

Brandsicherheit batterieelektrischer Pkw

Studien, Zahlen, Fakten



Inhaltsverzeichnis

01	Einleitung	3
02	Brandverhalten	4
03	Brandlast	5
04	Brandvermeidung	6
05	Brandhäufigkeit	8
06	Brandbekämpfung bei BEV-Pkw	9

07	Garagen und Elektroautos	13
08	Transport von Elektroautos auf Schiffen	15
09	Brandsicherheit von verschiedenen Zellchemien	16
10	Innovative Forschungsprojekte zur Batteriesicherheit	17
11	Quellen	18

01 Einleitung

Die Elektromobilität ist eine Schlüsseltechnologie für die Gestaltung eines innovativen, nachhaltigen Verkehrssystems und zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor. Für den Automobilstandort Deutschland bietet sie wichtige industriepolitische Chancen. Ziel der Bundesregierung ist es, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln.

Batterieelektrische Pkw (BEV, Battery Electric Vehicles) bieten ein hohes Maß an Sicherheit, bei Crashtests schneiden sie fast ausschließlich mit besten Ergebnissen ab. Auch bei der Brandsicherheit sind sie vorne dabei: BEV-Pkw brennen laut Daten aus Norwegen, Großbritannien und den USA nicht häufiger als konventionell angetriebene Pkw. Und sollte es doch dazu kommen, weiß die Feuerwehr, wie man Brände von batterieelektrischen Fahrzeugen löscht.

Wussten Sie, dass Kunststoffe in Pkw eine höhere Brandlast darstellen als ein voller Tank oder eine vollgeladene Batterie?

Unsere Broschüre gibt Antworten auf diese und folgende Fragen:

- + Was sind die Brandursachen bei BEV?
- + Wie sind BEV vor Bränden geschützt?
- + Wie wird bei BEV ein Brand gelöscht?
- + Wie oft brennen batterieelektrische Pkw?
- + Dürfen BEV in Garagen geparkt und geladen werden?
- + Stellt der Transport von BEV eine Gefahr für Schiffe dar?

02 Brandverhalten

Brandursachen bei BEV

Übermäßige thermische, elektrische oder mechanische Beanspruchung kann zum thermischen Durchgehen von Batteriezellen und damit zum Brand eines BEV-Pkw führen. So kann beispielsweise ein Verkehrsunfall zu einer solchen mechanischen Überbeanspruchung führen und damit einen Brand verursachen.

Eine elektrische Überbeanspruchung kann durch einen zu hohen Ladestrom, der den zulässigen Maximalwert einzelner Batteriezellen überschreitet, entstehen. Das kann zum Beispiel durch einen Fehler des Batterie-Management-Systems (BMS) verursacht werden.

Werden die Batteriezellen hohen Temperaturen, beispielsweise durch einen externen Brand, ausgesetzt, kann es zu einer thermischen Überbeanspruchung kommen.

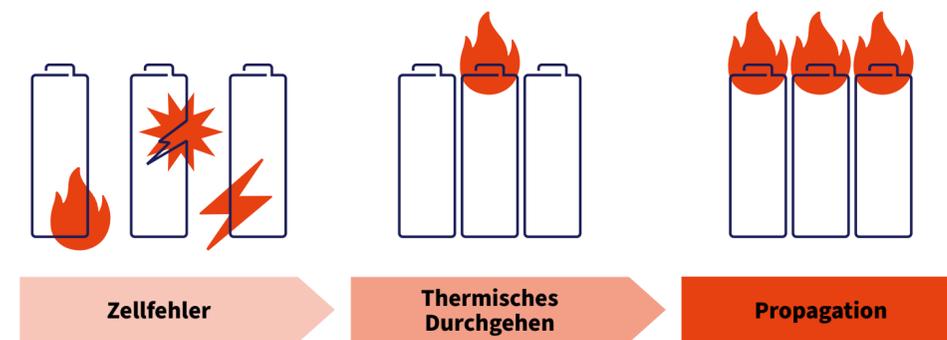


Abbildung 1: Brandursachen, die zu thermischem Durchgehen und zur thermischen Propagation führen können
Quelle: eigene Darstellung nach LION Smart GmbH (o. J.)

Thermisches Durchgehen und Propagation

Thermisches Durchgehen beschreibt ein Ereignis, in dem die Zelle mehr Wärme erzeugt, als sie abführen kann. Aufgrund des thermischen Durchgehens vervollständigt sich das Branddreieck: Brennstoff, Sauerstoff und Wärmequelle sind gleichzeitig vorhanden. Greift das thermische Durchgehen auf benachbarte Zellen über, wird von thermischer Propagation gesprochen.

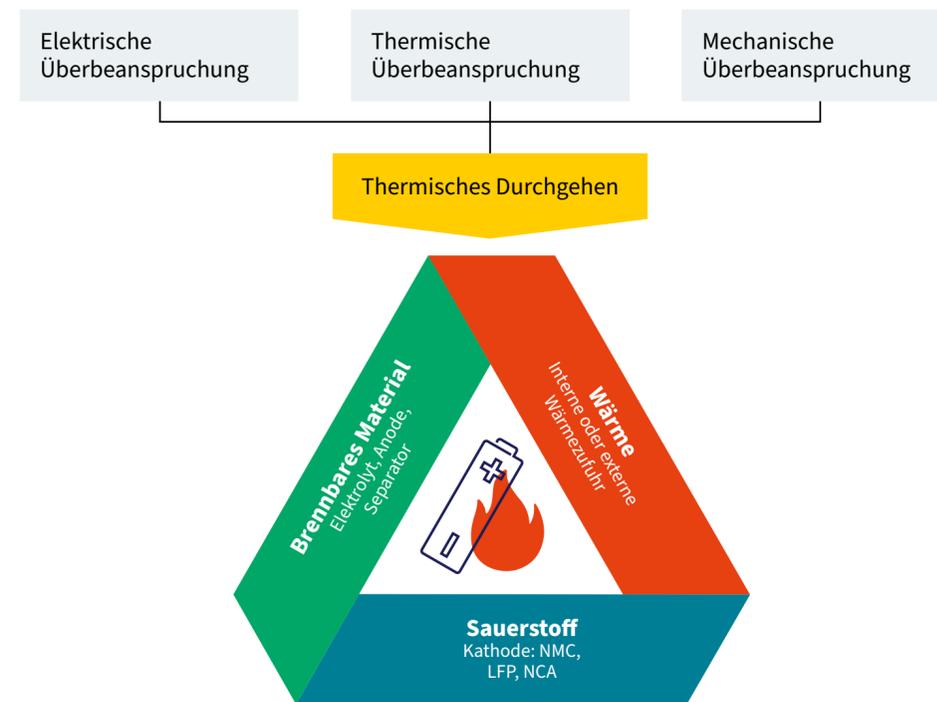


Abbildung 2: Branddreieck Lithium-Ionen-Batterie
Quelle: eigene Darstellung nach Ove Arup & Partners Limited (2023)

Wie können batterieelektrische Pkw in Brand geraten?

Bei einer thermischen, elektrischen oder mechanischen Überbeanspruchung eines batterieelektrischen Pkw kann es zu einem Brand kommen. Mögliche Ursachen sind ein externer Brand oder ein Unfall.

03 Brandlast

BEV-Pkw haben vergleichbare Brandlast wie ICEV-Pkw

Den größten Teil der Brandlast machen verbaute Materialien wie Kunststoffverkleidungen oder Reifen aus. Die Brandlast der unterschiedlichen Energiespeicher (Kraftstoff bzw. Batterie) ist vergleichbar. Auch in Bezug auf die gesamte freigesetzte Wärmemenge und die Höchsttemperatur sind Brände in batterieelektrischen Pkw und Verbrennern ähnlich (siehe Abbildung 3). Der Kunststofftank eines ICEV (Internal Combustion Engine Vehicle), der äußerer Hitze ausgesetzt wird, zum Beispiel durch ein externes Feuer, gerät schneller in Brand als eine Traktionsbatterie eines BEV-Pkw. Während des Brandes wird die maximale Wärme freigesetzt, sobald der Tank bzw. die Traktionsbatterie involviert ist.

