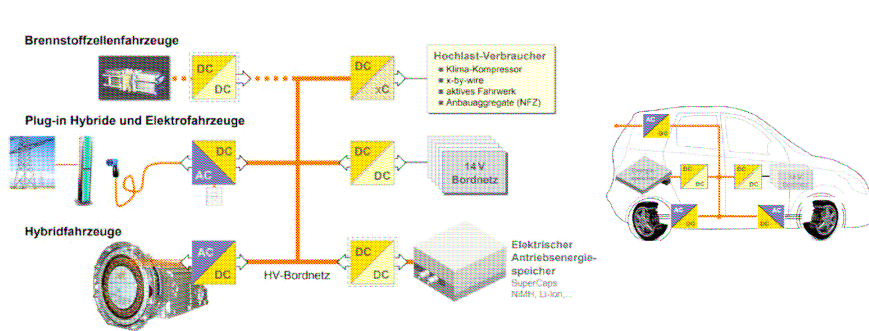


Bild 1: Schematische Darstellung der Leistungselektronik in einem Elektromobil

Auch in einer zunehmend digitalisierten Energieerzeugung (z. B. Photovoltaik, Windenergie), Energieübertragung (z. B. Hochspannungsgleichstromübertragung HGÜ), Energiespeicherung (Batterien) und besonders in der Antriebstechnik sind die elektronischen Hochleistungsbauteile die Kernelemente. Die wichtigsten Merkmale für die Charakterisierung ihrer Effizienz sind Leistungsdichte und Wirkungsgrad unter der Berücksichtigung weiterer Randbedingungen wie z. B. die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Der Trend bei neuen Technologien geht zu mehr Leistung auf abnehmendem Bauraum. Die höhere Leistungsdichte verursacht höhere Verlustleistung, die an die Umgebung gezielt abzuführen ist. Der Aufwand zur Abführung dieser unvermeidlichen Wärmeleistung kann beträchtlich sein. Auch bei einem sehr guten Wirkungsgrad von z. B. 99 % belaufen sich die Verluste immerhin auf 10 kW Wärmeleistung pro 1 MW gewandelter elektrischer Leistung. Die thermische Überlastung beeinflusst direkt die Lebensdauer der elektrischen Komponenten. Kommen dafür aktive Elemente wie Pumpen und Lüfter zum Einsatz, wird der Gesamtwirkungsgrad der Geräte deutlich reduziert. Die effiziente Kühlung der elektronischen Hochleistungsbauteile in Kombination mit guten mechanischen Eigenschaften stellt somit eine technologische Herausforderung dar.

Neuartige Fertigungsmethoden von Kühlkörpern sollen die Haltbarkeit der Leistungselektronik verbessern. Mit der generativen Fertigung steht ein vielseitiges Werkzeug zur Verfügung, das die effiziente Herstellung von komplexen Bauteilen erlaubt, die mit konventionellen Mitteln nicht umgesetzt werden können. Zur Herstellung von metallischen Strukturen hat sich das Selective Laser Melting (SLM) etabliert, bei dem das endkonturnahe Bauteil (near net shape) schichtweise aus einem Pulverbett durch lokales Schmelzen mit dem Laserstrahl entsteht. Die geometrischen Freiheiten des Verfahrens ermöglichen in einem Schritt neben dem 3D-Generieren des komplexen Formkörpers auch die Erzeugung von zusätzlichen Funktionen in Form von inneren Kühlkanälen und Hohlräumen. Weitere Vorteile liegen in der Einsparung von Zusatzkomponenten und Montageschritten, verbunden mit reduzierten Kosten, verringertem Materialverbrauch und Gewicht. Die monolithische Bauweise (Einstückigkeit) ist darüber hinaus äußerst robust und deutlich weniger fehleranfällig als montierte Bauteile, was den Einsatz für effektive Kühlkörper von elektronischen Bauteilen prädestiniert. Die generative Fertigung von Kühlkörpern sowie die Werkstoffentwicklung erfolgt in enger Kooperation und Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Füge- und Schweißtechnik.

Der Kernpunkt des Projektes „smart nanoCOOLing“ besteht in der Auslegung und Herstellung von ultraeffizienten sowie thermisch und mechanisch hochbelastbaren Kühlkörpern. Sie werden dank der Kombination des SLM-Verfahrens zur Umsetzung komplexer, innerer Kühlstrukturen sowie beanspruchbaren, nanoverstärkten Werkstoffsystemen mit höchster Wärmeleitfähigkeit entworfen und realisiert. Das Ziel ist, eine Flüssigkeitskühlung zu entwickeln, die das Kühlverfahren für die Leistungselektronik mit stark verbesserten Eigenschaften im Vergleich zum Stand der Technik ermöglicht. Diese Form der Kühlung hat aufgrund ihrer geometrischen Eckdaten mit kleinsten Abmessungen das höchste Potential funktionsoptimiert durch SLM hergestellt zu werden. Dabei wird gleichzeitig eine exzellente Kühleffektivität bei minimalem Bauraum und Gewicht erreicht.

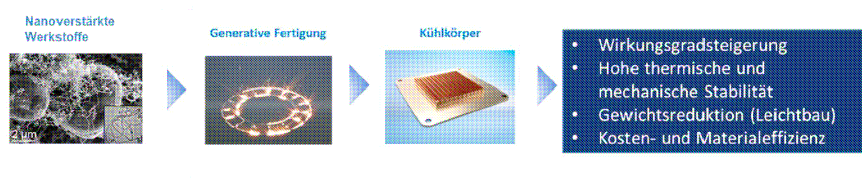


Bild 2: Forschungsansatz zur Herstellung von funktionsintegrierten Kühlkörpern für Leistungselektroniken

Der verfolgte Ansatz bildet eine neue Qualität in der Umsetzung der generativen Fertigung von Kühlkörpern für Leistungselektroniken mit Funktionsintegration und stellt ein Alleinstellungsmerkmal dar, um eine neue Generation von Kühlsystemen für elektronische Bauelemente mit signifikant erhöhten Wirkungsgrad zu realisieren.

Geplanter Forschungsansatz

Die Entwicklung von hocheffektiven smarten Kühlkörpern auf Basis von nanomodifizierten Werkstoffsystemen für die e-Mobility der Zukunft ist in die folgenden Arbeitsfelder unterteilt:

- Simulationsbasierte Auslegung der Kühlsysteme in Abhängigkeit der Randbedingungen hinsichtlich der elektrischen Komponenten und des generativen Fertigungsverfahrens
- Virtuelle und experimentelle Validierung der Technologiedemonstratoren