

# Gefahren und Möglichkeiten der Brandbekämpfung bei Elektro-Fahrzeugen



Quelle: J.Nero, KFV Segeberg

Der Anteil an Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, d.h. mit einem anderen Antrieb als mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor hat in den vergangenen Jahren stetig zugenommen.

Die Einsatzwahrscheinlichkeit, dass eine Feuerwehr im Rahmen der Technischen Hilfeleistung oder Brandbekämpfung ein Fahrzeug mit alternativen Antrieben antrifft, nimmt zu.

Diese Unterrichtung fokussiert sich auf die Gefahren und ausgewählte Möglichkeiten der Brandbekämpfung von Elektro-Fahrzeugen (Hybrid/Elektro).

Dabei liegt der Schwerpunkt nicht auf der detaillierten Beschreibung, sondern soll den Einsatzkräften ein notwendiges Wissen und den Umgang von möglichen Gefahren geben.

Die Unterrichtung hat einen Umfang von ca. 45-60 Minuten als Vortrag.

# Literatur- und Quellenverzeichnis



Jörg Heck, Alternative Fahrzeugantriebe im Feuerwehreinsatz, Kohlhammer Verlag 1. Auflage 2018

Deutscher Feuerwehrverband, Umgang mit Lithium Ionen Batterien, Internetseite [www.dfv.de](http://www.dfv.de)

J. Nero, KfV Segeberg, Einsatzabwicklung KFZ Brand und/ mit E-Antrieb, Januar 2020

Schweizerische Feuerwehr-Zeitung, Ausgabe 7 | 2020 Grundlagen zu Ereignissen mit alternativen Antrieben

Moditech, Moditech Support Portal, Internetseite [www.moditech.com](http://www.moditech.com)

Frank Hüscher, Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg, Einsatzhinweise für alternativ angetriebene Fahrzeuge, Ausgabe Oktober 2018

Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit EKAS, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz im Umgang mit Hochvoltssystemen von Hybrid und Elektrofahrzeuge Auflage 2015.

Brandschutz, Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 75. Jhg, Ausgabe Mai 2021 S.308 ff, [www.kohlhammer-feuerwehr.de](http://www.kohlhammer-feuerwehr.de)

Firma Ellermann Eurocon GmbH, Red Boxx, Internetseite [www.container-ellermann.com](http://www.container-ellermann.com)

Firma Bridgehill, Löschdecke, Internetseite [www.bridgehill.com/fire-blankets](http://www.bridgehill.com/fire-blankets)

Firma Murer-Feuerschutz, Löschlanze, Internetseite: [www.murer-feuerschutz.de](http://www.murer-feuerschutz.de)

Firma Leader, [www.leader-group.company](http://www.leader-group.company)

Firma Müller-Safety-Trailer, [www.mueller-safety-trailer.de](http://www.mueller-safety-trailer.de)

# Hybrid- und Elektro-Antrieb

Elektro-Fahrzeuge können reine Elektro-Fahrzeuge mit einer Hochvoltbatterie sein oder aber auch sogenannte Hybrid-Fahrzeuge.

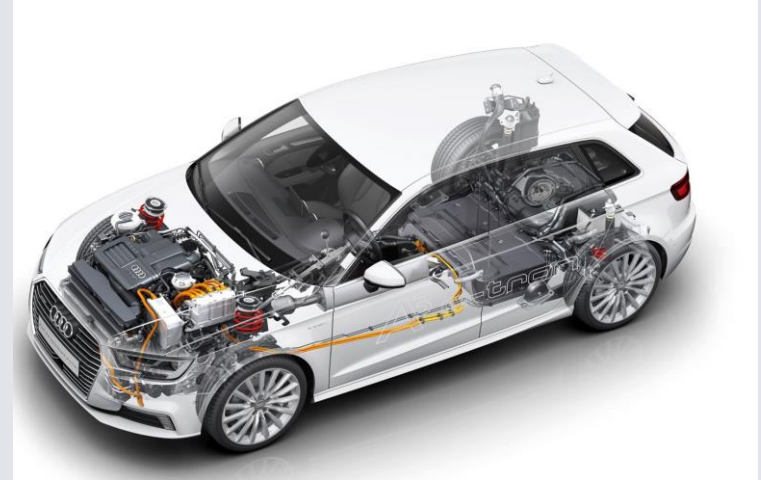


Quelle: Internet Opel.nl

Als Beispiel ein Opel Ampera als reines Elektro-Fahrzeug

# Hybrid- und Elektro-Antrieb

Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass Hybrid-Fahrzeuge neben einem Elektro-Antrieb auch noch einen Verbrennungsmotor und die dazugehörige Kraftstoffversorgung haben.