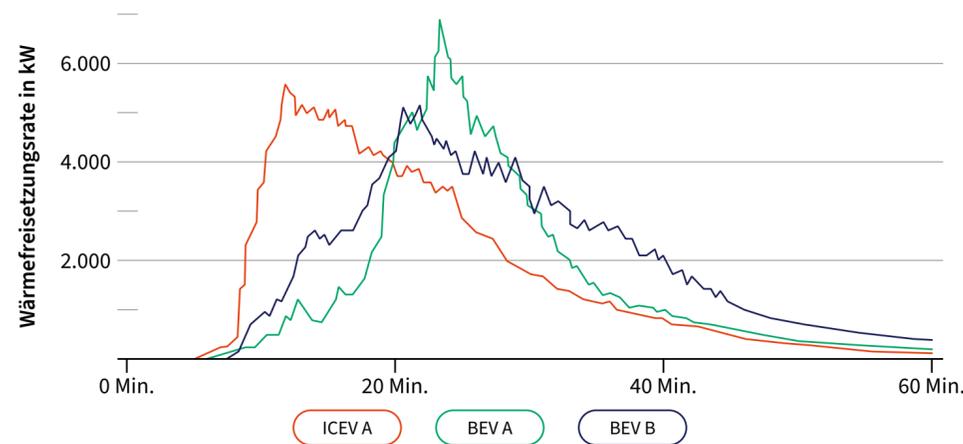


Abbildung 3: Wärmefreisetzungsraten für drei Fahrzeuge
Quelle: eigene Darstellung nach Willstrand et al. (2020)

BEV A verwendet Pouch-Zellen, die in kurzer Zeit große Gasmengen freisetzen, die prismatischen Zellen des BEV B entgasen langsamer.

Das Format des Akkus – Pouch, prismatisch oder zylindrisch – spielt eine untergeordnete Rolle für die Systemsicherheit. Entscheidend sind Zellchemie, Zellstruktur, Batteriepack-Integration und insbesondere Hard- oder Software-basierte Sicherheitsfunktionen.

Der größte Teil der thermischen Energie, die bei einem Brand eines durchschnittlich großen Pkw freigesetzt wird, stammt nicht aus dem Energiespeicher. Alle modernen Fahrzeuge haben eine große Menge chemischer Energie in Form von Materialien verbaut, zum Beispiel im Innenraum und in den Reifen (siehe Abbildung 4).

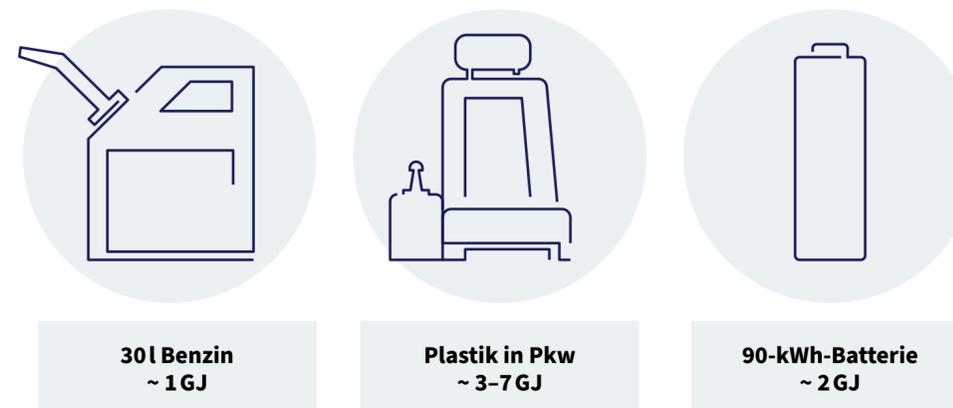


Abbildung 4: Brandlast von BEV-Pkw und Verbrennern
Quelle: eigene Darstellung nach Hynynen, J. (2023)

Wie stark brennen batterieelektrische Pkw?

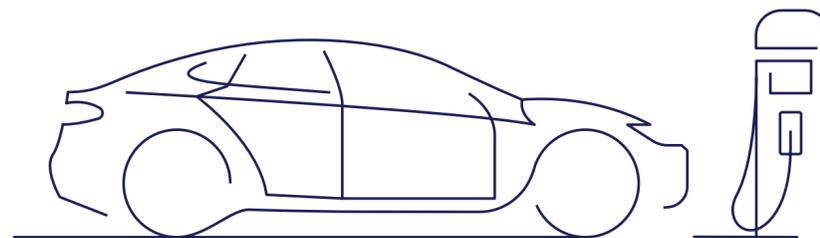
Batterieelektrische Pkw zeigen ein ähnliches Brandverhalten wie Verbrenner-Pkw. Die freigesetzte Wärme und die Temperaturen sind vergleichbar. Sollte die Traktionsbatterie in den Brand involviert sein, ist möglicherweise mit einem erhöhten Löschwasserbedarf und einer längeren Löszeit zu rechnen.

04

Brandvermeidung

Welche gesetzlichen Vorgaben tragen zur Brandvermeidung bei?

Verpflichtende Typgenehmigungen und Hauptuntersuchungen von Fahrzeugen sorgen generell für ein hohes Maß an Sicherheit. Ein neues Elektroauto muss erstmals drei Jahre nach der Erstzulassung zur Hauptuntersuchung, anschließend alle 24 Monate. Spezielle Anforderungen für Elektrofahrzeuge sind in der harmonisierten UN/ECE-Regelung R 100 festgelegt. In der Regelung existieren konkrete Anforderungen an die Batterie und das gesamte elektrische Antriebssystem hinsichtlich seiner Sicherheit, die unter anderem in folgenden Prüfungen belegt werden müssen: Vibration, Wärmeschock- und Zyklusprüfung, mechanische Einwirkungen, Feuerbeständigkeit, externer Kurzschlusschutz, Überladungsschutz, Schutz gegen übermäßiges Entladen, Überhitzungsschutz und Emissionen.



Wie sind Elektrofahrzeuge gegen elektrische und thermische Überbeanspruchungen geschützt?

Das Batterie-Management-System (BMS) innerhalb eines BEV stellt sicher, dass das Batteriesystem innerhalb sicherer Betriebsbedingungen arbeitet. Dabei überwacht es Gesamtstrom und -spannung des Batteriesystems sowie die Spannung der einzelnen Batteriezellen und regelt diese, um ihre Energieabgabe zu optimieren. Um die Sicherheit der Batteriezellen zu gewährleisten, endet die Entladung eines Batteriesystems, sobald die erste Zelle die Entladeschlussspannung erreicht, auch wenn die anderen Zellen noch weitere Energie liefern könnten.



Durch die Überwachung von elektrischen Strömen und Spannungen sowie der Temperatur in den Batteriepacks sollen elektrische und thermische Überbeanspruchungen verhindert werden. Geeignete Gegenmaßnahmen sind das Kühlen oder Erwärmen der Batteriezellen sowie das Reduzieren von zugeführter oder abgeführter elektrischer Energie (Laden und Entladen). Das Thermomanagement der Traktionsbatterie ist dafür verantwortlich, die Batterietemperatur zu steuern, um einen effizienten und sicheren Fahrbetrieb zu ermöglichen. Dabei muss das Thermomanagement die höchste Zelltemperatur bei jedem Fahrzustand deutlich unterhalb der Grenze eines thermischen Durchgehens halten. Das BMS schaltet das Batteriesystem automatisch ab, wenn es zu einer Über- oder Unterspannung, einem Überstrom, einer zu hohen Temperatur, einem Ausfall des Batteriekühlsystems, einem Stromfehler, Isolationsfehler und/oder einem Fahrzeugüberschlag kommt.

Zusätzlich wird bei der Konstruktion der Batteriepacks darauf geachtet, dass die Wärmeübertragung von Zelle zu Zelle möglichst stark reduziert wird. Dies kann erreicht werden, indem zum Beispiel zwischen den Zellen freier Raum geschaffen wird, Hitzeschutzschilder oder Kühlplatten verwendet werden. In das Batteriemodul oder den Batteriepack können Belüftungsöffnungen eingebaut werden, um emittierte Gase zu kontrollieren und die externe Sauerstoffzufuhr zu reduzieren oder zu verhindern.

Ein typisches Batteriesystem eines BEV besteht aus mehreren Zellen, deren Einzelspannung bei ungefähr 4 Volt liegt und die zusammen ein Batteriemodul ergeben. Schließlich werden die Batteriemodule zu sogenannten Batteriepacks miteinander verbunden (siehe Abbildung 5). In einigen Anwendungen ergeben mehrere Batteriepacks ein Batteriesystem.

