A decorative graphic on the left side of the page. It features a large grey arrow pointing upwards, a smaller grey arrow pointing to the right, and a third grey arrow pointing diagonally upwards and to the right. A red circle is partially visible at the bottom left, overlapping the diagonal arrow.

Leitfaden für die Brandsicherheit in Parkhäuser mit Elektrofahrzeugen

Revisionsübersicht

Datum	Rev #	Absatz/ Seite	Änderung
Dezember 2024	1.0	Dokument	Erstveröffentlichung

VORWORT

Dieser Leitfaden dient als allgemeine Orientierungshilfe und ersetzt keine detaillierte Beratung in spezifischen Fällen. Obwohl bei der Zusammenstellung und Vorbereitung dieser Veröffentlichung mit größter Sorgfalt vorgegangen wurde, um die Richtigkeit der Angaben zu gewährleisten, kann Euralarm unter keinen Umständen die Verantwortung für Fehler, Auslassungen oder erteilte Ratschläge oder für Verluste übernehmen, die sich aus dem Vertrauen auf die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen ergeben.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Dieses Dokument dient ausschließlich der Orientierung der Euralarm-Mitglieder und gegebenenfalls ihrer Mitglieder über die Sachlage bezüglich des behandelten Themas. Obwohl alle Anstrengungen unternommen wurden, um die Richtigkeit des Dokuments zu gewährleisten, sollten sich die Leser nicht auf seine Vollständigkeit oder Korrektheit verlassen und es nicht als Rechtsauslegung heranziehen. Euralarm haftet nicht für die Bereitstellung falscher oder unvollständiger Informationen.

Hinweis: Die englische Version dieses Dokuments ist das gültige Euralarm-Referenzdokument.

Urheberrecht Euralarm

© 2024, Zug, Schweiz

Euralarm
Gubelstrasse 11
CH-6300 Zug
Schweiz

E: secretariat@euralarm.org
W: www.euralarm.org

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Geltungsbereich	4
3. Brandrisiken und Brandlasten von Elektrofahrzeugen	4
4. Unterschiede im Brandverhalten von Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen	6
5. Brandschutzziele für öffentliche Parkhäuser in Europa. Ein ganzheitlicher Ansatz.....	7
6. Zu berücksichtigende Elemente einer ganzheitlichen Brandschutzstrategie.....	8
7. Brandschutzlösungen: Beschreibung und Eigenschaften.....	11
8. Inspektion, Prüfung und Wartung.....	12
9. Schlussfolgerungen	13
10. Quellenverzeichnis.....	14

1. Einleitung

Die steigende Anzahl von Elektrofahrzeugen (EVs) bietet zwar ökologische Vorteile, stellt uns jedoch vor neue sicherheitstechnische Herausforderungen. Dieser Leitfaden behandelt verschiedene Elektrofahrzeugtypen, insbesondere:

- Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge (PHEV)
- Batterie-Elektrofahrzeuge (BEV)

Diese werden nachfolgend zusammenfassend als EVs bezeichnet. Bei Fahrzeugen mit Kohlenwasserstoff-Kraftstoffen sind zusätzliche spezifische Risiken zu beachten.

Besondere Aufmerksamkeit erfordern die charakteristischen Risiken von EVs, allen voran das thermische Durchgehen der Antriebsbatterien. Die Konstruktion von EVs schützt die Batteriezellen zwar effektiv vor äußeren Einflüssen wie Witterung, Spritzwasser und alltäglichen Beschädigungen. Diese Schutzmaßnahmen erschweren jedoch im Brandfall den Zugang für Löschmittel. Dadurch wird es extrem schwierig oder sogar unmöglich, ein thermisches Durchgehen der Antriebsbatterie zu verhindern oder dessen Ausbreitung zwischen den Zellen zu kontrollieren.

Eine zusätzliche Herausforderung stellt die zunehmende Fahrzeuggröße dar. Moderne Fahrzeuge - sowohl mit Verbrennungsmotor als auch elektrisch betrieben - sind deutlich größer als ihre Vorgänger aus den 1970er Jahren. Da die Parkplatzgrößen meist unverändert blieben, stehen Fahrzeuge heute enger zusammen. Diese räumliche Nähe, kombiniert mit dem erhöhten Kunststoffanteil moderner Fahrzeuge, begünstigt die Brandausbreitung zwischen den Fahrzeugen. Verschärft wird diese Situation durch:

- Zunehmende Parkdichte in Parkhäusern
- Künftige Entwicklungen wie autonomes Parken

Selbst in Neubauten mit größeren Stellplätzen wurde die Gefahr der Brandausbreitung zwischen Fahrzeugen nachgewiesen.

Dieser Leitfaden analysiert Statistiken, Forschungsergebnisse zum Brandverhalten sowie Sicherheitsmaßnahmen für Elektro- und Verbrennungsfahrzeuge. Er richtet sich an Sicherheitsexperten und politische Entscheidungsträger und soll als fundierte Entscheidungsgrundlage dienen.

2. Geltungsbereich

Dieser Leitfaden verfolgt das zentrale Ziel, eine faktenbasierte Darstellung der Brandrisiken von Elektrofahrzeugen in Parkhäusern im Vergleich zu anderen Fahrzeugtypen zu liefern und zugleich praktische Sicherheitslösungen und Handlungsempfehlungen zu präsentieren.

Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt dabei auf Elektrofahrzeugen (EV). Besondere Aufmerksamkeit verdient die Tatsache, dass viele Parkhäuser heute auch Abstellmöglichkeiten für Kleinstfahrzeuge wie E-Bikes und E-Scooter anbieten, sei es aus Sicherheitsgründen oder zur Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit für Mitarbeiter oder Bewohner. Die damit verbundenen zusätzlichen Risiken dürfen nicht unterschätzt werden. Insbesondere wenn für diese Kleinstfahrzeuge Ladeinfrastruktur bereitgestellt wird, steigt das Gefährdungspotenzial an. In solchen Fällen müssen die in diesem Leitfaden beschriebenen Schutzmaßnahmen und Sicherheitsempfehlungen besonders sorgfältig beachtet und umgesetzt werden.

