

# **Hochvoltbatterien durch Komponenten aus Kunststoff optimieren**

# Zusammenfassung

Hochvoltbatterien für Elektrofahrzeuge entwickeln sich technisch laufend weiter und stellen Entwickler vor immer neue Herausforderungen. Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit steigen. Gleichzeitig müssen Batterien möglichst leicht, kompakt sowie wirtschaftlich zu produzieren und zu recyceln sein.

Über die Kernkomponenten eines Batteriesystems (Zellen, Batteriemanagement-System und Kühlsystem) hinaus gibt es eine Reihe weiterer Komponenten, die zur Optimierung des Gesamtsystems beitragen können.

Das technische Design dieser Bauteile - Zell- oder Modulhalter, Spacer, Abdeckungen, Medienleitungen sowie Gehäuseteile - muss einer Vielzahl, teils gegen-

einander wirkenden Anforderungen und Eigenschaften, gerecht werden. Gefragt sind Werkstoffe, die flexibel in der Komposition ihrer Eigenschaften und in ihrer Formgebung sind.

Thermoplaste bieten wichtige Vorteile und Eigenschaften, die sie zu einer leistungsfähigen und nachhaltigen Alternative zu gängigen Werkstoffen wie etwa Metallen und duroplastischen Kunststoffen machen. Sie bieten eine große Bandbreite an Werkstoffen für nahezu jede Anwendung, die darüber hinaus durch Zusätze angepasst werden können.

In diesem Leitfaden erhalten Produktentwickler einen Überblick über die Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten von Kunststoff in Hochvoltbatterien für Elektrofahrzeuge.

## Inhalt

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Anforderungen an Werkstoffe in HV-Batterien</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Eigenschaften und Vorteile von Thermoplasten</b>	<b>8</b>
3.1.	Elektrische Eigenschaften	8
3.2.	Thermische Eigenschaften	11
3.3.	Mechanische Eigenschaften	14
3.4.	Brand- und Flammschutz	18
<b>4.</b>	<b>Leichtbaupotenzial</b>	<b>21</b>
<b>5.</b>	<b>Funktionsintegration</b>	<b>22</b>
<b>6.</b>	<b>Nachhaltigkeit - Design for Circularity</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>Literatur</b>	<b>26</b>

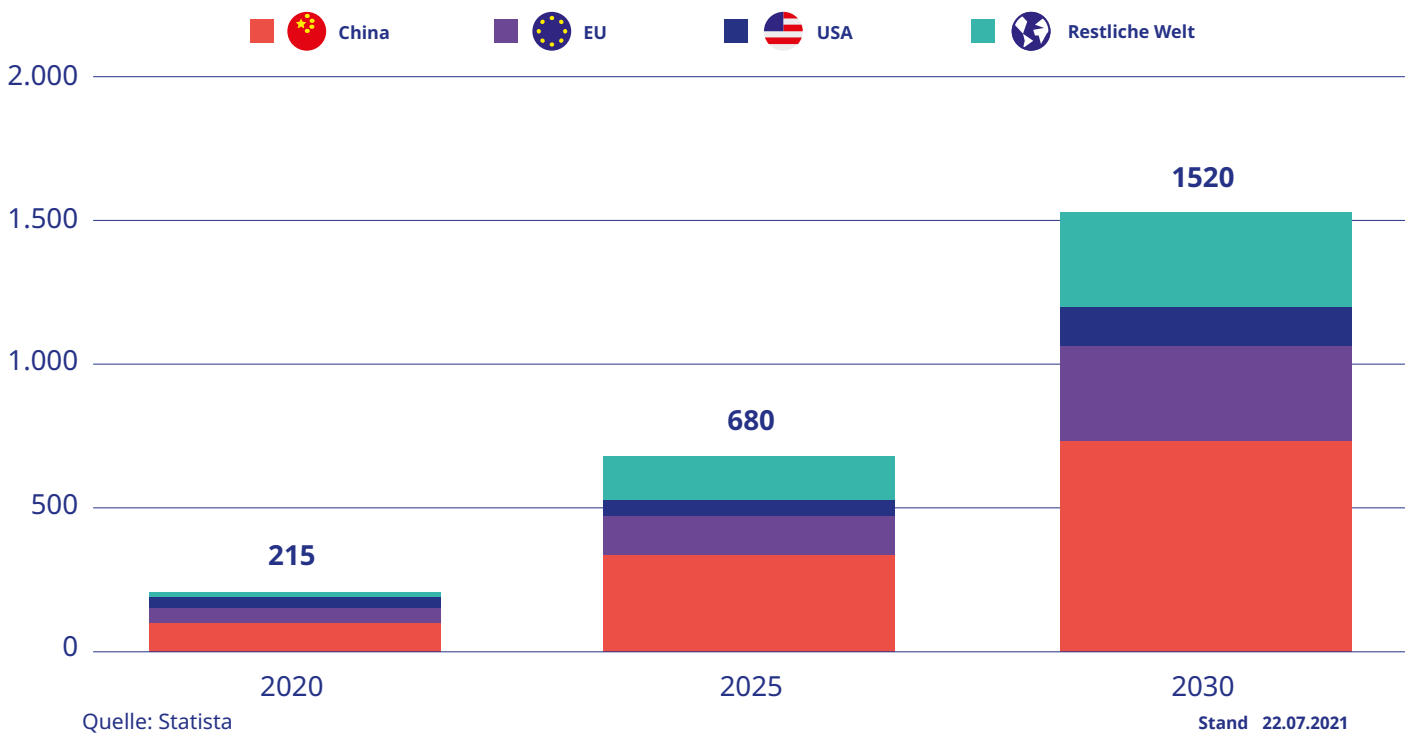
# 1. Einleitung

## Die Nachfrage nach Batterien für E-Fahrzeuge steigt

Weltweit werden immer mehr Fahrzeuge mit Elektroantrieb zugelassen. E-Mobilität ist eine wichtige Voraussetzung, um Mobilität bis spätestens 2050 klimaneutral zu machen und die Klimaziele von Paris zu erreichen, zu denen sich weltweit 195 Länder verpflichtet haben.

Der Verband der Automobilindustrie schätzt den Gesamtbestand an Elektrofahrzeugen aktuell auf weltweit ca. 10 Mio.<sup>1</sup> Mit jedem zugelassenen Fahrzeug wächst auch der Bedarf an Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge, der Schätzungen zufolge bis 2030 um das 7-fache steigen wird.<sup>2</sup>

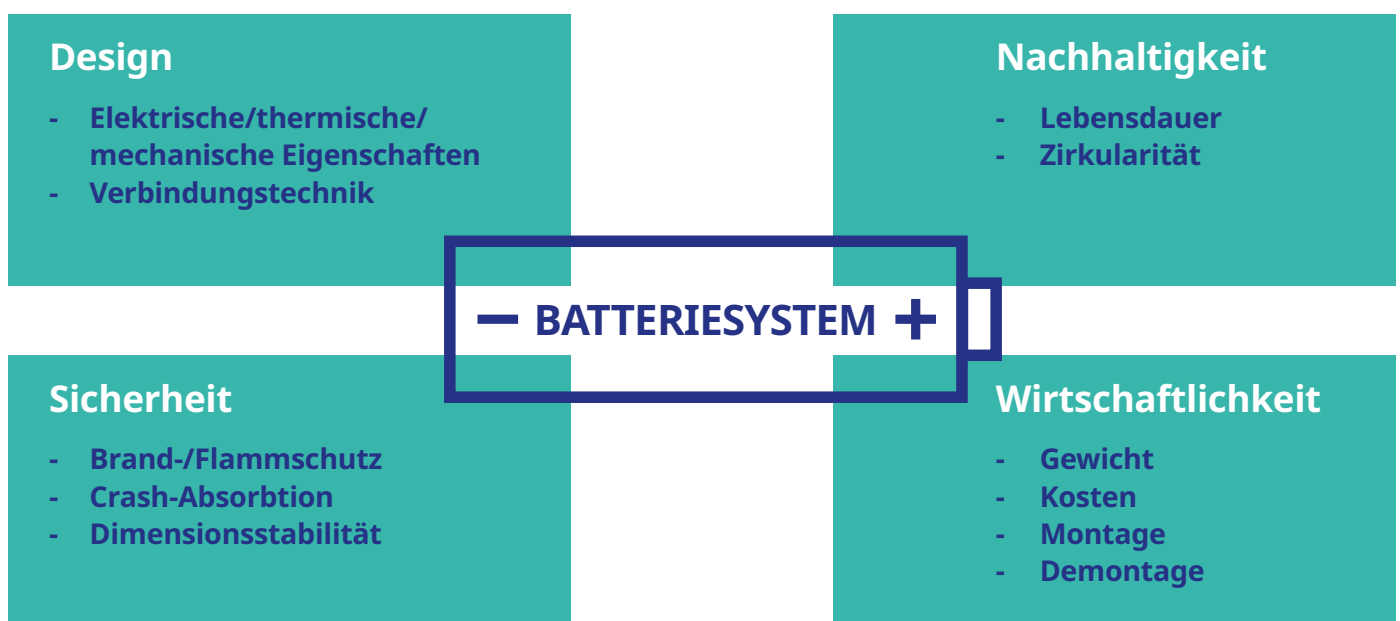
### Prognose zur weltweiten Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge nach Regionen (in GWh)



# Die Herausforderung für Batteriehersteller

Die Entwicklung bei Lithium-Ionen-Batterien ist noch nicht abgeschlossen. Damit Elektrofahrzeuge sich langfristig durchsetzen können, arbeiten Hersteller mit Hochdruck daran, die Leistung und die Reichweite der Batterien zu erhöhen, ihr Gewicht zu reduzieren, die Sicherheit, den Brandschutz und die Nachhaltigkeit zu verbessern sowie die Kosten zu reduzieren.

Entwickler von Hochvoltbatterien\* sind gefordert, Materialien und Designkonzepte laufend zu optimieren und eigene Produktentscheidungen regelmäßig auf den Prüfstand zu stellen.



## Kunststoff als Werkstoff in Hochvoltbatterien im Kommen

Metall spielt als Werkstoff für Komponenten in Hochvolt-Batteriesystemen eine zentrale Rolle, ist jedoch hinsichtlich Gewicht, Kosten und Nachhaltigkeit in vielen Fällen nicht immer der optimale Werkstoff.

Deshalb suchen Entwickler in Forschung und Industrie nach Wegen, Komponenten aus Metall durch leistungsfähigere Lösungen aus Kunststoff zu ersetzen.

\*„Hochvolt“ (Abkürzung: HV) bezeichnet im Automobilsektor Spannungen oberhalb von 60 V DC (Gleichspannung), siehe auch „Spannungsklassen in der Elektromobilität“, Herausgeber: VDE

## Forschungsprojekte: Batteriegehäuse aus Kunststoff

**Beispiel 1:** Ein internationales Konsortium, bestehend aus 46 Firmen, startet 2020 gemeinsam mit dem AZL Aachen ein Projekt zur Analyse der Wettbewerbsfähigkeit verschiedener Konzepte für Multimaterial-Batteriegehäuse.

