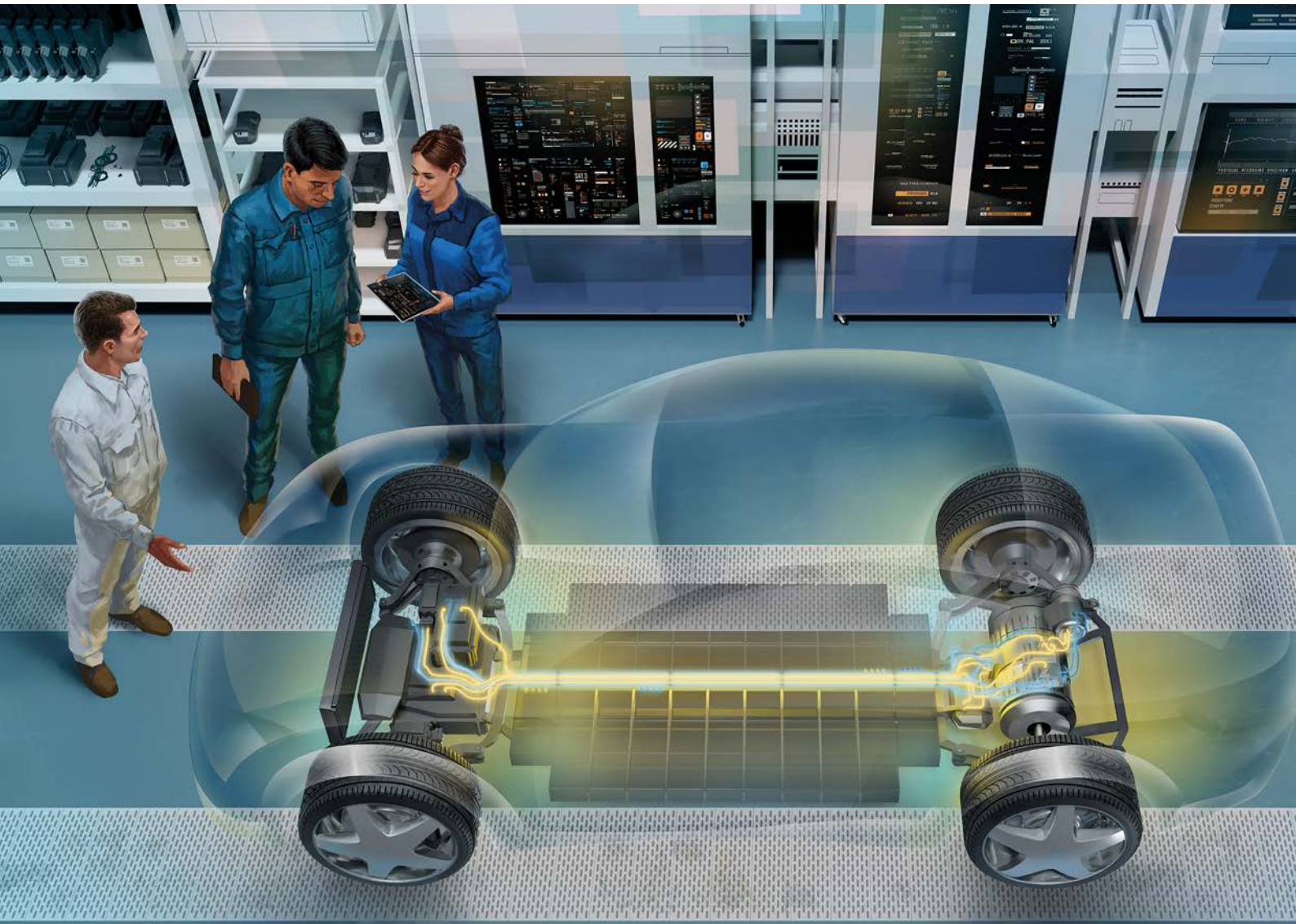
SCALE-UP
E-DRIVE



Transformations-Factsheet „Technologische Trends Thermomanagement“

AUSGABE 15, JUNI 2026

© e-mobil BW/Sergej Schell

Autoren:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. – Institut für Fahrzeugkonzepte

Jonas Peschke, Benjamin Frieske

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

SCALE-UP E-DRIVE

Hintergrund

Der Transformations-Hub „Scale-up E-Drive“ unterstützt insbesondere kleine und mittlere Unternehmen der Automobilwirtschaft in Deutschland bei der Transformation hin zu elektrifizierten Antriebssträngen, indem relevante Trends und Entwicklungen zu Branchen-, Markt-, Technologie-, Produkt- und Produktionswissen aufbereitet, in den internationalen Kontext eingeordnet und in Form von Transformations-Factsheets und -Dashboards bereitgestellt werden.

Diese Informationen bereiten die wesentlichen Entwicklungen im Zuge der Transformation des Antriebsstrangs zielgruppengerecht in kompakter Form auf und dienen der Unterstützung von strategischen Entscheidungsprozessen in den Unternehmen. Übergeordnetes Ziel ist die Erhaltung von Innovations- und technologischer Wettbewerbsfähigkeit, um Wertschöpfung und Beschäftigung auch bei den neuen Produkten und Technologien des Antriebsstrangs in Deutschland zu sichern.

Der Hub fokussiert sich auf folgende Komponenten im Antriebsstrang: E-Motor, Leistungselektronik, Getriebe, Energie- und Thermomanagement sowie die Integration von Batterien und Brennstoffzellen. Dabei stehen unterschiedliche Fahrzeugtypen im Zentrum der Betrachtung.

Entwicklungen und Trends mit Fokus auf die in Abbildung 1 dargestellten Themenschwerpunkte werden kontinuierlich im Laufe des Projekts in Form von Transformations-Factsheets und -Dashboards aufbereitet.



Quelle: DLR, 2026

Abbildung 1: Themenschwerpunkte der Transformations-Factsheets und -Dashboards

Das vorliegende Dashboard ist, wie in Abbildung 2 dargestellt, im Bereich „Technologietrends“ angesiedelt und veranschaulicht relevante Komponenten, Kennzahlen, technische Hintergründe und Entwicklungen hinsichtlich des aktuellen und zukünftigen Marktpotenzials im Thermomanagement für Elektrofahrzeuge.



Quelle: DLR, 2026

Abbildung 2: Fokusthemen der Dashboard-Publikationsreihe

Relevante Komponenten | wichtige Bauteile und Materialien

Komponente/Bauteil	Material
E-Kompressor	
Scroll-Kompressor	Aluminium
Elektromotor	Kupfer, Metall, Permanentmagnete
Inverter	Halbleiter
Gehäuse	Aluminium
Dichtungen	Kunststoff
Wärmetauscher/Chiller	
Wärmeleitplatten	Aluminium
Dichtungen	Kunststoff
Abdeckplatten	Aluminium
Ventile	
Gehäuse	Polymere
Dichtungen	Kunststoff
Aktoren	Permanentmagnete
Sensoren	
Sensorelement (Temperatur)	NTC-Halbleiter
Sensorelement (Clip-on)	Kunststoff/Metall
Ladeanschluss	Keramik
Sensorelement (pT)	Silizium-/Metallmembran
E-Kühlmittelpumpe	
Elektromotor	Kupfer, Metall, Permanentmagnete
Elektronikplatine	Leiterplatte, Kupfer
Pumpengehäuse	Kunststoff
Leitungen	
Thermoplastische Leitungen	Kunststoff
Steckverbinder	Kunststoff

SCALE-UP E-DRIVE

Entwicklungsziele

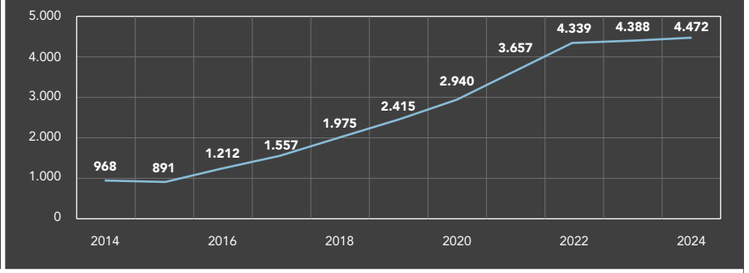
- KI- und datenbasierter Betrieb
- Reduzierung Systemkomplexität und -Gewicht
- Vollintegrierte Module
- Kostenreduktion
- Effizienzsteigerung

