

# Gefährdungen durch Lithium-Ionen-Akkus während des Feuerwehr Einsatzes

DI Anna Irene Stanzel, M.Sc.

BVS - Brandverhütungsstelle für Oberösterreich

Weiterbildungslehrgang für KommandantInnen

Webinar 11.02.2021

# Brände von/mit Lithium-Ionen-Akkus

- *12.12.2020 Kärnten:* Brand in einem **Akku-Lager**
  - *2.1.2021 Salzburg:* Kellerbrand ausgelöst durch Laden von Lithium-Ionen-Akku für **Modellfahrzeuge**
  - *19.1.2021 München:* **Elektro-SUV** brennt am Parkplatz
  - *22.1.2021 Thüringen:* Kellerbrand ausgelöst durch Laden von Lithium-Ionen-Akkus einer **Drohne**
  - *25.1.2021 Hamburg:* Verrauchung Treppenhaus durch brennenden **E-Scooter**
- **FAZIT:** Lithium-Ionen-Akkus sind in unserem Alltag in jedem Bereich angekommen. Dies spiegelt sich auch bei den Feuerwehreinsätzen wider.

# Gefährdungen für die Feuerwehrleute

Atemgifte

Erkrankung/Verletzung

Angstreaktionen

Explosion

Brandausbreitung

Elektrizität

Atomare Strahlung

Einsturz



Chemische Stoffe

# Gefährdungen für die Feuerwehrleute durch Lithium-Ionen-Akkus

Atemgifte

Erkrankung/Verletzung

Angstreaktionen

Explosion

Brandausbreitung

Elektrizität

~~Atomare Strahlung~~

Einsturz



Chemische Stoffe

# Atemgifte: Elektrolytdämpfe

- Häufigste Bestandteile in Elektrolyten sind derzeit Gemische aus
  - DMC (Dimethylcarbonat)
  - EMC (Ethylmethylcarbonat)
  - DEC (Diethylcarbonat)
- Diese sind leichtflüchtig und haben einen angenehmen, süßlichen Geruch
- Bereits geringste Mengen können irreversible gesundheitliche Schäden (PAC-2 Level) und lebensbedrohliche Auswirkungen auf die Gesundheit (PAC-3 Level) haben
  - DMC: 430 mg/m<sup>3</sup> (PAC-2) und 2.600 mg/m<sup>3</sup> (PAC-3)
  - DEC: 22 mg/m<sup>3</sup> (PAC-2) und 340 mg/m<sup>3</sup> (PAC-3)
  - **Beispiel:** 2 ml verdampftes DEC ergeben in einem 5x10x2 m großen Raum eine Atmosphäre die irreversible gesundheitliche Schäden hervorruft.
- Untersuchungen zeigen, dass der freie Elektrolytgehalt von einer Zelle von 0 bis 35 ml reichen kann.