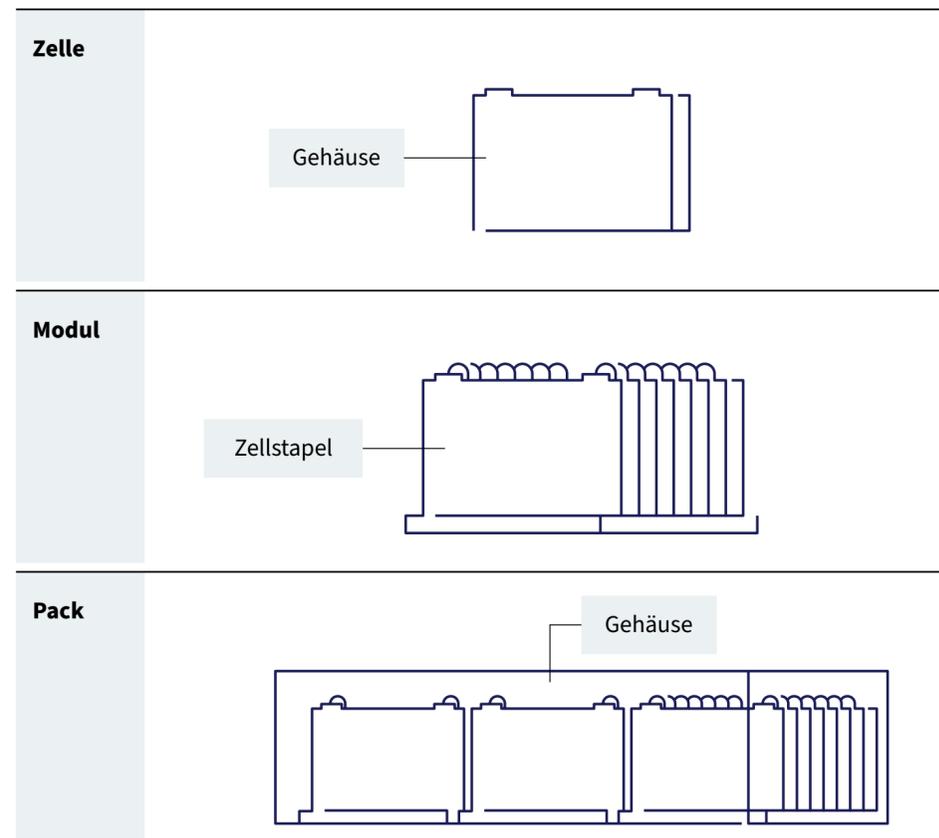


Abbildung 5: Aufbau eines Batteriepacks

Wie sind Elektrofahrzeuge gegen mechanische Überbeanspruchung geschützt?

Um Traktionsbatterien vor mechanischer Überbeanspruchung, zum Beispiel bei Unfällen, zu schützen, sind sie in der Regel mit einem Aufprallschutz ausgestattet. Dieser besteht aus einer hochfesten Kabine über und unter der Batterie sowie einer aufprallabsorbierenden Knautschzone vorne und hinten am Fahrzeug. Bei einem Unfall kommt es darüber hinaus zur automatischen Abschaltung des Hochvoltsystems der Elektrofahrzeuge.

Brandsicherheit:
Gibt es gesetzliche
Vorgaben für BEV-
Pkw?

Verpflichtende Typgenehmigungen und Hauptuntersuchungen von Fahrzeugen sorgen generell für ein hohes Maß an Sicherheit.

05 Brandhäufigkeit

Batterieelektrische Pkw brennen seltener als Verbrenner-Pkw

Batterieelektrische Pkw brennen laut Daten aus Norwegen, Großbritannien und den USA seltener als Verbrenner-Pkw. Zwischen 2016 und 2021 lag der durchschnittliche Anteil der registrierten BEV-Pkw in Norwegen bei 8,9 Prozent. Dagegen betrug zwischen 2016 und März 2022 der durchschnittliche Gesamtanteil der BEV-Pkw an Pkw-Bränden 2,3 Prozent. Der Vergleich dieser Daten deutet auf eine um den Faktor 3 geringere Brandhäufigkeit bei BEV-Pkw in Norwegen hin (siehe Abbildung 6). Mögliche (statistische) Störfaktoren sind das geringe Fahrzeugalter und ein kleiner Anteil am Gesamtfahrzeugbestand.

Auch aus den Statistiken des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. geht hervor, dass es keine Hinweise gibt, wonach Elektrofahrzeuge häufiger brennen als Autos mit Verbrennungsmotor.

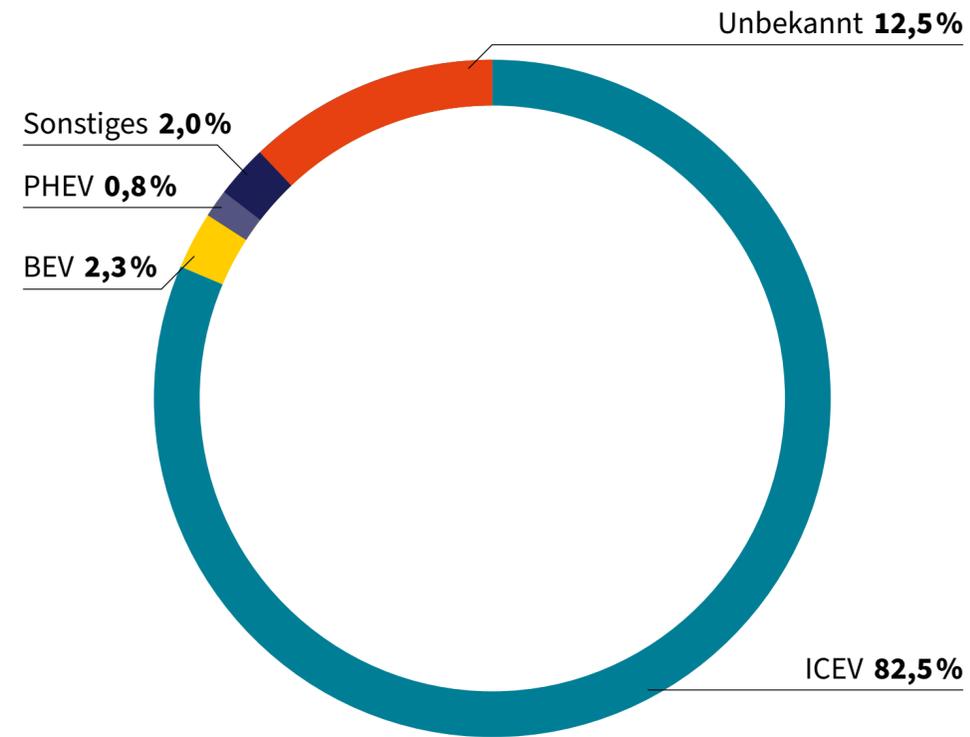


Abbildung 6: Brandhäufigkeit bei Pkw nach Antriebsart im Zeitraum von 2016 bis März 2022 in Norwegen
Quelle: eigene Darstellung nach Hynynen et al., (2023)

Wie oft brennen batterieelektrische Pkw?

BEV-Pkw brennen nicht häufiger als Pkw mit Verbrennungsmotor. Aktuelle Daten deuten darauf hin, dass BEV-Pkw sogar seltener in Brand geraten.

06

Brandbekämpfung bei BEV-Pkw

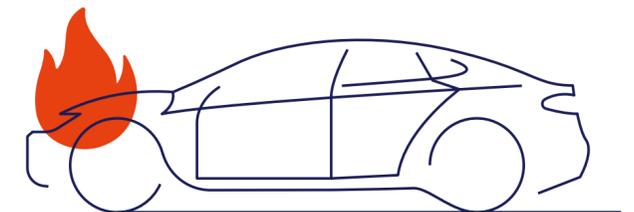
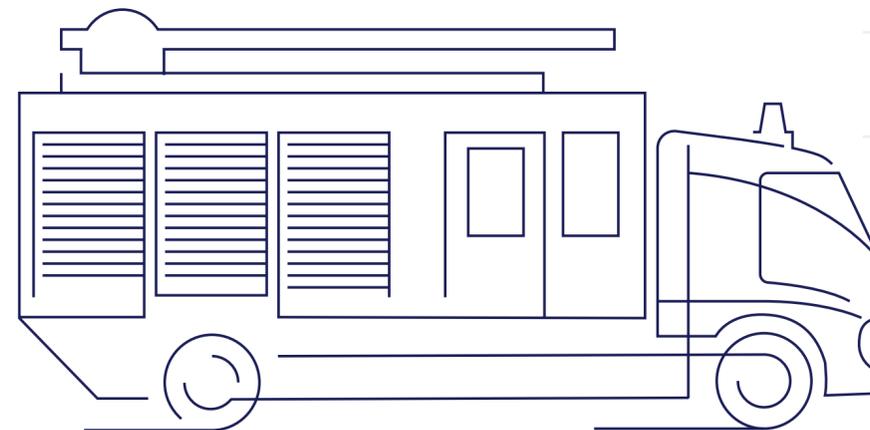
Bekämpfung des Brandes durch die Feuerwehr

Brände bei BEV-Pkw können von den Feuerwehren unter verschiedenen örtlichen Gegebenheiten, wie auch in Tunneln oder Garagen, bekämpft werden. Neben dem Löschen des Brandes ist das Kühlen der Batterie wichtig, um thermisches Durchgehen und thermische Propagation zu unterbinden. Wasser eignet sich aufgrund seiner guten Kühlwirkung als Löschmittel, wobei Wassermenge und Löschdauer entscheidend sind. Die größte Lösch- und Kühlwirkung entfaltet sich, wenn das Wasser direkt in den Batteriepack eingebracht wird. Aufgegriffen wird dieser Ansatz durch die Verwendung von Löschanlagen und speziellen Löschezugängen in den Batteriepacks.