**Ergebnis:** Lösungen auf Basis von Kunststoffen bieten gegenüber Aluminium hohe Einsparpotenziale bei Gewicht (bis zu 36 %) und Herstellungskosten (bis zu 20 %).<sup>3</sup>

**Beispiel 2:** Die Hersteller Lanxess und Kautex Textron entwickeln 2021 eine seriennahe Gehäusewanne mit Crash-Struktur, Gehäusedeckel und Unterfahrschutz aus dem faserverstärkten Thermoplast PA6 LGF mit lokaler Verstärkung durch Organoblech.

**Ergebnis:** Einstufige Fertigung mit kurzen Zykluszeiten möglich, großformatige Gehäuse in wenigen Arbeitsschritten produziert, Zahl der Einzelkomponenten stark verringert.<sup>4</sup>

**Beispiel 3:** Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit hat ein Leichtbau-Batteriepack entwickelt, das ausschließlich Faser-Kunststoff-Verbunde verwendet.

**Ergebnis:** Gewichtseinsparung gegenüber Aluminium bis zu 40 %. Herstellung fertiger Leichtbau-Batteriegehäuse innerhalb von nur zwei Minuten ohne Nachbearbeitung.<sup>5</sup>

---

Diese Beispiele zeigen, dass technischer Kunststoff beste Voraussetzungen bietet, Metalle in zentralen Bereichen der Batterie-Konstruktion zu ersetzen.

---

## Vorteile von Kunststoff in der Batterieentwicklung

Thermoplaste vereinen eine Vielzahl von elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften, die für Strukturkomponenten in Hochvoltbatterien von Bedeutung sind. Gleichzeitig überzeugt Kunststoff im Vergleich zu Metallen durch sein geringes Gewicht und ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit.

Bauteile wie Zellhalter, Spacer, Abdeckungen, Medienleitungen, Modulträger oder Gehäuse können "aus einem Guss" gefertigt werden, während bei Metall mehrere Komponenten notwendig sind.

Beispiel: Aluminium muss häufig durch z.B. Folien elektrisch isoliert werden. Dies ist bei Kunststoffkomponenten aufgrund der elektrisch isolierenden Eigenschaften der Polymere nicht notwendig.

Funktionale Anforderungen lassen sich bei Komponenten aus Kunststoff durch die Wahl des passenden Materials, Additive (z.B. Graphit oder Bornitrid für thermisch leitende Thermoplaste) sowie durch intelligentes Design (z.B. clipsen statt kleben) realisieren.

## 2. Anforderungen an Werkstoffe in HV-Batterien

Die Batterie ist eine Kernkomponente und meist das teuerste Bauteil in einem E-Fahrzeug.

Das Herz der HV-Batterie bilden die Zellen in Form von Modulen bzw. Packs. Darüber hinaus besteht ein Batteriesystem aus einer Vielzahl weiterer Komponenten wie Kühlsystem, Batterie-Managementsystem, Gehäuse und Bauteile zur mechanischen Integration dieser Komponenten.

Wichtige Anforderungen bei der mechanischen Integration von Komponenten sind vor allem die elektrische Isolierung, Hitzebeständigkeit und Flammseigenschaften sowie je nach Komponente weitere Kriterien wie z.B. Dimensionsstabilität, chemische Widerstandsfähigkeit oder Crash-Resistenz.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wesentlichen Anforderungen der einzelnen Komponenten des Batteriesystems.

### Materialanforderungen für Komponenten in Hochvolt-Batteriesystemen<sup>6</sup>

Anforderungen	Flammwidrigkeit	Chemische Beständigkeit	Formbeständigkeit/ Verzugsarmut	Hitzebeständigkeit	Designfreiheit	Kriechstromfestigkeit	Farbstabilität/ Einfärbbarkeit	Crash-Beständigkeit	Elektrische Isolierfähigkeit / Durchschlagfestigkeit	Elektromagnetische Abschirmung
<b>Komponenten</b>										
Batteriepack	•	•	•	•	•	•		•	•	
Batteriegehäuse	•	•		•	•			•	•	•
Ladesystem	•					•	•	•	•	•
Hochvolt-Verbindungssystem	•		•			•	•		•	•
Kühlsystem		•	•		•			•		

# Anforderungen an die eingesetzten Werkstoffe

## Elektrische Anforderungen

- Isolation/Abschirmung gegen Durchschlagsspannung

## Thermische Anforderungen

- Optimale Wärmeableitung (Verlustwärme) versus Isolation (Umgebungstemperatur)

## Leichtbau

- Gewichtsreduzierung
- Funktionsintegration



## Mechanische Anforderungen

- Schutz vor Crash/Intrusion/Vibration
- Mechanische Integration (z. B. Fixieren) von Komponenten

## Nachhaltigkeit

- Optimierung für Montage, Wartung und Recycling („Design for Circularity“)

## Brandschutz Anforderungen

- Temperaturbeständigkeit
- Flammschutz (VO)

Fotoquelle: BMW

---

**Trend: Mit immer leistungsfähigeren Elektrofahrzeugen werden auch die Anforderungen an Batteriesysteme hinsichtlich elektrischer Isolation, elektromagnetischer Abschirmung, Flammschutz, Crash-Sicherheit, Gewicht etc. steigen.**

---

## 3. Eigenschaften und Vorteile von Thermoplasten

Konnten Ingenieure bisher bei der Materialauswahl für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren auf das Know-how und die Erfahrung aus vielen Jahrzehnten zurückgreifen, betreten Sie bei Elektrofahrzeugen häufig Neuland. Die Anforderungen an Werkstoffe sind hier oft sehr viel spezifischer.

Der „one size fits all“-Ansatz aus dem klassischen Fahrzeugbau funktioniert in der E-Mobilität nicht mehr. Standards aus anderen Branchen wie der Elektronik beeinflussen jetzt die Materialauswahl. Thermoplastische Kunststoffe bieten nicht nur von Hause aus günstige Eigenschaften für den Einsatz in HV-Batterien, sondern können bei Bedarf flexibel an spezifische Anforderungen angepasst werden.

Hintergrund: Thermoplaste - teilkristalline und amorphe Kunststoffe - unterscheiden sich durch ihre Molekülstruktur und somit durch ihre Eigenschaften. Teilkristalline Thermoplaste (z.B. PA 6, PA 66 oder PBT) bieten Vorteile gegenüber amorphen Kunststoffen (z.B. PC, PVC) aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften und Wärmeformbeständigkeit. Insbesondere durch die Zugabe von Additiven erfüllen immer mehr teilkristalline Polymere die strengen Anforderungen der E-Mobilität an elektrische Sicherheit, Flammenschutz und Mechanik.

### 3.1 Elektrische Eigenschaften

Elektrofahrzeuge werden mit hohen Stromspannungen von etwa 400 Volt betrieben, Tendenz steigend bis zu 800 Volt und mehr für höhere Leistungsanforderungen. Höhere Spannungen reduzieren Verlustleistungen und erlauben schnelleres Laden. Sie stellen jedoch auch höhere Anforderungen beispielsweise an die elektrische Isolation von Batteriesystemen.

Kunststoffe sind grundsätzlich elektrische Isolatoren, während Metalle elektrisch leiten. Daher ist Kunststoff in HV-Batterien der Werkstoff der Wahl, wenn es um elektrische Isolierung geht.

#### Durchschlagsfestigkeit

Der Trend zu immer kleineren elektronischen Komponenten in Hochvoltbatterien führt dazu, dass isolierende Werkstoffe trotz steigender Spannung immer dünner werden. Dadurch steigt die Gefahr des elektrischen Durchschlags.

Elektrischer Durchschlag kann Komponenten irreparabel beschädigen oder zerstören und zum Brand führen. Deshalb spielt die elektrische Durchschlagsfestigkeit als Kenngröße bei elektrisch isolierenden Werkstoffen eine zentrale Rolle.

Die Durchschlagfestigkeit (kV/mm) kennzeichnet die Festigkeit von Isolierwerkstoffen gegen Hochspannung, d.h. die maximale elektrische Feldstärke, ohne dass es zu Spannungsdurchschlag (Lichtbogen, Funkenschlag) kommt. Je höher der Wert ist, desto isolierender ist das Material.

Die Durchschlagfestigkeit ist von verschiedenen Faktoren wie etwa Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Zeitspanne und Oberflächenstruktur abhängig und ist daher keine Materialkonstante.

## Einflussgrößen auf die Durchschlagsfestigkeit<sup>7</sup>

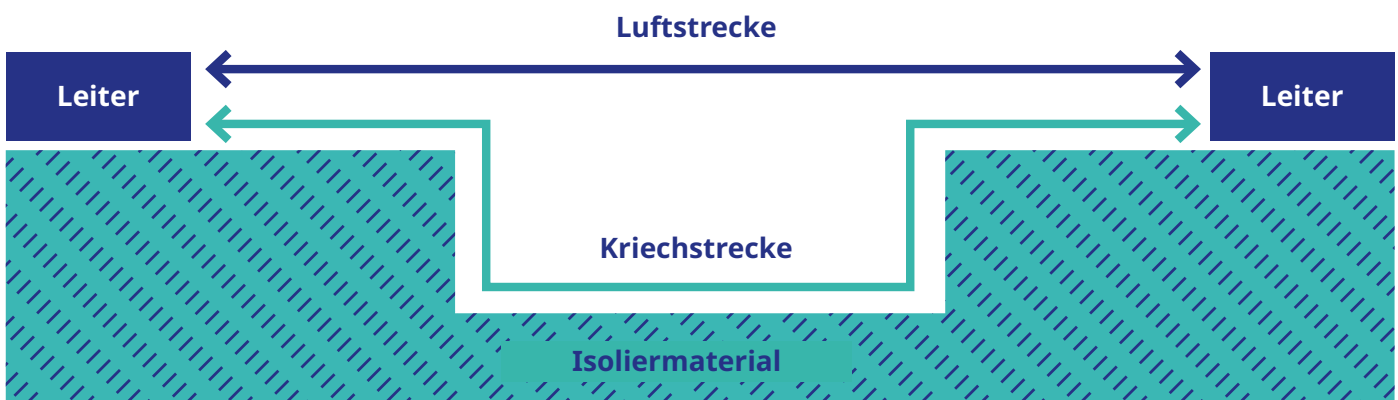
- Die Durchschlagsfestigkeit nimmt bei steigender Temperatur ab. Eine grobe Daumenregel lautet, dass bei Erhöhung der Einsatztemperatur um 10 °C die Lebensdauer um 50% abnimmt, da die Spannungsfestigkeit über die Zeit immer mehr abnimmt. Dies muss bei der Auswahl des Kunststoffs berücksichtigt werden.
- Schutz vor mechanischer Beanspruchung: Mechanisch belastete Isolatoren (z.B. durch Leckage-Pfade infolge von Fehlern im Inneren des Materials) weisen deutlich geringere Werte der Durchschlagsfestigkeit auf.
- Herstellungsbedingte Faktoren wie z.B. Spritzguss-Bindenähte oder winzige Fehlstellen können die Durchschlagfestigkeit reduzieren.