# Atemgifte: Beispiel HF bei E-Pkw Brand

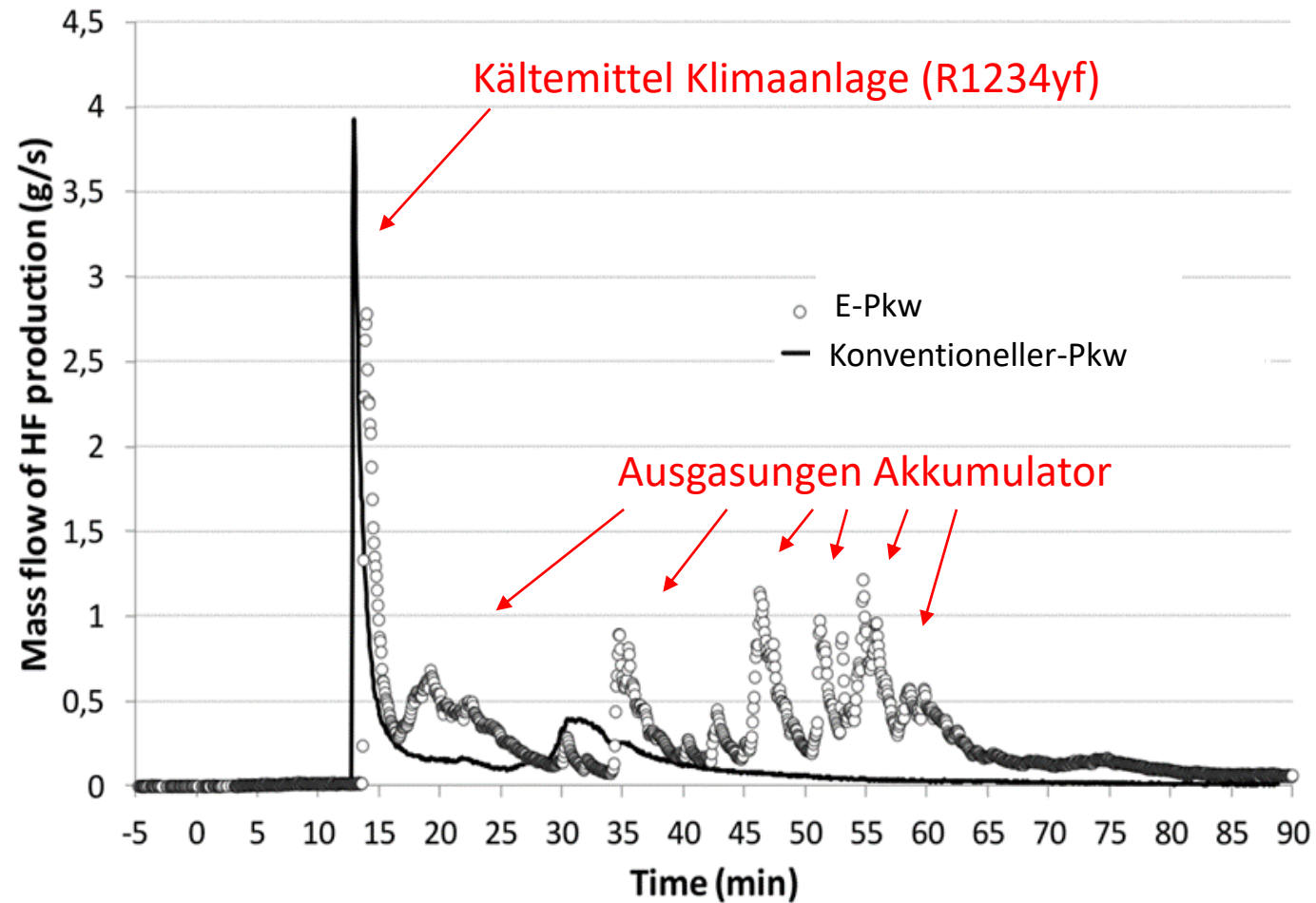
Brandversuche mit ausreichend  
Verbrennungsluft

Konventionelle - Pkw  
Kleinwagen Mittelklasse Oberklasse  
E-Pkw  
Mittelklasse

Relative emission [% of total]	Car 1	Car 2	Car 3	Car 4
Acid gases				
Hydrogen chloride (HCl)	0.38%	0.29%	0.33%	0.30%
Hydrogen fluoride (HF)	0.12%	0.11%	0.07%	0.23%
Hydrogen cyanide (HCN)	0.03%	0.02%	0.05%	0.02%
Carbon and nitrogen oxides				
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	96.54%	96.95%	97.33%	96.98%
Carbon monoxide (CO)	2.29%	2.11%	1.94%	1.83%
Nitrogen oxide (NO)	0.13%	0.1%	0.15%	0.12%
Nitrogen dioxide (NO <sub>2</sub> )	0.06%	0.06%		0.05%
Sulfur dioxide (SO <sub>2</sub> )	–	–	0.13%	–
Hydrocarbons				
Total hydrocarbons	0.45%	0.37%	–	0.45%

Quelle: Truchot (2018)