Wichtige technologische Trends

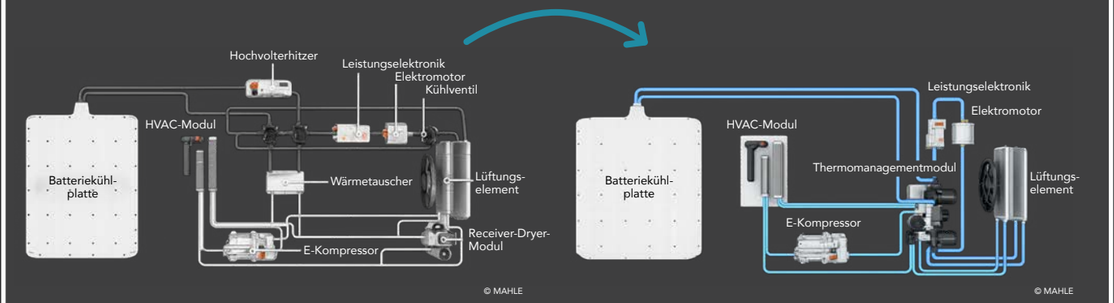
Flächenheizung
Integriertes Thermomanagement
Lokale Klimatisierung
Wärmepumpe
Beheizbare Textilien
Thermische Isolierung der Fahrgastkabine
Prädiktives Thermomanagement

Internationale Forschung und Patentanmeldung

Zahl der Patentanmeldungen im Thermomanagement pro Jahr



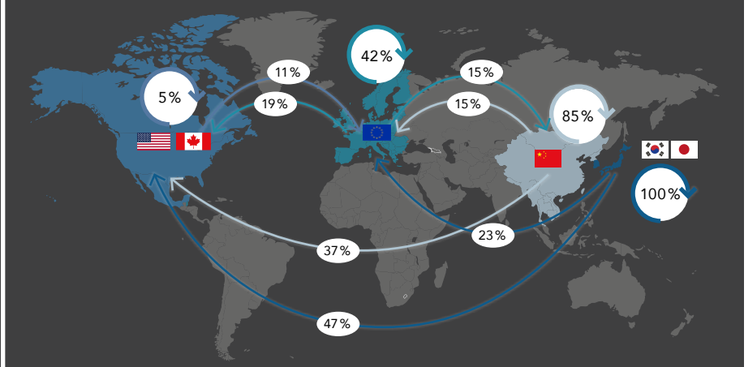
Komponenten des integrierten Thermomanagements im Elektrofahrzeug



- Trend zu hochintegrierten Thermomanagementmodulen
  - → Bündelung der Funktionen separater Komponenten in zentralem Modul
- Unternehmensindividuelle Ansätze zur Integration
  - → Entwicklung von Modulen mit unterschiedlichen Integrationsgraden

Weltweite Lieferbeziehungen OEM und Tier-1-Supplier

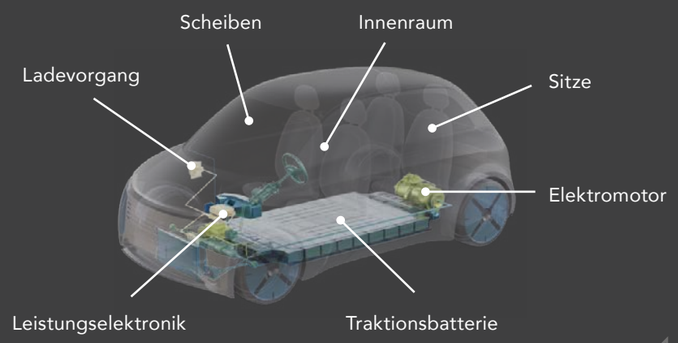
Komponenten des Thermomanagements für Traktionsbatterien*



Analyse ist nicht repräsentativ
Datenbasis: 23 OEMs, 31 Fahrzeugmodelle, 23 Tier-1-Supplier
*Kühler, elektrische Ventile, elektrische Pumpen und Wärmetauscher.

Referenzgröße: Anteil der Importe in die Regionen

Bereiche des Thermomanagements im Elektrofahrzeug

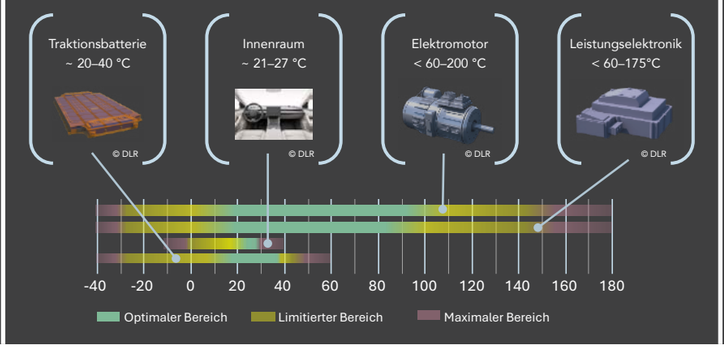


Motivation

- Lebensdauer
- Klimakomfort
- Schnellladefähigkeit
- Reichweitenoptimierung

Optimale Betriebstemperaturen der Fahrzeugbereiche

Effizienz und Lebensdauer wichtiger Komponenten hängen von individuellen Einsatztemperaturen ab.



Wertschöpfungspotenzial im Thermomanagement

2034
28,6–36,8 Mrd. €

2025
9,8–12,4 Mrd. €

BEV
700–1.000 €/Fzg.

ICE
250–350 €/Fzg

Quelle: DLR

Abbildung 3: Transformations-Dashboard Transformations-Dashboard „Technologische Trends Thermomanagement“

Kontakt: benjamin.frieske@dlr.de // Quellen: DLR (2025, 2026), Marklines (2026), Dataintelo (2026), Market Intelo (2026), Transformationswissen BW (2025), Schaeffler (2023), MAHLE (2025a)

Einleitung und Übersicht

Die Transformation zur Elektromobilität bringt im Vergleich zu konventionellen, auf Verbrennungsmotoren basierenden Antriebskonzepten vielfältige neue Anforderungen im Thermomanagement des Fahrzeugs mit sich. Die stetig steigenden Anforderungen, getrieben durch neue Funktionen, wie z. B. Ultra-Fast-Charging, bedingen eine Revision bereits bestehender Thermomanagementkonzepte, auch für batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) (Magna International Inc., 2026). Unter Thermomanagement wird die Regelung von Wärme- und Kälteströmen zur gezielten Steuerung der Temperaturen im gesamten Fahrzeugsystem verstanden (Audi Österreich, 2026). Das Thermomanagement in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist von geringerer Komplexität: Die Abwärme des Motors wird über Abgas und Kühler an die Umgebung abgegeben oder zum Erwärmen des Fahrzeuginnenraums verwendet. Eine entsprechende Kühlung des Innenraums wird über einen separaten, einfachen Kältekreislauf realisiert (Magna International Inc., 2022). Das Thermomanagement eines BEV hingegen ist vergleichsweise komplex und in vielerlei Hinsicht von zentraler Bedeutung: Durch die Nutzung eines deutlich effizienteren Elektromotors steht keine Abwärme, wie bei Verwendung eines Verbrennungsmotors, zur Verfügung, um bspw. den Innenraum zu heizen. Zusätzlich müssen Antriebsstrangkomponenten wie Motor, Batterie und Leistungselektronik je nach Betriebssituation in spezifischen Temperaturfenstern betrieben und entsprechend gekühlt oder beheizt werden. Die Heiz- und Kühlleistung muss daher direkt oder indirekt aus der Traktionsbatterie bereitgestellt werden (Bosch Mobility, 2026b).

Aus diesen Anforderungen lassen sich die für das Thermomanagement in einem BEV wichtigen Kernziele ableiten und deren Stellenwert aufzeigen (siehe Abbildung 4). Die Motivation zur Optimierung des komplexen Thermomanagements speist sich aus vier Zielen: Sicherung der Wohlfühltemperatur im Fahrzeuginnenraum, Temperierung der Antriebsstrangkomponenten, Steigerung der Energieeffizienz sowie Reduzierung des Energieverbrauchs des Thermomanagements zur Steigerung der Reichweite (Schaeffler AG, 2023).