3. Brandrisiken und Brandlasten von Elektrofahrzeugen

Laut einem Bericht der National Fire Protection Association (NFPA) waren Fahrzeugbrände für 15 % der 1,4 Millionen Brände verantwortlich, die 2020 in den USA stattfanden, und diese Brände trugen zu 18 % der zivilen Todesfälle und 11 % der zivilen Verletzungen bei.

Der Anteil der Brände mit Elektrofahrzeugen lag bei etwa 0,02 % der gesamten Brände in den USA, was darauf hindeutet, dass Brände mit Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Bränden mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor relativ selten sind. Dazu ist anzumerken, dass dies in der Öffentlichkeit nicht wahrgenommen wird, da Elektrofahrzeuge in den sozialen Medien oft als brandgefährlicher dargestellt werden.

Statistische Daten zeigen jedoch, dass die Brandrate bei BEV heute um ein Vielfaches niedriger ist als bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und Plug-in-Hybridfahrzeugen. Laut AutoinsuranceEZ2020¹ kommt es bei hunderttausend zugelassenen Fahrzeugen zu 3470 Bränden bei Hybriden (3,74 %), 1530 Bränden bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor (1,53 %) und weniger als 30 Bränden bei Elektrofahrzeugen (0,03 %).

Nach Angaben der schwedischen Behörde für zivile Notfälle gab es im Jahr 2022 106 Brände, die mit elektrisch betriebenen Fortbewegungsmitteln in Zusammenhang standen. Der Großteil davon betraf E-Scooter, und nur etwa 24,4 % betrafen Elektroautos. Diese Zahl blieb trotz eines deutlichen Anstiegs der Zahl der zugelassenen BEV in den letzten Jahren stabil. Bis Ende 2022 waren in Schweden etwa 215.000 BEV zugelassen. Dies ergibt etwa 12 Brände pro 100.000 zugelassener BEV in Schweden (0,01 %).

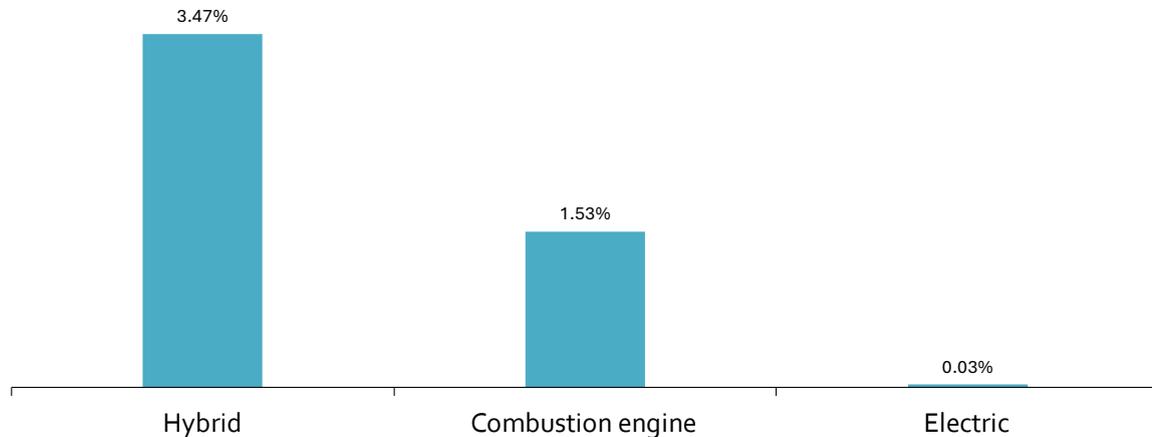
Für andere Länder liegen ebenfalls Daten vor, wobei die oben genannten als allgemein repräsentativ gelten.

Eine Bewertung, warum PHEV das größte Risiko darstellen, liegt nicht vor. Mögliche Ursachen sind die vergleichsweise komplexe Technologie und die Alterung. Die Alterung von BEV und die zunehmende Leistung von Schnellladestationen spielen eine Rolle, die sich nicht in den aktuellen Statistiken widerspiegelt, da diese nur auf relativ neuen Autos basieren, da es sich um eine relativ neue Technologie handelt.

¹ <https://www.autoinsuranceez.com/gas-vs-electric-car-fires/>

Fire Risks

Incidents for every hundred thousand registered cars



Data source: Autoinsurance EZ 2020

Hybridfahrzeuge weisen statistisch das deutlich höchste Brandrisiko auf.

Eine Untersuchung der Dekra aus dem Jahr 2022 zeigt, dass die Brandlast von Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf einem vergleichbaren Niveau liegt. Der wesentliche Unterschied zeigt sich jedoch im Brandverlauf: Während sich die absolute Energiemenge, die bei einem Brand freigesetzt wird, kaum unterscheidet, erstreckt sich der Brandvorgang bei Elektrofahrzeugen über einen deutlich längeren Zeitraum sobald die Antriebsbatterie in Brand geraten ist. Diese längere Branddauer stellt besondere Anforderungen an die Brandbekämpfung und muss bei der Planung von Sicherheitskonzepten berücksichtigt werden.

Fire loads for comparable vehicle sizes

1.2t total weight

Material	Quantity	MJ/kg/kWh	Combustion Car (MJ)	Electric vehicle (MJ)
Plastics	300 kg	30	9000 (75.4%)	9000 (75.5%)
Tires	40 kg	28	1120 (9.4%)	1120 (9.4%)
Gasoline	50 l	32	1600 (13.4%)	-
Engine & gearbox oil	6 l	35	210 (1.8%)	-
LiB traction battery	50 kWh	36	-	1800 (15.1%)
			11930	11920

Data source: DEKRA Automobil GmbH 2022

Unabhängig vom Fahrzeugtyp machen Kunststoffteile und Reifen etwa 85 % der Brandlast des Fahrzeugs aus.

Der Grund für die hohe Brandlast – quasi Öl ins Feuer – ist die im Laufe der Jahre stetig gestiegene Menge an Kunststoffen, die in modernen Autos verwendet werden. Selbst bei Elektrofahrzeugen mit größeren Batterien dominiert der Kunststoffanteil des Fahrzeugs.