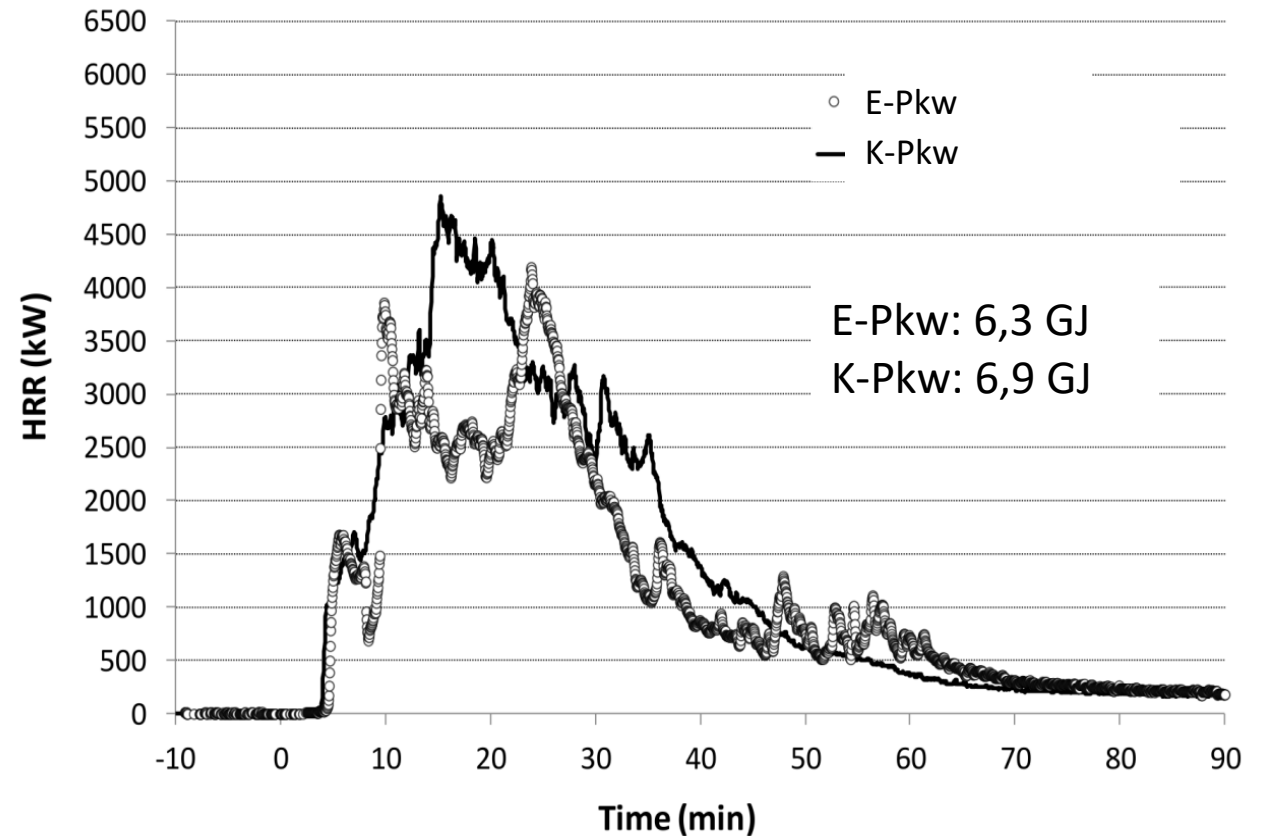
# Atemgifte: Vergleich von HF Emissionen im Detail



Quelle: Lecocq (2012), Abb.6

# Brandausbreitung: Beispiel Brandleistung E-Pkw vs konventioneller Pkw

- Ähnlicher Brandverlauf
- Vergleich Wärmeabgabe
  - 100 kWh Akkumulator: 1,8 GJ
  - 50 l Diesel: 1,9 GJ
- Ansteigende Schwere bei Fahrzeugbränden in Garagen generell
  - 1995-1997: 85 % nur ein Fahrzeug
  - 2010-2014: 62 % nur ein Fahrzeug
- Problematik Löschangriff Akku
  - Kühlung Akku langwierig
  - Nachreaktionen möglich