Durch die steigende Bedeutung der Schnellladefähigkeit von Batterien werden vermehrt aktive Kühltechnologien relevant, wie z. B. eine Immersionskühlung während des Ladevorgangs. Letztlich wird die Lebensdauer der Komponenten maßgeblich durch dauerhafte Temperaturniveaus und durch kurzfristige extreme Temperaturspitzen beeinflusst. Eine optimale thermische Belastung sichert eine lange Betriebszeit der Komponenten (Bosch Mobility, 2026b).

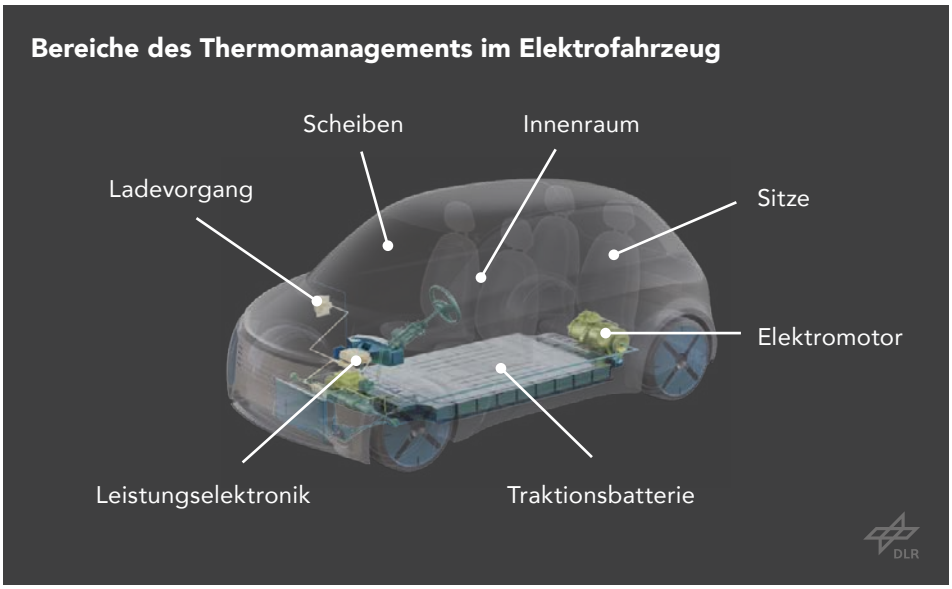


Quelle: DLR, 2026

Abbildung 4: Thermomanagement als Schlüssel für relevante Leistungseigenschaften eines Elektrofahrzeugs

Abbildung 5 verdeutlicht das Thermomanagement als System des Gesamtfahrzeugs. Die zentralen Bereiche neben der Traktionsbatterie sind der Elektromotor, die Leistungselektronik und der Fahrzeuginnenraum (Kampker und Heimes, 2024). Diese Komponenten besitzen jeweils eigene zulässige Temperaturbereiche und -anforderungen. Die Implementierung eines effizienten Thermomanagements beginnt daher auf Gesamtfahrzeugebene, um gegensätzliche Anforderungen zu orchestrieren und situativ zu gestalten (Previati et al., 2022). Zusätzlich zur Konfiguration des Thermomanagements dieser systemrelevanten Komponenten gibt es weitere relevante Bereiche, wie Sitz- und Scheibenheizung für den Fahrgastkomfort.

Während das Thermomanagement bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotore vor allem eine unterstützende Funktion für Motorbetrieb und Komfort erfüllt, ist es im BEV eine Schlüsseltechnologie: Es beeinflusst direkt die nutzbare Reichweite, die Ladegeschwindigkeit, die Sicherheit und die Lebensdauer zentraler Fahrzeugkomponenten.



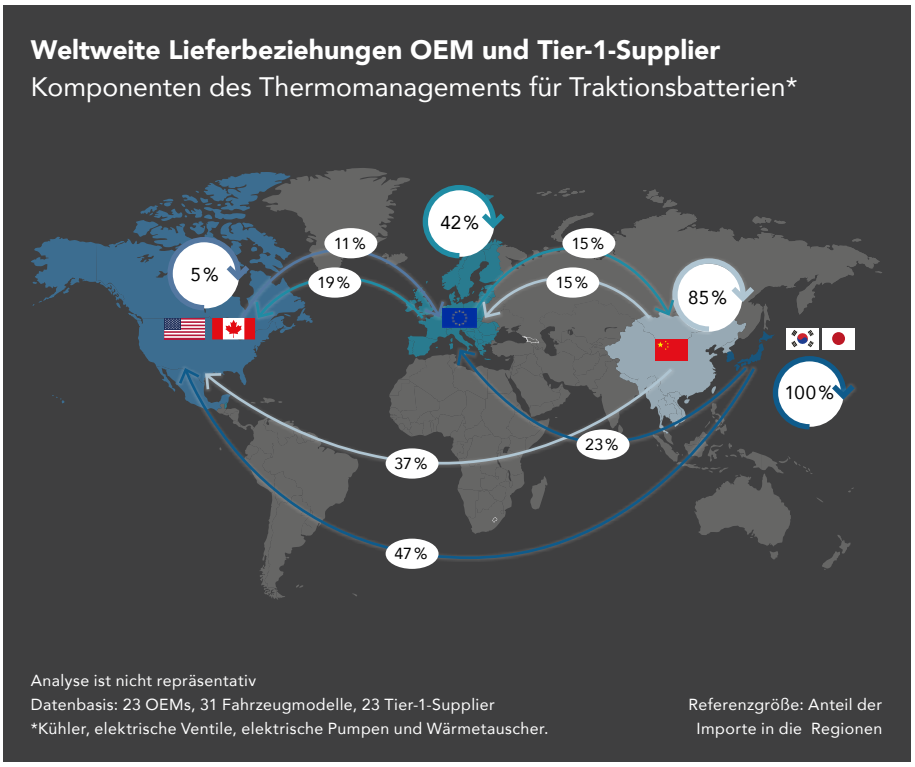
Quelle: DLR, 2026

Abbildung 5: Das Thermomanagement im Elektrofahrzeug als Konzept auf Gesamtfahrzeugebene

Entwicklung des internationalen Wertschöpfungspotenzials für Thermomanagement

Mit dem Hochlauf von BEV verändert sich auch die industrielle Wertschöpfung im Fahrzeug. Beim konventionellen Fahrzeug stammte ein erheblicher Wertschöpfungsteil aus den Antriebsstrangkomponenten selbst. Bei BEV vverlagert sich die Wertschöpfung in Richtung Batterie. Mit einem Anteil von etwa 30–40 % an den Gesamtfahrzeugkosten stellt sie aktuell einen wesentlichen Kostenfaktor dar. Aufgrund von Skalierungsaktivitäten und Produktivitätssteigerungen wird sich dieser Anteil langfristig degressiv entwickeln (Wietschel et al., 2025). Das aufgrund der Anforderungen komplexer gestaltete Thermomanagement in BEV rückt zunehmend in den Fokus des Wertschöpfungspotenzials. Es wird dadurch zu einem auch für Automobilzulieferer wirtschaftlich relevanten Bereich des Fahrzeugs (Schaeffler AG, 2023). Abbildung 6 zeigt diese Entwicklung aus Sicht internationaler Lieferbeziehungen zwischen Original Equipment Manufacturer (OEM) und Tier-1-Suppliern für ausgewählte Hersteller und spezifische Modelle (Marklines, 2026). Diese Auswertung beinhaltet insgesamt 23 verschiedene OEMs, 31 Fahrzeugmodelle und 23 Zulieferer aus den Regionen Nordamerika, Europa, China und Japan/Südkorea.