## Kriechstromfestigkeit

Eine weitere wichtige Größe zur Bewertung der elektrischen Isolierfähigkeit eines Werkstoffs ist die Kriechstromfestigkeit (CTI-Wert). Dieser Wert kennzeichnet die Isolationsfestigkeit der Oberfläche und drückt aus, wie widerstandsfähig ein Werkstoff gegen die Bildung von Kriechstrom ist. Wird die Oberfläche z.B. durch Abrieb oder Staub verschmutzt, kann sich bei ausreichend hoher Luftfeuchtigkeit ein leitfähiger Belag bilden. Je höher die Spannung, desto höher muss der CTI-Wert sein.

### Einflussgrößen - Maßnahmen gegen Kriechstrom

- Ausreichender Abstand (Luftstrecke) zwischen stromführenden Komponenten bzw. Einfügen von z.B. Rippen oder Aussparungen, um die Kriechstrecke zu vergrößern. Dies ist jedoch angesichts begrenzter Bauräume und der speziellen Geometrien in Batterien häufig nur bedingt möglich.
- Schutz vor Verunreinigungen: Kriechstrombildung kann auftreten, wenn die Oberfläche eines Isoliermaterials verkohlt und damit zunehmend leitfähig wird. Die Ursache für eine solche Verkohlung ist eine Oberflächenkontamination durch Ionen, die in Feuchtigkeit, Staub oder anderen Partikeln enthalten sind und sich mit der Zeit auf der Kunststoffoberfläche ablagern.
- Einsatz kriechstromfester Werkstoffe, die Kriechstrom auf engstem Raum verhindern: Kunststoffe wie etwa PA, PP oder PE bieten eine Kriechstromfestigkeit > 600 Volt (Isolierstoffgruppe I nach DIN IEC 60112)<sup>8</sup>.



Die Kriechstrecke ist der kürzeste Abstand zwischen zwei leitenden Punkten entlang der Oberfläche eines isolierenden Materials, während die Luftstrecke der kürzeste Abstand in der Luft zwischen zwei leitenden Teilen ist.

**Anwendungsbeispiel:**

Batteriezellen bzw. -module müssen raumsparend fixiert und isoliert werden, um Kriechstrom und Durchschlagspannung zu vermeiden. Mögliche Lösung: Isolierendes Halteprofil aus speziell eingestelltem PA 66 GF 25 mit CTI 600 zur Abschirmung gegen Durchschlag.

**Unsere Empfehlung:**

Verwenden eines Kunststoffs mit einem intrinsisch höheren CTI-Wert. Dies ermöglicht auch geringere Abstände zwischen Komponenten und hilft somit, Bauraum zu reduzieren.

**Wichtig:**

Standardthermoplaste wie z.B. PVC bieten zwar eine hohe Durchschlagsfestigkeit, sind jedoch bei höheren mechanischen Anforderungen und hinsichtlich Dimensionsstabilität in der Regel nicht als Werkstoff für elektronische Komponenten in Hochvoltbatterien geeignet.

Grundsätzlich gilt, dass es nicht den besten Kunststoff gibt, der alle erdenklichen Anforderungen bei Hochvoltbatterien gleichermaßen erfüllt. Vielmehr liegt die Stärke des Kunststoffs darin, dass dieser nach Bedarf z.B. durch Zusätze eingestellt werden kann.

Kunststoffe wie PBT oder PA 66 mit sehr guten mechanischen Eigenschaften können auf einen CTI-Wert von deutlich über 600 V modifiziert werden. Am Markt sind bereits Polyamide erhältlich, die selbst bei Spannungen über 900 Volt kriechstromfest sind.<sup>9</sup>

---

**Fazit elektrische Eigenschaften**

- **Höhere Leistungen und kürzere Ladezeiten stellen höhere Anforderungen an die elektrische Isolation in Batteriesystemen.**
  - **Wesentliche elektrische Eigenschaften von Komponenten in HV-Batterien sind Durchschlagsfestigkeit und Kriechstromfestigkeit.**
  - **Thermoplastische Kunststoffe bieten hier sehr gute intrinsische Eigenschaften, die durch Zusätze bedarfsgerecht angepasst werden können.**
-

## 3.2 Thermische Eigenschaften

Die Leistungsfähigkeit von Hochvoltbatterien hängt wesentlich von den bestehenden Temperaturen ab. Der optimale Temperaturbereich für den Betrieb von Lithium-Ionen-Batterien liegt aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften bei 20 °C bis 40 °C.<sup>10</sup>

Bei sehr niedrigen Temperaturen werden die chemischen Prozesse in der Batterie deutlich verlangsamt, wodurch die Energie- und Leistungskapazität sinkt. Sehr hohe Temperaturen führen im Extremfall zu Selbstzerstörung (Thermal Runaway) oder Brand.

Deshalb spielt das Thermomanagement für die Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Hochvoltbatterien eine zentrale Rolle. Komponenten aus Kunststoff übernehmen hier wichtige Aufgaben sowohl für die thermische Isolierung des Batteriegehäuses gegen externe Einflüsse als auch für die gezielte Wärmeabführung von Zellen und Komponenten innerhalb des Batteriesystems.

### Thermische Isolierung

Die meisten Kunststoffe sind gute Wärmeisolatoren mit geringer Wärmeleitfähigkeit. Nicht umsonst werden sie im Baubereich etwa zur thermischen Isolierung von Fenstern und von Außenwänden eingesetzt, um im Inneren konstante Temperaturen zu gewährleisten.

Um die optimale Betriebstemperatur von Zellen in Hochleistungsbatterien zuverlässig und dauerhaft sicherzustellen ist i.d.R. eine aktive Beheizung bzw. Kühlung der Batterie notwendig - diese benötigt Energie.

Gehäuse aus Kunststoff schirmen Batterien besser gegen Kälte und Hitze ab als solche aus Metall und helfen so, den Energieaufwand für Heizung und Kühlung von Hochvoltbatterien zu senken und die Effizienz von E-Fahrzeugen zu erhöhen.

### Wärmeabführung

Neben der thermischen Isolierung im Bereich des Batteriegehäuses spielt die gezielte Abführung von Wärme innerhalb des Batteriesystems eine zentrale Rolle im Thermomanagement von Hochvoltbatterien. Wärme, die beim Betrieb der Zelle entsteht, muss laufend zuverlässig abgeführt werden, um Überhitzung zu vermeiden.

Ein gängiger Ansatz für die Wärmeabführung zwischen Modulen bzw. nach außen an das Batteriegehäuse sind Kühlkörper aus Aluminium. Um eine optimale Wärmeübertragung zwischen Zelle bzw. Modul und Kühlkörper herzustellen und Unebenheiten auszugleichen, kommen Wärmeleitpasten und Gap Filler zum Einsatz.

Die Nachteile solcher Lösungen bestehen darin, dass sie zusätzliches Gewicht verursachen, die Ökobilanz chemisch belasten und das Recycling von Batterien durch Verklebungen erschweren. Reversible Verbindungselemente wie etwa Federschienen aus wärmeleitendem Kunststoff können hier eine gewichtssparende und recyclingfreundliche Alternative sein.

Mithilfe wärmeleitender Kunststoffcompounds lassen sich Lösungen realisieren, die ähnliche Wärmeleitfähigkeitswerte wie Wärmeleitpasten bieten (ca. 5 W/mK) und darüber hinaus auch zusätzliche Funktionen wie etwa elektrische Isolierung, mechanische Aufgaben und flexiblere Verbindungstechnik integrieren können.

### Beispiel für multifunktionale Bauteile aus Kunststoff:

Modulgehäuse und mechanische Verbindungselemente (Clips) aus wärmeleitfähigem Kunststoff.

Hintergrund: Bei den wärmeleitenden Kunststoffen werden die intrinsischen Polymereigenschaften durch Füllstoffe so modifiziert, dass eine thermoplastisch verarbeitbare Formmasse mit möglichst hoher Leitfähigkeit entsteht.

### Arten von Füllstoffen:

- Kohlenstoff-basiert (Graphit): hohe thermische und elektrische Leitfähigkeit
- Keramisch-mineralisch: thermische Leitfähigkeit plus elektrische Isolation

Für den Einsatz in elektrischen Anwendungen wie auch Hochvoltbatterien eignen sich Kunststoffe mit keramisch-mineralischen Füllstoffen wie etwa Bornitrid besonders gut, da sie keine zusätzlichen Elemente zur elektrischen Isolierung benötigen.

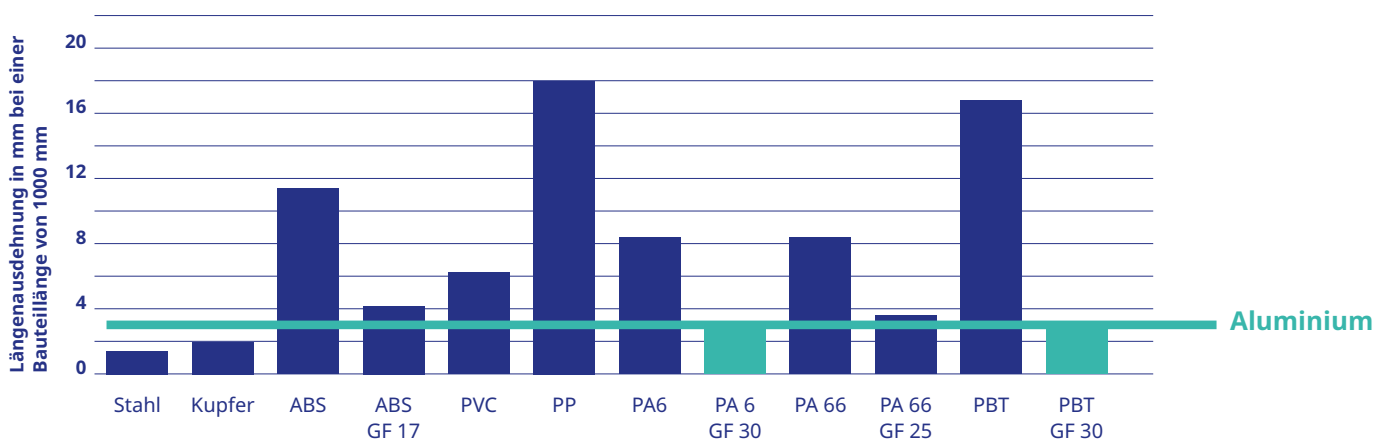
## Thermische Längenausdehnung bei Wärme

Jedes Material verändert sein Volumen in Abhängigkeit von der Temperatur. Die meisten Materialien dehnen sich mit zunehmender Temperatur aus. Mögliche Längenänderungen von Strukturkomponenten müssen bei Hochvoltbatterien konstruktiv berücksichtigt werden.