Moderne Garagenbrände scheinen auch viel schwieriger zu löschen zu sein, wie die Daten zeigen. 1997 wurden 95 % der analysierten Garagenbrände in weniger als 60 Minuten gelöscht. Bei Garagenbränden in Frankreich zwischen 2010 und 2014 wurden jedoch nur 40 % in weniger als einer Stunde gelöscht; bei 30 % der Brände dauerte das Löschen mehr als zwei Stunden und bei 10 % mehr als vier Stunden. Im Gegensatz dazu dauerte es bei weniger als 1 % der Brände im Jahr 1997 länger als zwei Stunden, bis sie gelöscht waren².

² <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/nfpa-journal/2019/03/01/protecting-parking-garages>

4. Unterschiede im Brandverhalten von Elektrofahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen

Elektrofahrzeuge und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor unterscheiden sich grundlegend in der Art ihrer Brandentwicklung und -ausbreitung, besonders wenn die Antriebsbatterie eines Elektrofahrzeugs involviert ist. Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor liegt das Hauptrisiko in auslaufenden Kraftstoffen aus den Tanks. Elektrofahrzeuge hingegen können zwar nicht 'auslaufen', bergen aber durch ihre Lithium-Ionen-Batterien andere Risiken bei Überhitzung oder Beschädigung.

Eine besondere Gefahr bei Elektrofahrzeugen stellt das thermische Durchgehen (Thermal Runaway, TR) dar. Dieser Prozess beginnt, wenn eine einzelne Batteriezelle überhitzt und dadurch eine sich selbst verstärkende Kettenreaktion auslöst. Der resultierende Brand ist aus zwei Gründen besonders problematisch: Zum einen ist das Batteriemodul für Löschmittel schwer zugänglich, zum anderen besteht selbst nach erfolgreicher Eindämmung des thermischen Durchgehens die Gefahr eines erneuten Ausbruchs. Diese Gefahr entsteht durch die im beschädigten Akkupack verbliebene 'gestrandete' Energie, die jederzeit einen neuen Brandherd verursachen kann.

Parkhäuser bergen für alle Fahrzeugtypen spezifische Brandgefahren, aber die Risiken für Elektrofahrzeuge können aufgrund des begrenzten Raums und der Möglichkeit, dass sich bei einem TR-Ereignis brennbare und giftige Gase ansammeln, schwerwiegender sein.

Die spezifischen Merkmale eines Elektrofahrzeugbrands erfordern eine Anpassung der Schutzstrategien, die derzeit für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor allgemein akzeptiert und angewendet werden:

- Im Gegensatz zu ICE-Fahrzeugen, die in einer Garage immer passiv sind, können PHEVs und BEVs zum Aufladen an die Steckdose angeschlossen werden, wodurch aktive chemische und elektrische Vorgänge ausgelöst werden, auch wenn der Motor ausgeschaltet ist
- Die Batterien eines Elektrofahrzeugs können zu Verpuffungen oder Stichflammen führen, die eine schnellere Ausbreitung des Feuers auf benachbarte Fahrzeuge begünstigen
- Bei einem Batteriebrand entstehen giftige Gase, zusätzlich zu denen, wie sie auch bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor durch die Materialien entstehen, aus denen das Fahrzeug besteht (Verkleidungen, usw.)
- Ein Batteriebrand kann auch nach Tagen wieder aufflammen

Aktuelle Forschungsergebnisse widerlegen die verbreitete Annahme, dass Elektrofahrzeuge grundsätzlich ein höheres Brandrisiko darstellen. Die Studien belegen, dass Elektrofahrzeuge weder eine schnellere Brandausbreitung aufweisen noch generell schneller brennen als konventionelle Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse sind wichtig für eine sachliche und faktenbasierte Risikobewertung und helfen dabei, übertriebene Befürchtungen zu relativieren³.

Die rechtliche Situation zum Parken und Laden von Elektrofahrzeugen gestaltet sich in verschiedenen Ländern unterschiedlich. In Deutschland ist das Parken und Laden von Elektrofahrzeugen mit zertifizierten Ladesystemen in Garagen, die nach der Musterbauordnung (MBO) errichtet wurden, grundsätzlich zulässig. Die französischen Vorschriften sind hingegen strenger und verlangen eine physische Trennung von Ladestationen auf öffentlichen Parkflächen von anderen Bereichen.

Zwar äußern einige Experten Bedenken hinsichtlich potenzieller Brandrisiken beim Laden von Elektrofahrzeugen. Diese Risiken umfassen insbesondere die Überhitzung durch defekte Ausrüstung, beschädigte Batterien oder die Verwendung ungeeigneter oder schadhafter Ladekabel⁴.

Die VDI-Richtlinie 2166 bietet hierzu jedoch eine klare Position: Typgenehmigte Elektrofahrzeuge dürfen sowohl in privaten als auch öffentlichen Garagen abgestellt und geladen werden. Der Ladevorgang wird dabei nicht als Änderung der ursprünglichen Raumnutzung eingestuft. Entscheidend ist vielmehr die Einhaltung der geltenden Sicherheitsstandards bei Installation, regelmäßiger Inspektion und Wartung der Ladeinfrastruktur. Diese Vorgaben gewährleisten einen sicheren Betrieb der Ladestationen und minimieren potenzielle Risiken.

³ https://lashfire.eu/media/2022/09/2022-08_Facts_and_Myths.pdf

⁴ Source: VDI -Richtlinie 2166 Planung elektrischer Anlagen in Gebäuden: Hinweise für die Elektromobilität., Teil 2, Chap. 6.4.9

Brandrisiko an Ladestationen

Statistiken zeigen, dass BEVs heute die geringste Brandwahrscheinlichkeit aller Antriebsarten aufweisen. Die erhöhte Wahrscheinlichkeit eines Brandes entsteht während des Ladevorgangs. Die Ladegeräte selbst sind ebenfalls als sicher anzusehen, jedoch stellt die Kabelverbindung an diesen Stellen ein erhöhtes Risiko dar, insbesondere wenn Kunden ihre eigenen, möglicherweise schlecht gewarteten Kabel verwenden, insbesondere an den Anschlusspunkten. Laut dem Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung (IFS, Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V.)⁵, werden seit fast 15 Jahren rund ein Drittel aller Brände jeglicher Art durch elektrische Störungen oder Kabelbrände verursacht. Diese Brände treten häufig im privaten Bereich auf, da es im Gegensatz zum gewerblichen Bereich keine vorgeschriebene regelmäßige Überprüfung von Elektrogeräten gibt. Die Ursachen für Kabelbrände sind vielfältig und reichen von Kabelbruch über lose Stecker und Klemmverbindungen bis hin zu Alterungsprozessen (Oxidation und Korrosion).