Quelle: [emobil.swhl.de](http://emobil.swhl.de)

Als Beispiel ein Audi als Hybrid-Fahrzeug

# Hybrid- und Elektro-Antrieb

Die Komponenten des Hybrid- oder Elektroantriebes befinden sich in der Regel an geschützten Stellen des Fahrzeuges.

Hochvoltleitungen sind in orange gekennzeichnet



Quelle: enomo.de

# Hybrid- und Elektro-Antrieb

Die Hochvoltbatterien, in der Regel Lithium-Ionen-Batterien, finden sich größtenteils am Fahrzeugboden wieder und sind nur schwer zugänglich.

Die schweren Akku-Blocks verändern den Schwerpunkt des Fahrzeuges.



Quelle: volkswagen.de

# Hybrid- und Elektro-Antrieb

Zusätzlich zu den Hochvoltbatterien finden sich noch weitere Hochvoltanlagen im Fahrzeug, z.B. Kondensatoren, Spulen. Genaue Auskunft darüber gibt z.B. das Rettungsdatenblatt des Fahrzeugtyps.



Quelle: npue.de

# Hochvoltbatterien

Innerhalb der HV-Batterie ist die für den Betrieb des Fahrzeuges notwendige Energie gespeichert. HV-Batterien können eine Spannung bis zu 900 Volt und ein Gewicht bis zu 700 kg haben.



Quelle: enomo.de

Das Problem von Lithium-Ionen-Batterien ist deren Anfälligkeit gegenüber Überladung, Tiefentladung und mechanischer Beschädigung (möglich bei Unfällen oder Bränden).

Dabei kann es zu Überhitzungen und Kurzschlüssen innerhalb der Batteriezellen kommen, bei denen sich schnell eine so große Hitze entwickelt, die sich auf die Nachbarzellen auswirkt (Kettenreaktion, „thermisches Durchgehen“).

# Gefahren von Hochvoltbatterien

Die meisten Lithium-Ionen-Zellen sind nicht für Betriebs- und Lagertemperaturen über 60°C ausgelegt. Bei 70 – 90°C zeigen die meisten handelsüblichen Lithium-Ionen-Zellen eine Selbsterhitzung.

Dadurch oder durch von außen einwirkende Wärme von 130 – 150°C beginnt die innere Zerstörung der betroffenen Zelle mit hohen Temperaturentwicklungen über 600°C.

Dieses thermische Durchgehen innerhalb kurzer Zeit nennt man „thermal runaway“, das eine rasche Brandausbreitung mit hoher Energiefreisetzung und starker Rauchentwicklung zur Folge hat.

**Bei der Brandbekämpfung ist dabei immer Umluft unabhängiger Atemschutz zu tragen.**

Die entstehenden Verbrennungsprodukte können:

- giftige Stoffe,
- Schwermetalle,
- Fluorwasserstoff und
- Phosphorsäure beinhalten.

Eine Rückhaltung des kontaminierten Löschwassers ist, sofern möglich, zu beachten.

# Gefahren von Hochvoltbatterien



Die Spannung im Antriebssystem des Fahrzeuges kann bis zu 650 Volt betragen. Die HV-Batterie liefert Gleichstrom, der von einem Spannungswandler in Wechselstrom für den Fahrbetrieb umgewandelt wird. Zugleich erzeugt ein Spannungswandler auch 12/24Volt für das Bordnetz.

Das Hochvoltsystem ist so abgesichert, dass es im normalen Betrieb zu keinen Kurzschlüssen oder unbefugten Eingriffen kommen kann.

# Gefahren von Hochvoltbatterien







Bei mechanischen Beschädigungen oder Unfällen kann es aber zu freiliegenden und noch unter Spannung stehenden Leitungen kommen. Beim Berühren kann es zum Stromfluss durch den menschlichen Körper kommen.

Schon Wechselspannungen von 25 Volt und Gleichspannung von 60 Volt können für einen Menschen gefährlich sein.

