



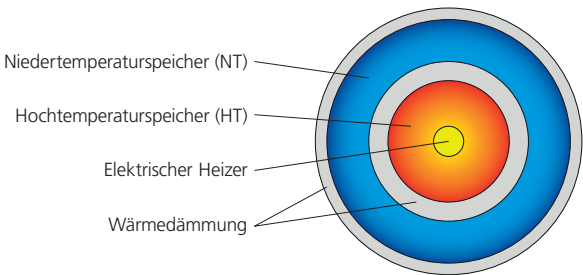
Duo  Therm<sup>®</sup>

Kombinierter thermischer Hochleistungsspeicher für mobile Anwendungen

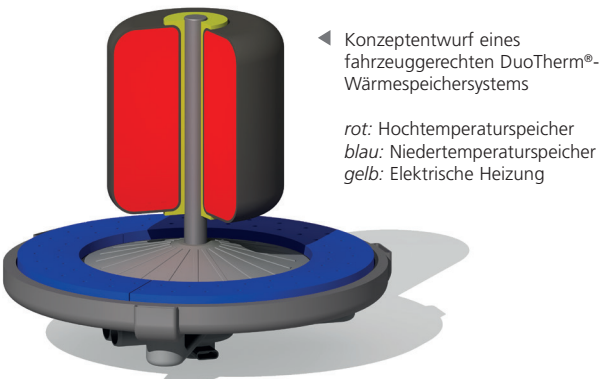


## Das System DuoTherm®

Grundprinzip des kombinierten Wärmespeichersystems DuoTherm® ist die Speicherung von Wärme auf zwei verschiedenen Temperaturniveaus. Technisch umgesetzt wird diese kombinierte Wärmespeicherung mittels eines konzentrisch aufgebauten Speichersystems (vgl. Aufbau der Erde), in dessen Kern eine große Menge an Wärmeenergie auf sehr hohem Temperaturniveau gespeichert wird. Der zweite thermische Speicher befindet sich in der äußeren Hülle des Speichersystems, umschließt somit den heißen Speicherkern und speichert Wärme auf niedrigem Temperaturniveau. Schematisch ist der grundsätzliche Aufbau in folgender Abbildung zu sehen.



Basierend auf dieser intelligenten Bauweise können zukünftige thermische Energiespeicher große Vorteile gegenüber singulären Speichersystemen aufweisen. So werden zum einen thermische Verluste des Hochtemperaturspeichers an die Umgebung reduziert bzw. durch den Niedertemperaturspeicher nutzbar gemacht, zum anderen ermöglicht die Kombination zweier Wärmespeicher die bedarfsgerechte Maximierung der spezifischen Speicherdichte bei gleichzeitig idealer Integrationsfähigkeit im Gesamtsystem.



## Zukünftige Fahrzeugkonzepte

Straßenfahrzeuge der Zukunft werden teil- bzw. vollelektrifizierte Antriebskonzepte aufweisen. Im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen steht dabei vergleichsweise nur noch wenig Abwärme zu Klimatisierungs- und Temperierungszwecken zur Verfügung. Dieser Mangel an Abwärme bei gleichzeitig steigenden Anforderungen an Effizienz und Komfort stellt große Anforderungen an zukünftige Thermomanagement-Systeme. Besonders deutlich wird dies beim Thermomanagement von vollelektrifizierten Fahrzeugen an kalten Wintertagen. Standardmäßig eingesetzte PTC-Heizelemente verwerten elektrische Energie aus der Traktionsbatterie, um diese in Wärme umzuwandeln. Die damit zum Heizen genutzte Energie geht dem Antrieb verloren, eine Verringerung der Reichweite des Fahrzeugs um bis zu 50 Prozent ist die Folge.

