

# BRANDVERHALTEN VON E-FAHRZEUGEN



Das vorliegende Fact-Sheet dokumentiert den Stand der Technik zum Brandverhalten von E-Fahrzeugen in Bezug auf Brandschutzanforderungen im Stahlbau.

Der Anteil der Fahrzeuge mit batterie-elektrischem Antrieb steigt langsam aber beständig und es ist davon auszugehen, dass dieser Antriebstyp die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor vollständig ablösen wird. Die zunehmende Verbreitung von E-Fahrzeugen wirft natürlich auch Fragen auf, die zu prüfen sind.

In diesem Kontext ist das Brandverhalten von E-Fahrzeugen ein wichtiges Forschungsgebiet.

Es zeigt sich, dass die Elektromobilität das Anforderungsprofil in diesem Bereich an sich nur moderat verändert sowie dass – und das ist für Statiker, Brandschutzfachleute, Behörden die wichtige Botschaft – E-Fahrzeuge zu keiner Verschlechterung des Risikoprofils führen und damit auch keine Anpassungen bei Brandschutzmaßnahmen notwendig sind.

**Fakten zum Brand von E-Fahrzeugen:**

1

**E-Fahrzeuge brennen seltener als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren**

2

**Batterien tragen nur wenig zur Gesamtbrandlast bei**

3

**Brände von E-Fahrzeugen werden durch die gängigen Brandmodelle abgedeckt. Sie sind keine besondere Gefahr für Tragwerke und Statik**

4

**Der Brand eines E-Fahrzeugs ändert das Anforderungsprofil des Löschangriffs. Die Vorbereitung darauf ist für die Hilfsdienste (allen voran die Feuerwehren) unausweichlich**

## BASIS DER BERECHNUNGEN

Eingangs ist das aktuelle Berechnungsmodell zu erläutern, inklusive Berechnungsgrundlagen: Basis für die Beurteilung von Fahrzeugen ist die gesamte freisetzbare Energie (was kann überhaupt in Wärme umgewandelt werden; in MJ = MegaJoule) und die Freisetzung diese Energie über die Zeit (in MW).

In der Praxis hat sich die Verwendung von Fahrzeugen der sogenannten Klasse 3 (Abb. 1) durchgesetzt. Dieser Fahrzeugtyp ist mit einer freisetzbaren Energie von 9.500 MJ = 9,5 GJ und eine maximalen Energiefreisetzungsrate von 8,3 MW (siehe Abb. 2) definiert. Die Daten für diesen Kategorien wurden durch umfangreiche Tests ermittelt.

Marke	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5
Peugeot	106	206	306	605	806
Renault	Twingo-Clio	Mégane	Laguna	Safrane	Espace
Citroen	saxo	ZX	Xantia	XM	Evasion
Ford	Fiesta	Escort	Mondeo	Scorpio	Galaxy
Open	Corsa	Astra	Vectra	Omega	Frontera
Fiat	Punto	Bravo	Tempra	Croma	Ulysse
Volkswagen	Polo	Golf	Passat	-	Sharan

Fahrzeugklasse	Masse des PKWs [kg]	Masse des brennbaren Materials [kg]	Freisetzbare Energie [MJ]
1	850	200	6 000
2	1 000	250	7 500
3	1 250	320	9 500
4	1 400	400	12 000
5	1 400	400	12 000