**Stromstärken ab 50 mA sind lebensgefährlich.  
Die Gefährdung nimmt mit höherer Stromstärke und  
Einwirkdauer zu.**

# Gefahren von Hochvoltbatterien

## Stromschläge und deren Auswirkung auf den menschlichen Körper

	Wechselstrom AC		Gleichstrom DC	
	Stromstärke (Richtwerte)	Wirkung auf den Menschen	Stromstärke (Richtwerte)	Wirkung auf den Menschen
	bis 1 mA	Reizschwelle. Strom ist kaum spürbar	bis 2 mA	Wahrnehmbarkeitsschwelle
	5 mA	Elektrisieren, Ameisenlaufen, Kribbeln. Der Leiter kann noch losgelassen werden, 5–10 mA werden als schmerzhaft empfunden	bis 100 mA	Schmerzschwelle, ohne Muskelkrämpfe. Beim Ein- und Ausschalten stechende Schmerzen in den Gelenken und Wärmegefühl.
	15 mA	Krampfschwelle. Loslassgrenze möglicherweise überschritten. Verkrampfung der Atemmuskulatur möglich.	ab 100 mA	<b>Todesschwelle.</b> Tödliche Wirkung: Herzkammerflimmern, Herzstillstand je nach Expositionszeit ab 100 mA möglich.  <b>Krampfschwelle.</b> Muskelverkrampfungen, Loslassen erst nach Sekunden oder Minuten möglich, insbesondere ab 300 mA.
	50 mA	Gefahrenschwelle. Die Atmung wird behindert, evtl. Herzstillstand oder Herzkammerflimmern nach kurzer Zeit. Zeitfaktor ausschlaggebend.		
	ab 80 mA	<b>Todesschwelle.</b> Tödliche Wirkung: Herzkammerflimmern, Herzstillstand, Atemstillstand nach 0,3 bis 1 Sekunde wahrscheinlich.		

Quelle: EKAS INFORMATIONSBROSCHÜRE

# Gefahren von Hochvoltbatterien



Beim Austritt von Flüssigkeiten aus HV-Batterien handelt es sich um konventionelle wasserbasierende Kühlflüssigkeiten (bis zu 10 Liter). Da wahrscheinlich bei einem Unfall nur wenige Zellen gleichzeitig beschädigt werden, handelt es sich auch nur um kleinere Mengen.

Das Elektrolyt in den Lithium-Ionen-Zellen ist reizend, ätzend und brennbar. Es kann mit den herkömmlichen Bindemitteln aufgenommen werden.

**Dabei ist Umluft unabhängiger Atemschutz zu tragen.**

Für die richtige Beurteilung der Einsatzlage ist es wichtig im Rahmen der Erkundung die Antriebsart des Fahrzeuges zu identifizieren.

Der Gesetzgeber schreibt den Herstellern keine besondere Kennzeichnungspflicht von alternativen Antrieben vor.

Im Rahmen der Erkundung hat sich die **AUTO**-Regel als gute Hilfestellung erwiesen.

Auto-Regel:

<b>A</b>	<b>auslaufende Betriebsstoffe</b>
U	Unterbodenkontrolle
T	Tankdeckel/Tankstutzen
O	Oberflächenkontrolle (Beschriftungen)

Für Fahrzeuge mit HV-Komponenten können weitere folgende Erkennungsmerkmale sein:

- ein **E** am Ende des Kennzeichens (keine Pflicht!),
- besondere Typenbezeichnungen (Hybrid, Plug-In, e-Golf usw.),
- Hersteller-spezifische Designelemente,
- nicht vorhandene Abgasanlage,
- Leitungen, Steckverbindungen im Motorraum sind in orange ausgeführt oder orange gekennzeichnet.

# Rettungsdatenblätter

Die Nutzung von digitalen Rettungsdatenblättern und die Kennzeichenabfrage stellt die verlässlichste Art der Erkennung von Fahrzeugen mit HV-Komponenten dar.

Auf dem Datenblatt sind alle einsatzrelevanten Informationen und Gefahren für die Einsatzkräfte dargestellt. Es gibt auch Aufschluss über die vorhandene Antriebsart.



Quelle: Renault

# Sichern gegen Wegrollen



Fahrzeuge können jederzeit betriebsbereit sein, auch wenn kein Motorgeräusch zu hören ist. Besonders Elektro-Fahrzeuge können jederzeit beim Betätigen des Gaspedals losfahren.