## Herausragende thermische Leistungsfähigkeit

An genau diesem Punkt setzen Wärmespeichersysteme an: der Bereitstellung thermischer Energie durch vergleichsweise kleine, leichte, leistungsstarke und kostengünstige thermische Speichersysteme. In dem vom DLR entwickelten Speichersystem DuoTherm® werden hierfür die sensible Temperaturänderung sowie die im Phasenwechsel gespeicherte Energie zweier Speichermaterialien genutzt. Beim Beladen des jeweiligen Speichermaterials erfolgt eine Erwärmung und Verflüssigung, beim Entladen eine Abkühlung und Erstarrung des Speichermaterials. Zum Einsatz kommen dabei zwei verschiedene Materialklassen. Der innen liegende Hochtemperaturspeicher basiert auf der Verwendung metallischer Phasenwechselmaterialien (mPCM) mit Betriebstemperaturen von 100 bis 600 Grad Celsius. Solche – in dieser Anwendung – neuen Speichermaterialien weisen aufgrund ihrer thermophysikalischen Eigenschaften eine ausgezeichnete thermische Leistungsfähigkeit bei gleichzeitig hoher spezifischer Speicherkapazität auf. Der äußere Niedertemperaturspeicher hingegen basiert auf Materialklassen wie Salzen oder Paraffinen, welche deutlich niedrigere spezifische Speicherkapazitäten erreichen, jedoch aufgrund der niedrigen Betriebstemperaturen (10 bis 120 Grad Celsius) die Möglichkeit der direkten Kopplung mit anderen Fahrzeugkomponenten bieten.

## Metallische Phasenwechselmaterialien

Als Speichermaterialien kommen Metalle zum Einsatz. Sie zeichnen sich im Vergleich zu anderen Phasenwechselmaterialien vor allem durch hohe Wärmeleitfähigkeit aus, wodurch große Be- und Entladeleistungen möglich sind, was in kurzen Ladezeiten und hohen Heizleistungen resultiert. Hohe Energiedichte und spezifische Energiemengen kommen zudem einer kleinen und leichten Bauweise zugute.



Materialien wie Legierungen aus den Metallen Aluminium, Silizium, Kupfer und Magnesium sind hierbei besonders geeignet für die technische Speicherung von großen Wärmemengen in mobilen Anwendungen und daher Gegenstand aktueller Untersuchungen.

## Systemintegration und Betriebsstrategie

Angewendet im Elektrofahrzeug ist das Wärmespeichersystem DuoTherm® die zentrale Schnittstelle im Thermomanagement batterieelektrischer Fahrzeuge. Neben der direkten Kopplung mit dem Heizsystem für den Fahrzeuginnenraum ist das Wärmespeichersystem verknüpft mit Komponenten des Antriebsstrangs wie der Traktionsbatterie, dem Elektromotor, dessen Leistungselektronik und der fahrzeugeigenen Batterie-ladeinheit.

Durch diese intensive Vernetzung im Fahrzeuggesamtsystem ermöglicht DuoTherm® zum einen die Aufnahme und Speicherung von thermischen Verlusten, zum anderen aber auch die intelligente und bedarfsgerechte Beladung des Speichers während der Ladung der Traktionsbatterie an der Ladestation.

DuoTherm® macht Elektrofahrzeuge effizienter, indem es Wärme, die sonst an die Umwelt abgegeben wird, mit dem Niedertemperaturspeicher aufnimmt und verwertet. Der Hochtemperaturspeicher, der an der Ladestation elektrisch aufgeladen wird, sorgt für eine größere batterieelektrische Reichweite.

# Institut für Fahrzeugkonzepte

Das DLR Institut für Fahrzeugkonzepte erforscht, entwickelt und bewertet neue Fahrzeugkonzepte und -technologien vor dem Hintergrund zukünftiger Anforderungen an das Verkehrssystem.

Als Systeminstitut erarbeiten und demonstrieren wir neuartige und anwendungsorientierte Lösungen für Straßen- und Schienenfahrzeuge und tragen so zur Gestaltung einer nachhaltigen, wirtschaftlichen, nutzerorientierten, sicheren und vernetzten Mobilität bei. Unsere Beiträge reichen von Konzeption und Entwurf über Konstruktion, Berechnung und Simulation bis zur Darstellung von Forschungsdemonstratoren, -komponenten und -fahrzeugen.