Dies allein ist sicherlich Grund genug, sich näher mit dem Thema Brandschutz an Ladestationen in Gebäuden zu befassen. Zu berücksichtigen ist jedoch in jedem Fall, dass Ladestationen nicht nur für BEV reserviert sind. Auch PHEV werden an solchen Stationen geladen. Und PHEV sind nach aktuellen Statistiken offenbar die Fahrzeugklasse mit der mit Abstand höchsten Brandwahrscheinlichkeit aller Antriebsarten. PHEV stellen ein zusätzliches Risiko dar, da im Ladebereich Kraftstoffe und Öl verschüttet werden können. Diese Tatsache macht Ladestationen zum größten Problem, wenn es um das Thema Brandschutz geht.

5. Brandschutzziele für öffentliche Parkhäuser in Europa. Ein ganzheitlicher Ansatz

Die Brandschutzanforderungen für Elektrofahrzeuge stellen besondere Herausforderungen dar:

Erhöhtes Brandrisiko während des Ladevorgangs:

- Durch den Ladeprozess selbst
- Durch die verwendete Ladeinfrastruktur
- Durch mögliche Defekte an Ladekabeln

Gefährliche Emissionen im Brandfall:

- Freisetzung explosiver Gase und Dämpfe
- Entstehung hochgiftiger Rauchgase

Komplexe Brandcharakteristik:

- Längere Branddauer durch Batterieaufbau
- Gefahr des Wiederaufflammens ("Thermal Runaway")
- Problematik der gespeicherten Restenergie

Besondere Löschanforderungen:

- Spezielle Löschrategien erforderlich
- Erhöhter Löschmittelbedarf
- Längere Nachkontrollzeiten / Brandwachen.

Aktuelle Brandschutzkonzepte für Parkhäuser und Tiefgaragen entsprechen nicht mehr den modernen Anforderungen. Die bestehenden Schutzstrategien basieren auf veralteten Annahmen, die von kleineren Fahrzeugen mit geringerer Brandlast ausgehen. Diese Konzepte berücksichtigen nicht die veränderten Charakteristika moderner Fahrzeuge und deren höhere Brandlasten.

In der Praxis zeigt sich, dass die kritischen Sicherheitsgrenzen schnell erreicht werden. Die mechanische Belastbarkeit der Gebäudestruktur kann bereits bei wenigen brennenden Fahrzeugen überschritten werden, was die Einsatzmöglichkeiten der Feuerwehr stark einschränkt. Dokumentierte Fälle belegen, dass bei mehr als drei bis fünf⁶ gleichzeitig brennenden Fahrzeugen ein sicherer Feuerwehreinsatz in geschlossenen Parkstrukturen nicht mehr möglich ist.

⁵ <https://www.schadenprisma.de/archiv/artikel/elektrische-brandursachen-im-wandel-der-zeit/>

⁶ Quelle: https://players.brightcove.net/1640544031001/default_default/index.html?videoId=6161601923001

Diese Erkenntnisse unterstreichen die dringende Notwendigkeit, bestehende Brandschutzkonzepte zu überarbeiten und an die aktuellen Gegebenheiten anzupassen. Ohne entsprechende Modernisierung der Schutzmaßnahmen kann die Sicherheit in Parkhäusern und Tiefgaragen nicht mehr gewährleistet werden.

Die Bekämpfung von Lithium-Ionen-Akkubränden erfordert ein grundlegend neues Verständnis von Brandschutzstrategien. Anders als bei konventionellen Bränden ist eine schnelle Löschung meist nicht möglich, und Einsätze können sich über Tage erstrecken. Die ständige Gefahr einer Rückzündung erfordert dabei durchgehende Überwachung und langfristig ausgelegte Schutzmaßnahmen. Obwohl derzeit keine technische Lösung für eine automatische Schnelllöschung existiert, stehen wirksame Konzepte zur Schadensbegrenzung zur Verfügung. Diese werden zunehmend wichtiger, da die Anzahl der Ladestationen in Garagen stetig steigt.

Elemente eines ganzheitlichen Ansatzes sind:

- Architektonische Maßnahmen (Fluchtwege, Positionierung von Ladestationen, Kollisionsschutz, Management von Umweltbelastungen durch Verbrennungsprodukte, die aus geschlossenen/überdachten Parkplätzen entweichen, Management von Abflüssen usw.)
- Passive Schutzmaßnahmen (Risikotrennung durch Wände, Schutz der Decken durch Beflockung, Stahlbetondecke usw.)
- Fortschrittliches Management der Ladestation, bei dem die Stromversorgung aller Ladegeräte unterbrochen werden kann
- Kontrollmaßnahmen zur Eindämmung des Ausbruchs oder der Intensität eines Brandes, z. B. durch Vermeiden der Lagerung brennbarer Materialien usw.
- Brandfrüherkennung und -alarm
- Automatische Brandbekämpfungssysteme
- Rauchabzugslüftung
- Einbeziehung der Feuerwehr zur Festlegung von Interventionsstrategien, die auf den jeweiligen Fall zugeschnitten sind
- Installierte Ausrüstung wie Steigleitungen oder Schlauchhaspeln, die den Feuerwehrleuten vor Ort zur Verfügung steht
- Verbringung eines Elektrofahrzeugs nach einem vorab festgelegten Verfahren in einen Außenbereich, um nach dem Löschen des Brandes die Gefahr durch ein Wiederentflammens zu mitigieren.
- Regelmäßige Wartung aller implementierten Systeme

Kapitel 6 stellt die verschiedenen Ansatzpunkte vor, die in Betracht gezogen oder kombiniert werden können, um das gewünschte Absicherungslevel zu erreichen.

Die Bekämpfung von Lithium-Ionen-Akkubränden erfordert ein grundlegend neues Verständnis von Brandschutzstrategien. Anders als bei konventionellen Bränden ist eine schnelle Löschung meist nicht möglich, und Einsätze können sich über lange Zeiträume erstrecken. Die ständige Gefahr einer Rückzündung erfordert dabei durchgehende Überwachung und entsprechend ausgelegte Schutzmaßnahmen. Sämtliche Brandschutzkonzepte müssen daher für längere Einsätze ausgelegt sein und eine kontinuierliche Durchführbarkeit der Schutzmaßnahmen gewährleisten.