Abb. 1:  
Fahrzeugklassen  
und freisetzbare  
Energie

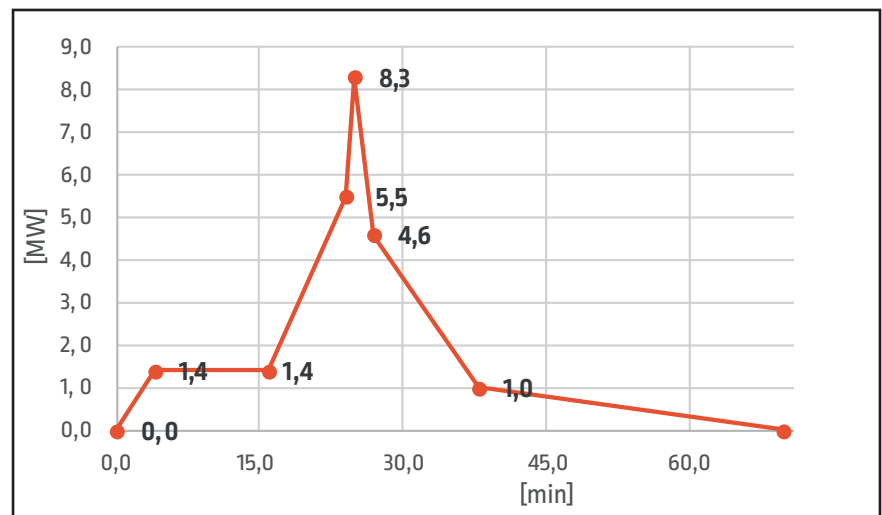


Abb. 2:  
Energiefreisetzungsrates  
für Kl. 3

# 1

## E-Fahrzeuge brennen seltener

Der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft stellt in einem Artikel aus 2021<sup>[1]</sup> fest, dass die Schadensstatistiken keinen Beleg dafür liefern, dass von E-Autos höhere Brandgefahren ausgehen. Der Verband hält daher jedwede Restriktionen gegen Fahrzeuge mit E-Antrieb (explizit genannt evtl. Einfahrtsverbote in Garagen) für unberechtigt.

In dieselbe Kerbe schlägt das österreichische Kuratorium für Verkehrssicherheit, welches in ihrer Broschüre von 2021<sup>[2]</sup> von Statistiken berichtet, nach welchen E-Autos seltener brennen als Verbrenner. Weiters wird erwähnt, dass die Brandursache zumeist nicht von der Batterie ausgeht, die Batterie oftmals überhaupt nicht in Brand gerät und das KFZ somit gleich einem Verbrenner jedoch ohne Brandlast aus dem Kraftstoff abbrennt.

Den Statistiken kann sicher entgegengehalten werden, dass die E-Autos aktuell im Durchschnitt jüngeren Baujahrs sind als der Durchschnitt aller Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Es kann aber ins Treffen geführt werden, dass moderne Batterien an sich besser geschützt sind, als die brennbaren Medien im Verbrenner (Benzin, Öl), und moderne Batterien durch ihren Aufbau in Zellen entweder gar nicht oder oft nur teilweise abbrennen.

Der zunehmende E-Autos-Anteil reduziert die Brandwahrscheinlichkeit von KFZ insgesamt. Im Falle eines Brandes entzieht die gut geschützte Batterie dem Brandgeschehen oftmals sogar einen Energiewert, den zB der Kraftstoff eines herkömmlich betriebenen Fahrzeuges beiträgt. Wenn jedoch die Batterie tatsächlich Feuer fängt, ist deren Energiebeitrag jedoch begrenzt (siehe nächster Punkt).

## 2

### Batterien tragen nur wenig zur Gesamtbrandlast bei

Ein Forschungsprojekt beauftragt vom Bundesministerium für Klimaschutz gemeinsam mit der ASFINAG, der FFG und der ÖBB-Infrastruktur<sup>[3]</sup> berichtet von geringfügig höheren Brandlasten, aber keinen relevanten Unterschieden in den auftretenden Temperaturen. In Bezug auf die Energiefreisetzung wird auf die Möglichkeit der Teilnahme der Batterie am Brand eingegangen und in dem Fall von einer ca. 20 % höheren, kurzfristigen Spitze berichtet, wobei die referenzierten Forschungsergebnisse jedoch von Spitzen von dann 5 MW sprechen (Vgl zu 8,3 MJ wie in der Einleitung erläutert).

Breit angelegte Brandversuche haben die o.a. Einschätzungen auch statistisch untermauert. Referenz<sup>[4]</sup> zeigt, dass Batterien, auch wenn ein volles „Batterie-Pack“ abbrennt, nicht mehr als 0,8 MW (somit 10 % der Berechnungsannahmen) beiträgt. Dies ist natürlich von der Speicherkapazität der Batterien abhängig, und wird somit steigen. Selbst unter Anbetracht einer solchen potentiellen Erhöhung bei aktuellen Modellen, bewegen sich die Energieausstoßraten von Elektroautos im Rahmen derer von Verbrennern, welcher bei älteren Modellen (Abb. 3 bezieht sich auf Studien von 2012) noch darunter lag (und beide unter den heutige rechnungsannahmen).