Wir entwickeln unser Wissen und Know-how in partnerschaftlicher Zusammenarbeit und tragen durch Innovationstransfers in folgenden Feldern zur industriellen Wettbewerbsfähigkeit bei:

- Neue Straßenfahrzeug-Konzepte
- Neue Schienenfahrzeug-Konzepte
- Disruptive Konzepte
- Fahrzeugantrieb und -energie
- Fahrzeugarchitektur und -werkstofftechnik
- Fahrzeugsystemanalyse

Die Leitvision des Instituts ist die erfolgreiche wissenschaftliche Mitarbeit an effizienten Fahrzeugkonzepten an den Schnittstellen von Energie und Verkehr. Die Entwicklung künftiger Techniksysteme, basierend auf regenerativen Energieträgern und Energiewandlung /-speicherung im Fahrzeug der Zukunft sowie fortschrittlichen Architekturen und Werkstofftechniken für Straßen- und Schienenfahrzeuge, wird durch eine prospektive, ganzheitliche Fahrzeug-Systemanalyse und Technologiebewertung gestützt.

## Das DLR im Überblick

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Digitalisierung und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

## Impressum

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)  
Institut für Fahrzeugkonzepte

Ansprechpartner:

Werner Kraft

Pfaffenwaldring 38–40, 70569 Stuttgart

Telefon (0711) 6862-273

E-Mail [werner.kraft@dlr.de](mailto:werner.kraft@dlr.de)

## DLR.de

(Unterstützt durch das DLR Technologiemarketing)

Bilder DLR (CC-BY 3.0), soweit nicht anders angegeben.



**Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt**



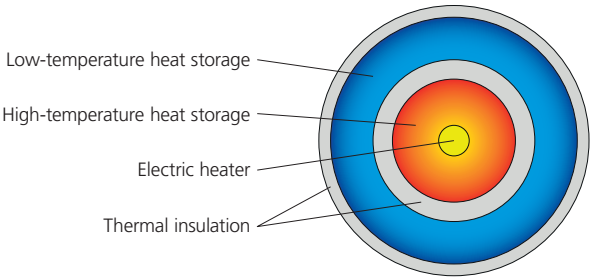
Duo  Therm<sup>®</sup>

Combined thermal high-performance storage unit  
for mobile applications

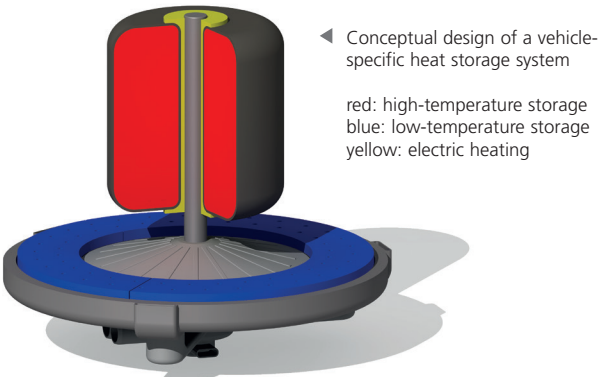


# The DuoTherm® system

The basic principle of the combined heat storage system DuoTherm® is energy storage at two different temperature levels. This is achieved by the concentric design of the storage unit (comparable to the structure of the Earth). At the centre, a high amount of thermal energy is stored at a high temperature level. Enclosing the hot core, the outer shell of the system stores thermal energy on a lower temperature level. The basic structure is shown in the following illustration.



Based on this intelligent design, future thermal energy storage systems will have great advantages over singular storage systems. So, thermal losses of the hot core can be reduced, or, more specifically, be utilised by the low temperature storage unit. In addition, combining two heat storage units enables need-based maximisation of the specific storage density while offering ideal integration capabilities into the overall system.





## Future vehicle concepts

Future road vehicles will have partially or fully electrified drive concepts. In comparison with conventionally powered vehicles, there is comparatively little waste heat available for air conditioning and temperature control purposes. This lack of waste heat with simultaneously increasing demands on efficiency and comfort, places great demands on future thermal management systems. This is particularly evident in the thermal management of fully electrified vehicles on cold winter days. Standard PTC heaters use electric energy from the traction battery to convert it into heat. In the process, the drive system loses this energy, which results in a range reduction of the vehicle by up to 50 per cent.