Obwohl derzeit keine technische Lösung für eine automatische Schnelllöschung von Elektrofahrzeugbränden existiert, stehen wirksame Konzepte zur Schadensbegrenzung zur Verfügung. Die Implementierung solcher schadensmindernden Maßnahmen wird zunehmend wichtiger, da die Anzahl der Ladestationen in Garagen stetig steigt. Diese Entwicklung erfordert eine konsequente Anpassung und Weiterentwicklung der bestehenden Brandschutzstrategien.

6. Zu berücksichtigende Elemente einer ganzheitlichen Brandschutzstrategie

Grundsätzlich muss die Kontrolle der Wärmeabgabe – sei es bei Elektro- und/oder Verbrennungsmotoren – das Ziel sein, um eine Ausbreitung von Fahrzeug zu Fahrzeug zu verhindern, welche in der Vergangenheit häufig strukturelle Schäden verursachte, die wiederum zum Einsturz von Gebäuden oder zu deren Abriss führten.

Unbestreitbar muss bei jedem Brand so schnell wie möglich eine Benetzung und Kühlung erfolgen. Wenn dies automatisch geschieht, kann man davon ausgehen, dass der Einsatz nur für das erste Fahrzeug erforderlich ist. Es

gibt Belege dafür, dass die Brandentwicklung exponentiell verläuft, sobald ein zweites Fahrzeug in den Brand verwickelt wird, sodass ein frühzeitiges Eingreifen von entscheidender Bedeutung ist.

Es sollen nun einige Ansätze zur Begrenzung der Wärmeübertragung erörtert werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Wärmeübertragung durch Konvektion und Strahlung, aber der Leser sollte auch ICE-Fahrzeuge berücksichtigen, da beispielsweise die zunehmende Verbreitung von Kraftstofftanks aus Kunststoff dazu führen kann, dass flüssiger Kraftstoff früher austritt, was bei Entzündung zu einer schnellen Ausbreitung des Feuers von Fahrzeug zu Fahrzeug führen kann.

6.1. Bauliche und organisatorische Maßnahmen

Je nach Anordnung der Parkplätze kann eine physische Trennung zur Begrenzung der Wärmeübertragung eingesetzt werden. Zusätzliche Wände können effektiver sein, können aber die Hitze innerhalb der ummauerten Begrenzung konzentrieren und so möglicherweise die Entzündungsgeschwindigkeit anderer Autos innerhalb dieses ummauerten Segments erhöhen. Aus diesem Grund können zusätzliche Wände als weniger effektiv gelten als die Vergrößerung der Parkbuchtenbreite.

Zu den lokalen Anforderungen können auch gehören:

- Ladevorgänge können auf das Erdgeschoss oder eine nahegelegene Etage beschränkt werden
- Anforderungen an Rampen und Zugangswege, um das einfache Entfernen von Elektrofahrzeugen zu erleichtern (wenn der Zugang normalerweise über einen Aufzug erfolgt, ist eine Alternative für den Brandfall erforderlich) oder sogar Ladestationen vorschreiben, die sich in der Nähe von Ein- und Ausgängen befinden/nicht befinden und/oder sogar nur auf bestimmten Etagen erlaubt sind.
- Hydranten/Steigleitungen (trocken oder nass) und/oder fest installierte Schläuche können erforderlich sein .
- Der Zugang der Feuerwehr und des Rettungsdienstes zu den Elektroverteilungen darf durch einen Brand an einem Ladeort nicht beeinträchtigt werden.
- Verbot von Ladevorgängen, bei denen das eigene Kabel des E-Auto-Besitzers verwendet wird. Das Ladegerät muss über ein eigenes festes Kabel verfügen oder es müssen andere Regeln speziell für Schnellladegeräte gelten

6.2. Maßnahmen zur Installation von Ladestationen

Die Implementierung von Brandschutzstrategien in Parkbereichen erfordert einen differenzierten Ansatz, der sich an den spezifischen Gegebenheiten orientiert. Die Schutzkonzepte können dabei flexibel gestaltet werden - von umfassenden Lösungen für den gesamten Parkbereich bis hin zu gezielten Maßnahmen für designierte Elektrofahrzeug-Zonen oder spezielle Ladebereiche. Verschiedene wasserbasierte Technologien, wie Sprinkler-, Sprühflut- oder Wassernebelsysteme, bilden dabei die technische Grundlage für effektive Brandbekämpfung.

Von besonderer Bedeutung ist die harmonische Integration der Brandmeldetechnologie in das Gesamtschutzkonzept. Die Wahl der Detektionstechnik muss dabei optimal mit der Brandbekämpfungstechnologie und der übergreifenden Schutzstrategie abgestimmt sein. Ein Schwerpunkt kann auf der Früherkennung in Hochrisikobereichen liegen, insbesondere in Ladezonen. Diese gezielte Überwachung ermöglicht schnelles Handeln bei ersten Brandanzeichen und reduziert das Risiko einer Brandausbreitung erheblich. Zusätzlich liefert eine präzise Branderkennung den Einsatzkräften wichtige Informationen für eine effizientere und sicherere Intervention

6.3. Automatische Branderkennung

Wie die durch konventionelle KFZ verursachten Brände auf den Flughäfen Luton und Stavanger zeigen, wären durch eine automatische Branderkennung wahrscheinlich weit geringere Schäden eingetreten. Die Zeit zwischen der Brandentdeckung durch Personen und dem Notruf an die Feuerwehr wurde unnötig und vermeidbar verzögert. Wäre die Feuerwehr früher benachrichtigt worden, hätte sie möglicherweise noch rechtzeitig eingreifen und die Teileinstürze der Parkhausgebäude verhindern könne.

Berichten zufolge vergingen in Luton (Vereinigtes Königreich) 13 Minuten von der ersten Beobachtung des Brandausbruchs bis zur Benachrichtigung der Feuerwehr. Bis zum Eintreffen der Feuerwehr waren 21 Minuten vergangen, und die Brandentwicklung in dieser Zeit bedeutete, dass das Feuer nur noch von außen bekämpft werden konnte. In Stavanger (Norwegen) vergingen 8 Minuten bis zum Anruf bei der Feuerwehr und 19 Minuten bis zu ihrem Eintreffen. Wie entscheidend diese ersten Minuten für eine erfolgreiche Brandbekämpfung sind, lässt sich nicht genug betonen.