**Daher sollten alle Fahrzeuge frühzeitig gegen Wegrollen gesichert werden.**

Maßnahmen können sein:

- Räder mit Unterlegkeilen sichern,
- Automatik in Stellung „P“ bringen (wenn noch möglich, Vorsicht: unterschiedliche Modelle können jeweils andere Funktions-Handhabungen haben!),
- Feststellbremse/elektronische Parkbremse bestätigen.

# Deaktivierung Hochvoltanlage



Um ein Arbeiten am Fahrzeug zu ermöglichen, sollte die HV-Anlage deaktiviert werden (sofern noch möglich).

Bei Unfällen kann angenommen werden, dass bei einer Auslösung der AirBags das Fahrzeug automatisch deaktiviert wurde. Fahrzeuge sollten dennoch grundsätzlich zusätzlich noch manuell deaktiviert werden.

Die Deaktivierung eines Fahrzeuges ist in den Rettungsdatenblättern erklärt und dargestellt.

# Deaktivierung Hochvoltanlage

Beispiel eines  
Wartungsschalters  
zur Deaktivierung.

Durch Ziehen des  
Schalters werden die  
Hochvoltteile des  
Fahrzeuges  
deaktiviert.



Quelle: Mitsubishi.com

**Dabei immer die persönliche Schutzausrüstung mit  
Schutzhandschuhen und Helm/Augenschutz tragen.**

# Deaktivierung Hochvoltanlage

Oder am Beispiel  
eines Tesla Model S.



Auskunft gibt immer  
das typenspezifische  
Rettungsdatenblatt.



Quelle: Tesla.com

# Deaktivierung an der Ladestation

Schwieriger gestaltet sich eine Deaktivierung während des Ladevorganges. Die Hochvoltanlagen sind dabei nicht automatisch ausgeschaltet, die Unfallerkennung ist nicht aktiv.



Quelle: NDR.de

Es fließt dabei dauernd Strom von der Ladestelle zum Auto. Eine Deaktivierung ist ohne Zugang zum Fahrzeug kaum möglich.

# Deaktivierung an der Ladestation

Für die Einsatzkräfte besteht die Gefahr durch Spannungsquellen am Fahrzeug und an der Ladestelle.



Quelle: electrive.net

In der Regel ist der Stromstecker am Fahrzeug während des Ladevorganges gegen Diebstahl verriegelt, so dass das Kabel, wenn möglich, an der Ladestelle entfernt werden muss.

# Brände von Elektro-Fahrzeugen



Quelle: J.Nero, KFV Segeberg

# Brände von Elektro-Fahrzeugen



Solange keine Hochvolt-Batterien beim Brand beschädigt werden oder beteiligt sind, unterscheiden sich die Brände von Elektro-Fahrzeugen nicht wesentlich von herkömmlichen Fahrzeugen.

Durch die tief liegende Batterie im Fahrzeug ist eine längere Vorbrennzeit erforderlich, bis es zu einer Entzündung oder Reaktion kommt.

# Brände von Elektro-Fahrzeugen

Schwieriger gestaltet sich die Brandbekämpfung von in Brand stehenden Hochvolt-Batterien. Eine elektrische Gefährdung der Einsatzkräfte muss verhindert werden.

Die Abstände beim Einsatz von Wasser bei spannungsführenden Teilen sind einzuhalten.



Quelle: feuerwehrmagazin.de

# Brände von Elektro-Fahrzeugen

Die entstehenden Atemgifte sind vergleichbar mit den Atemgiften, die beim Brand eines herkömmlichen Fahrzeuges entstehen.

**Ein Vorgehen unter Umluft unabhängigen Atemschutz ist zwingend geboten.**



Quelle: [emobilitaet.online](http://emobilitaet.online)

# Gefahren für die Einsatzkräfte

Gefahr für	durch	Atemgifte	Angstreaktion	Ausbreitung	Atomare Strahlung	Chemische Stoffe	Erkrankung / Verletzung	Explosion	Elektrizität	Einsturz
		<b>Welche Gefahren müssen bekämpft werden?</b>								
Menschen										
Tiere										
Umwelt										
Sachwerte										
<b>Für welchen Gefahren müssen sich die Einsatzkräfte schützen?</b>										
Mannschaft										
Gerät										

Quelle: wikipedia.org

Die Gefahren bei einem Brand können anhand der bekannten Gefahren-Matrix dargestellt werden.