Quelle: Thouroude (2016)

Quelle: Lecocq (2012), Abb.2



# Brandausbreitung: Löschangriff

- Klassischer Löschangriff mit Fokus Kühlen der Schutzhülle Akkus
- Bevorzugtes Löschmittel: Wasser
- Bei E-Pkw und Hausspeichern: Schutzabstände für Elektrische Anlagen beachten
- Akkus wenn möglich nach Löscheinsatz ins Freie an sicheren Ort verbringen
- Wenn möglich Flutung der Akkus in Behältern (minimiert Löschwasserbedarf und Löschwasserrückhaltung)



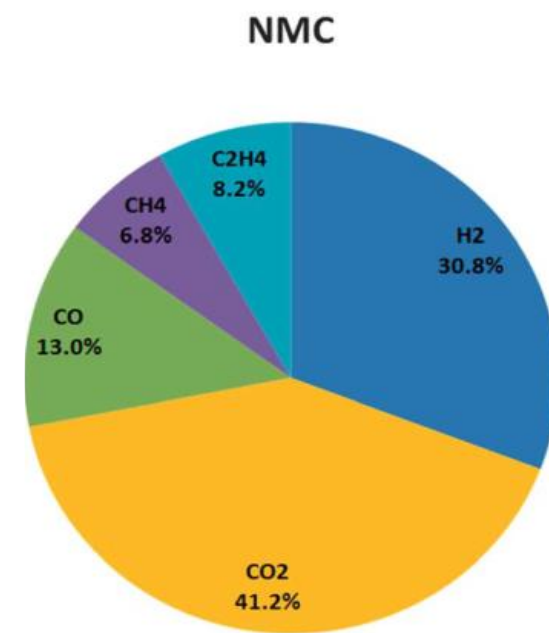
# Brandausbreitung: Gefährdung durch Wiederentzündung

- Temperaturüberwachung „gelöschter“ Akkumulatoren mittels Wärmebildkamera
- E-Pkw: Abtransport in flutbarem Transportcontainer
- Havarieplatz für E-Pkw: 15 m Abstand zu brennbaren Gegenständen und Gebäuden
- Zerstörte und temperaturbeaufschlagte Gerätebatterien gehören ins ASZ



# Explosion

- Messungen des Stoffmengenanteils von Batteriegasen während des thermischen Durchgehens in inerter Atmosphäre an einer Zelle:
  - > 50 % Kohlenmonoxid, Kohlendioxid
  - ~ 30 % Wasserstoff
  - ~ 15 % Methan, Ethen
- Explosionspotential von verdampftem Elektrolyt (weißer Rauch) in sauerstoffhaltiger Atmosphäre in Verbindung mit einer Zündquelle
- Beispiel: Explosion Lithium-Ionen-Akku auf Motorjacht mit Hybridantrieb in Minden (2017)
- Fazit: **Belüften!**