Eine verbesserte öffentliche Sensibilisierung kann zwar zu besseren Ergebnissen führen, ist jedoch kein verlässlicher Faktor und kann nicht vorausgesetzt werden. In beiden oben genannten Fällen brachten sich die Anwesenden erst selbst in Sicherheit, bevor sie anschließend Alarm schlug, und es ging wertvolle Zeit verloren. Eine automatische Erkennung scheint daher unerlässlich zu sein.

Es gibt zahlreiche Optionen für die automatische Branderkennung. Im Allgemeinen werden punktförmige Rauch- oder Wärmemelder und Mehrkriterienmelder verwendet. Darüber hinaus können lineare Wärmesensoren verwendet werden oder, im einfachsten Fall, ein Sprinklerkopf, bei dem Hitze eine Thermoampulle zum Platzen bringt und der anschließende Wasserfluss einen Alarm auslöst.

Auch bei der Video-Brand- und Rauchererkennung werden Fortschritte erzielt, aber oft ist dafür ein gewisses Maß an sichtbarem Licht erforderlich, und es besteht die Gefahr von Fehlalarmen aufgrund von Bewegungen innerhalb des Parkhauses. Möglicherweise ist eine neuere Technologie erforderlich, die über eine einfache Softwareschicht über der vorhandenen Sicherheits-Videoüberwachung hinausgeht. Auch UV/IR-Detektoren könnten in Betracht gezogen werden.

Grundsätzlich ist es wichtig, dass Feuerwehr und Rettungsdienst umgehend alarmiert werden. Dauert die Anfahrt der Rettungskräfte voraussichtlich länger als die Zeit vom Alarm bis zum Eintreffen des zweiten Fahrzeugs, sollte die Erkennung allein als unzureichend angesehen werden.

6.4. Rauchgasabführung

Da die Ausbreitung von Fahrzeug zu Fahrzeug durch abgestrahlte und konvektierte Wärme geschieht und die Brandgase eines brennenden Fahrzeugs als gesundheitsschädlich gelten, spricht einiges für eine automatische Rauchgasabführung. Diese muss dann jedoch für die zu erwartenden Rauchgastemperaturen ausgelegt sein und darf die Automatisierung anderer Systeme nicht beeinträchtigen.

Die abgeführten Rauchgase dürfen auch keine anderen Personen in der Nähe des Austritts gefährden oder den Einsatz von Feuerwehr und Rettungsdienst behindern.

6.5. Automatischer Brandschutz

Vieles deutet darauf hin, dass ein automatischer Brandschutz erforderlich ist. Die Kühlung des unmittelbaren Bereichs durch Absorption der abgegebenen Wärme und Benetzung des angrenzenden Bereichs mit Wasser – Autos sowie Gebäudestrukturen – wird allgemein befürwortet.

Die Forschung zur Wirksamkeit der Verwendung automatischer Sprinkler oder Wasserdampf nimmt zu. Ebenso die Frage, ob dies über einzelne, durch Hitze aktivierte Sprinklerampullen/Auslöseelemente erfolgen kann, oder ob eine zonale Flutung möglicherweise effektiver bzw. in einigen Anwendungen oder bestimmten Bereichen erforderlich ist.

Behauptungen über Erfolge mit anderen Technologien, wie z. B. Einkapselungsmitteln, die sich oft nur in kleinem Maßstab und an zylindrischen Zellen bewährt haben – was sich stark vom Elektrofahrzeug-Szenario unterscheidet – bedürfen einer gründlichen Prüfung.

6.6. Manueller Brandschutz

Schlauchhaspeln können die Einsatzgeschwindigkeit von Feuerwehr und Rettungsdienst erhöhen. Wenn es an einem bestimmten Standort Ersthelfer gibt, können diese die Löschschläuche verwenden, müssen jedoch entsprechend geschult sein, die damit verbundenen Risiken verstehen und mit geeigneter PSA einschließlich Atemschutzgeräten ausgestattet sein, da die Brandgase giftig sind.

Tragbare Feuerlöscher müssen gemäß den Anforderungen installiert werden und können bei einem Fahrzeugbrand, der noch nicht voll entfacht ist und kein TR-Ereignis darstellt, wirksam eingesetzt werden. Tragbare Feuerlöscher sind jedoch normalerweise primär als Hilfsmittel auch für die Selbstrettung gedacht.

Manuelle Feuermelder, also Alarmer, die von Menschenhand ausgelöst werden, sind offensichtlich sinnvoll. Bei den beiden genannten Bränden hätte es zu einem anderen Ausgang kommen können, wenn solche Handfeuermelder vorhanden gewesen und benutzt worden wären. Auch die Integration in einen Notfallplan, bei dem ein manuell ausgelöster Alarm die Mitarbeiter der Videoüberwachung zur sofortigen Überprüfung des betreffenden Bereichs auffordert, kann in Betracht gezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass der Alarm möglicherweise auf dem Fluchtweg der Personen und nicht zwangsläufig unmittelbar am Brandherd ausgelöst wird, wodurch es zu Verzögerungen bei der Überprüfung kommen kann oder der Alarm fälschlicherweise als Fehlalarm eingestuft wird, was ebenfalls zu einer Verzögerung der Gegenmaßnahmen führt.

Die obige Liste stellt keine allumfassende Aufzählung von Maßnahmen dar, sondern nennt einige, die praktikabel und unter Umständen nachrüstbar sind, und die bei der Ausarbeitung einer standortspezifischen Schutzstrategie durch Interessenvertreter und Experten berücksichtigt werden sollten.

7. Brandschutzlösungen: Beschreibung und Eigenschaften

Die zu implementierende Brandschutzlösung hängt direkt von der gewählten Brandschutzstrategie ab, die sich aus der Risikoanalyse und den Vorschriften ergibt, die möglicherweise das höchste Schutzniveau vorschreiben. Darüber hinaus sind die Kosten oft ein entscheidender Faktor.