Mit den Menschen für die Menschen im Land.

# Gefahren für die Einsatzkräfte



Die vorrangigen Gefahren für die Einsatzkräfte sind:

A: Atemgifte

durch Rauch, Verbrennungsprodukte,

C: Chemische Gefahren

durch austretende Flüssigkeiten der Hochvolt-Batterien,

E: Elektrische Gefahren

durch Stromschläge, Kurzschlüsse, Lichtbogen.

# Brände von Elektro-Fahrzeugen



Wasser ist als Löschmittel sehr gut geeignet und für alle Feuerwehren verfügbar.

Der Zusatz von Netzmittel ist sicherlich möglich, aber erhöht nicht den Löscherfolg (dabei Umweltgefahren durch Löschwasser beachten).

Sand oder Metallbrand-Pulver sind zwar gut geeignet, aber die erforderlichen Mengen sind für eine Feuerwehr unrealistisch.

# Brände von Elektro-Fahrzeugen



Zur Brandbekämpfung und zur anschließenden Kühlung der Hochvolt-Batterie sind große Mengen von Löschwasser erforderlich.

Es ist schwierig Wasser in das Innere der Batterie einzubringen, daher beschränken sich die meisten Maßnahmen nach der erfolgten Brandbekämpfung auf die konsequente Kühlung der Batterie.

# Brände von Elektro-Fahrzeugen

Da sich die Zersetzung innerhalb der Hochvolt-Batterie über einen sehr langen Zeitraum hinziehen kann, ist eine dauernde Kontrolle der Temperatur notwendig.



Quelle: rosenbauer.com

# Brände von Elektro-Fahrzeugen



Quelle: J.Nero, KfV Segeberg

Die Wärmebildkamera zeigt dabei aber nur die Temperatur des Gehäuses der Batterie an. Innerhalb der Batterie bleibt die Brandgefahr sehr lange erhalten.

Anzeichen für eine thermische Reaktion innerhalb der Batterie sind:

- „Knister- oder Blubbergeräusche“,
- Rauchentwicklung,
- Optische Verfärbungen.

Für die Einsatzplanung ist der längere Zeitraum der Überwachung und der notwendige Löschwasser-Bedarf für eine weitere Kühlung zu berücksichtigen.

Sofern keine Löschwasserversorgung vor Ort vorhanden ist, ist die rechtzeitige Anforderung von wasserführenden Fahrzeugen zu bedenken.

Auch eine zeitgerechte Personalplanung, ggfs. Nachforderung von weiteren Einsatzkräften bei der Überwachung ist einzukalkulieren.

# Entsorgung und Abschleppen



Für die Entsorgung und ggfs. Abschleppen des Fahrzeuges ist ein geeignetes Unternehmen zu beauftragen.

Es ist aber nicht die Aufgabe der Feuerwehr die Entsorgung zu beauftragen, sondern eine gesicherte Übergabe der Einsatzstelle an die Polizei oder an einen Entsorger zu gewährleisten.

# Entsorgung und Abschleppen



Die Polizei und/oder der Entsorger sind darauf hinzuweisen, dass es sich um ein Fahrzeug mit Hochvolt-Anlagen handelt.

Es ist zu empfehlen die Übergabe in einem Protokoll festzuhalten und die Leitstelle zu informieren.

Gegebenenfalls ist ein Brandschutz bis zum gesicherten Abtransport zu stellen.

# Entsorgung und Abschleppen

Hochvolt-Batterien können noch über einen sehr langen Zeitraum eine Gefährdung darstellen.

Der Entsorger muss eine getrennte Lagerung und eine fachgemäße Entladung der Batterie gewährleisten.



Quelle: all-in.de

# Entsorgung und Abschleppen



Quelle: all-in.de

Die Gefahr einer Wiederenzündung einer beschädigten Hochvolt-Batterie besteht bis zu einer vollständigen Entladung der Batterie.

Nachfolgend werden zu den bereits dargestellten herkömmlichen Methoden der Brandbekämpfung weitere unterschiedliche Methoden und Möglichkeiten dargestellt.