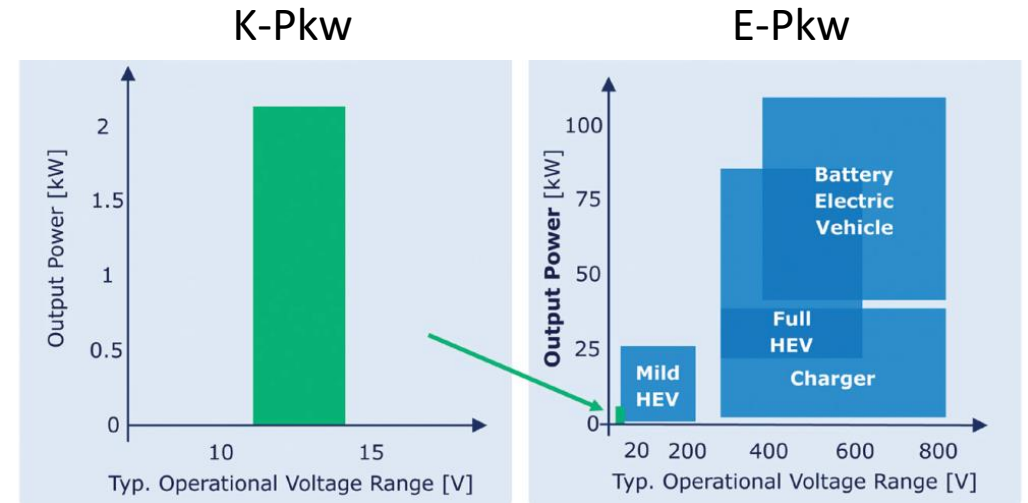


NMC=Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxide

Quelle: Golubkov (2014)

# Elektrizität: Beispiel E-Pkw

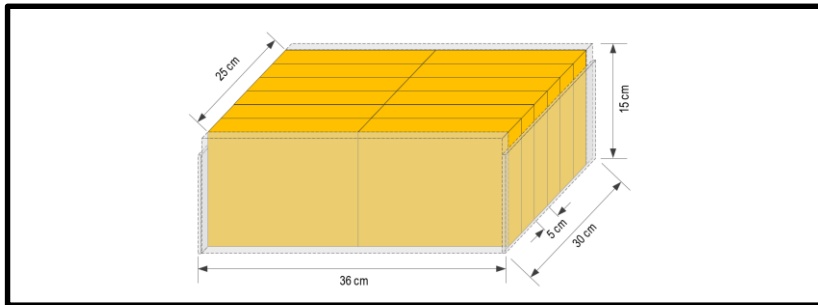
- Hohe Spannungen in E-Pkw
- Elektrischer Schlag
  - Berührung des beschädigten Hochvolt Systems
  - Betätigen der manuellen Spannungstrennung
- Verzögerungszeit bis zur vollständigen Entladung des Systems nach Isolation
- Akku bleibt unter Spannung – manchmal auch nach dem Brand
- HV-System nicht berühren
- Entladen von Kfz Akkus ausschließlich durch Fachkundige
- Keine Verwendung von Haken oder Hebeklauen und Vermeidung der weiteren Beschädigung des HV-Systems
- Einhalten der Abstandsregeln beim Löschen
- Abschalten der Stromversorgung bei Bränden an Ladestationen



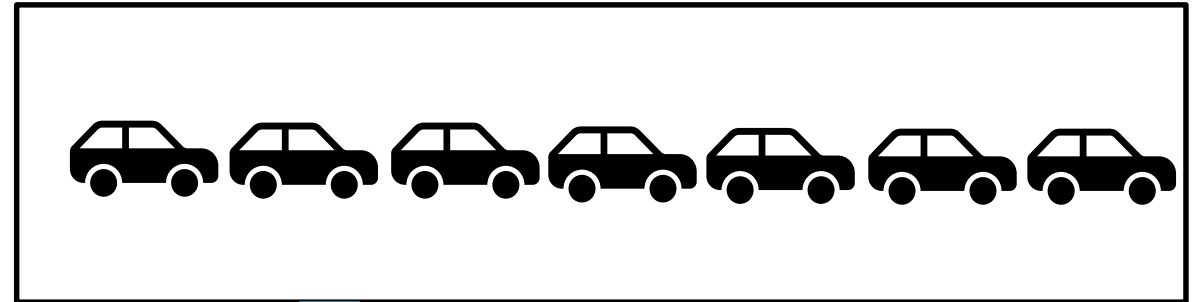
Quelle: ZVEI 2013

# Chemische Stoffe: Schwermetalle in Brandrückständen

Brandversuch **eines** Batterie Moduls



Brandfall **sieben** konventioneller Lieferwagen



Substance	BEV fire in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (experiment)	ICEV fire in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (real fire)
Cobalt	155 – 400	0.2
Nickel	156 – 400	0.3
Manganese	148 – 380	3
Lithium	30 – 70	1.2
Fluoride	40 – 52	0.5