Dargestellt sind Importstrukturen für wichtige Komponenten des Batteriethermomanagements, insbesondere Chiller, elektrische Ventile, elektrische Pumpen und Wärmetauscher. Die Prozentwerte beziehen sich darauf, aus welchen Regionen die importierten Komponenten stammen. Dabei wird deutlich, dass die Lieferketten global vernetzt sind, die Wertschöpfung

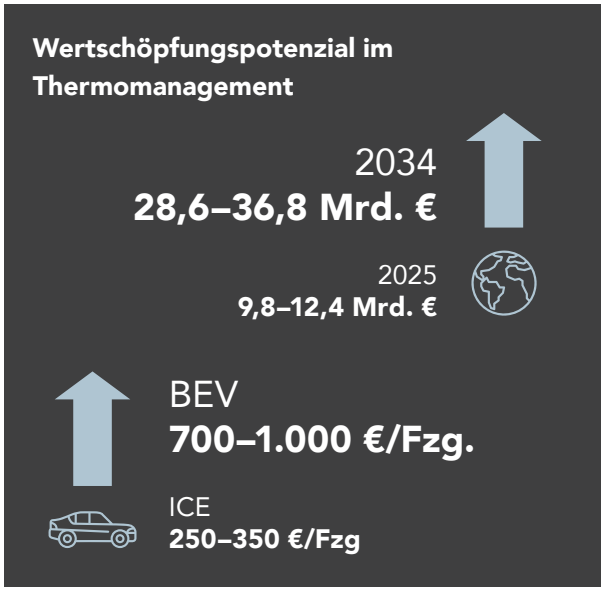


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Marklines, 2026

Abbildung 6: Für Thermomanagementkomponenten zur Batterietemperierung existieren internationale Lieferbeziehungen

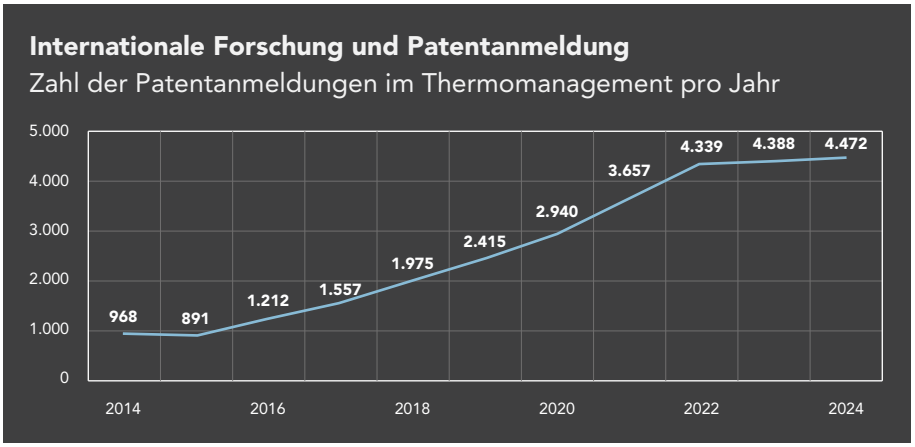
aber regional sehr unterschiedlich verteilt ist. Nordamerikanische Hersteller importieren 95 % der Komponenten aus China sowie Japan und Südkorea und sind damit sehr abhängig von Importen. Aus dem nordamerikanischen Markt werden lediglich 5 % lokal bezogen. China, Japan und Südkorea hingegen haben eine starke lokale Basis von Zulieferern. Europäische Hersteller wählen anscheinend einen diversifizierten Mittelweg: Ein nicht unerheblicher Anteil von 42 % des Bezugs wird durch lokale Zulieferer abgedeckt. Zusätzlich zeigen Lieferströme Bezüge sowohl aus Nordamerika als auch aus Asien zu ähnlichen Anteilen von 15–23 %.

Die Partizipation einer Vielzahl großer Tier-1-Supplier, wie z. B. DENSO, Bosch, MAHLE und Valeo an den weltweiten Lieferketten deutet die wirtschaftliche Bedeutung des Thermomanagements bereits an. Abbildung 7 zeigt das weltweite Wertschöpfungspotenzial für Thermomanagement im BEV. Es steigt von ca. 9,8–12,4 Mrd. EUR im Jahr 2025 auf 28,6–36,8 Mrd. EUR im Jahr 2034, abhängig von analysiertem Schwerpunkt und Umfang (Dataintelo Consulting Pvt Ltd, 2026; Market Intelo 2026). Dieses Wachstum entsteht aus zwei Effekten: Zum einen steigt die Zahl der produzierten BEV laut Simulationen bis 2030 auf 39 Mio. und 2050 bis zu 250 Mio. in EU und Norwegen (Möring-Martínez et al., 2025). Zum anderen ist der Wertumfang des Thermomanagements pro Fahrzeug im BEV deutlich höher als im Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. In konventionellen Fahrzeugen wird von einem Wertanteil von ca. 250–350 EUR pro Fahrzeug ausgegangen. Für BEV wird dieser Wert dagegen mit ungefähr 700–1.000 EUR pro Fahrzeug beziffert. Damit wird ein Anstieg des Wertes des Thermomanagementsystems pro Fahrzeug von bis zu 280 % erwartet. MAHLE bestätigte diese Einschätzung im Zuge eines Großauftrags im Jahr 2024 durch die Erwartung, dass das Umsatzpotenzial des Thermomanagements im BEV ca. dreimal höher ist als bei Verbrennern (Elektroauto-News.net, 2024). Der höhere Wert erklärt sich durch zusätzliche Komponenten wie Wärmetauscher, elektrische Pumpen, Ventile, Sensorik, Wärmepumpe und komplexe Regelungssoftware. Es ist ersichtlich, dass das Thermomanagement ein stark wachsendes Wertschöpfungsfeld innerhalb der Elektromobilität ist.



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Dataintelo, 2026; Market Intelo, 2026

Abbildung 7: Anstieg des Wertschöpfungspotenzials im Bereich Thermomanagement für Elektrofahrzeuge



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Transformationswissen BW, 2025

Abbildung 8: Anzahl der jährlichen Patentanmeldungen im Bereich Thermomanagement für Elektrofahrzeuge

Intensivierung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Die Bedeutung des Thermomanagements im BEV zeigt sich nicht nur an der beschriebenen Schlüsselfunktion im Fahrzeug und den daraus abgeleiteten technischen Anforderungen. Steigende wissenschaftliche und industrielle internationale Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) sind erkennbar. Abbildung 8 verdeutlicht diesen Trend anhand der jährlichen weltweiten Patentanmeldungen im Bereich Thermomanagement seit 2014. Im Jahr 2014 wurden ca. 1.000 Patente im Zusammenhang mit Thermomanagement im Fahrzeug eingereicht. Mit dem beginnenden Hochlauf der Elektromobilität stieg die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen bis 2022 kontinuierlich an. Mit rund 4.300 Anmeldungen im Jahr 2022 lag die Anzahl mehr als viermal höher als zu Beginn des Betrachtungszeitraums. Diese Werte lassen zwar noch nicht auf eine in die Praxis überführte Technik schließen, zeigen jedoch eine deutlich steigende Priorisierung des Thermomanagements im BEV (World Intellectual Property Organization (WIPO), 2026). Dabei zeigen Analysen, dass circa ein Drittel der Anmeldungen von chinesischen Unternehmen erfolgen. Ein weiteres Drittel wird von europäischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen eingereicht. Das letzte Drittel stammt aus den USA, Südkorea sowie weiteren Ländern (PatSnap, 2026).

Diese Forschungsarbeiten gehen mit strategischen Entwicklungszielen für das Thermomanagement einher (siehe Abbildung 9). Ein zentrales Ziel ist der *KI- und datenbasierte Betrieb*. Zukünftige Thermomanagementsysteme sollen nicht mehr nur auf aktuelle Temperaturen reagieren, sondern auf Basis von Echtzeitinformationen und Machine-Learning-basierten Vorhersagen vorausschauende Steuerfunktionen übernehmen. Zu diesen Informationen zählen bspw. Außen- und Innen- sowie Komponententemperatur, Fahrprofil, Batteriestatus, Ladebedarf und Streckeninformationen. In der Forschung werden dafür zunehmend modellprädiktive Regelungen untersucht. Die ermittelte optimale Regelung berücksichtigt sämtliche konfliktäre Anforderungen im Gesamtsystem (Abbas et al., 2026).



Quelle: DLR, 2026

Abbildung 9: Forschungsziele zur Optimierung des Thermomanagements

Die *Reduzierung der Systemkomplexität und des Gewichts* ist ein weiteres Ziel. Ältere Thermomanagementsysteme bestehen häufig aus einer Vielzahl von Komponenten und getrennten Kreisläufen. Der Bauraumbedarf, das Gewicht durch spezielle funktionelle Komponenten sowie resultierende Kosten und Regelungsaufwand sind in BEV wichtige Kriterien für die Wirtschaftlichkeit. Deshalb werden zunehmend *vollintegrierte Module* entwickelt. Diese beinhalten bspw. bereits Wärmepumpe, Kompressor, Wärmetauscher, Pumpen, Sensoren und Ventile. Dadurch sollen Bauraum, Entwicklungsaufwand und *Kosten reduziert* werden. Zusätzliches Ziel in der Entwicklung ist die *Steigerung der Effizienz* des Systems, denn sie ist kritisch für die Erfüllung der Anforderungen zu Reichweite, Schnellladen und Lebensdauer (MAHLE, 2025b).