Die Längenausdehnung ist abhängig von der Ausgangslänge, dem Temperaturunterschied und dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des verwendeten Werkstoffes.

Kunststoffe dehnen sich im Vergleich zu Metallen bei steigender Temperatur etwa 10-mal stärker aus.<sup>11</sup> Dies muss bei der Konstruktion von Systemen aus unterschiedlichen Werkstoffen berücksichtigt werden.

### Thermische Längenausdehnung bei Temperaturerhöhung von -40° auf 80°C <sup>12</sup>



Wirken Komponenten aus verschiedenen Materialien in der Batterie zusammen, dann besteht die Herausforderung darin, ähnliche Längenausdehnung für alle Komponenten zu erreichen - durch Werkstoffe mit gleichem oder ähnlichem Ausdehnungskoeffizient.

Die vorstehende Grafik zeigt, dass die Längenausdehnung von Kunststoffen ohne Füllstoff (z.B. ABS, PP, PA6 oder PBT) deutlich höher ist als die von Aluminium. Ein Zusatz von z.B. Glasfasern reduziert die Längenausdehnung deutlich - so erreichen z.B. PBT GF 30 oder PA 6 GF 30 gleiche Werte wie Aluminium.<sup>12</sup>

#### **Anwendungsbeispiel:**

Positionierung bzw. Isolierung von Alu-Kühlkörpern mithilfe von thermoplastischen Kunststoffen.

Indem die Längenausdehnung des Kunststoffs durch Zusätze (z.B. Glas- oder Mineralfasern) an die des Aluminiums angeglichen wird, lassen sich Maßauslegungen der Bauteile und Bohrlöcher reduzieren und damit der Raumbedarf minimieren.

---

#### **Fazit thermische Eigenschaften**

- **Das Thermomanagement spielt für die Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Hochvoltbatterien eine zentrale Rolle.**
  - **Komponenten aus Kunststoff übernehmen hier wichtige Aufgaben sowohl für die thermische Isolierung des Batteriegehäuses als auch für die gezielte Wärmeabführung von Zellen und Komponenten innerhalb des Batteriesystems.**
  - **Mithilfe wärmeleitender Kunststoffcompounds lassen sich Lösungen realisieren, die neben der Wärmeableitung auch zusätzliche Funktionen wie etwa elektrische Isolierung, mechanische Aufgaben und flexiblere Verbindungstechnik integrieren können.**
  - **Durch Zusatz von z.B. Glasfasern lässt sich die thermische Längenausdehnung von Kunststoffen deutlich reduzieren und bei Bedarf an Komponenten aus Metall anpassen.**
-

## 3.3 Mechanische Eigenschaften

Neben elektrischen und thermischen Eigenschaften sind bei der Auswahl der passenden Materialien für Strukturkomponenten in Hochvoltbatterien besonders mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit, Festigkeit und Crash-Eigenschaften von Bedeutung.

Das mechanische Design von Batterien zielt darauf ab, bestmögliche Stabilität und Zuverlässigkeit gegenüber mechanischen Einwirkungen wie Vibrationen und Stoßkräften zu erreichen, ohne dabei elektrische und thermische Anforderungen zu vernachlässigen.

Um Batteriezellen bzw. -module sicher und raumsparend in ein Batteriesystem zu integrieren, müssen diese präzise und mechanisch robust positioniert und befestigt werden. Bauteile aus faserverstärktem Kunststoff bieten hierfür sehr gute energieabsorbierende Eigenschaften.

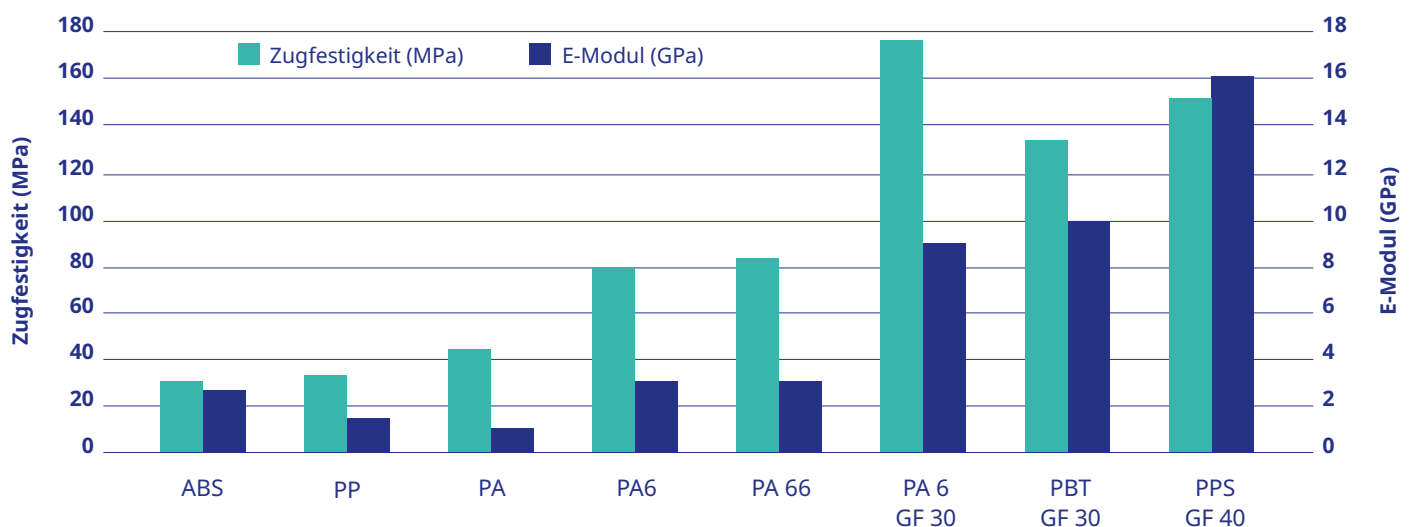
### Steifigkeit und Zugfestigkeit

Wesentliche Kenngrößen zur Bewertung der mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen sind die Steifigkeit (Elektrizitätsmodul, kurz: E-Modul) und die Zugfestigkeit.

Der **Elastizitätsmodul** beschreibt bei linear-elastischem Verhalten den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers - die Steifigkeit. Je größer der E-Modul, desto geringer die Verformung (z.B. Verbiegung).

Die **Zugfestigkeit** ist eine Werkstoffkenngröße, die die maximale Zugspannung eines Werkstoffes in  $\text{N/mm}^2$  vor dem Reißen, also der dauerhaften Zerstörung, kennzeichnet. Je größer die Zugfestigkeit, desto größer die Kraft, die ein Werkstoff "verträgt".

#### Mechanische Eigenschaften ungefüllter und gefüllter Thermoplaste im Vergleich<sup>13</sup>

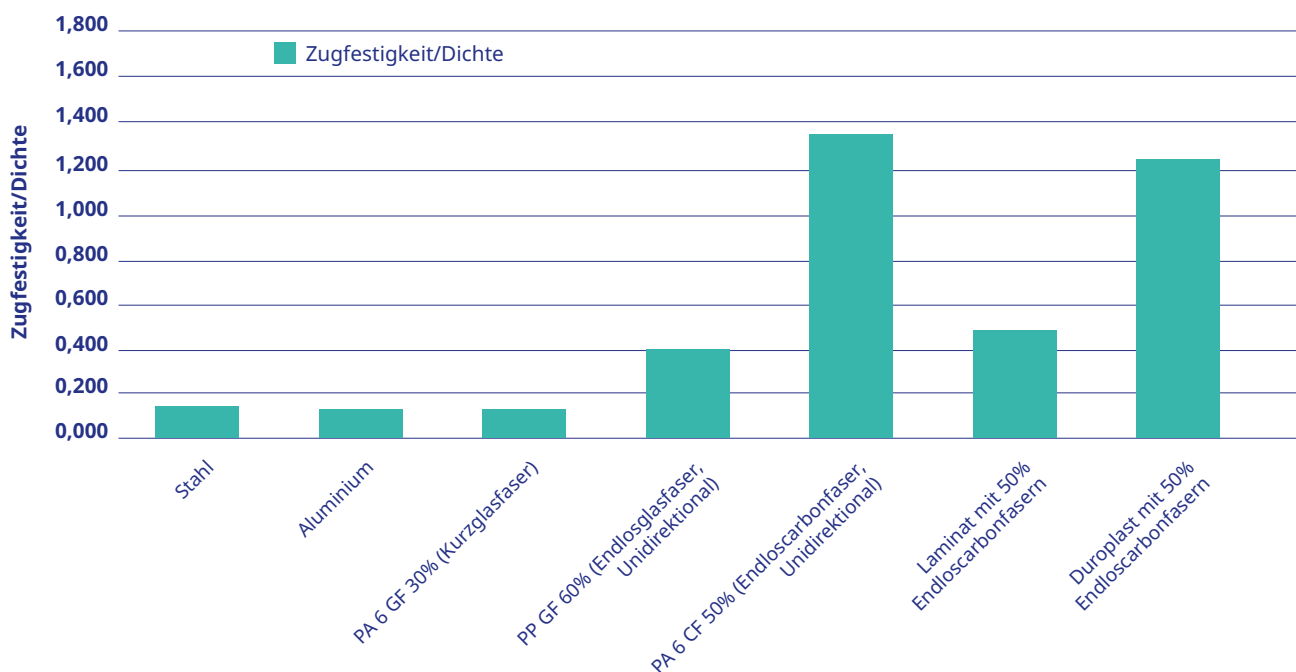


Bei den dargestellten Thermoplasten zeigt sich, dass insbesondere der E-Modul durch die Zugabe von Glasfasern (GF) deutlich erhöht werden kann. Hinsichtlich der Zugfestigkeit erreicht im Beispiel das glasfaser-verstärkte Polyamid PA 6 GF 30 besonders gute Werte.

# Leichtbau-Eigenschaften von Batteriekomponenten

Bei der Entwicklung von Batteriesystemen zählt jedes Gramm Gewicht. Deshalb müssen mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit und Zugfestigkeit immer im Kontext des Materialgewichts betrachtet werden, um den optimalen Werkstoff zu finden. Beispielsweise bietet Stahl eine sehr hohe Steifigkeit, ist jedoch im Vergleich zu anderen Werkstoffen sehr schwer. Wird das Metall eingesetzt, obwohl die mechanischen Belastungen dies nicht erfordern, führt die überdimensionierte Konstruktion häufig zu einem Gewichtsnachteil - und somit einer versäumten Chance, Lösungen mit optimalen Leichtbau-Eigenschaften zu realisieren. Die folgende Tabelle zeigt die Zugfestigkeit im Verhältnis zur Materialdichte:

Leichtbau-Eigenschaft von Metallen und faserverstärkten Kunststoffen im Vergleich<sup>14</sup>



## Die Ergebnis im Überblick:

- Ein mit 30 % Kurzglasfasern gefülltes Polyamid PA 6 GF 30 erreicht bereits ähnliche Werte wie Aluminium und Stahl.
- Die mit Endlosfasern verstärkten Thermoplaste erzielen deutlich bessere Werte als die Metalle.
- Endlosfaserverstärkte Kunststoffe profitieren deutlich von den überragenden mechanischen Eigenschaften der Carbon- bzw. Glasfasern und sind hinsichtlich der Zugfestigkeit den Metallen als Leichtbaumaterial überlegen.