Quelle: Mellert 2020

**EINSATZHYGIENE!**

# Zusammenfassung

- Es gibt mehrere Lithium-Ionen-Akku spezifische Gefährdungen:
  - Gefährdung durch Elektrolyt(gase)
  - Wiederentzündung
  - Hochvoltsystem
  - Explosionspotential
  - Schwermetalle in Brandgut und Löschwasser
- **Atemgifte:** Tragen von umluftunabhängigem Atemschutz während Arbeiten an havarierten Akkus
- **Brandausbreitung:** Löschmittel Wasser verwenden, für lang anhaltende Kühlung sorgen, E-Kfz auf Havarieplatz abstellen
- **Elektrizität:** Keine HV-Systemteile berühren, Schutzabstände beim Löschen beachten, bei E-Kfz nach Rettungskarte vorgehen
- **Explosion:** Gasmessgeräte einsetzen, für gute Durchlüftung sorgen
- **Chemische Stoffe:** Auf Einsatzhygiene achten



# Quellenverzeichnis

- Golubkov**, Andrej; Fuchs, David; Wagner, Julian; Wiltsche, Helmar; Stangl, Christoph; Fauler, Gisela; Voitic, Gernot; Thaler, Alexander; Hacker, Viktor (2013): Thermal – runaway experiments on consumer Li – ion batteries with metal – oxide and olivin – type cathodes. in: RSC Advances; Nr. 4., Seite 3634, Abbildung 6.
- Lecocq**, Amandine; Bertana, Marie; Truchot, Benjamin; Marlair, Guy (2012): Comparison of the Fire Consequences of an Electric Vehicle and an Internal Combustion Engine Vehicle. in: Andersson, Petra; Sundström, Björn (Hrsg.): Proceedings from 2nd International Conference on Fires in Vehicles – FIVE, September 27 – 28, 2012, Chicago, USA.
- Mellert**, Lars Derek; Tuchschnid, Martin; Held, Marcel; hermann, Michael; Tesson, Marc (2020): Risk minimisation of electric vehicle fires in underground traffic infrastructures. Research project AGT 2018/006 petitioned by the Tunnel Research Working Group, Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications DETEC, Federal Roads Office, Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Thouroude**, Dorian; Guillaume, Eric; Joyeux, Daniel; Lecoq – Jammes, Olivier (2016): Statistical Analysis, a Need to Reach an Optimised Risk Management in Car Parks. in: Andersson, Petra; Sundström, Björn (Hrsg.): Proceedings from 4th International Conference on Fires in Vehicles – FIVE, October 5 – 6, 2016, Baltimore, USA, Seite 76.
- Truchot**, B.; Fouillen, F.; Collet, S. (2018): An experimental evaluation of toxic gas emissions from vehicle fires. Fire Safety Journal, 97, 111–118.
- ZVEI** (2013): Spannungsklassen in der Elektromobilität (2013): Herausgeber: ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik – und Elektronikindustrie e. V. Kompetenzzentrum Elektromobilität, Frankfurt am Main.
- Lebedeva**, Natalia P. & Boon – Brett, Lois (2016): Considerations on the Chemical Toxicity of Contemporary Li – Ion Battery Electrolytes and Their Component. Journal of The Electrochemical Society, 163, 6, Seite 821 – 830.
- Lebedeva**, Natalia P.; Di Persio, Franco; Kosmidou, Theodora; Dams, Denis; Pfrang, Andreas; Kersys, Algirdas; Boon – Brett, Lois (2019): Amount of Free Liquid Electrolyte in Commercial Large Format Prismatic Li – Ion Battery Cells. Journal of The Electrochemical Society, 166, 4, Seite 779 – 786.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



**DI Anna Stanzel, M.Sc.**

Sachverständige Brandschutz

**BVS - Brandverhütungsstelle für Oö.  
registrierte Genossenschaft m.b.H.**

Petzoldstraße 45 / 4020 Linz / Austria

T +43 732 7617-348 / +43 664 88 17 16 42

[A.Stanzel@bvs-ooe.at](mailto:A.Stanzel@bvs-ooe.at) / [www.bvs-ooe.at](http://www.bvs-ooe.at)