Quelle: DLR, 2026

Abbildung 10: Forschungsschwerpunkte im Bereich des Thermomanagements

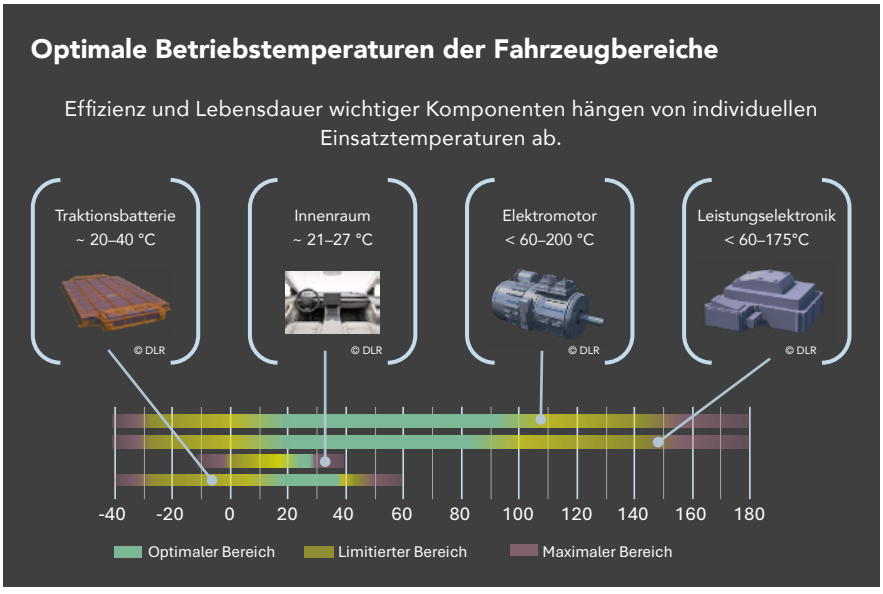
Abbildung 10 zeigt die Trends, die direkt mit diesen Entwicklungszielen zusammenhängen. Hervorzuheben ist das *integrierte Thermomanagement,* bei dem Batterie, Antrieb, Leistungselektronik und Innenraum nicht mehr getrennt, sondern als gekoppeltes Gesamtsystem betrachtet werden und hochintegrierte Module mehrere Komponenten vereinen. Ergänzend dazu gewinnt die *Wärmepumpe* an Bedeutung, da sie die Energieeffizienz des Systems steigern kann (Köllner, 2025). Der bedarfsgerechte Komfort ist ebenfalls ein wichtiger Trend. Hierzu zählen Entwicklungen zu *lokaler Klimatisierung: Flächenheizungen,* z. B. für Armlehnen, sowie *beheizbare Textilien,* die darauf abzielen, nicht den gesamten Innenraum stark aufzuheizen, sondern Wärme gezielt dort bereitzustellen, wo sie von den Insassen wahrgenommen wird (DLR, 2025). Zusätzlich ist der Schwerpunkt in der Materialforschung zur Isolierung des Fahrzeuginnenraums zu nennen, um den Wärmeabfluss insbesondere im Winter zu vermeiden. Das *prädiktive Thermomanagement,* die Regelung der verschiedenen Systemtemperaturen auf Basis von KI-Modellen, Echtzeitdaten sowie Fahranforderungen sind zentrale Elemente strategischer Entwicklungsziele.

Abbildung 11 zeigt, warum das Thermomanagement im BEV technisch deutlich komplexer ist als bei konventionellen Fahrzeugen. Die wichtigsten Fahrzeugbereiche Traktionsbatterie, Elektromotor, Leistungselektronik und Fahrzeuginnenraum besitzen unterschiedliche optimale Betriebstemperaturbereiche, die situationsbedingt durch ein aktives Thermomanagement angesteuert werden müssen (Bosch Mobility, 2026b).

Die Temperatur der Traktionsbatterie liegt idealerweise etwa im Bereich von 20–40 °C, je nach Batteriezellchemie. Dabei hängt die Wahl einer aktiven Erwärmung oder Kühlung von den Umweltbedingungen, wie z. B. Außentemperaturen und Anwendungsfall, z. B. Schnellladen, ab (NOW GmbH, 2025). Auf diese Weise werden Leistung, Lebensdauer und Sicherheit gewährleistet. Wird die Batterie unter dem Temperaturfenster betrieben, verringern sich die verfügbare Kapazität und die Leistung aufgrund schlechter ablaufender chemischer Prozesse, woraus bspw. geringere Reichweite und verminderte Fähigkeit zum Schnellladen resultieren. Ein Betrieb oberhalb der Temperaturgrenze führt hingegen zu beschleunigter Alterung, was geringere Lebensdauer und Sicherheit zur Folge hat (National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2011).

Der Temperaturbereich des Fahrzeuginnenraums orientiert sich an dem thermischen Komfort für Insassen und ist mit ca. 20–27 °C ein vergleichsweise enges Fenster. Da die erforderliche Energie zur Erwärmung oder Kühlung des Innenraums aus der Traktionsbatterie bereitgestellt werden muss, ist dies ebenfalls eine kritische Funktion. Eine ineffiziente Temperierung führt folglich zu merklicher Reichweitenreduzierung (Kampker und Heimes, 2024).

Für E-Motor und Leistungselektronik ergeben sich die relevanten, deutlich größeren Temperaturfenster aus Temperaturgrenzen mehrerer Komponenten. Der Kühlmittelkreislauf für Elektromotor und Leistungselektronik wird bspw. auf unter 60 °C gehalten (MAHLE, 2024). Die Permanentmagnete des Elektromotors besitzen, je nach Komposition, einen großen Temperaturbereich von ca. 80–200 °C. Ein regelmäßiger Betrieb außerhalb dieses Fensters kann zu sogenanntem Derating, dem Leistungsverlust aufgrund äußerer Betriebsbedingungen führen sowie schnellere Alterung und Entmagnetisierung verursachen (Scale-up E-Drive, 2023). Die Halbleiter des entwickelten Inverters des Fraunhofer ISIT haben ähnliche maximale Temperaturgrenzen von ca. 175 °C (Fraunhofer ISIT, 2025).



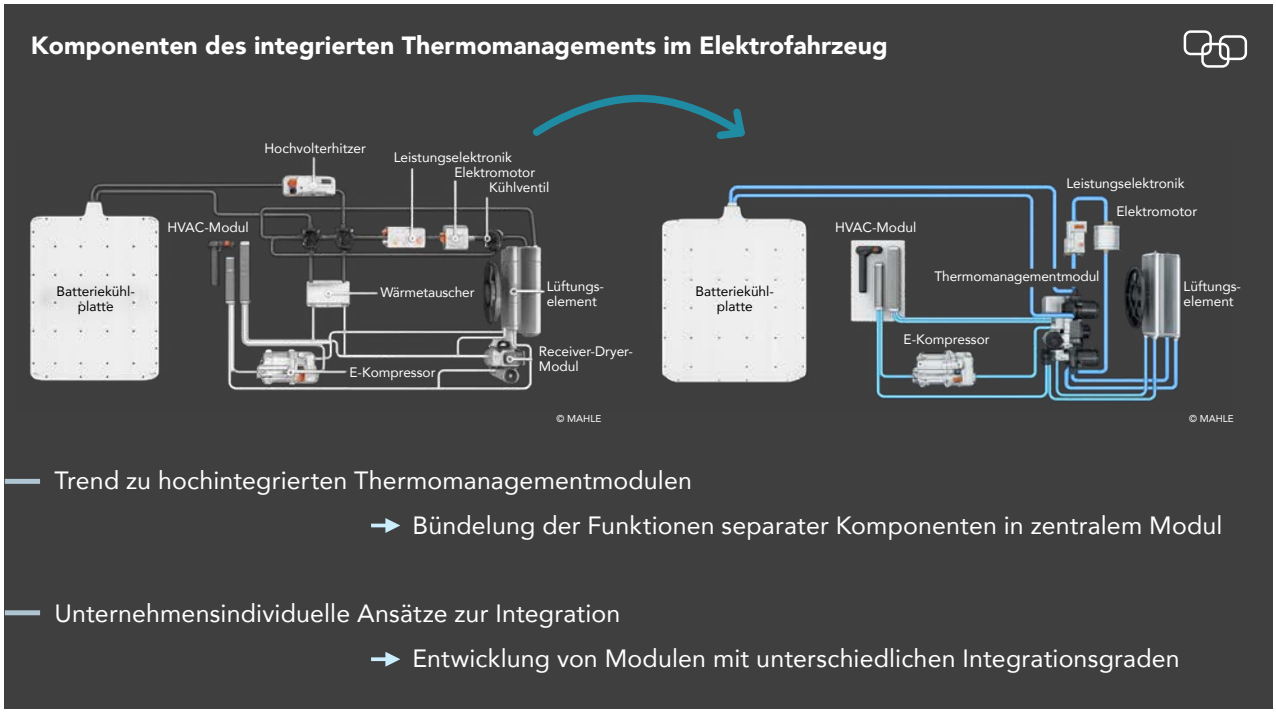
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Schaeffler AG, 2023