## Fazit

Bei Anwendungen mit sehr hohen mechanischen Anforderungen an die Festigkeit und Steifigkeit ist der Zusatz von Verstärkungsfasern, insbesondere Endlosfasern, eine sehr gewichtssparende Lösung, um das Leichtbaupotenzial von Kunststoff voll auszuschöpfen.

Mehr zum Thema finden Sie unten im Kapitel "Leichtbaupotenzial". >>>

# Crash-Eigenschaften

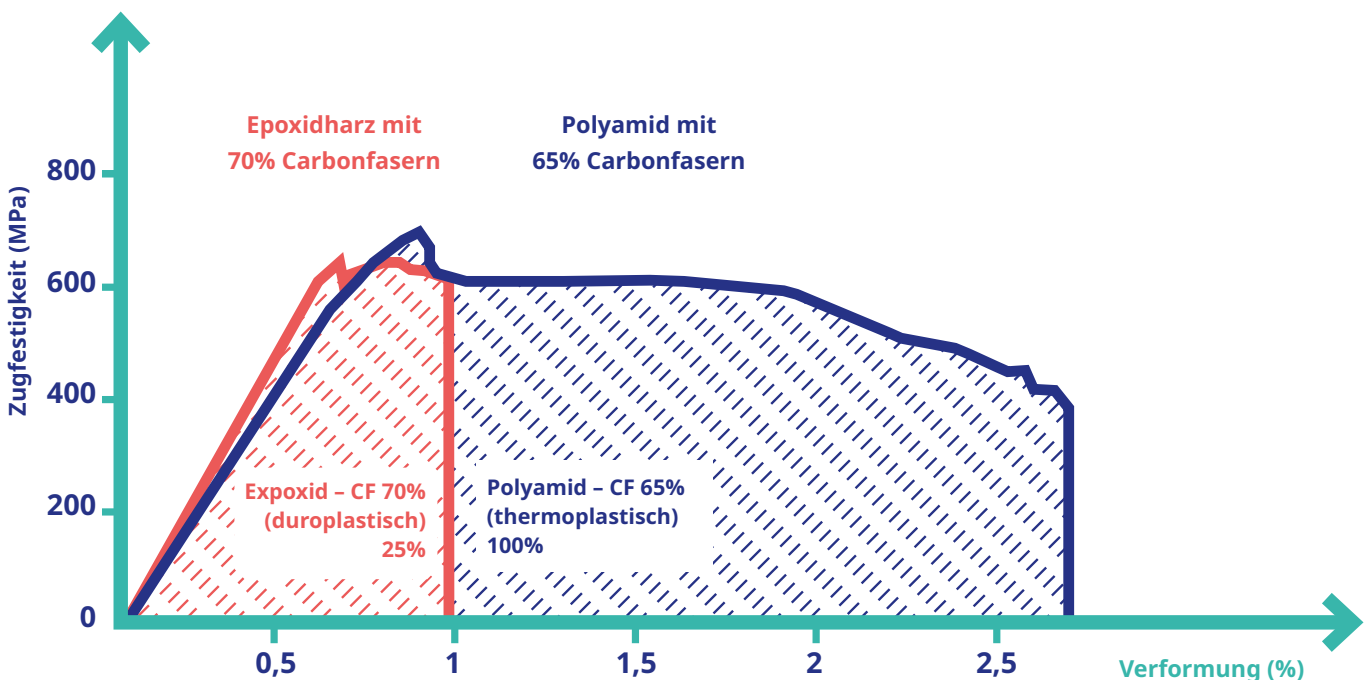
Elektrofahrzeuge sind in der Regel schwerer als Verbrenner. Dementsprechend müssen bei Unfällen höhere Energien abgebaut werden. Daraus ergeben sich hohe und teilweise komplexe Anforderungen an die Crashesicherheit von Hochvoltbatterien.

Die Batteriegehäuse müssen besonders steif und fest sowie energieabsorbierend sein. Gleichzeitig müssen sie im Falle eines Fahrzeugbrands oder bei thermischem Durchgehen der elektrischen Zellen flammwidrig sein und sich zudem konstruktiv günstig in die Fahrzeugstruktur integrieren lassen.<sup>15</sup>

Aktuell werden zur Erfüllung der Craschanforderungen in Batterien vorrangig metallische Bauteile verwendet, obwohl deren Kennwerte in Abhängigkeit vom verwendeten Material, der Geometrie und der Belastungsart eine große Streubreite aufweist. Die maximale gewichtsspezifische Energieabsorption (SEA) liegt bei faserverstärkten Kunststoffen teilweise deutlich über vergleichbaren Aluminium- oder Stahlstrukturen.<sup>16</sup>

Innerhalb der faserverstärkten Kunststoffe weisen thermoplastische Kunststoffe besonders positive Crash-Eigenschaften auf - sie verfügen gegenüber den spröderen Duroplasten über ein wesentlich höheres Energieaufnahmevermögen und sind dadurch deutlich schadenstoleranter.

## Crash-Absorptionsfähigkeit von Thermoplast (Polyamid) und Duroplast (Epoxid) im Vergleich - hier im Beispiel an Bauteilen mit Carbon-Endlosfaserverstärkung<sup>17</sup>



Energieaufnahmevermögen bis zum Bruch im 4-Punkt-Biege-Test nach DIN ISO 14125

Neben dem verwendeten Material ist die Geometrie bei einer energieabsorbierenden Struktur aus faserverstärktem Kunststoff von entscheidender Bedeutung. Die Crash-Absorptionsfähigkeit kann beispielsweise durch Rippen-/Wellenstruktur oder Hohlkammern zusätzlich verbessert werden.

**Faserverstärkte Kunststoffe - insbesondere Thermoplaste - können einen wichtigen Beitrag zur Leichtbaustrategie leisten, da sie im Vergleich zu Metallen wie z. B. Stahl und Aluminium leichter sind und trotzdem bei der Energieabsorption vergleichbar oder sogar besser abschneiden.**

## Dimensionsstabilität

Die Dimensionsstabilität bezeichnet die Eigenschaft von Werkstoffen, unter wechselnden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) maßhaltig zu bleiben. Ein dimensionsstabiler Kunststoff zeichnet sich durch geringe Feuchteaufnahme und geringe Wärmeausdehnung aus. Die Wahl des passenden Werkstoffs ist dabei immer ein Kompromiss unter Abwägung aller Anforderungen wie die folgenden Beispiele zeigen:

- Polyamid (PA) unverstärkt nimmt viel Feuchtigkeit auf, bietet jedoch gute mechanische Werte für den Einsatz in Hochvoltbatterien.
- Polybutylenterephthalat (PBT) nimmt wenig Feuchtigkeit auf, bietet jedoch einen schlechteren CTI-Wert.
- Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS) nimmt wenig Feuchtigkeit auf, weist jedoch eine hohe thermische Längenausdehnung auf.

Auch hier gilt wieder: Die Dimensionsstabilität, aber auch andere Eigenschaften von technischen Kunststoffen, können durch Modifikationen wie z.B. Glasfaserverstärkung verbessert werden, um den spezifischen Anforderungen im Einzelfall gerecht zu werden.

---

### Fazit mechanische Eigenschaften

- **Bei der Auswahl der passenden Materialien für Strukturkomponenten in Hochvoltbatterien sind besonders mechanische Eigenschaften wie Steifigkeit, Festigkeit und Crash-Eigenschaften von Bedeutung**
  - **Durch die Zugabe von Endlosfasern lassen sich die Steifigkeit und Zugfestigkeit von Thermoplasten bedarfsgerecht einstellen und im Vergleich zu Metallen deutlich bessere Leichtbaueigenschaften erreichen.**
  - **Innerhalb der faserverstärkten Kunststoffe weisen thermoplastische Kunststoffe besonders positive Crash-Eigenschaften auf - sie verfügen gegenüber den spröderen Duroplasten über ein wesentlich höheres Energieaufnahmevermögen und sind dadurch deutlich schadenstoleranter.**
  - **Eigenschaften wie z.B. die Dimensionsstabilität thermoplastischer Kunststoffe können durch Modifikationen wie z.B. Glasfaserverstärkung an die spezifischen Anforderungen angepasst werden.**
-

## 3.4 Brand- und Flammenschutz

Wesentliches Ziel bei der Konstruktion von HV-Batterien für Elektrofahrzeuge ist die Vermeidung bzw. Verzögerung von Bränden. Intelligente Batteriemanagement-Systeme helfen, einer Überlastung der Batterie und kritischer Hitzeentwicklung vorzubeugen. Flammhemmende und hitzebeständige Werkstoffe wie etwa thermoplastische Kunststoffe tragen dazu bei, Brände zu vermeiden bzw. deutlich zu verzögern.

### Brandvermeidung als oberste Prämisse

Ein Forschungsprojekt, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) u.a. zu Bränden in Elektroautos stellt grundsätzlich fest, "dass Elektrofahrzeuge nicht heftiger brennen als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, aber anders. Die Wärmefreisetzungsrate, die Zusammensetzung der ausgestoßenen Gase und die Brandentwicklung zeigen teilweise deutliche Unterschiede auf."<sup>18</sup>

Batterien bestehen aus mehreren hundert oder tausend Zellen, die sehr zügig und heftig abreagieren (thermisch durchgehen) können. Zudem sind die Batteriegehäuse meist im Unterbodenbereich der Fahrzeuge verbaut und somit schwer zugänglich für Löschmittel. Dadurch ist die Brandbekämpfung aufwendig und dauert länger.