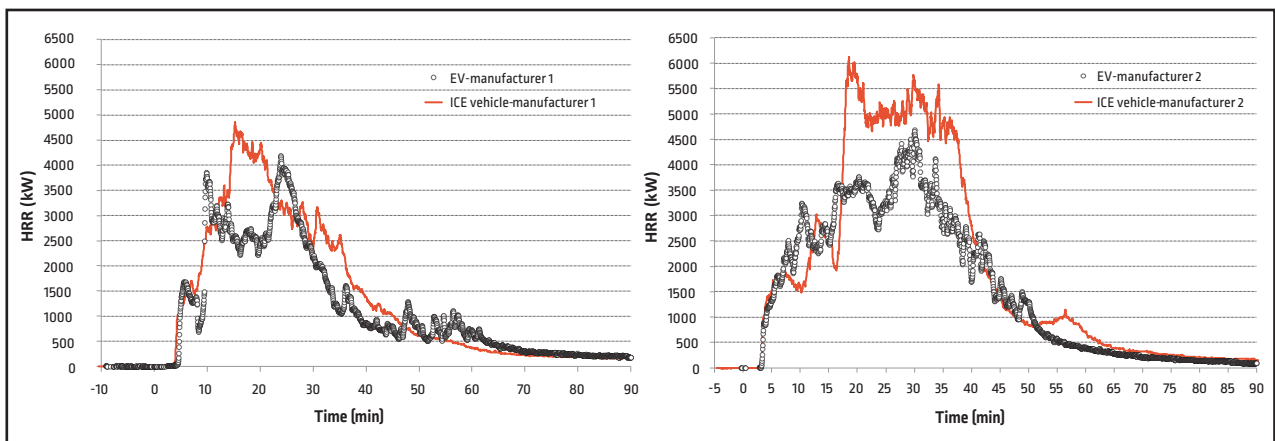


Abb. 3: Vergleich der Wärmefreisetzungsraten von konventionell angetriebenen Fahrzeugen (ICE; durchgehende Linie) und E-Autos (EV, gepunktete Linie); aus<sup>[5]</sup>

Der detaillierte Forschungsbericht <sup>[3]</sup> zeigt – in Übereinstimmung zu den zitierten Interessensvertretungen –, dass ohne massive externe Energiezufuhr die Batterie teils nicht an dem Brandgeschehen teilgenommen hätte. Die gemessenen Energiewerte der Fahrzeuge gleichen jeder der diversen, anderen Literaturquellen, wobei eine geringere freigesetzte Energie gemessen wurde (alle Fahrzeuge <5 GJ im Vgl. zu 9,5 GJ der heutigen Berechnungsannahmen). Die Energiefreisetzungsraten zeigen einen geringfügig schnelleren Abbrand als die heutigen Berechnungsannahmen, wobei festzuhalten ist, dass für den Forschungszweck die Batterien durch massive Energiezufuhr zu einer raschen Brandentwicklung gezwungen wurden. Die resultierenden Energiefreisetzung bewegen sich trotzdem in weiten Bereichen im Rahmen der heutigen Berechnungsannahmen – Peak values von 5 bis 8,3 MW (Ausnahme eines Thermal Runaway nach erzwungener Entzündung der Batterie durch Injektion einer Salzlösung).

Interessante Einblicke liefert ein Test aus 2022 (Veröffentlichung 2023) <sup>[4]</sup>. Die Studie bildet den aktuellsten Stand der Forschung. Auf der Abb. 4 zeigt die rosa Kurve für ein E-Auto (BEV = Battery Electric Vehicle) einen Peak bei ca. 10 Minuten, die blaue Kurve für einen Verbrenner (ICEV=Internal Combustion Engine Vehicle) bei ca. 17 Minuten. Die Spitze der Energiefreisetzungsrates ist hier bei dem E-Auto sogar geringer als bei dem Verbrenner mit 7,8 MW. Die gleichfarbigen strichlierten Linien zeigen eine final freigesetzte Energie von ca. 9,0 GJ bei dem E-Auto und 8,1 GJ für den Verbrenner. Siehe Abb. 4.