## Outstanding thermal performance

This challenge is targeted by heat storage systems, offering thermal energy through comparatively small, lightweight, high-performance and cost-effective systems. The thermal storage system DuoTherm<sup>®</sup>, developed by DLR, utilises the sensitive change in temperature and the phase change of the storage material to store energy. During charging, the mPCM is heating and melting while during discharging, it is cooling and solidifying. Two different material classes are used. Metallic phase change materials (mPCM) are used for the high-temperature storage unit at 100 to 600 degrees Celsius. Due to their thermophysical properties, these novel storage materials exhibit outstanding thermal performance and high specific storage capacity. On the other hand, material classes such as salts or paraffins are used for the low-temperature storage unit, which show lower specific storage capacity but offer the possibility of direct coupling with other vehicle components due to their low temperature level (10 to 120 degrees Celsius).

## metallic Phase Change Materials

Metals are used as storage material. In comparison to other phase change materials, metals stand out due to their high heat conductivity. As a result, high charging and discharging performance is possible, resulting in short charging times and high heating capacity. High energy densities and specific amounts of energy also promote a small and lightweight design.



Material classes such as alloys of the metals aluminium, silicon, copper and magnesium are particularly suitable for the technical storage of large quantities of heat in mobile applications and are therefore the subject of current investigations.

## System integration and operating strategy

Applied in the electric vehicle, the heat storage unit DuoTherm® is the key interface in the thermal management of battery-electric vehicles. Besides direct coupling with the heating system of the vehicles interior, the heat storage is also linked to components of the drive system such as the traction battery, the battery loading device, the electric engine and its power electronics. This intensive networking within the overall vehicle system enables DuoTherm® to absorb and store thermal losses. Furthermore, it allows for an intelligent and need-based charging of the storage unit while charging the traction battery at the charging station.

DuoTherm® makes electric vehicles more efficient. On the one hand, the low-temperature storage unit absorbs and manages heat, which otherwise would be lost to the environment. On the other hand, the high-temperature storage unit is charged at the charging station which leads to an increase of the battery-electric range.

## Institute of Vehicle Concepts

The DLR Institute of Vehicle Concepts researches, develops and evaluates new vehicle concepts and technologies in light of future demands on the transport system.

As a systems institute, we develop and demonstrate innovative, application-based solutions for road and rail vehicles, thereby contributing to the design of a sustainable, cost-effective, user-oriented, secure and networked mobility concept. Our contributions range from design and planning to construction, calculation and simulation through to the manufacture of research demonstrators, components and vehicles.

We develop our knowledge and expertise within the framework of collaborative partnerships and contribute to the competitiveness of the industry through innovation transfers in the following fields:

- New road vehicle concepts
- New rail vehicle concepts
- Disruptive concepts
- Vehicle drive and energy
- Vehicle architecture and materials engineering
- Vehicle systems and technology assessment

The institute's guiding vision is successful scientific cooperation for developing efficient vehicle concepts at the interface of energy and transport. The development of future technical systems based on regenerative energy carriers and energy conversion/storage in the vehicle of the future as well as progressive architectures and fuel technologies for road and rail vehicles is supported by a prospective, comprehensive vehicle system analysis and technology evaluation.

## **DLR at a glance**

The German Aerospace Center (DLR) is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport, digitalisation and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the federal government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project management agency.

DLR has approximately 8000 employees at 20 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Goettingen, Hamburg, Jena, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo and Washington D.C.

## **Imprint**

Publisher:

German Aerospace Center (DLR)

Institute of Vehicle Concepts

Contact:

Werner Kraft

Pfaffenwaldring 38–40, 70569 Stuttgart

Phone +49 711 6862-273

E-mail [werner.kraft@dlr.de](mailto:werner.kraft@dlr.de)

## **DLR.de**

(Supported by DLR Technology Marketing)

Illustrations DLR (CC-BY 3.0), unless indicated otherwise.



**DLR**

**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt**  
German Aerospace Center