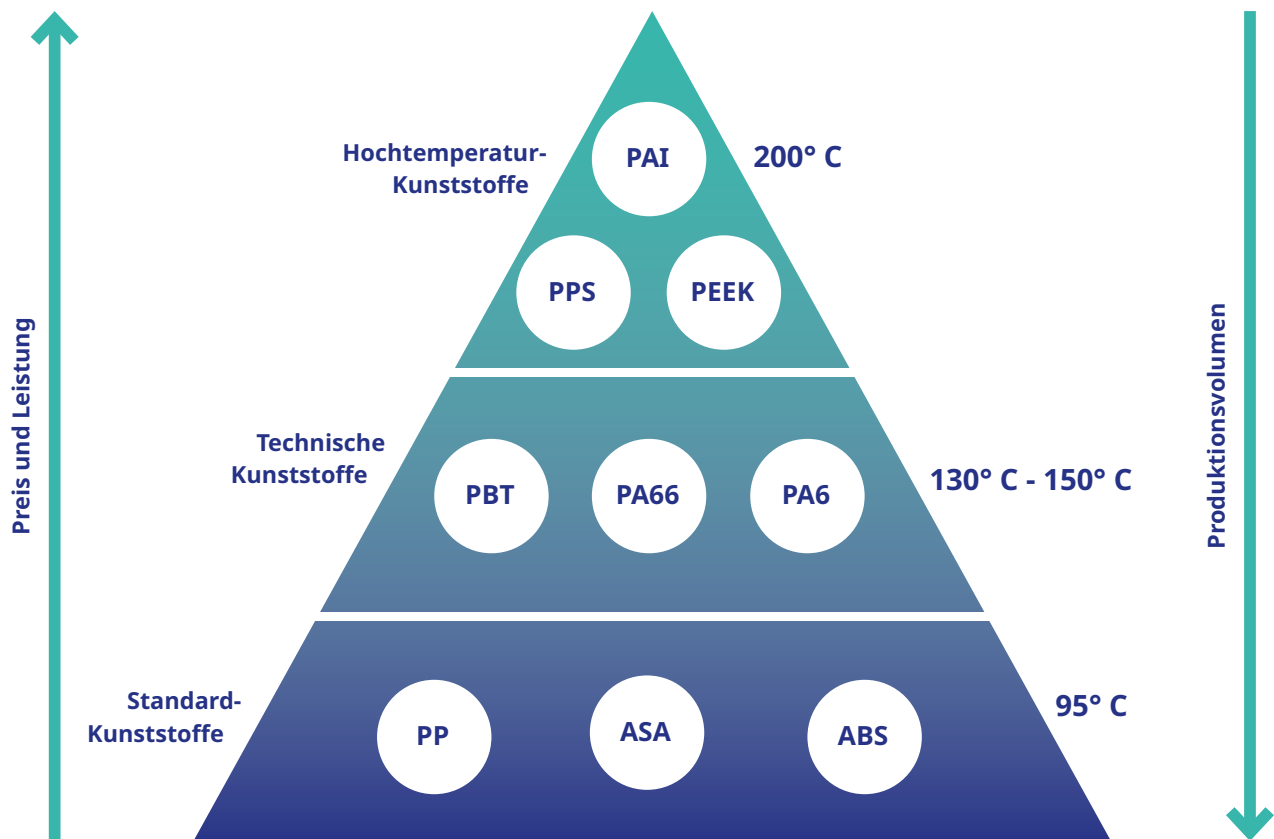
Daraus ergeben sich spezielle Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit und Flammhemmung der für Batteriekomponenten eingesetzten Werkstoffe.

### Temperaturbeständigkeit

Der Elektroantrieb stellt nicht nur hohe Anforderungen an die elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Bauteile sondern auch an die Temperaturbeständigkeit - so können je nach Komponente Dauergebrauchstemperaturen von über 200 °C bestehen.

Je nach Anforderung an die Temperaturbeständigkeit sind im Bereich der Hochvoltbatterien vor allem die technischen Thermoplaste wie z.B. PBT oder PA 6/66 sowie Hochleistungsthermoplaste wie z.B. PPS geeignet.

# Thermoplaste und Temperaturklassen im Überblick



Neben der Temperaturbeständigkeit für den Normalbetrieb kommt es bei der Auswahl des passenden Werkstoffs vor allem auf schwere Entflammbarkeit bzw. Flammhemmung an.

## Flammhemmung

Elektrofahrzeuge brennen zwar selten, dennoch gilt es, das Risiko eines Brandes zu verhindern. Ursachen eines Brandes können z.B. Kurzschluss, Überhitzung oder auch ein Unfall sein. Beim sog. Thermal Runaway (Thermisches Durchgehen) kann von einer Zelle ausgehend eine unaufhaltbare Kettenreaktion in Gang gesetzt werden, die in Brand oder Explosion der Batterie mündet. Dabei können Temperaturen von bis zu 800-1100 °C erreicht werden.<sup>19</sup>

Konstruktive Maßnahmen zur Vermeidung: Wärmesperren (z.B. Isolierfolien), Abstand zwischen Zellen bzw. Modulen (z.B. durch Spacer) und zunehmend der Einsatz von Flamschutzmitteln. Flamschutzmittel greifen chemisch in den Verbrennungsprozess ein und löschen dadurch die Flamme oder hemmen und verzögern die Brandentstehung.

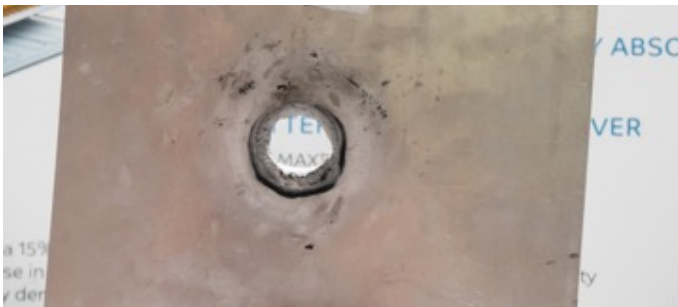
Zunehmend kommen halogenfreie Flamschutzmittel nach DIN IEC 61249-2-21 zum Einsatz. Der Vorteil besteht darin, dass im Brandfall kein Brom und Chlor freigesetzt werden, die ätzende, giftige Verbindungen bilden können.

# Aluminium versus Kunststoff-Komposit

Verbundwerkstoffe aus Kunststoff erweisen sich in Tests als deutlich widerstandsfähiger gegen Flammen und Hitze als Aluminium und unterstützen somit die strengen Brandschutzvorgaben der neuen chinesischen Sicherheitsnorm (GB 38031-2025).

**Beispiel: Präsentation der Firma SABIC auf The Battery Show Europe 2021:<sup>20</sup>**

**Musterplatten aus Aluminium und Thermoplast nach 5 Minuten Beflammung mit 1000 °C**



## Aluminium-Platte:

- hohe thermische Diffusität
- Schmelzpunkt unter 700 °C
- schmilzt nach 2,5 Minuten
- hohe thermische Ausdehnung (wölbt sich zur Flamme hin)

## Thermoplastische Platte:<sup>21</sup>

- die der Flamme ausgesetzte Seite hielt der Flamme > 5 Minuten lang stand, ohne dass ein Durchbruch erfolgte
- nicht exponierte Seite: Temperaturerhöhung < 200 °C

## Hintergrund: Chinesische Sicherheitsnorm GB 38031-2025

China hat 2021 mit der Sicherheitsnorm GB 38031-2025 neue Sicherheitsstandards für Traktionsbatterien eingeführt, die bisherige Standards ergänzen. Neu in der GB 38031-2025 ist der sogenannte Thermal Propagation Test. Dieser soll sicherstellen, dass nach dem thermischen Durchgehen einer Zelle im Batteriepack mindestens fünf Minuten verbleiben, bis es zu einem Brand oder einer Explosion kommt, sodass ausreichend Zeit zum Verlassen des Fahrzeugs verbleibt. Laut TÜV Süd ist davon auszugehen, dass diese Norm auch weltweit für andere Regionen verbindlich wird.<sup>22</sup>

Für den Brandschutz bedeutet dies, dass die Anforderungen an Strukturkomponenten in Hochvoltbatterien steigen werden. Mit flammenschutzoptimierten faserverstärkten Kunststoffen verfügen Hersteller schon heute über einen leistungsfähigen Ersatz für Aluminium und Stahl.

---

## Fazit Brand- und Flammenschutz

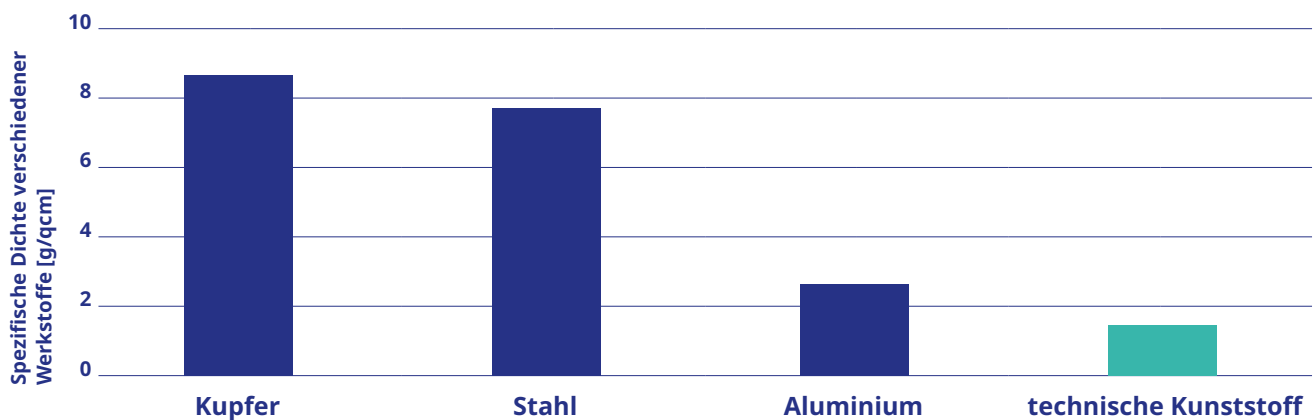
- **Wesentliches Ziel bei der Konstruktion von HV-Batterien für Elektrofahrzeuge ist die Vermeidung bzw. Verzögerung von Bränden.**
  - **Mit flammenschutzoptimierten faserverstärkten Kunststoffen verfügen Hersteller schon heute über einen leistungsfähigen Ersatz für Aluminium und Stahl.**
  - **Verbundwerkstoffe aus Kunststoff erweisen sich in Tests als deutlich widerstandsfähiger gegen Flammen und Hitze als Aluminium und unterstützen die strengen Brandschutzvorgaben der chinesischen Sicherheitsnorm (GB 38031-2025)**
-

## 4. Leichtbaupotenzial

Elektrofahrzeuge sind wegen ihrer Batterien schwerer als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Deshalb spielt Gewichtseinsparung eine zentrale Rolle bei der Konstruktion von Elektrofahrzeugen und insbesondere beim Batterie-Design.

Die Werte der spezifischen Dichte gängiger Werkstoffe in Hochvoltbatterien sprechen für sich: Technische Kunststoffe sind im Vergleich zu Metallen bei gleicher Leistung deutlich leichter - auch im Vergleich zu sehr leichten Metallen wie Aluminium und Magnesium.

### Dichte gängiger Metalle und technischer Kunststoffe im Vergleich<sup>23</sup>



### Einsparpotenzial durch Kunststoff-Batteriegehäuse

Die Batterie gehört zu einem der zentralen Bauteile im Elektroauto. Jedes Kilogramm eingespartes Gewicht erhöht die Reichweite und Effizienz der Batterie. Faserverstärkte Kunststoffe können vor allem im Bereich des Batteriegehäuses helfen, Gewicht zu reduzieren.