# 3

## Brände von E-Fahrzeugen sind keine besondere Gefahr für Tragwerke und Statik

Wie schon dargelegt, tragen Batterien von E-Autos – so die Batterie überhaupt in Brand gerät – mit einem Anteil von bis zu 20 % zu dem Brand bei (variiert nach Untersuchung).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auch in dem Fall der Erhöhung der Brandlast durch die Batterie die dann festgestellte Brandlast noch immer unter den Werten liegt, welche bei der Heißbemessung in der Statik angesetzt werden.

In anderen Worten: Das Lastmodell der Berechnung ist auf der sicheren Seite sowohl für Brände von Verbrennern als auch von E-Autos.

Als umfangreichste und auch neueste der Referenzen sei hier der Versuch von 2022<sup>[4]</sup> nochmals mit dem Berechnungsmodell des Eurocodes gegenübergestellt:

- Gemessene Brandlast festgestellt 9.000 MJ versus 9.500 MJ des Berechnungsmodells
- Gemessene Energiefreisetzung 7,3-7,8 MW versus 8,3 MW des Berechnungsmodells

Auf die sehr ähnlichen Kurven von E-Auto (pink) und Verbrenner (blau) sei nochmals hingewiesen.

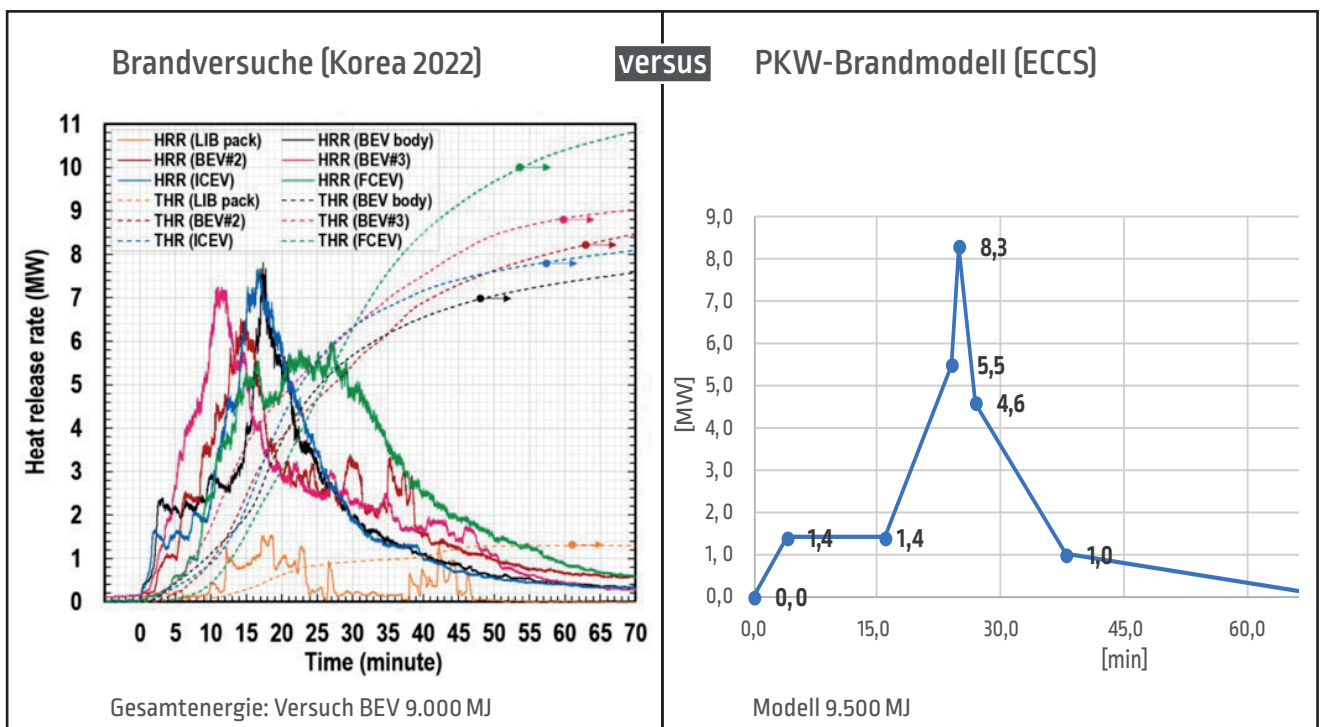


Abb. 4: Energiefreisetzungsrates und freigesetzte Energie diverser Fahrzeuge; aus<sup>[4]</sup>

Abb. 5: Übliches Modell der Berechnungen

# 4

## Der Brand eines E-Fahrzeugs ändert das Anforderungsprofil des Löschangriffs

Es ist unbestritten, dass sich die Anforderungen an die Löschkräfte durch neue technologische Entwicklungen ändern. So ist der genaue Zeitpunkt, wann die maximale Temperatur erreicht wird, nicht einfach zu prognostizieren. Die Löschbarkeit ist schwieriger und es ist – aufgrund der möglichen chemischen Zusammensetzung der Batterie – eine erhöhte Vorsicht im Personenschutz geboten

Diese Vorbereitung der Hilfsdienste (allen voran der Feuerwehren) auf Brände von E-Autos ist angesichts der Zunahme der Verbreitung von BEVs unausweichlich. Handlungsanleitungen und technische Hilfsmittel stehen schon zur Verfügung, müssen aber noch in die Breite getragen werden.

---