Bevor Sie die verschiedenen verfügbaren Strategien bewerten, sollten Sie einige allgemeine Überlegungen berücksichtigen:

- Die Branderkennung kann als Auslöser für einen Einsatz verwendet werden, hat jedoch selbst keine Auswirkungen auf die Brandentwicklung
- Wasser sorgt für Benetzung und Kühlung, nicht nur des Feuers selbst, sondern auch aller brennbaren Stoffe in der Nähe des Feuers, um eine Ausbreitung (z. B. durch Strahlungswärme) zu verzögern oder zu verhindern
- Automatische Schutzvorrichtungen wie Sprinkler oder Wasserdampf sollten bevorzugt werden, da sie die Brandentwicklung umgehend beeinflussen. Sie sollten so konzipiert sein, dass sie die Ausbreitung von Fahrzeug zu Fahrzeug eindämmen.
- Das Ziel eines wirksamen Brandschutzes besteht darin, die Anzahl der betroffenen Fahrzeuge auf ein Minimum zu beschränken und die Situation für die Feuerwehr vor Ort beherrschbar zu halten, sobald sie vor Ort ist.

Wie bereits erwähnt, wurden Ladezonen als die Bereiche mit dem höchsten Risiko in einer Garage identifiziert. Unabhängig vom Fahrzeugtyp kann das Risiko bei BEVs/PHEVs während des Ladevorgangs steigen, sodass ein lokaler Schutz dort umso notwendiger erscheint.

Ein erster Ansatz besteht darin, sich auf die Ladezonen zu konzentrieren und jedes Auto in jeder Ladebucht einzeln zu schützen. Dies kann durch Wassersprühstrahl oder Wasserdampf erfolgen. Diese Lösung ist besonders relevant, wenn die verfügbare Wasserdurchflussrate eine wesentliche Einschränkung darstellt. Wenn eine ausreichende Wasserdurchflussrate verfügbar ist, sollte der Löschvorgang auch angrenzende Fahrzeuge auf beiden Seiten des brennenden Fahrzeugs abdecken, um Situationen besser zu beherrschen, in denen die Ausbreitung bereits begonnen hat oder wahrscheinlich ist. Wenn Rauchentwicklung und Stichflammenbildung zu einer falschen

Identifizierung des brennenden Fahrzeugs führen könnten, kann es von Vorteil sein, das System mit einem sehr selektiven und frühzeitigen Erkennungssystem auszulösen. Wenn herkömmliche Detektionstechnologien wie Rauch- oder Temperatursensoren anfällig sein könnten, sollten andere Lösungen wie die Video-Brandfrüherkennung in Betracht gezogen werden – entweder als alleinstehende Option oder ergänzend bzw. unterstützend.

Ein zweiter Ansatz besteht darin, sich auf die Ladebereiche zu konzentrieren, dabei aber den gesamten Ladebereich gleichzeitig zu schützen. Bei diesem Ansatz wird ein Sprühflutsystem mit Wasser oder Wasserdampf eingesetzt. Wie bereits erwähnt, spielt die Benetzung der angrenzenden Fahrzeuge und der baulichen Anlagen eine entscheidende Rolle, um Dominoeffekte zu vermeiden. Die erforderliche Wasserdurchflussmenge steigt mit der Anzahl der Fahrzeuge pro Ladebereich. Was die Branderkennung betrifft, so ist eine allgemeine Erkennung auf der Grundlage herkömmlicher Erkennungstechnologien wie Rauch, Flammen oder Temperatur relevant und kann leicht implementiert werden, ohne dass festgestellt werden muss, welches Fahrzeug genau in Brand geraten ist.

Dieser Ansatz lässt sich leicht an die regelmäßige Hinzufügung von Ladebereichen in der Garage anpassen, wobei dieselbe Wasserquelle verwendet wird. Es ist jedoch wichtig, die Anzahl der Autos innerhalb jedes separaten Ladebereichs nicht zu erhöhen, um eine Erhöhung der erforderlichen Wasser- und/oder Durchflussmenge zu vermeiden.

Wenn die gewählte Strategie darin besteht, die gesamte Oberfläche der Garage zu schützen, sollte ein Sprinkler- oder Wasserdampfsystem mit automatischen Düsen installiert werden. Da die Erkennung auf einem Temperaturanstieg an der Decke basiert, darf das System nicht zu früh ausgelöst werden. Daher wird eine zusätzliche elektronische Brandmeldeanlage empfohlen, um frühzeitig einen Alarm auszulösen, damit Personen evakuiert werden können und Feuerwehr und Rettungsdienst früher eingreifen können. Manuelle Meldestellen können diesen Ansatz ergänzen.

In jedem Fall muss das Brandschutzsystem vorab durch eine Reihe repräsentativer Tests, einschließlich Tests mit Elektrofahrzeugen, validiert werden. Derzeit sind nur sehr wenige Testprotokolle verfügbar. Spezifische Protokolle können von externen Prüfstellen erstellt werden, um die Leistung eines Systems zu validieren. Die Endnutzer sollten in jedem Fall die Testergebnisse anfordern. Bei den Testprotokollen sollte besonders auf Batterietypen, die Reproduzierbarkeit von Bränden usw. geachtet werden. Die Validierung eines Lösungskonzeptes sollte auf ihrer Fähigkeit basieren, die folgenden Leistungen zu erbringen:

- Vermeidung der Ausbreitung auf benachbarte Fahrzeuge
- Erhaltung von Gebäudestrukturen
- Verringerung der Umgebungstemperatur und des Rauchs, um den Einsatz der Feuerwehr zu erleichtern

8. Inspektion, Prüfung und Wartung

Ein ganzheitlicher Brandschutzansatz umfasst ein starkes Inspektions-, Test- und Wartungsprogramm, um sicherzustellen, dass die Brandschutzausrüstung für Notfälle bereit ist.

Ein schlecht gewartetes Brandschutzsystem kann genauso riskant sein wie gar kein System, und die Wahrscheinlichkeit eines unkontrollierten Brandes erhöhen. Ein robustes Inspektions-, Test- und Wartungsprogramm stellt sicher, dass die Systeme in Notfällen wie vorgesehen funktionieren.