#### Hier ein Rechenbeispiel:

- Gewicht eines typischen Batteriepacks: 400 kg Batterie + 100 kg Gehäuse (Aluminium)<sup>24</sup>
- Einsparpotenzial je nach Konzept: bis zu 40 % durch Kunststoff statt Aluminium<sup>25</sup> - im Beispiel also bis zu 40 kg Gewichtsersparnis

Die niedrige Dichte von Kunststoffen und ihr Leichtbaupotenzial führen zu deutlich leichteren Batteriegehäusen. Das kommt unter anderem der Reichweite der Elektrofahrzeuge zugute.

Gewichts-Einsparpotential durch Kunststoffgehäuse

40 kg

100 kg

Gehäuse

Batterie  
(ohne Gehäuse)

400 kg

## 5. Funktionsintegration

Durch die Integration möglichst vieler Funktionen in eine Batteriekomponente lassen sich je nach Zielsetzung und Konzept Material, Gewicht, Kosten und Bauraum einsparen. Zudem kann die Leistung gesteigert und die Montage des Systems erleichtert werden.

Kunststoffe bieten ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit und damit viel Potential für die Funktionsintegration. Hier einige Beispiele:

- Eingefärbte Kunststoffe machen nachträgliches Lackieren/Eloxieren überflüssig, z.B. bei Hochvolt-Komponenten in Signalfarbe Orange
- Thermisch leitende und gleichzeitig elektrisch isolierende oder elektromagnetisch abschirmende Bauteile reduzieren die Anzahl der Komponenten bzw. Prozessschritte
- Integrierte Befestigungselemente (z.B. Clips-Funktionen) statt Verschraubungen sparen Gewicht und zusätzliche Klebe-Prozessschritte
- Integrieren von Kühlkanälen oder Schraubkanälen in Gehäusekomponenten

## 6. Nachhaltigkeit - Design for Circularity

Das Ziel des Pariser Klimaabkommens, bis 2030 55 Prozent CO<sub>2</sub> einzusparen und bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen, zwingt Batteriehersteller, den Carbon Footprint ihrer Produkte auf den Prüfstand zu stellen und laufend zu optimieren.

“Batterien, die in der EU in Verkehr gebracht werden, sollten über ihren gesamten Lebenszyklus nachhaltig, leistungsfähig und sicher sein.” - European Green Deal<sup>26</sup>

### Ökologische Anforderungen gewinnen an Bedeutung

Expertenbefragungen wie etwa die FOREL-Studie<sup>27</sup> kommen branchenübergreifend zu dem eindeutigen Ergebnis, dass in der Entwicklung von Bauteilen in den nächsten 10 bis 15 Jahren der Ökologie und hier insbesondere dem Recycling eine im Vergleich herausragende Bedeutung zukommen wird. 90 % der Befragten bewerten die Bedeutung der ökologischen Bauteilanforderungen als “eher zunehmend” bzw. “zunehmend”.

### Wiederverwendung und Recycling

Die Lebensdauer von Hochvoltbatterien für Elektrofahrzeuge liegt bei 1500 bis 2500 Ladezyklen in einem Zeitraum von acht bis zehn Jahren. Die Energiekapazität liegt am Ende der Nutzungsdauer immer noch bei 70 bis 80 Prozent ihrer ursprünglichen Kapazität.<sup>28</sup>

Um die Nutzungsdauer von Batterien zu verlängern, kommt neben dem Re-Use in Fahrzeugen eine Second-Life-Verwendung für weitere 10 bis 12 Jahre in anderen Anwendungsbereichen, z.B. als Pufferspeicher für erneuerbare Energien, in Betracht.

Technischer Kunststoff als Werkstoff für Strukturkomponenten kann einen wichtigen Beitrag zu ressourcensparendem und recyclinggerechten Design von Hochvoltbatterien leisten:

- **Reversible Fügetechniken** wie Klick- und Steckverbindungen statt Schrauben, Kleben und Schweißen vereinfachen Reparatur, Demontage und Recycling.
- **Materialeinsparung** durch Integration möglichst vieler Funktionen in einzelne Kunststoffkomponenten, z.B. Wärmeleitung, Isolierung plus Befestigung

### Beispiele für Batterie-Konzepte mit Nachhaltigkeits-Fokus

Recycling am Ende der Nutzung ist ein wichtiger Baustein für nachhaltigere Batteriesysteme. Um höchstmögliche Nachhaltigkeit im gesamten Lebenszyklus einer HV-Batterie zu erreichen, ist es jedoch notwendig, bereits bei der Produktentwicklung in Kreisläufen zu denken. Viele Projekte in Industrie und Forschung folgen dem Prinzip des Design for Circularity:

- Neue Batteriekonzepte wie etwa die des Engineering-Spezialisten IAV versprechen die Menge der Schraubverbindungen um zwei Drittel zu reduzieren; auch das Kleben und Schweißen soll deutlich verringert werden. Das Ziel: Recycler sollen unterschiedliche Batteriesysteme und -typen einfacher, schneller und auch automatisiert demontieren können.<sup>29</sup>
- Projekt "ReDesign" an der TU Braunschweig: Entwicklung von Gestaltungsrichtlinien für die recyclinggerechte Konstruktion von Batteriesystemen im Kontext der Kreislaufwirtschaft.<sup>30</sup>
- "PolyCE" ist ein von der EU unterstütztes Projekt zur Förderung zirkulärer Kunststoff-Wertschöpfungsketten in Elektronikanwendungen. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein Leitfaden für das nachhaltige, recycling gerechte Design von elektronischen Bauteilen entwickelt. Er soll Designer und Hersteller bei der Integration des Lebenszykluskonzepts in das Design von elektronischen Produkten unterstützen.<sup>31</sup>

**„Mehr als 80 % der Umweltauswirkungen  
eines Produkts werden in der Entwurfs-  
phase festgelegt.“**

*Design for Recycling - Design from Recycling; Practical guidelines for designers;  
created by the partners of the Horizon 2020 EU funded PolyCE project*

## Tipps für Circular Design bei Komponenten aus Kunststoff

- Verwenden Sie Click-/ Snap-Lösungen zur Befestigung von Batteriekomponenten statt dauerhafte Befestigungen wie geklebte, geschweißte und geschlossene Lösungen.
- Vermeiden Sie 2K-Verfahren (Zusammenführen zweier Materialien durch das Gleiche Spritzgieß-/ bzw. Extrusionswerkzeug).
- Vermeiden Sie die Verwendung von Schaumstoff. Wenn Schaumstoff erforderlich ist, verwenden Sie thermoplastischen Schaumstoff. Verwenden Sie keine Elastomere oder Duroplaste für Schaumstoff.

Gut zu wissen: Bei der Verwendung faserverstärkter Kunststoffe sind solche mit thermoplastischer Matrix (z.B. PA oder PBT) nachhaltiger, da sie deutlich recyclingfähiger sind als duroplastische Varianten.

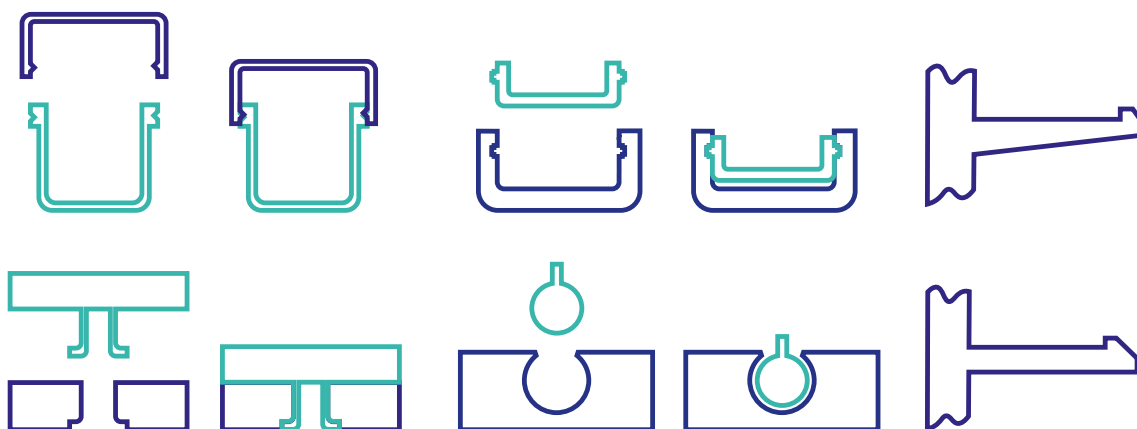
## Verbindungstechnik

Batterierecycling, das nicht nur ökologisch sondern auch wirtschaftlich ist, steht und fällt mit der richtigen Verbindungstechnik. Reversible Fügeverfahren wie Schnapp- oder Klickverbindungen können Schrauben, Kleben und Schweißen in vielen Fällen ersetzen.

- Schrauben ist kostenintensiv und kann das Bauteil durch Bohrungen schwächen
- Kleben ist zeitintensiv (Aushärten) und aufwändig in der Demontage
- Schweißen ist sowohl in der Montage als auch Demontage aufwändig

Schnapp- und Clipsverbindungen aus Kunststoff bieten in vielen Anwendungen eine leistungsfähige und recyclingfähige Alternative zu herkömmlichen Verbindungstechniken. Voraussetzung sind präzise Profilgeometrien und geeignete Kunststofftypen. In der Regel bestehen sie aus einem elastischen Federelement und einer Rastvorrichtung (Hinterschnitt). Die Anforderungen an den Werkstoff umfassen eine hohe Festigkeit und Elastizität sowie gutes Rückstellvermögen mit hoher Kriechfestigkeit.

### Gängige Designkonzepte für Schnappverbindungen<sup>32</sup>



**Schnapp- und Clipsverbindungen stellen eine einfache, kostengünstige und nachhaltige Form der Verbindungstechnik dar und bieten somit hohes Lösungspotential für das zirkuläre Design von Batteriesystemen.**

# 7. Zusammenfassung

## Thermoplaste für sichere und nachhaltige Hochleistungsbatterien

Technische Kunststoffe bringen von Haus aus ausgezeichnete elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften für den Einsatz in Hochvoltbatterien mit. Im Gegensatz zu Metallen lassen sich Thermoplaste durch Zusätze flexibel modifizieren und bieten so ein Maximum an Gestaltungsfreiheit. Sie bieten Vorteile im Hinblick auf Kostenreduktion, Funktionsintegration, Flammwidrigkeit, Wärmeleitung und Leichtbau.

Mit Thermoplasten lässt sich die Sicherheit, Leistung und Nachhaltigkeit von E-Autos verbessern. Die Herausforderung besteht darin, den Kunststoff so zu designen, dass er allen individuellen Anforderungen gleichermaßen gerecht wird. Dabei unterstützen die Kunststoff-Experten von Technoform.