**Im Speziellen mit Blick auf das Bauwesen und den Parkhausbau ist zusammenfassend festzuhalten, dass E-Fahrzeuge kein neues oder verschärftes Gefahrenszenario darstellen und damit ist keine Schlechterstellung von E-Fahrzeugen mit Verweis auf bautechnische Risiken gerechtfertigt.**

**Bestandstragwerke behalten bei allfälligen Bränden von BEV ihre Standsicherheit sowie die Schutzfunktion auch für die Rettungsdienste in gleicher Weise und wie bisher. Eine allfällige Verschärfung von Brandschutzmaßnahmen für neu zu errichtenden Tragwerke wegen der Zunahme des Anteils an E-Fahrzeugen ist nicht erforderlich.**

### Referenzen:

- [1] Online-Artikel des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft [GDV] [2021]: <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/e-autos-in-tiefgaragen-keine-erhoehte-brandgefahr-feststellbar-66230>
- [2] Broschüre des Kuratorium für Verkehrssicherheit [KFV]; Autor Stefan Georgiev MA (Juli 2021): „Brandrisiko Elektroauto – Brandprävention und Brandbekämpfung bei Elektroautos“
- [3] Sturm, P., Föbleitner, P., Fruhwirt, D., Heindl, S., Kohl, B., Heger, O., Galler, R., Wenighofer, R., & Krausbar, S. [2021]. »BRAFA« – Brandauswirkungen von Fahrzeugen mit alternativen Fahrzeugantrieben, Ergebnisbericht. Graz University of Technology. <https://doi.org/10.3217/8vj91-gc832>
- [4] O. Willstrand, R. Bisschop, P. Blomqvist, A. Temple und J. Anderson: *Toxic Gases from Fire in Electric Vehicles*, Sweden: RISE Research Institutes of Sweden AB, 2020
- [5] A. Lecocq, M. Bertana, B. Truchot und G. Marlair: “Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle” in Proceedings from Conference “Fires in Vehicles – FIVE 2012”

### Weitere Literaturhinweise:

- EN 1991-1-2 Einwirkungen auf Tragwerke – Brandlasten
- ÖSTV-Richtlinie 004 „Brandschutz im Stahlbau“; 4. Ausgabe 2021-11
- ECCS: Fire Safety in Open Car Parks No.75 [1993]
- CTICM, PROFIL-ARBED Recherches Report “Demonstration of real fire tests in car parks and high buildings”; 2002; TNO; EUR 20466 EN