Löschwasser darf jedoch nur in den Batteriepack eingebracht werden, wenn davon ausgegangen wird, dass dieser selbst in Brand steht. Anzeichen dafür sind beispielsweise Rauchentwicklung, Funkenflug aus dem Batteriepack oder Geräusche wie Zischen, das auf ein Öffnen der Überdruckventile hindeutet. Andernfalls kann Löschwasser zu einem Kurzschluss und einem dadurch entstehenden Brand führen.

Das Löschen brennender Elektrofahrzeuge mit Hilfe von Löschanlagen ist aufgrund des großen logistischen Aufwands nur in absoluten Ausnahmefällen eine Option. Herkömmliches Löschen und ein gesondertes Abstellen des BEV-Pkw nach dem Abschleppen ist das übliche Verfahren.

Feuerlöschdecken für den Einsatz bei BEV-Bränden sind aktuell in der Entwicklung. Da ein Brand einer Lithium-Ionen-Batterie jedoch für gewöhnlich nicht vollständig durch Brandschutzdecken gelöscht werden kann, sind sie nicht als aktives Brandbekämpfungsmittel gedacht, sondern können nur unterstützend eingesetzt werden.



Einsatztaktik der Feuerwehr bei Elektrofahrzeugbränden

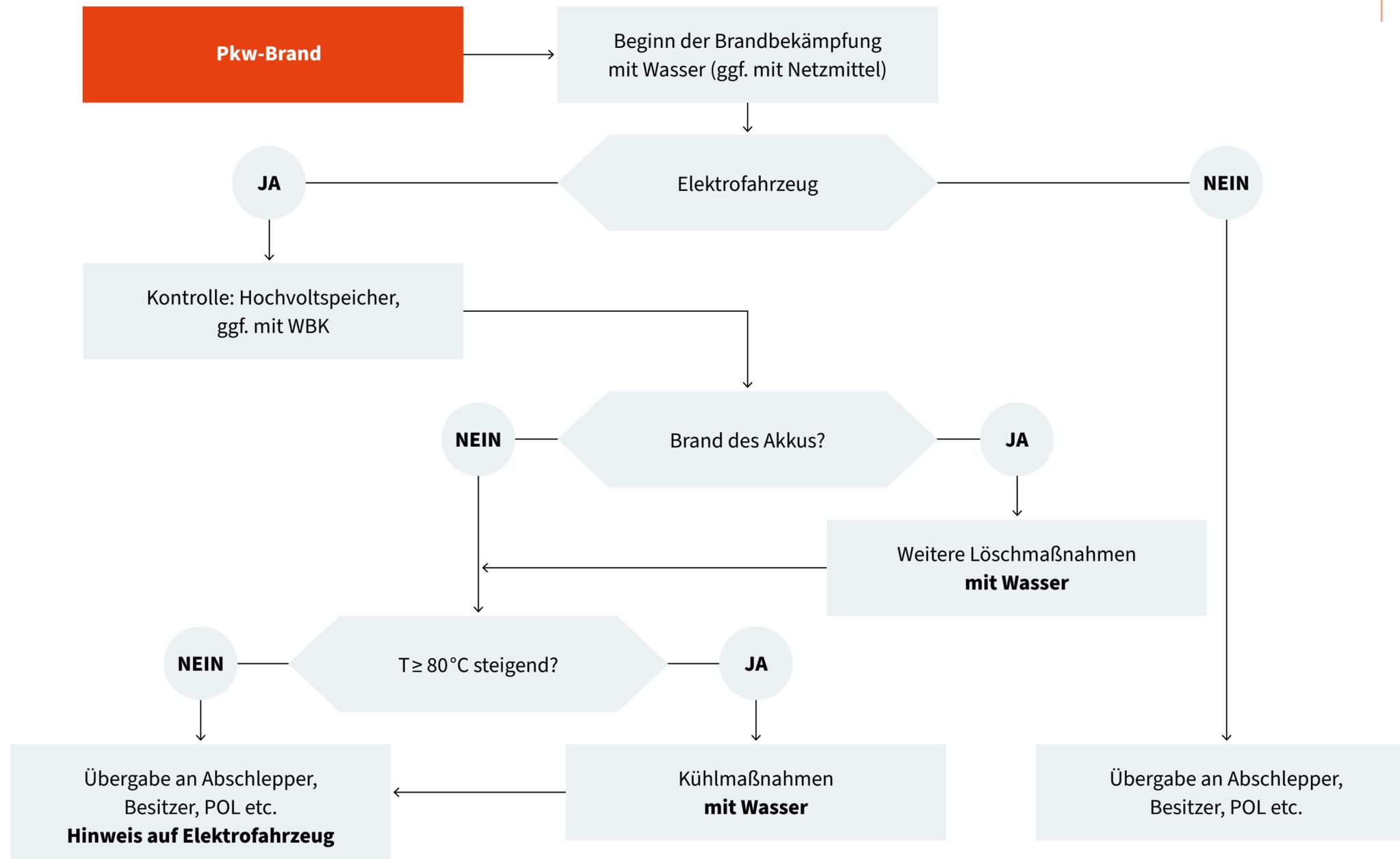


Abbildung 7: Schema der Feuerwehr (AGBF Bund und DFV) zur Festlegung der Einsatztaktik nach der Antriebsart
Quelle: eigene Darstellung nach Neske, Kaufmann, Butscher & Vogel (2023)

Wie lassen sich batterieelektrische Pkw mit involvierter Traktionsbatterie löschen?

Wasser ist das bevorzugte Löschmittel für brennende BEV-Pkw, da es über eine sehr gute Kühlwirkung verfügt und damit das thermische Durchgehen der Batterie unterbindet.

Abschleppen von abgebrannten BEV-Pkw

Fahrzeuge, bei denen keine Anzeichen für eine weitere Eskalation erkennbar sind, können an ein Abschleppunternehmen übergeben werden. Vor der Übergabe sollte eine kontinuierliche Temperaturüberwachung an verschiedenen Stellen des Batteriesystems über mindestens 30 Minuten durchgeführt werden. Diese Maßnahme dient der Einschätzung, inwieweit vom Hochvoltsystem ein weiteres Eskalationspotential ausgeht.

Trotz abgeschlossener Maßnahmen der Feuerwehr besteht die Möglichkeit, dass sich das Fahrzeug erneut entzündet. Daher sollte darauf hingewiesen werden, welche Anforderungen an den Abstellplatz und die Qualifikationen des Personals des Abschleppunternehmens gestellt werden. Zusätzlich ist zu beachten, dass das Fahrzeug, beispielsweise durch eine Abdeckplane, vor Witterungseinflüssen geschützt wird. Es sollte in einem abgesperrten Außenbereich gelagert werden – der VDA und der VDIK empfehlen in ihrem Merkblatt „Anforderung an einen Quarantäneplatz“ einen Abstand von über fünf Metern zu brennbaren Materialien. Kommunale Feuerwehren müssen für die Lagerung der batterieelektrischen Fahrzeuge bei den Abschleppunternehmen keine Transport- und Kühleinrichtungen vorhalten. Die Zuständigkeit liegt beim Abschleppunternehmen.

Rettungskarte

Von jedem Hersteller gibt es für jedes Fahrzeugmodell standardisierte Rettungskarten. Diese lassen sich im Internet auf den jeweiligen Herstellerwebsites herunterladen. Die ausgedruckte Rettungskarte sollte hinter der Fahrersonnenblende platziert werden. Dieser Ort wurde für die Einsatzkräfte europaweit kommuniziert.

Die Rettungskarte dient dazu, Unfallopfer und Einsatzkräfte durch beispielsweise nicht einsehbar verbaute Airbags oder Hochvolt-Stromleitungen nicht in Gefahr zu bringen. Außerdem ist auf der Rettungskarte für die Rettungskräfte zu erkennen, wo Spreizer und Rettungsschere an der Karosserie eingesetzt werden können sowie an welcher Stelle das Hochvoltsystem getrennt werden muss.