# 8. Literatur

- [1] VDA, Pressemeldung vom 30.04.2021: Erstes globales E-Mobility-Ranking, <https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/210423-Erstes-globales-E-Mobility-Ranking.html> (abgerufen am 27. 04.2022)
- [2] Statista: Prognose zur weltweiten Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge nach Regionen (22.07.2021), <https://de.statista.com/infografik/25389/prognose-zur-weltweiten-nachfrage-nach-lithium-ionen-batterien-fuer-elektrofahrzeuge-nach-regionen/>
- [3] Leichtbauwelt: Batteriegehäuse - Forschung an Multimaterialkonzepten (25.01.2022), <https://www.leichtbauwelt.de/forschungsprojekte-sind-multimaterialkonzepte-fuer-batteriegehaeuse-eine-tragfaehige-loesung> (abgerufen am 28.04.2022)
- [4] Leichtbauwelt: Elektrofahrzeuge - Hochvolt-Batteriegehäuse aus Kunststoff (01.02.2022), <https://www.leichtbauwelt.de/elektrofahrzeuge-hochvolt-batteriegehaeuse-aus-kunststoff/> (abgerufen am 27.04.2022)
- [5] Fraunhofer LBF, Pressemeldung vom 22.10.2020: Wenig Gewicht und günstig zu produzieren: Leichtbau-Batteriepack bringt E-Mobilität voran, <https://www.lbf.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/leichtbau-batteriepack.html> (abgerufen am 25.04.2022)
- [6] Dallner, Claus; Zeiher, Volker: Plastic Concepts - Electric Cars: Lightweight Construction and More, in: Kunststoffe International vom 30.03.2011, <https://en.kunststoffe.de/a/specialistarticle/plastic-concepts-electric-cars-lightweig-263412> (abgerufen am 25.04.2022)
- [7] Friederic, Gerald: Stressfaktoren für Elektroisolation am Beispiel der Elektromobilität; <https://www.emobilserver.de/emobil-exklusiv/1457-stressfaktoren-f%C3%BCr-elektroisolation-am-beispiel-der-elektromobilit%C3%A4t.html> (abgerufen am 27.04.2022)
- [8] Siehe [7]
- [9] Chu, Lennon; (Royal DSM N.V.): Blogbeitrag „Going the distance with high-voltage charging“ vom 29.07.2019, [https://www.dsm.com/engineering-materials/en\\_US/blog/going-the-distance-with-high-voltage-charging.html](https://www.dsm.com/engineering-materials/en_US/blog/going-the-distance-with-high-voltage-charging.html) und: K-Zeitung: Kriechstromfestes Polyamid für Steckverbinder, 21. 01.2022, <https://www.k-zeitung.de/kriechstromfestes-polyamid-fuer-steckverbinder/> <https://www.k-zeitung.de/kriechstromfestes-polyamid-fuer-steckverbinder/> (abgerufen am 30.04.2022)
- [10] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (Hrsg.): Kompendium: Li-Ionen-Batterien Grundlagen, Merkmale, Gesetze und Normen, Oktober 2021, siehe auch <https://www.dke.de/resource/blob/933404/0fe46d3ca210956dec28adb0048d424b/kompendium-li-io-batterien-2022-de-data.pdf> (abgerufen am 28.03.2022)
- [11] KRV - Kunststoffrohrverband e.V., Wissensportal: Thermische Längenausdehnung, <https://www.krv.de/wissen/thermische-längenausdehnung> (abgerufen am 11.05.2022)
- [12] Technische Datenblätter Kern GmbH ([www.kern.de](http://www.kern.de)) bzw. Rohstoffhersteller sowie eigene Berechnungen
- [13] Siehe [12]
- [14] Siehe [12]
- [15] Circular Technology: Gehäuse für Hochvoltbatterien aus Kunststoff (01.12.2021), <https://circular-technology.com/gehaeuse-fuer-hochvoltbatterien-aus-kunststoff/> (abgerufen am 28.03.2022)
- [16] Feindler, Nico: Charakterisierungs- und Simulationsmethodik zum Versagensverhalten energieabsorbierender Faserverbundstrukturen; Dissertation an der Technischen Universität München, angenommen am 17.12.2012; siehe auch <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1108924/1108924.pdf> (abgerufen am 12.05.2022)

- [17] Versuchsergebnisse Universität Kassel, Institut für Werkstofftechnik – Kunststofftechnik, Mai 2019
- [18] Langstrof, Alexandra; Fast, Lukas: Sicherer Betrieb von E-Fahrzeugen in Tiefgaragen;  
in: VDI Fachmedium „Technische Sicherheit“, Ausgabe 9/10 2021;  
siehe auch: <https://www.ingenieur.de/fachmedien/technischesicherheit/special-brand-und-explosionsschutz/sicherer-betrieb-von-e-fahrzeugen-in-tiefgaragen/> (abgerufen am 11.05.2022)
- [19] Schijve, Warden (AZL Aachen GmbH): Vortrag “Composites for electric vehicle battery casings: requirements, opportunities and challenges” auf JEC Forum DACH 24.11.2021;  
siehe auch <https://www.youtube.com/watch?v=9sej8dSRneo> (abgerufen am 27.04.2022)
- [20] SABIC; siehe auch SABIC at The Battery Show Europe 2021: EV Battery Pack Solutions (full-length version),  
[https://www.youtube.com/watch?v=bmZ6qce4mr0&list=PLvrbA1nA2I8rdzJolt-Ajih\\_PUWQbpZor&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=bmZ6qce4mr0&list=PLvrbA1nA2I8rdzJolt-Ajih_PUWQbpZor&index=3)  
(abgerufen am 25.04.2022)
- [21] STAMAX FR™; glasfaserverstärktes Polypropylen mit Flammschutz; Hersteller: SABIC
- [22] Knüpfner, Gunnar: Wieso Tests nach dem chinesischen Sicherheitsstandard für Batterien in Elektrofahrzeugen wichtiger werden, 12.10.2020; auf [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de),  
<https://www.all-electronics.de/markt/wieso-tests-nach-dem-chinesischen-sicherheitsstandard-fuer-batterien-in-elektrofahrzeugen-wichtiger-werden.html> (abgerufen am 11.05.2022)
- [23] Online-Kunststofflexikon der Kern GmbH, <https://www.kern.de/de/kunststofflexikon/spezifisches-gewicht>  
(abgerufen am 27.04.2022)
- [24] Siehe [19]
- [25] Siehe [5]
- [26] Europäische Union: Grüner Deal: Nachhaltige Batterien für eine kreislaforientierte und klimaneutrale Wirtschaft, Pressemitteilung vom 10.12.2020, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip\\_20\\_2312](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_20_2312)  
(abgerufen am 25.04.2022)
- [27] Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität FOREL (Hrsg.): FOREL-Studie 2018: Ressourceneffizienter Leichtbau für die Mobilität (Wandel-Prognose-Transfer);  
siehe auch <https://plattform-forel.de/studie/> (abgerufen am 27.04.2022)
- [28] ADAC: Elektroauto-Akkus: So funktioniert das Recycling, 13.12.2019,  
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-akku-recycling/> (abgerufen am 27.04.2022)
- [29] IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr: Mit neuem Batteriekonzept von IAV zu weniger CO2-Emissionen, Pressemitteilung vom 07.06.2021, <https://www.iav.com/news/mit-neuem-batteriekonzept-von-iav-zu-weniger-co2-emissionen> (abgerufen am 25.04.2022)
- [30] Technische Universität Braunschweig, Forschungsprojekt „ReDesign: Entwicklung von Gestaltungsrichtlinien für die recyclinggerechte Konstruktion von Batteriesystemen im Kontext der Kreislaufwirtschaft“, Laufzeit 12/2020 - 11/2023, siehe ReDesign ([tu-braunschweig.de](http://tu-braunschweig.de)) (abgerufen am 26.04.2022)
- [31] Wolters, Arno (Hrsg.) / PolyCE EU Projektpartner, (Hrsg.): Design for Recycling - Design from Recycling: Guidelines for electrical and electronic equipment, März 2021; <https://www.polyce-project.eu/wp-content/uploads/2021/04/PolyCE-E-book-Circular-Design-Guidelines-2.pdf%20> (abgerufen am 26.04.2022)
- [32] Celanese: Design Considerations For Injection Molded Parts – Part 1, 2013;  
<https://silo.tips/download/design-considerations-for-injection-molded-parts-part-1> (abgerufen am 25.04.2022)



Automobilbau



Luftfahrt



Chemische Industrie



Baubranche



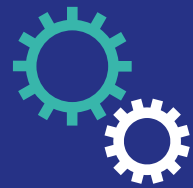
Elektrotechnik



Isolierglasherstellung



Beleuchtung



Maschinenbau



Öl- und Gasindustrie



Energieerzeugung



Schienenverkehr



Meerwasserentsalzung



Schifffahrt



Raumlufttechnik



Fenster/Türen/  
Fassaden

# Technoform – Maßgefertigte Lösungen aus technischen Kunststoffen

Technoform ist ein Familienunternehmen mit über 45 Produktions- und Vertriebsstandorten weltweit. Als Hersteller von Kunststoffprofilen sind wir mit mehr als 1.600 Mitarbeitern global vertreten. Durch unsere zahlreichen Standorte sind wir immer da, wo unsere Expertise benötigt wird. Überdies können wir auf ein flexibles und weltweites Netzwerk bauen, in dem wir unser Wissen und unsere langjährige Erfahrung in der Verarbeitung Technischer- und Hochleistungskunststoffe teilen. So können wir eine breite Palette maßgefertigter Lösungen und Standardanwendungen aus Kunststoff anbieten - und das weltweit und für eine Vielzahl von Branchen.

Automotive und Elektrotechnik sind dabei wichtige Tätigkeitsbereiche. Bis heute haben wir mehr als 30 Millionen Meter Profile für 20 Fahrzeugtypen von 10 großen Herstellern geliefert.

Gleichzeitig schätzen unsere Kunden aus dem Bereich Elektrotechnik unsere Erfahrung in der Verarbeitung von faserverstärkten und flammhemmenden technischen Kunststoffen - eine sichere und zuverlässige Lösung für Hochvolt-Anwendungen.

---

**Wir bieten Lösungen für beide Welten.  
Lassen Sie uns Automotive und Elektrotechnik  
zusammenbringen. Wir unterstützen Sie dabei,  
Ihre Batteriesysteme zu optimieren.**

---

## **Kontakt**

Petra Greiner-Stroehl  
Business Development E-Mobility  
T +49 561 95839-64  
E [petra.greiner@technoform.com](mailto:petra.greiner@technoform.com)

# TECHNOFORM

Technoform Kunststoffprofile GmbH  
Otto-Hahn-Straße 34  
34253 Lohfelden  
Germany

T +49 561 95839-00  
F +49 561 95839-21  
E [info.otsde@technoform.com](mailto:info.otsde@technoform.com)

I [www.technoform.com](http://www.technoform.com)