- **Brandmeldeanlage:** Regelmäßige Inspektionen, Tests und Wartungen für alle Erkennungs- und Alarmkomponenten sind für eine ordnungsgemäße Funktion unerlässlich. Dazu gehören die Reinigung, Prüfung, Kalibrierung und Überwachung von Schmutzansammlungen. Durch Fernüberwachung können Fehler frühzeitig erkannt werden; Dienstleister sollten in diesem Zusammenhang die Norm EN 16763 einhalten.
- **Löschsystem:** Ein routinemäßiges Inspektions-, Test- und Wartungsprogramm sollte alle Komponenten des Brandbekämpfungssystems abdecken und dabei Änderungen in der Gebäudenutzung oder bei den Materialien berücksichtigen. D. h., dass Wasserreserven, Ventile und Sprinklerköpfe regelmäßig inspiziert und gewartet werden müssen, wobei Standards wie EN 12845 zu befolgen sind, in denen spezifische Maßnahmen und Häufigkeiten für jeden Systemtyp festgelegt sind.

9. Schlussfolgerungen

Die Forschung im Bereich des Brandschutzes für Fahrzeuge ist ein kontinuierlicher Prozess, an dem anerkannte Labore, Behörden und Hersteller von Brandschutzsystemen intensiv beteiligt sind. Diese Forschung erstreckt sich nicht nur auf existierende Fahrzeugtypen, sondern bezieht auch neue Antriebstechnologien und deren unterschiedliche Aufbauten ein, einschließlich alternativer Antriebskonzepte wie Wasserstoff. Aufgrund der stetigen Weiterentwicklung muss dieser Leitfaden als dynamisches Dokument verstanden werden, das durch aktuelle Forschungsergebnisse und Entwicklungen ergänzt werden muss.

Sowohl Elektro- als auch Verbrennerfahrzeuge weisen spezifische Brandrisiken auf, wobei sich die Charakteristik der Gefährdungen unterscheidet. Die Gesamtbrandlast moderner Fahrzeuge wird jedoch primär durch deren Größe, Gewicht und den zunehmenden Kunststoffanteil bestimmt. Eine besondere Herausforderung stellt der Trend zu immer größeren Fahrzeugen mit entsprechend höherer Brandlast dar, insbesondere in älteren Parkhäusern, deren Konstruktion diese Entwicklung nicht berücksichtigt. Die daraus resultierende engere Parkplatzsituation erhöht das Risiko einer schnellen Brandausbreitung erheblich, wie die Brandfälle in Stavanger und Luton (beide verursacht durch defekte Verbrennerfahrzeuge) eindrücklich demonstrieren.

Diese Entwicklungen verdeutlichen die Notwendigkeit, Brandschutzmaßnahmen grundsätzlich zu überdenken und anzupassen - unabhängig von der jeweiligen Antriebstechnologie. Der Fokus muss dabei auf der effektiven Verhinderung der Brandausbreitung liegen.

Eine standortspezifische Risikoanalyse hilft bei der Ausarbeitung der erforderlichen Brandschutzstrategie:

Für einen effektiven Brandschutz ist schnelles Eingreifen von entscheidender Bedeutung, da bereits wenige betroffene Fahrzeuge zu katastrophalen Verlusten führen können. Automatische wasserbasierte Brandbekämpfungssysteme spielen dabei eine zentrale Rolle, indem sie Gebäudeschäden minimieren und den Rettungskräften mehr Interventionszeit verschaffen. In Fällen, wo eine schnelle manuelle Brandbekämpfung gewährleistet ist, können die Mindestanforderungen auf Branddetektion und Alarmierung beschränkt werden. Die konkreten Anforderungen werden dabei durch ein komplexes Regelwerk bestimmt, das lokale und überregionale Vorschriften sowie die Vorgaben von Eigentümern, Versicherern und anderen Interessengruppen umfasst.

10. Quellenverzeichnis

- Leitfaden für integrierte Brandschutzlösungen für Lithium-Ionen-Batterien. Euralarm, Feb 2022.
- Brandgefahren moderner Fahrzeuge in Parkhäusern und auf Autotransportern. Combustion Science & Engineering, Inc., Jul 2020
- Zusammenfassung der Brände in Elektrofahrzeugen und elektrischen Transportmitteln im Zeitraum 2018-2023. Schwedische Agentur für Katastrophenfälle. MSB1647 – Mai 2024
- Fakten zum Thema Elektromobilität und Brandschutz. DEKRA Automobil GmbH. Stand 12.05.2022.
- Brandschutz bei Elektrofahrzeugen in geschlossenen Räumen. RISE report 2023:42.
- Aufladen von E-Autos in Parkhäusern. RISE report 2020:30.
- White Paper zum Brandschutz in Parkhäusern mit Elektrofahrzeugen. 2023 Siemens
- Klassifizierung der Gefahren moderner Fahrzeuge in Parkbauten und -systemen – Ph II. Combustion Science & Engineering, Inc. NFPA FPRF, Mai 2024
- Brandschutzbericht für den Kings Dock Car Park. Merseyside Fire & Rescue Service, Apr 2018.
- Positionspapier zu Sprinkleranlagen in Parkhäusern mit Elektrofahrzeugen. EFSN. Nov 2023.
- Aufladen von Elektrofahrzeugen und geschlossene Parkplätze v1. RSA. RCG033 12/2021.
- To194 – Überdachte Parkplätze – Brandschutzrichtlinien für Elektrofahrzeuge. Office for Zero Emission Vehicles (OZEV) ARUP., Jul 2023.
- FR-Bericht des CGEDD „Verstärkung des Brandschutzes in überdachten Parkhäusern und Bereitstellung von Elektroladestationen“, Jul 2022
- ERP/PS-Leitfaden der DGSGCG „Praktischer Leitfaden zum Brandschutz in überdachten Parkhäusern für die Öffentlichkeit“, Jan 2018
- CNPP White Paper „Elektrische Batterien und Mobilität“, Jun 2019
- Literaturstudie zum Parken von Elektrofahrzeugen. Report A1-02202.1 Jun 2023. NRC-CNRC.

Publikationsdatum: Dezember 2024

euralarm

Euralarm
Gubelstrasse 22
CH-6301 Zug (Schweiz)

Schweizer Handelsregisternummer: CHE-222.522.503

E secretariat@euralarm.org
W www.euralarm.org