Abbildung 11: Anforderungen an die Umgebungstemperatur verschiedener Fahrzeugkomponenten und Bereiche

Die Heiz- und Kühlleistung muss effizient abgestimmt werden, um Zielkonflikte zwischen den Anforderungen der einzelnen Bereiche auf Systemebene zu lösen. Deshalb geht die Entwicklung weg von getrennten Einzellösungen und zunehmend hin zu integrierten Systemarchitekturen. In solchen Systemen werden thermische Kreisläufe gekoppelt und die Kälte- und Wärmeströme effizient verteilt. Abbildung 12 beschreibt diesen integrierten Aufbau und stellt die dafür relevanten Komponenten dar. Ein großer Teil aktueller Konzepte besteht aus räumlich verteilten Einzelkomponenten wie Pumpen, Ventilen, Sensoren, Wärmeübertragern, elektrischen Kompressoren und Hochvolterhitzern. Die einzelnen Elemente sind mit vergleichsweise langen Leitungen verbunden. Die neuen hochintegrierten Konzepte, wie sie MAHLE, Bosch oder Forvia Hella herstellen, bündeln mehrere Funktionen in einem zentralen Modul. So führt MAHLE, den elektrischen Kompressor, den Wärmeübertrager, Sensoren, Ventile und Kühlmittelpumpen in einer Einheit zusammen. Diese höhere Integration reduziert Bauraumbedarf, Leitungsvolumen und potenziell auch Montage- und Wartungsaufwand, während gleichzeitig kürzere Strömungswege von Kälte- und Kühlmittel sowie eine zentralisierte Regelung die Effizienz des Gesamtsystems verbessern können (MAHLE, 2025a).

Essenziell für die effiziente Funktion eines solchen Thermomanagementmoduls ist neben der Zusammenfassung von Einzelkomponenten auch die intelligente Verschaltung der Kühl- und Kältekreisläufe. Die konkrete Ausführung solcher integrierten Architekturen ist jedoch nicht einheitlich, sondern hängt stark vom Fahrzeugkonzept, vom eingesetzten Kältemittel, von der Batterietemperierung, der Wärmepumpenfunktion sowie von den Anforderungen an Kosten, Bauraum, Servicefähigkeit und Regelstrategie ab und ist damit herstellerabhängig. Konstruktive Maßnahmen ermöglichen dabei die Verwendung von umweltverträglicheren Kältemitteln, wie R290 (Propan) und R744 (CO_2), welche aber bspw. höhere Systemdrücke oder zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erfordern (Tiemeyer et al., 2024).

Der Trend entwickelt sich aufgrund der erwähnten Vorteile in Richtung hochintegrierter Thermomanagementmodule. Dennoch gibt es weiterhin unterschiedliche Integrationsgrade, so dass einzelne Komponenten weiterhin hergestellt und in BEV verbaut werden (Schaeffler AG, 2023).



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von MAHLE, 2025a

Abbildung 12: Beispielhafter schematischer Aufbau eines integrierten Thermomanagementsystems im Elektrofahrzeug

Relevante Komponenten des Thermomanagements, Bauteile und Materialien

Die Vielfalt der benötigten Komponenten für das Thermomanagement in einem BEV bietet verschiedene Möglichkeiten für Unternehmen, an der Wertschöpfungskette zu partizipieren. Disziplinen wie z. B. Metallverarbeitung, Kunststofftechnik, Elektronik oder Sensorik sind Teil davon. Tier-1-Supplier stellen viele der Komponenten her, beziehen dabei einzelne Bauteile, Rohlinge oder Materialien auch von spezialisierten Unternehmen aus den oben genannten Bereichen. MAHLE listet E-Kompressoren, Chiller/Wärmetauscher, Kühlmittelpumpe, Sensoren, Leitungen und Ventile als zentrale Komponenten des Thermomanagements (MAHLE, 2024). Diese Komponenten bestehen aus verschiedenen Bauteilen und Materialien, die für Unternehmen interessant sind (Abbildung 13).

Der E-Kompressor verdichtet das Kältemittel im Klimakreislauf und stellt damit Kühlleistung für den Innenraum sowie für die Batteriekühlung bereit. Er wird über einen Elektromotor betrieben. Typische Hauptbestandteile sind der Verdichter (Scroll-Kompressor), der Elektromotor, der Inverter beziehungsweise die Leistungselektronik, Gehäuse, Lager, Anschlüsse und Dichtungen (DENSO, 2019). Materialseitig kommen je nach Ausführung Aluminium für Gehäuse und Scroll-Kompressor (EPO, 2023), Kupfer und Elektroblech im Motor, elektronische Leiterplatten und Halbleiter im Inverter (Infineon Technologies AG, 2026) sowie Elastomere bzw. Kunststoffe für Dichtungen zum Einsatz (EKK Europe, o. D.).

Wärmetauscher/Chiller übernehmen die Aufgabe, Wärme zwischen Kältemittelkreislauf und Kühlmittelkreislauf zu übertragen. So kann bspw. die Temperatur der Batterie bei Bedarf zusätzlich gesenkt werden, indem das Kältemittel das Kühlmittel aus dem Batteriekreislauf zusätzlich kühlt (MAHLE, 2024). Wichtige Bauteile sind Wärmeleitplatten, Kanäle, Anschlussstücke, Gehäuse- beziehungsweise Abdeckplatten und Dichtungen. Als Werkstoff für die Wärmeleitplatten und die Abdeckplatten, die als Abschluss dienen, ist Aluminium relevant, weil es eine gute Wärmeleitfähigkeit, geringes Gewicht und gute Umformbarkeit besitzt (Novelis, 2026). Dichtungen bestehen meist aus medien- und temperaturbeständigen Elastomeren oder Kunststoffen (EKK Europe, o. D.).

Relevante Komponenten | wichtige Bauteile und Materialien

Komponente/Bauteil	Material
E-Kompressor	
Scroll-Kompressor	Aluminium
Elektromotor	Kupfer, Metall, Permanentmagnete
Inverter	Halbleiter
Gehäuse	Aluminium
Dichtungen	Kunststoff
Wärmetauscher/Chiller	
Wärmeleitplatten	Aluminium
Dichtungen	Kunststoff
Abdeckplatten	Aluminium
Ventile	
Gehäuse	Polymere
Dichtungen	Kunststoff
Aktoren	Permanentmagnete
Sensoren	
Sensorelement (Temperatur)	NTC-Halbleiter
Sensorelement (Clip-on)	Kunststoff/Metall
Ladeanschluss	Keramik
Sensorelement (pT)	Silizium-/Metallmembran
E-Kühlmittelpumpe	
Elektromotor	Kupfer, Metall, Permanentmagnete
Elektronikplatine	Leiterplatte, Kupfer
Pumpengehäuse	Kunststoff
Leitungen	
Thermoplastische Leitungen	Kunststoff
Steckverbinder	Kunststoff

Quelle: DLR, 2026

Abbildung 13: Komponenten des Thermomanagements, ihre Bauteile und Materialien

Ventile übernehmen im Thermomanagement die Aufgabe, Kühlmittel- und Kältemittelströme gezielt zu verteilen und zu regeln. Dadurch können unterschiedliche Betriebsszenarien umgesetzt werden. Hierbei gibt es je nach Anwendungsbedarf verschiedenste Arten von Ventilen. Wichtige Bauteile der Ventile sind das Gehäuse und der Strömungskörper, Dichtungen sowie Aktoren. Während das Gehäuse aus technischen Kunststoffen besteht, enthalten die Aktoren Permanentmagnete. Die Dichtungen werden aus beständigen Elastomeren hergestellt (Envalior, 2025; Sanhua Automotive, o. D.).