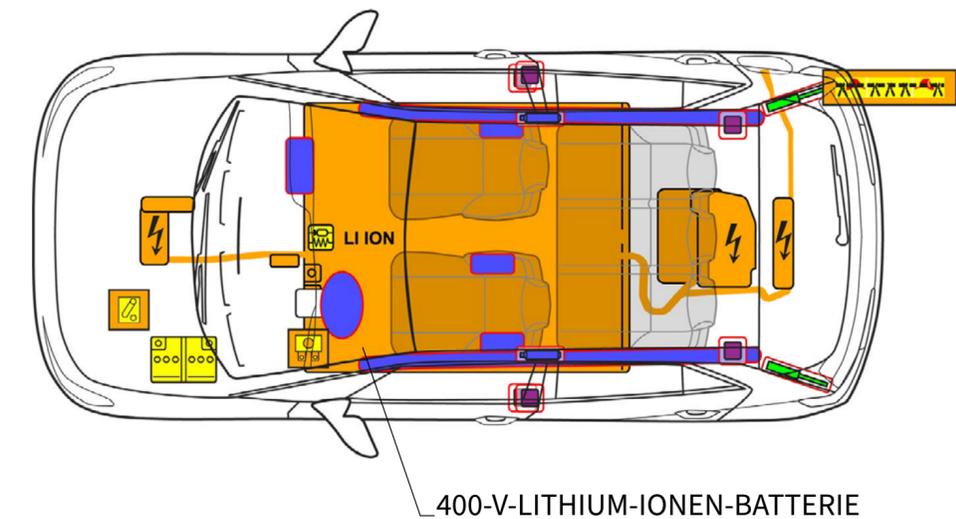
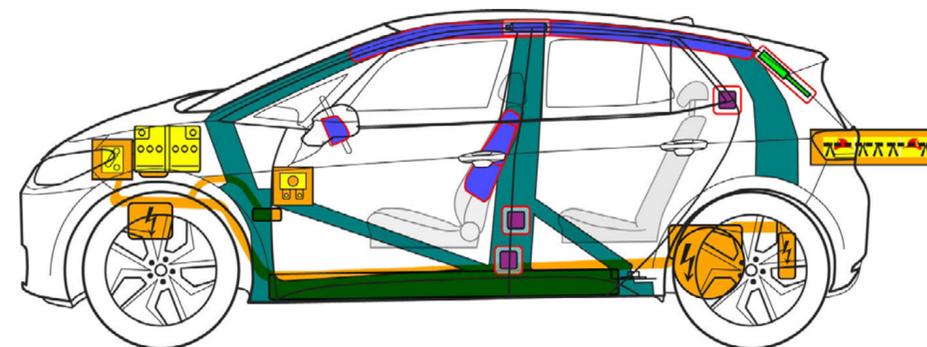


Abbildung 8: Rettungskarte eines BEV-Pkw
Quelle: Volkswagen (2024)

Toxische Gase und kontaminiertes Wasser

Zu berücksichtigen sind, wie bei jedem Brand, eventuelle Umweltauswirkungen. Falls Löschwasser oder Schadstoffe in den Boden gelangen oder das Abwassersystem kontaminieren, sind die verantwortlichen Behörden und ggf. die zuständige Kläranlage umgehend zu informieren.

In Tests wurde festgestellt, dass beim Löschen von Fahrzeugbränden bei batterieelektrischen Pkw Nickel, Kobalt, Lithium, Mangan und Wasserstofffluorid in höheren Konzentrationen in den Abwässern vorkommen als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Im Löschwasser des Verbrenner-Pkw wurden hingegen höhere Konzentrationen an Blei, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) nachgewiesen; die Konzentration von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) im Abwasser war um das Vierfache höher.



Weitere Informationen zu PFAS finden Sie im NOW-Factsheet:

→ **PFAS in der klimaneutralen Mobilität**

Was passiert, nachdem die Feuerwehr einen brennenden batterieelektrischen Pkw gelöscht hat?

Die Feuerwehr übergibt das Fahrzeug an ein Abschleppunternehmen, sobald davon ausgegangen werden kann, dass die Batterie sich nicht selbst entzündet. Dafür nutzt die Feuerwehr Wärmebildkameras und achtet darauf, dass die Temperatur der Batterie unter 80°C liegt.

07

Garagen und Elektroautos

Rechtlicher Rahmen in Deutschland

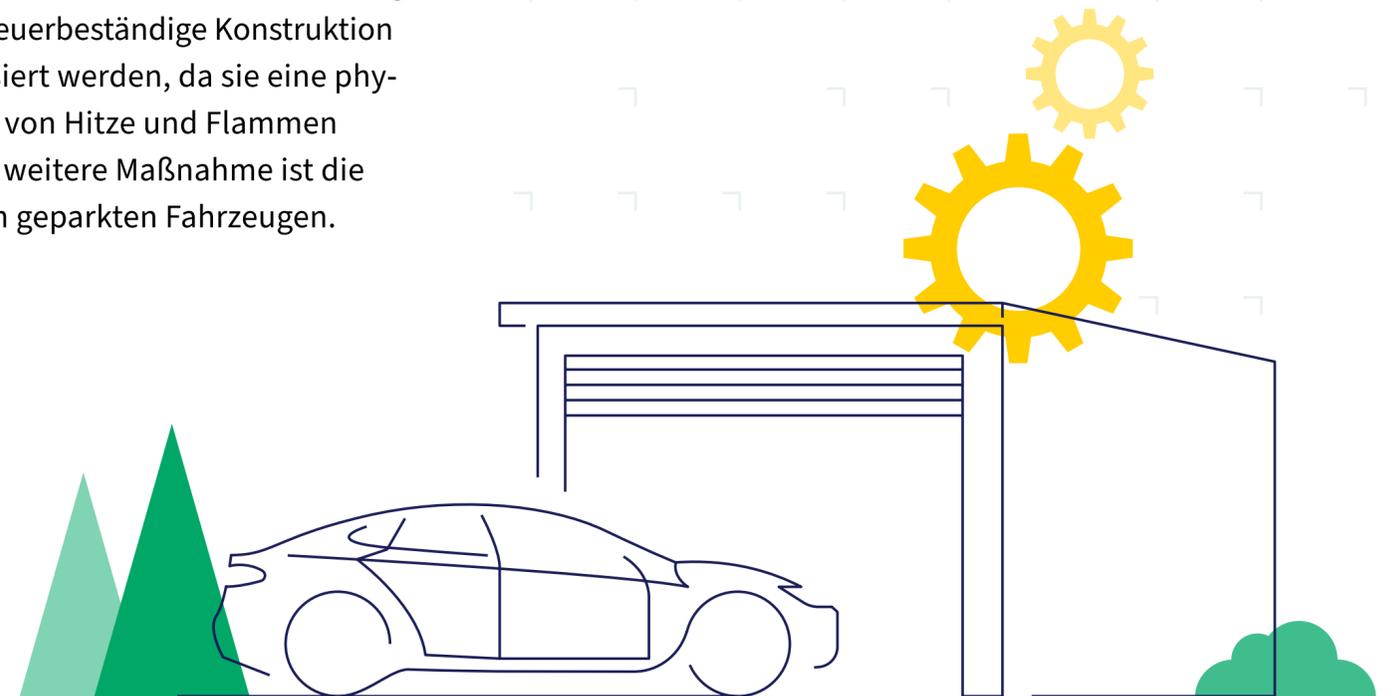
Elektrofahrzeuge können problemlos in Garagen und Parkhäusern geparkt und geladen werden. Die vom Gesetzgeber formulierten baurechtlichen Mindestanforderungen sorgen dafür, dass im Brandfall ausreichend sichere Garagen definiert sind, unabhängig von der Antriebstechnologie der in der Garage geparkten Pkw. Das Sperren einer Garage für alternativ angetriebene Pkw ist aus brandschutztechnischer Sicht deshalb nicht angebracht.

In Deutschland wird das Baurecht in den einzelnen Bundesländern festgelegt. Übergeordnet existiert eine Muster-Garagenverordnung (M-GarVO), die übernommen werden kann oder an der sich die Bundesländer bei der Erstellung orientieren können. Diese Verordnung wird von den Mitgliedern der Bauministerkonferenz erarbeitet. Die Bauministerkonferenz ist die Arbeitsgemeinschaft der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der 16 Länder der Bundesrepublik Deutschland. Teilnehmerin ist auch die Bundesministerin für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB). Weder die M-GarVO noch die insgesamt 16 landesrechtlichen Regelungen für den Bau und Betrieb von Garagen unterscheiden zwischen den verschiedenen Antriebsarten von Kraftfahrzeugen (Benzin-, Diesel-, Gas-, Elektro-, Hybrid- oder Wasserstoffantriebe).

Brandeindämmung in Garagen

Grundsätzlich sollten vorhandene Steckdosen in einer Garage nicht zum Laden von Elektrofahrzeugen verwendet werden, sondern es sollte nur fachgerecht installierte und regelmäßig gewartete Ladeinfrastruktur zum Einsatz kommen.

Es gibt Maßnahmen, die dazu dienen, das Übergreifen von Flammen durch brennende Fahrzeuge auf benachbarte Fahrzeuge zu verhindern oder zumindest die Wahrscheinlichkeit einer Brandausbreitung zu reduzieren. Das könnte durch eine feuerbeständige Konstruktion zwischen geparkten Fahrzeugen realisiert werden, da sie eine physische Barriere gegen die Ausbreitung von Hitze und Flammen zwischen den Fahrzeugen bildet. Eine weitere Maßnahme ist die Vergrößerung des Abstandes zwischen geparkten Fahrzeugen.

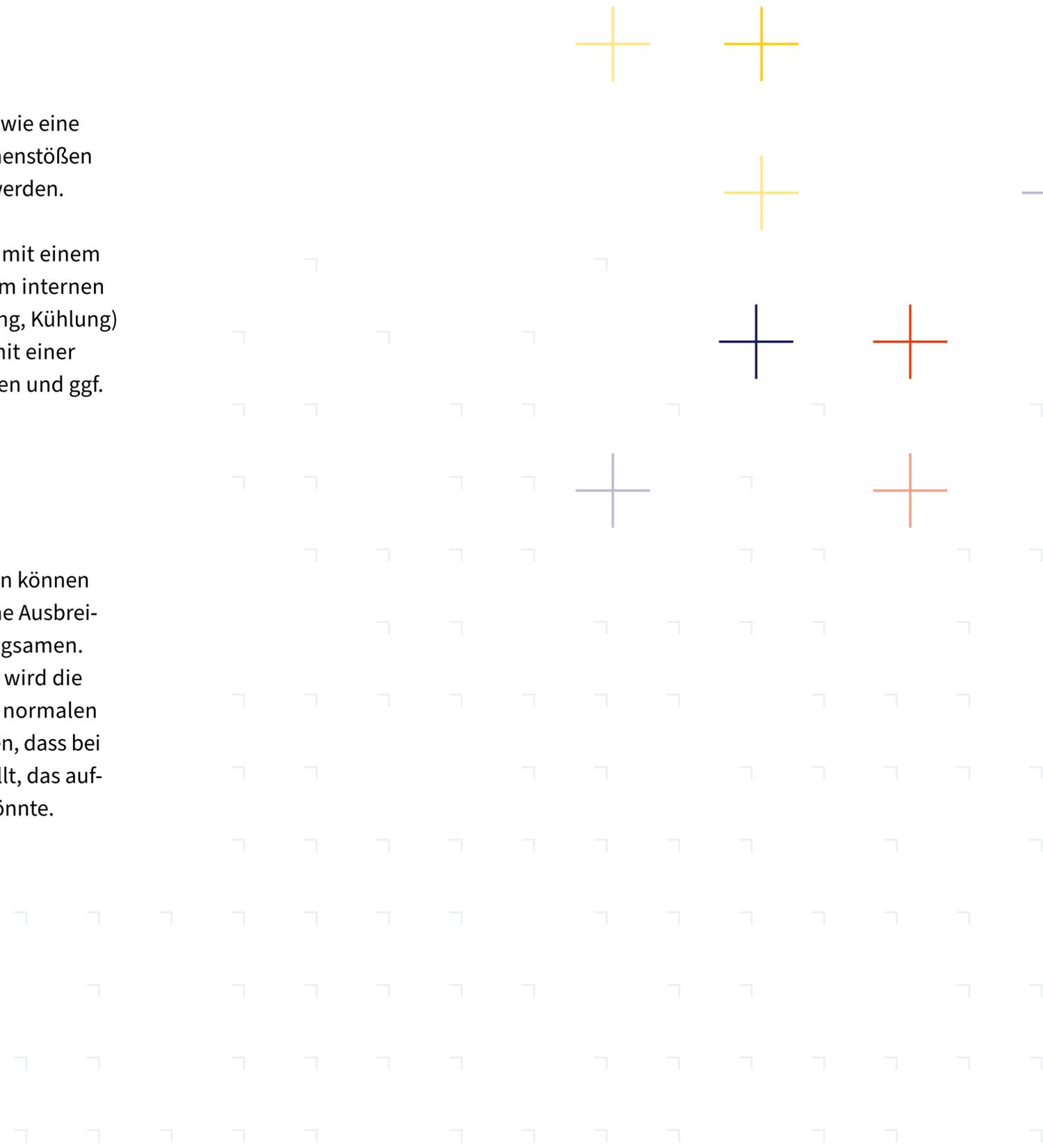


Weiterhin können durch Tempolimits in Parkhäusern sowie eine Gestaltung, welche die Wahrscheinlichkeit von Zusammenstößen verringert, Unfälle und in der Folge Brände verhindert werden.

Um Ladestationen sicherer zu gestalten, können diese mit einem Anfahrerschutz und einer Notfallabschaltung sowie einem internen Schutz (z. B. Kurzschlusschutz, Temperaturüberwachung, Kühlung) versehen werden. Die Installation von Ladestationen mit einer Leistung von mehr als 22 Kilowatt ist gesondert zu prüfen und ggf. mit brandschutztechnischer Absicherung zu versehen.

Brandeindämmung in Garagen

Sprinkler- oder Hochdruck-Wassernebel(HDWN)-Anlagen können das Schadensausmaß eines Brandes reduzieren und eine Ausbreitung auf beispielsweise benachbarte Fahrzeuge verlangsamen. Aufgrund der besseren Kühlwirkung des Wassernebels wird die Verwendung einer HDWN-Anlage im Vergleich zu einer normalen Sprinkleranlage empfohlen. Außerdem ist hervorzuheben, dass bei einer HDWN-Anlage deutlich weniger Löschwasser anfällt, das aufgefangen werden muss und zudem kontaminiert sein könnte.



Stellen batterieelektrische Pkw eine Gefahr für Garagen dar?

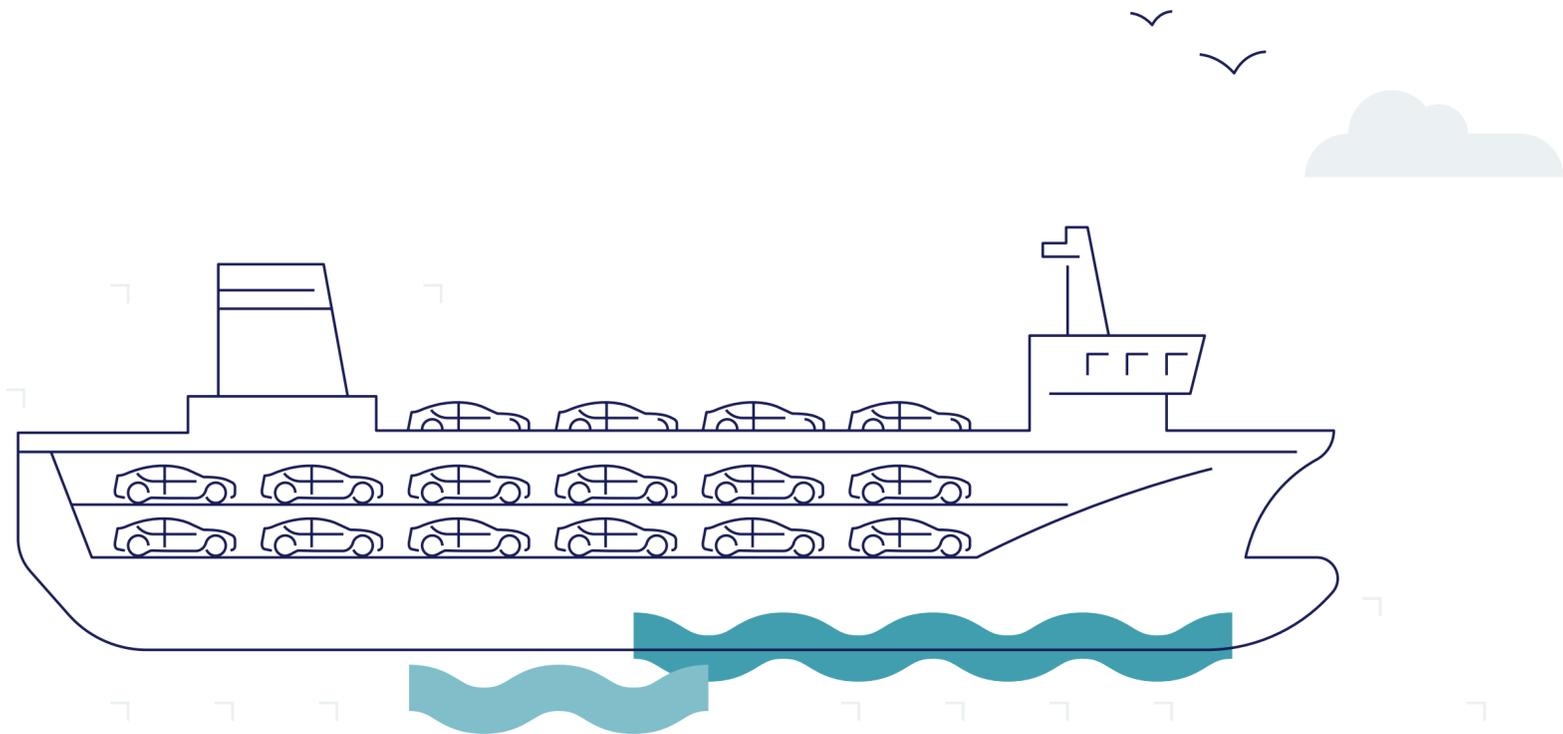
Nein, die vom Gesetzgeber formulierten baurechtlichen Mindestanforderungen sorgen dafür, dass im Brandfall ausreichend sichere Garagen definiert sind, unabhängig von der Antriebstechnologie der in der Garage geparkten Pkw.

08

Transport von Elektroautos auf Schiffen

Die Richtlinien der Europäischen Agentur für die Sicherheit des Seeverkehrs (EMSA) mit alternativen Kraftstoffen betriebene Fahrzeuge in Roll-on-/Roll-off-Räumen empfehlen, dass der State of Charge (SoC, Ladezustand) der Fahrzeuge, die auf Pure-Car-and-Truck-Carriers (PCTC)-Schiffen transportiert werden, zwischen 20 und 50 Prozent liegen sollte. Die Empfehlung einer unteren SoC-Begrenzung von 20 Prozent dient dazu, eine minimale Grundfunktionalität für das Fahren und den Betrieb des Fahrzeugs sicherzustellen. Diese umfasst die Verweildauer im Hafen sowie die Beladungs- und Entladevorgänge des Schiffs bis zum ersten Ruhepunkt. Die Empfehlung einer oberen SoC-Begrenzung von 50 Prozent zielt darauf ab, Fahrzeuge mit kleineren Batteriepacks zu berücksichtigen, um die Fahrbedürfnisse von der Fabrik bis zum endgültigen Entladehafen (und ggf. zum Autohaus oder nächsten Ladepunkt) zu gewährleisten.

Bisher ist dem VDR (Verband Deutscher Reeder) kein Schiffsbrand bekannt, der durch ein Elektrofahrzeug ausgelöst wurde. Dennoch ist sich die IMO der neuen Herausforderungen durch Brände von BEV-Pkw bewusst und erwägt die Überprüfung des Brandschutzes bei Transportschiffen.



09

Brandsicherheit von verschiedenen Zellchemien

Generell sind die gesetzlichen Anforderungen an die Traktionsbatterien der Elektrofahrzeuge sehr hoch. Das führt dazu, dass alle herkömmlichen Zellchemien, die in den Traktionsbatterien der Elektroautos verwendet werden, sicher sind. LFP-Zellen weisen eine noch höhere Brandsicherheit als NMC- oder NCA-Zellen auf (siehe Abbildung 9). Das Kathodenmaterial der LFP-Zellen hat eine Kristallstruktur, die auch bei hohen Temperaturen eine hohe thermische Stabilität aufweist. Zukünftige Batterietechnologien wie Feststoffbatterien auf Lithium-Ionen-Basis oder Natrium-Ionen-Batterien können die Sicherheit nochmals erhöhen.

Beginn des thermischen Durchgehens (°C)

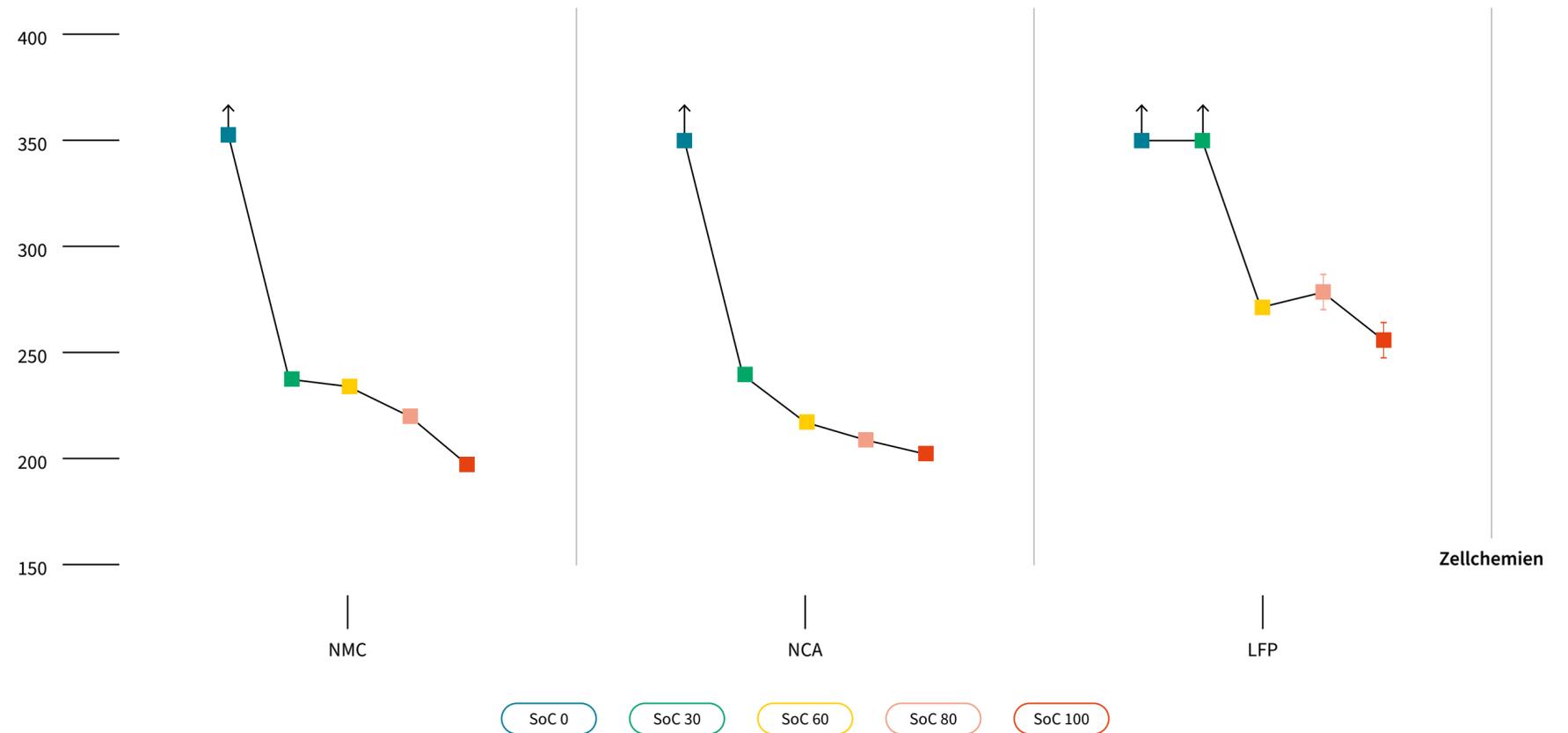


Abbildung 9: Beginn des thermischen Durchgehens für verschiedene Ladezustände und Zellchemien
Quelle: eigene Darstellung nach Ohneseit et al. (2023)

10

Innovative Forschungsprojekte zur Batteriesicherheit

Im Rahmen der Förderrichtlinie Elektromobilität unterstützt das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) neben Beschaffungsvorhaben und strategischen Konzepten zum Antriebswechsel die Umsetzung von anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE-Vorhaben).

In ganz Deutschland arbeiten Projektverbände an innovativen Ansätzen im Bereich der Elektromobilität: Sie entwickeln und implementieren neue Technologien und bringen erprobte Lösungen in neue Anwendungsfelder. So tragen sie dazu bei, eine leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur zu schaffen und eine nachhaltige Mobilität für alle zu ermöglichen.

BALSAM

Hintergrund des Projektes ist es, den in der Gesetzgebung vorgeschriebenen Insassenschutz nach einem thermischen Durchgehen der Hochvoltbatterie in Elektrofahrzeugen zu untersuchen und zu bewerten. Dazu werden Brandversuche (ausgelöst im Hochvoltspeicher) auf Gesamtfahrzeugebene durchgeführt. Zusätzlich wird auch die Schadstofffreisetzung in der näheren Umgebung betrachtet. Dabei sollen sowohl die Auswirkungen auf Fahrzeuginsassen als auch auf die gesamte Rettungskette (von Feuerwehr/Ersthelfenden bis hin zum Abschleppunternehmen) untersucht werden.

SafeDaBatt

Im Rahmen von SafeDaBatt erforscht das Konsortium die Früherkennung von Fehlern in Batteriezellen. Ziel ist, Leistungseinbußen zu verhindern und Batterien noch sicherer zu machen. Hierzu wird im Rahmen des deutsch-chinesischen Austauschprogramms SGEC mit Realdaten aus dem chinesischen Elektrofahrzeugbestand gearbeitet.

In sechs Förderaufrufen für FuE-Vorhaben wurden bisher 37 anwendungsorientierte Verbundvorhaben mit einer Gesamtförder-summe von mehr als 78 Mio. Euro bewilligt. In diesem Rahmen wurden und werden essenzielle Beiträge für den Hochlauf der Elektromobilität erarbeitet.

Über die Förderrichtlinie Elektromobilität fördert das BMDV auch sicherheitsrelevante Forschungsvorhaben wie BALSAM (Brandverhalten von Lithium-Ionen-Batteriesystemen und Brand-Schutz, Wirkung der Schadgase auf Menschen) und SafeDaBatt (Früherkennung von Fehlern in Batteriezellen).



Details und weitere Forschungsprojekte finden Sie in unserer Broschüre **Innovationen für die Elektromobilität**

11

Quellen

O1 AGBF Bund (2021)

Brandbekämpfung von Kraftfahrzeugen mit elektrischen Antrieben. Abgerufen am 01.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.agbf.de/downloads-fachausschuss-vorbeugender-brand-und-gefahrenschutz/category/28-fa-vbg-oeffentlich-empfehlungen?download=356:2021-01-fachempfehlung-elektrofahrzeuge>

O2 AGBF Bund und DFV (2021)

Keine erhöhte Brandgefahr durch in Tiefgaragen abgestellte Elektrofahrzeuge. Abgerufen am 01.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.feuerwehrverband.de/keine-erhoehte-brandgefahr-durch-in-tiefgaragen-abgestellte-elektrofahrzeuge/>

O3 Bisschop, R., Willstrand, O., Amon, F., & Rosengren, M. (2019)

Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles. Abgerufen am 01.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1317419/FULLTEXT02>

O4 DGUV (2023)

Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien bei Fahrzeugbränden. Abgerufen am 12.02.2024. Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3907>

O5 European Maritime Safety Agency (2023)

Guidance on the Carriage of AFVs in Ro-Ro Spaces. Abgerufen am 01.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.ecgassociation.eu/wp-content/uploads/2022/06/EMSA-AFVs-Guidance-final.pdf>

O6 Europäische Kommission (2016)

Neue Erkenntnisse zu Kathodenmaterialien für Batterien der nächsten Generation. Abgerufen am 02.09.2024. Verfügbar unter: <https://cordis.europa.eu/article/id/183023-new-light-on-cathode-materials-for-nextgeneration-batteries/de>

O7 Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI (2022)

Development perspectives for Lithium-ion battery cell formats. Abgerufen am 01.09.2024. Verfügbar unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2022/Development_perspectives_for_lithium-ion_battery_cell_formats_Fraunhofer_2022.pdf

O8 Freistaat Bayern (o. J.)

Struktur und Aufgaben. Abgerufen am 03.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=762&o=7590762>

- 09 **Freistaat Bayern (o. J.)**
Bauministerkonferenz: Struktur und Aufgaben. Abgerufen am 03.09.2024. Verfügbar unter:
<https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=762&o=7590762>
- 10 **Gesamtverband der Versicherer e. V. (2021)**
E-Autos in Tiefgaragen: keine erhöhte Brandgefahr feststellbar. Abgerufen am 16.10.2023. Verfügbar unter:
<https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/e-autos-in-tiefgaragen-keine-erhoehte-brandgefahr-feststellbar-66230>
- 11 **Hynynen, J. (2023)**
(E)Vehicle fires – what’s true and what isn’t. Abgerufen am 03.09.2024. Verfügbar unter:
https://iumi.com/uploads/Webinar/IUMI_Facts_Myths_2023_publish.pdf
- 12 **Hynynen, J., Willstrand, O., Blomqvist, P., & Quant, M. (2023)**
Investigation of extinguishing water and combustion gases from vehicle fires. Abgerufen am 21.11.2023.
Verfügbar unter: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1744894/FULLTEXT01.pdf>
- 13 **Hynynen, J., Quant, M., Pramanik, R., Olofsson, A.,
Li, Y. Z., Arvidson, M., & Andersson, P. (2023)**
Electric Vehicle Fire Safety in Enclosed Spaces. Abgerufen am 16.10.2023. Verfügbar unter:
<https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1744882/FULLTEXT01.pdf>
- 14 **IFAB Ingenieure für angewandte Brandschutzforschung GmbH (2023)**
Brandschutzleitfaden für Parkgaragen. Abgerufen am 28.11.2023. Verfügbar unter:
https://www.suveren-nec.info/wp-content/uploads/2023/01/Leitfaden_BS-Parkgaragen_DE_BMBF_neu.pdf
- 15 **IMO (2022)**
Maritime Safety Committee (MSC 105), 20–29 April 2022. Abgerufen am 03.09.2024. Verfügbar unter:
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-105th-session.aspx>
- 16 **Kampker, A., Heimes, H. H., Offermanns, C., & Frieges, M. (2023)**
Challenges and Solutions in Battery Safety. Abgerufen am 24.11.2023. Verfügbar unter:
https://www.pem.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaacclpluf
- 17 **Kampker, A., & Heimes, H. H. (2023)**
Elektromobilität (3. Auflage). Heidelberg: Springer Vieweg Berlin.
- 18 **Kuratorium für Verkehrssicherheit (2021)**
Brandrisiko Elektroauto. Abgerufen am 07.11.2023. Verfügbar unter:
https://www.kfv.at/wp-content/uploads/2021/08/BERICHT_Brandrisiko-Elektroauto.pdf
- 19 **Lash Fire (2022)**
Facts and Myths about Fires in Battery Electric Vehicles. Abgerufen am 30.11.2023. Verfügbar unter:
https://lashfire.eu/media/2023/07/LASH_FIRE_Facts_and_myths_digital.pdf
- 20 **Neske, Kaufmann, Butscher, & Vogel (2023)**
Evaluierung von technischen Verfahren zur Löschmitteleinbringung in Hochvoltspeichern. Abgerufen am
01.11.2024. Verfügbar unter: https://ibk-heyrothsberge.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MI/IDF/IBK/Dokumente/Forschung/Fo_Publikationen/imk_ber/IMK_210.pdf

21 **Ove Arup & Partners Limited (2023)**

T0194 – covered car parks – fire safety guidance for electric vehicles. Abgerufen am 10.11.2023. Verfügbar unter: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1168956/covered-car-parks-fire-safety-guidance-for-electric-vehicles.pdf

22 **Statistics Norway (2023)**

Registered vehicles. Abgerufen am 03.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.ssb.no/en/statbank/table/11823/>

23 **Volkswagen (2024)**

Rettungskarte eines BEV-Pkw. Abgerufen am 31.10.2024. Verfügbar unter: <https://www.volkswagen.de/de/besitzer-und-service/ueber-ihr-auto/kundeninformationen/rechtliches/rescue-data.html>

24 **Willmann, C. (2022)**

Garagenverordnung – Elektromobilität im Baurecht. Abgerufen am 01.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.derbrandschutzbeauftragte.de/garagenverordnung-elektromobilitaet-im-baurecht/>

25 **Willstrand, O., Bisschop, R., Blomqvist, P., Temple, A., & Anderson, J. (2020)**

Toxic Gases from Fire in Electric Vehicles. Abgerufen am 14.11.2023. Verfügbar unter: <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1522149/FULLTEXT01.pdf>

26 **Ziegler, L. (2023)**

Norwegische Reederei verbannt E-Autos: Droht das auch auf deutschen Fähren? Abgerufen am 03.09.2024. Verfügbar unter: <https://www.rnd.de/reise/norwegische-reederei-verbannt-e-autos-droht-das-auch-auf-deutschen-faehren-W6LXF72QQJARPGE5PVAQZESOU.html>

Impressum

NOW GmbH

Fasanenstraße 5
10623 Berlin

030 3116116-100
kontakt@now-gmbh.de
[now-gmbh.de](https://www.now-gmbh.de)

LinkedIn

now-gmbh

November 2024

Im Auftrag des

Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)

Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Redaktion

Team Elektromobilität der NOW GmbH
elektromobilitaet@now-gmbh.de

Gestaltung

ressourcenmangel GmbH

Disclaimer

Alle Angaben und Daten sind sorgfältig recherchiert. Die NOW GmbH kann allerdings für die Korrektheit oder Vollständigkeit der Inhalte keine Garantie übernehmen. Bei konkreten Fragen können Sie uns gerne kontaktieren.