Sie sind nur exemplarische Beispiele. Eventuelle rechtliche Bedingungen in der Beschaffung und Anwendung sind zu beachten.

Anmerkung:

Eine Bewertung und Vergleich der Methoden darf durch den Landesverband aus rechtlichen Gründen leider nicht vorgenommen werden. Es wird den Feuerwehren überlassen eigene Bewertungen und weitere Vergleiche durchzuführen.

Es werden im Bereich der Fahrzeugbrände mehrere Löschdecken angeboten. Die Decke wird über das brennende Fahrzeug gezogen und das Feuer somit isoliert.

Es wird dabei nur das Primärfeuer bekämpft und die Hitzeentwicklung relativ schnell gestoppt.

Der Brand einer Hochvolt-Anlage kann durch eine Löschdecke nicht bekämpft werden.

# Zwei Anbieter von Löschdecken



Löschdecke der Firma Bridgehill  
weitere Informationen unter:  
[www.bridgehill.com/fire-blankets/](http://www.bridgehill.com/fire-blankets/)



Löschdecke der Firma Leader  
weitere Informationen unter:  
[www.leader-group.company/de](http://www.leader-group.company/de)

# Löschdecke



Quelle: KfV Segeberg

Mit den Menschen für die Menschen im Land.

# Löschdecke



Quelle: KFV Segeberg

Mit den Menschen für die Menschen im Land.

Lösungen mit Abroll-Containern oder Abroll-Mulden stellen komplexere und aufwendige Lösungen dar. Sie finden in der Regel erst Anwendung, wenn das Primärfeuer bekämpft wurde und die Hochvolt-Anlage deaktiviert werden soll. Zugleich wird die weitere Gefährdung eines „thermal runaway“ der Hochvolt-Batterien vermieden.

# Anbieter Container-Lösungen



Red-Boxx der Firma Ellermann Eurocon GmbH auf Basis einer wasserdichten Mulde.

[www.container-ellermann.com/redboxx/](http://www.container-ellermann.com/redboxx/)



# Anbieter Container-Lösungen

Der Müller Safety Trailer ist ein wasserdichter, oben geöffneter LKW-Multifunktionsanhänger mit hydraulischer Rampe.

[www.mueller-safety-trailer.de](http://www.mueller-safety-trailer.de)



Mit den Menschen für die Menschen im Land.

Nach dem Bekämpfen des Primärfeuers können Löschlanzen direkt in die Hochvolt-Anlage unter Kraft getrieben werden und wirken direkt mit dem Lösch- und Kühlwasser an der Batterie.

Beim Anwenden der Löschlanze kann es kurzzeitig zu Kurzschlüssen, Funkenflug oder andere Reaktionen der Batterie kommen.

Löschlanzen sind durch Isolierungen gegen Hochvolt-Spannungen geschützt, zugleich findet ein Masse-Schluss mit dem Gehäuse statt, der Spannungen ableiten kann.

# Löschlanzen und Sprühlanzen



Sprühlanzen können auch während der Brandbekämpfung unter dem Fahrzeug eingesetzt werden und kühlen die im Fahrzeugboden liegenden Hochvolt-Anlagen von unten.

Sie ermöglichen auch die gleichzeitige Kühlung während einer technischen Hilfe am Fahrzeug.

# Anbieter Löschlanze

Die Firma Murer-Feuerschutz hat eine Löschlanze entwickelt, die vorrangig auf den Brand und die Kühlung von Hochvolt-Batterien (Lithium-Ionen) ausgerichtet ist.

[www.murer-feuerschutz.de](http://www.murer-feuerschutz.de)



Quelle: [murer-feuerschutz.de](http://murer-feuerschutz.de)

# Anbieter Sprühlanze



Quelle: [www.kohlhammer-feuerwehr.de](http://www.kohlhammer-feuerwehr.de)

Das Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen (IdF NRW) hat eine Sprühlanze entwickelt zum schnellen Kühlen einer Hochvolt-Batterie unterhalb des Fahrzeuges.

Bei Anmerkungen und weiteren Informationen steht Euch/Ihnen der Landesfeuerwehrverband zur Verfügung.

Internet: [www.lfv-sh.de](http://www.lfv-sh.de)

Mail: [einsatz@lfv-sh.de](mailto:einsatz@lfv-sh.de)

Vielen Dank