Sensoren sind essenziell für die Regelung und Steuerung des Thermomanagements. Sie messen Temperaturen und Drücke und liefern die Informationen, auf deren Basis die Komponenten situationsspezifisch angesteuert werden. Sensoren bestehen typischerweise aus dem Sensorelement, einem Gehäuse, Verbindungs- und Montagematerialien. Die Sensorelemente können je nach Anwendung aus verschiedenen Materialien bestehen. NTC-Sensoren werden aus keramischen, temperaturempfindlichen NTC-Materialien hergestellt. Clip-on-Sensoren sind in der Regel aus Kunststoff oder Metall. Ladeanschlüsse hingegen sind wiederum keramische Bauteile. Und platinbasierte pT-Sensoren können aus Silizium- oder Metallmembranen bestehen (TDK, 2021).

Elektrische Kühlmittelpumpen verteilen das Kühlmittel bedarfsgerecht zu Batterie, Leistungselektronik, Elektromotor und Wärmetauschern. Die Förderleistung kann dabei je nach Betriebsanforderung geregelt werden. Die Kühlmittelpumpen bestehen in der Regel aus Stator mit Wicklung, elektromagnetischem Rotor, Elektronikplatine zur Motorsteuerung sowie Pumpengehäuse mit Anschlüssen (Bosch Mobility, 2026a). Die Materialauswahl ist herstellerspezifisch. Für Pumpengehäuse werden z. B. glasfaserverstärkte Hochleistungskunststoffe eingesetzt. Der Elektromotor enthält bspw. Permanentmagnete, Kupferwicklungen und Blechpakete. Die Elektronikplatine zur Steuerung ist eine Leiterplatte mit Kupferfolie (Bosch Mobility, 2026a; Asahi Kasei Europe GmbH, 2025).

Leitungssysteme verteilen Kühl- sowie Kältemittel zwischen den zu regulierenden Bereichen und Komponenten des Thermomanagements. Um die Funktion bestmöglich zu realisieren, müssen sie die Fluidströmung unterstützen sowie leicht, chemisch beständig und dicht sein. Wichtige Bauteile sind die thermoplastischen mehrschichtigen Leitungen aus Kunststoff. Zusätzlich sind Steckverbinder, ebenfalls aus Kunststoff, bevorzugt, um schnelle Montage und Demontage zu gewährleisten. Besonders relevant sind thermoplastische Kunststoffe und Kunststoffverbinder, weil sie Gewicht reduzieren und eine flexible Integration in enge Bauräume ermöglichen (NORMA Group, 2019).

Literatur

Abbas, Zulkarnain; Mohammed, Omer Abbaker Ahmed; Aurangzeb, Muhammad; Dafalla, Ahmed Mohmed; Xiong, Shusheng; Abbas, Saqlain; Ahmed, Muhammad (2026): AI-driven low-GWP thermal management strategies: Converging innovations in electric vehicles and data center cooling. In: Energy Reports 15, S. 109201. DOI: 10.1016/j.egyr.2026.109201.

Asahi Kasei Europe GmbH (2025): Materialien für Wärmemanagementsysteme in batterieelektrischen Fahrzeugen. Hg. v. Asahi Kasei Europe GmbH. Online verfügbar unter https://www.asahi-kasei-plastics.com/de/trend/tms/, zuletzt aktualisiert am 01.04.2025, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Audi Österreich (2026): Thermomanagement im Elektroauto. Hg. v. Audi Österreich. Online verfügbar unter https://www.audi.at/elektromobilitaet/laden/fragen-und-antworten/thermomanagement-im-elektroauto, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Bosch Mobility (2026a): Electric coolant pump PCE 2.0. Hg. v. Bosch Mobility. Online verfügbar unter https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/pumps/electrical-coolantpump-pce/, zuletzt aktualisiert am 12.06.2026, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Bosch Mobility (2026b): Thermomanagement für Hybridsysteme und Elektroantriebe. Effizienz und Komfort für Elektrofahrzeuge. Hg. v. Bosch Mobility. Online verfügbar unter https://www.bosch-mobility.com/de/loesungen/thermomanagement/thermomanagement-fuer-hybridsysteme-und-elektroantriebe/, zuletzt aktualisiert am 12.06.2026, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Dataintelo Consulting Pvt Ltd (2026): Electric Vehicle Thermal Management System Market. Hg. v. Dataintelo Consulting Pvt Ltd. Online verfügbar unter https://dataintelo.com/report/electric-vehicle-thermal-management-system-market, zuletzt aktualisiert am 17.04.2026, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

DENSO (2019): e-Kompressor – Kompressor der Zukunft – Was Kfz-Betriebe rund um elektrische Kompressoren wissen müssen. Hg. v. DENSO. Online verfügbar unter https://www.denso-am.eu/de/news/20191129_e-kompressor, zuletzt aktualisiert am 29.11.2019, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Institut für Fahrzeugkonzepte (2025): Technologiekalender Strukturwandel Automobil Baden-Württemberg. Elektroantrieb – Thermomanagement. Hg. v. e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://tkbw.transformationswissen-bw.de/#/elektroantrieb, zuletzt geprüft am 21.05.2026.

EKK Europe (o. D.): Lip Seal for Electric A/C Compressor. Hg. v. EKK Europe. Online verfügbar unter https://www.ekk-europe.com/produkte/automobilindustrie/e-mobility-losungen/lip-seal-for-electric-a-c-compressor-de, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Elektroauto-News.net (2024): Zulieferer Mahle sichert Milliarden-schwere E-Mobility-Großaufträge. Hg. v. Elektroauto-News.net. Online verfügbar unter https://www.elektroauto-news.net/news/zulieferer-mahle-e-mobility-grossauftrag, zuletzt aktualisiert am 15.04.2024, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Envalior (2025):
Advanced thermal management systems for safer EV batteries. Hg. v. Envalior. Online verfügbar unter https://www.envalior.com/en-us/insights/blog/advanced-thermal-management-systems-for-safer-ev-batteries, zuletzt aktualisiert am 15.05.2025, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

EPO (2023):
METHOD FOR MANUFACTURING SCROLL COMPRESSOR. EU Patent Specification. Hg. v. EPO. Online verfügbar unter https://data.epo.org/publication-server/rest/v1.0/publication-dates/20230906/patents/EP3702492NWB1/document.pdf, zuletzt aktualisiert am 06.09.2023, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Fraunhofer ISIT (2025):
Automotive Power Inverters. Hg. v. Fraunhofer ISIT. Online verfügbar unter https://www.isit.fraunhofer.de/de/leistungselektronik/hocheffiziente-leistungstransistoren/automotive-power-inverters.html, zuletzt aktualisiert am 18.11.2025, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Infineon Technologies AG (2026):
Automotive e-compressor – high-voltage. Hg. v. Infineon Technologies AG. Online verfügbar unter https://www.infineon.com/application/automotive-high-voltage-e-compressor, zuletzt aktualisiert am 27.02.2026, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Kampker, Achim; Heimes, Heiner Hans (2024):
Elektromobilität. Berlin, Heidelberg: Springer.

Köllner, Christiane (2025):
Marktvolumen für Thermomanagementsysteme wächst dynamisch. Hg. v. Springer Professional. Online verfügbar unter https://www.springerprofessional.de/thermodynamik---thermomanagement/heizung---klimatisierung/-marktvolumen-fuer-thermomanagementsysteme-waechst-dynamisch-/51817504, zuletzt aktualisiert am 18.12.2025, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Magna International Inc. (2022):
Schwitzen beim Schnellladen? – Besonderheiten des Thermomanagements im BEV. Hg. v. Magna International Inc. Online verfügbar unter https://www.magna.com/de/stories/inside-automotive/2023/schwitzen-beim-schnellladen-besonderheiten-des-thermomanagements-im-bev, zuletzt aktualisiert am 25.04.2022, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Magna International Inc. (2026):
Warum Thermomanagement und nicht Batteriekapazität die nächste Generation von Elektrofahrzeugen bestimmt. TechTalk. With MAGNA. Hg. v. Magna International Inc. Online verfügbar unter https://www.magna.com/de/stories/tech-talks/2026/warum-thermomanagement-und-nicht-batteriekapazit%C3%A4t-die-n%C3%A4chste-generation-von-elektrofahrzeugen-bestimmt, zuletzt aktualisiert am 26.01.2026, zuletzt geprüft am 21.05.2026.

MAHLE (2024):
Thermomanagement in Elektro- und Hybridfahrzeugen. Hg. v. MAHLE. Online verfügbar unter https://www.mahle-aftermarket.com/media/homepage/facelift/media-center/klima/tm-in-electric-and-hybrid/de_2-3-broschuere-thermomanagement-fuer-e-mobilitaet__web_doppelseiten_v002.pdf, zuletzt aktualisiert am 12.2024, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

MAHLE (2025a):
Der Aufräumer: Thermomanagement-Module von MAHLE. Hg. v. MAHLE. Online verfügbar unter https://workshop-heroes.mahle.com/de/article/thermomanagement-module, zuletzt aktualisiert am 20.08.2025, zuletzt geprüft am 23.06.2026.

MAHLE (2025b):
MAHLE goes full speed ahead with decarbonization. Pressemitteilung. Hg. v. MAHLE. Online verfügbar unter https://www.mahle.com/global/media/global_news/2025/07-mtd/20250723_mahle_pr_mediatechday_en.pdf, zuletzt aktualisiert am 23.07.2025, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Market Intelo (2026):
Electric Vehicle Thermal Management Market Research Report 2034. Hg. v. Market Intelo. Online verfügbar unter https://marketintelo.com/report/electric-vehicle-thermal-management-market, zuletzt aktualisiert am 11.06.2026, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Marklines (2026):
Analysis Report: Thermal Management of BEV Batteries (European, American and Chinese Markets). Online verfügbar unter https://www.marklines.com/en/report/wsw0219_202603, zuletzt geprüft am 08.04.2026.

Möring-Martínez, Gabriel; Senzeybek, Murat; Hasselwander, Samuel; Schmid, Stephan (2025):
Quantifying the impact of fleet turnover on electric vehicle uptake in Europe. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment 147, S. 104945. DOI: 10.1016/j.trd.2025.104945.

National Renewable Energy Laboratory (NREL) (2011):
Electric Vehicle Battery Thermal Issues and Thermal Management Techniques. Präsentation. Hg. v. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Online verfügbar unter https://docs.nlr.gov/docs/fy13osti/52818.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

NORMA Group (2019):
NORMA Group entwickelt Kühlwasser-Leitungssysteme für Pkw mit Verbrennungs- und Elektromotor eines britischen Automobilherstellers. Hg. v. NORMA Group. Online verfügbar unter https://www.normagroup.com/global/de/news/press-releases/2019/norma-group-develops-cooling-water-tube-systems-for-passenger-cars-with-combustion-engines-and-elect, zuletzt aktualisiert am 28.05.2019, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Novelis (2026):
Efficient thermal management with lightweight aluminum solutions for modern vehicles. Hg. v. Novelis. Online verfügbar unter https://novelis.com/aluminum-solutions/automotive/thermal-systems/, zuletzt aktualisiert am 23.06.2026, zuletzt geprüft am 24.06.2026.

NOW GmbH (2025):
Batterieelektrische Antriebe. Einsatz bei Nutzfahrzeugen. Hg. v. NOW GmbH. Online verfügbar unter https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2025/12/NOW_Factsheet_batterieelektrische-Nutzfahrzeuge.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

PatSnap (2026):
Electric Vehicle Thermal Management: The 2026 Technology Landscape. Hg. v. PatSnap. Online verfügbar unter https://www.patsnap.com/resources/blog/rd-blog/ev-thermal-management-technology-2026-patsnap-eureka/, zuletzt aktualisiert am 22.04.2026, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Previati, Giorgio; Mastinu, Giampiero; Gobbi, Massimiliano (2022):
Thermal Management of Electrified Vehicles – A Review. In: Energies 15 (4), S. 1326. DOI: 10.3390/en15041326. Online verfügbar unter https://www.mdpi.com/1996-1073/15/4/1326, zuletzt geprüft am 12.08.2026.

Sanhua Automotive (o. D.):
PRODUCTS. Sanhua Automotive. Online verfügbar unter https://www.sanhuaautomotive.com/en/product/detail/28, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Scale-up E-Drive (2023):
Transformations-Factsheet „Technologische Trends E-Motor“. Online verfügbar unter https://www.hub-edrive.de/fileadmin/media/Dashboard/02_Technologische_Trends_E-Motor/Transformations-Factsheet_2_Technologische_Trends_E-Motor.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Schaeffler AG (2023):
Effizientes integriertes Thermomanagement für batterieelektrische Fahrzeuge mit hoher Reichweite. Hg. v. Schaeffler AG. Online verfügbar unter https://www.schaeffler.com/de/medien/messen-veranstaltungen/kolloquium/digitaler-tagungsband-2022/thermomanagement-batterieelektrische-fahrzeuge/, zuletzt aktualisiert am 24.07.2023, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

TDK (2021):
Thermal management for BEVs with TDK sensor solutions optimized by computer-aided modeling. Whitepaper. TDK. Online verfügbar unter https://www.tti.com/content/dam/ttiinc/manufacturers/tdk/resources/tdk-thermal-management-subsystems-in-evs.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Tiemeyer, Sebastian; Kerman, Doga; Geue, Ingo (2024):
Hochintegriertes Thermomanagement für Elektrofahrzeuge. In: ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift (126), S. 60–65. Online verfügbar unter https://link.springer.com/article/10.1007/s35148-024-2153-3, zuletzt geprüft am 23.06.2026.

Transformationswissen BW (2025):
Monitoring von FuE-Aktivitäten im Technologiefeld „Thermomangement für den elektrifizierten Antriebsstrang“. Online verfügbr unter https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/Wissen_Kompakt_Monitoring_von_FuE-Aktivitaeten_im_Technologiefeld_Thermomanagement.pdf, zuletzt geprüft am 29.09.2026.

Wietschel, Martin; Thielmann, Axel; Gnann, Till; Hettesheimer; Tim; Langkau, Sabine; Neef, Christoph, et al. (2025):
Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf – Ein Update. perspektiven – policy brief 01-2025. Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/policy-briefs/2025-05_policy_brief_batterien_elektroautos_update_faktencheck_handlungsbedarf.pdf, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

World Intellectual Property Organization (WIPO) (2026):
Patentscope. Hg. v. World Intellectual Property Organization (WIPO). Online verfügbar unter https://patentscope.wipo.int/search/de/search.jsf, zuletzt geprüft am 22.06.2026.

Hintergrund

Das Projekt „Transformations-Hub Scale-up E-Drive“ wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert. Mit dem Transformations-Hub Scale-up E-Drive werden insbesondere kleine und mittlere Unternehmen befähigt, neue Technologietrends aufzunehmen, geeignete Partner zu finden und sich neue Geschäftsfelder zu erschließen. Dafür wird der bundesweit agierende Hub vorwettbewerbliche und fachspezifische Inhalte vermitteln sowie neue Chancenfelder in Bezug auf den elektrischen Antriebsstrang aufzeigen und durch gezielte Vernetzung neue Kooperationen initiieren.

Die Publikationsreihe „Transformations-Factsheet“ bereitet aktuelle Trends und Entwicklungen zu Branchen-, Markt-, Technologie-, Produkt- und Produktionswissen in kompakter Form auf und ordnet diese in den internationalen Kontext ein.

SCALE-UP
E-DRIVE

Herausgeber
Transformations-Hub Scale-up E-Drive
c/o e-mobil BW GmbH
Leuschnerstraße 45, 70176 Stuttgart
Telefon +49 711 892385-43
hub-edrive@e-mobilbw.de

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages