

F 500

Wenn Batterien havarieren

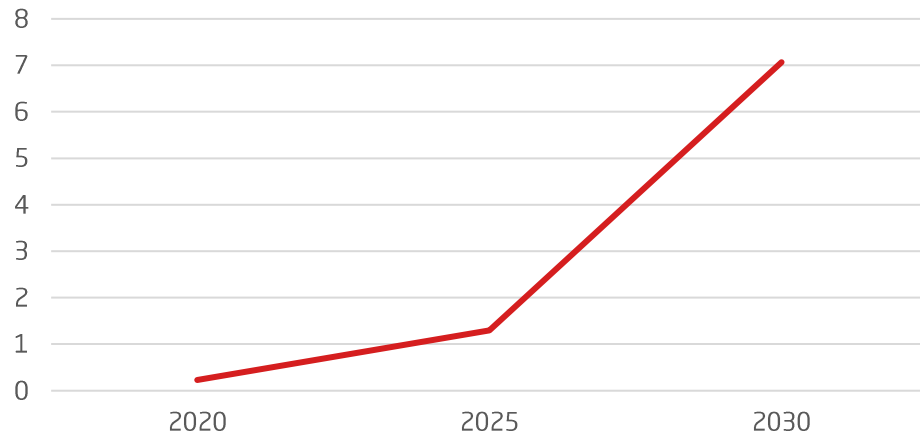
Strategien und Maßnahmen für den Fall der Fälle

Max Foster



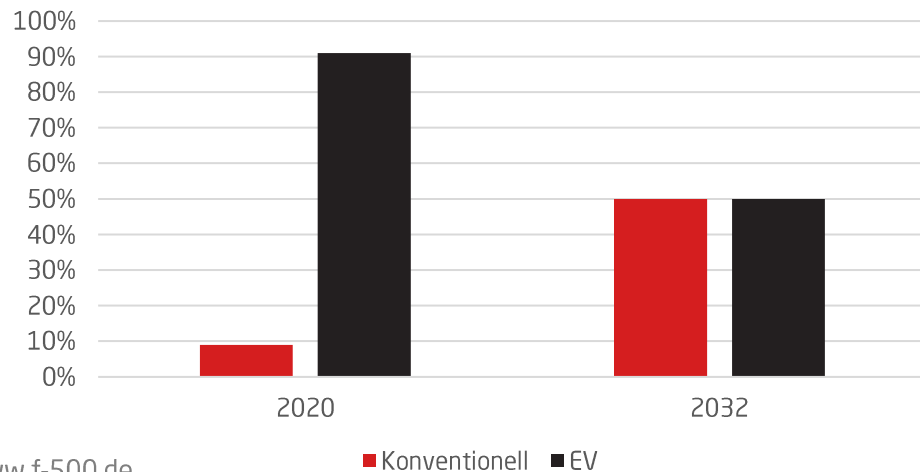
Wachstum Batteriemarkt

Stromspeicher bei Industrie und Gewerbe,
Deutschland (GWh)



Bis 2030:
31x höhere Kapazität

Zugelassene EVs in Deutschland



50% bis 2032

E-Fahrzeuge

Exponentielles Wachstum an Elektrofahrzeugen

Staatliche Förderprogramme für Kauf und Infrastruktur

Individualmobilität ändert sich:
Car-Sharing, e-Scooter, e-Bikes

Fahrzeuge auf dem Wasser und in der Luft

Batterien

IT, Kommunikation, Freizeitgeräte (Hoverboards, Drohnen), Unterhaltungselektronik

Batterieräumen auf Schiffen, Hybrid-Fähren, Landstromsysteme

„Smart Homes“, Werkzeuge, Photovoltaikanlagen, USV

Medizinische Geräte, industrielle Anwendungen

Materialien

Batterien werden mit einer Vielfalt von anderen Materialien verbaut

Leichtbau, Magnesium- und Aluminium-Legierungen

Kunststoffe und Verbundstoffe

Klebstoffe etc

Gefahr?

„Ein Elektrofahrzeug ist grundsätzlich nicht gefährlicher als ein Fahrzeug mit konventionellem Antrieb!“

Beim Fahrzeugbrand braucht man jedoch andere Löschansätze“

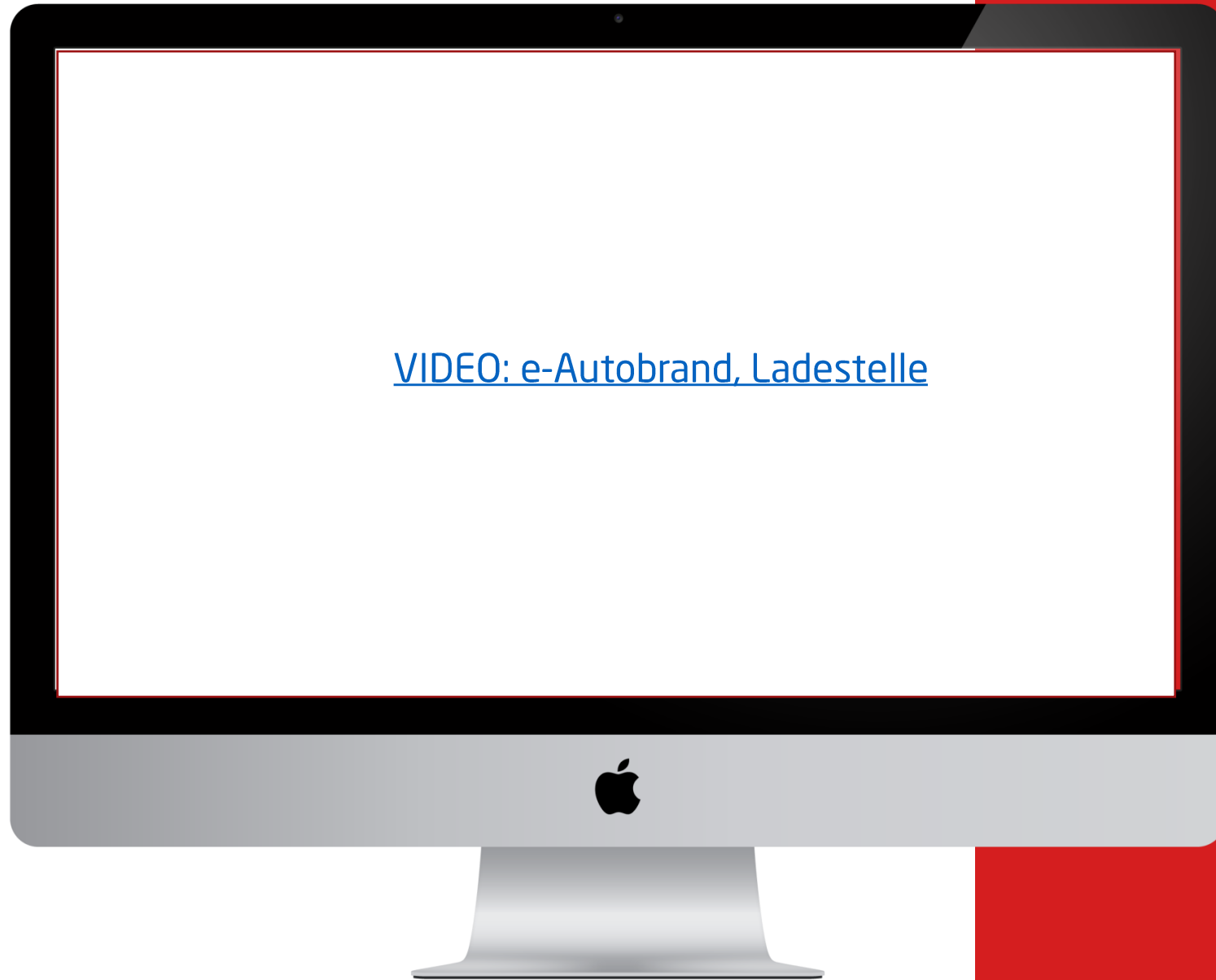
Exkurs: Thermal Runaway

- **70°C-90°C:** Verdampfung tiefsiedender Bestandteile im Elektrolyt, dadurch Druckaufbau in der Batterie
- **ca 150°C:** Separator (die Trennfolie zwischen Kathode und Anode) schmilzt: Kurzschluss führt zu weiterer Erwärmung
- **130°C bis 250 °C:** Das Kathodenmaterial reagiert mit dem Elektrolyt: Die Lithium-Ionen-Zelle „produziert“ Brennstoff
- **Ab ca 600°C** ist der Thermal Runaway konventionell nicht mehr zu stoppen

[VIDEO: Traktionsbatterie havariert](#)

Thermal Runaway

[VIDEO: e-Autobrand, Ladestelle](#)



01

Mechanisches ersticken oder Abdecken, z.B. durch Brandschutzdecken oder Löschschaum:

Die Batterie produziert ihren eigenen Brennstoff, somit bedingt wirksam.

Auch durch explosiven Brandverlauf und die hohen Temperaturen (>1000°C)

02

Gel-Löschmittel oder andere Feststoffe auf Dispersionsbasis oder als Aerosol:

Der explosive Brandverlauf verhindert die Wirkung.

Aerosole wirken nur in geschlossenen Räumen

Nachhaltige Kühlung nicht möglich

03

Sonderlöschanlagen werden teilweise empfohlen:

CO₂ kühlt nicht ausreichend, Batterien brennen weiter

Andere Systeme, wie „Novec 1230“ haben gute Kühleigenschaften, können jedoch bei hohen Temperaturen problematisch sein

04

Die wichtigste und effektivste Lösung:

Nachhaltiges Kühlen der Batterie



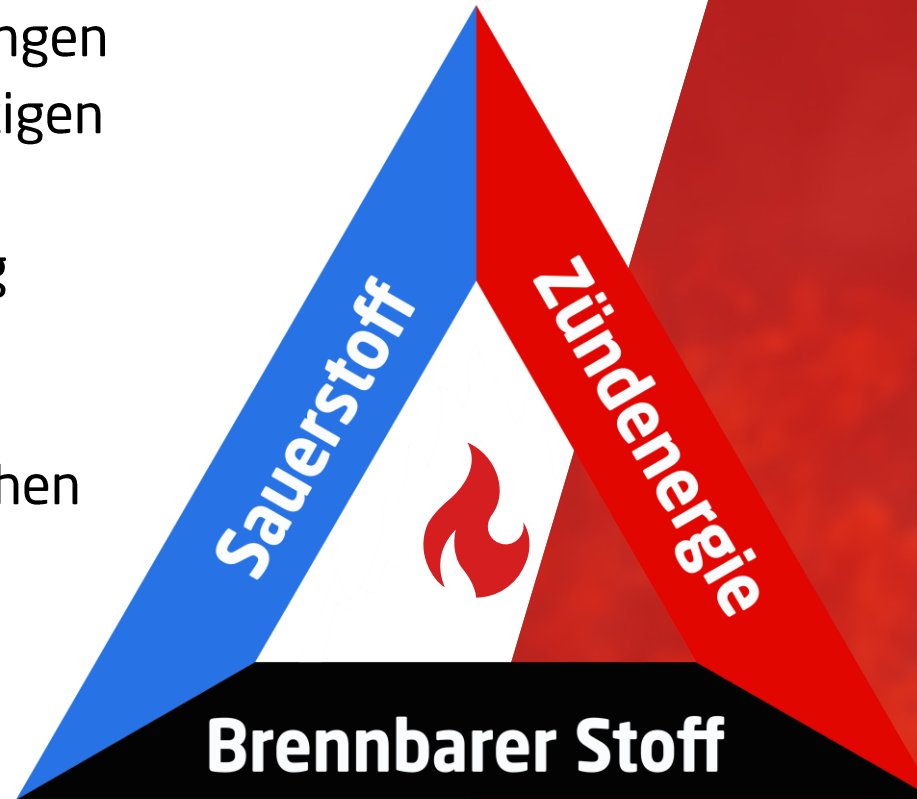
Wasser als Lösung?

- Wasser ist nicht unbrauchbar, ohne Zusatz verfehlt es aber seine maximale Wirkung
- Empfehlung der DGUV (FBFHB-024 Stand: 28.07.2020): „Versenken des betroffenen Fahrzeugs bis sich die Hochvoltbatterie komplett unter Wasser befindet (z. B. in einem Container)“
- 48-72h, bis der Brand nachhaltig gelöscht ist
- Ohne Container: ca. 22.000 Liter Wasser
- Entstehen von Fluorverbindungen und anderen Toxinen
- Gefahr der Branderweiterung (Leichtbaumetalle!)

- Neuauflage 2022
- Encapsulator Agent bei Batteriebränden ist das Mittel der Wahl
- Kapselwirkung greift aktiv in das Brandgeschehen ein, stoppt den Thermal Runaway nachhaltig
- Kapselt brennbare Stoffe und Elektrolyt, verhindert das Entstehen von Fluorverbindungen (Flusssäure, Fluorwasserstoff)
- Kühlt effektiv und nachhaltig

Exkurs: Bedingungen für Feuer

- Mindestens drei notwendige Bedingungen für das Entstehen von Feuer - im richtigen Mischungsverhältnis und zeitlichen/räumlichen Zusammenhang
- Viele konventionelle Technologien gehen auf Sauerstoff (ersticken) und/oder Zündenergie (kühlen)
- Kapselmittel gehen zusätzlichen auf den brennbaren Stoff



Technologie und Wirkweise

Mehr Infos: <https://www.f-500.de/produkt/wirkungsweisen.html>



Kapselwirkung

NFPA 18A beschreibt die Eigenschaften und Wirkweisen von Kapselmitteln



Thermodynamik

Die Verdampfungstemperatur des mit Kapselmittel vermischten Wassers sinkt auf 70°C. Dem Feuer wird somit schneller die Energie genommen und der Kühleffekt setzt erheblich früher ein



Stabile Mizellen

Nach Zumischung zum Löschwasser werden durch Bildung von stabilen Mizellen brennbare Stoffe nachhaltig einkapselt. Diese sind dadurch auf Dauer nicht mehr entflammbar



Oberflächenspannung

Die Oberflächenspannung des Löschwassers wird mehr als halbiert, wodurch es besser in die zu löschenden Oberflächen eindringen kann



[VIDEO: Funktionsweise Kapselmittel](#)

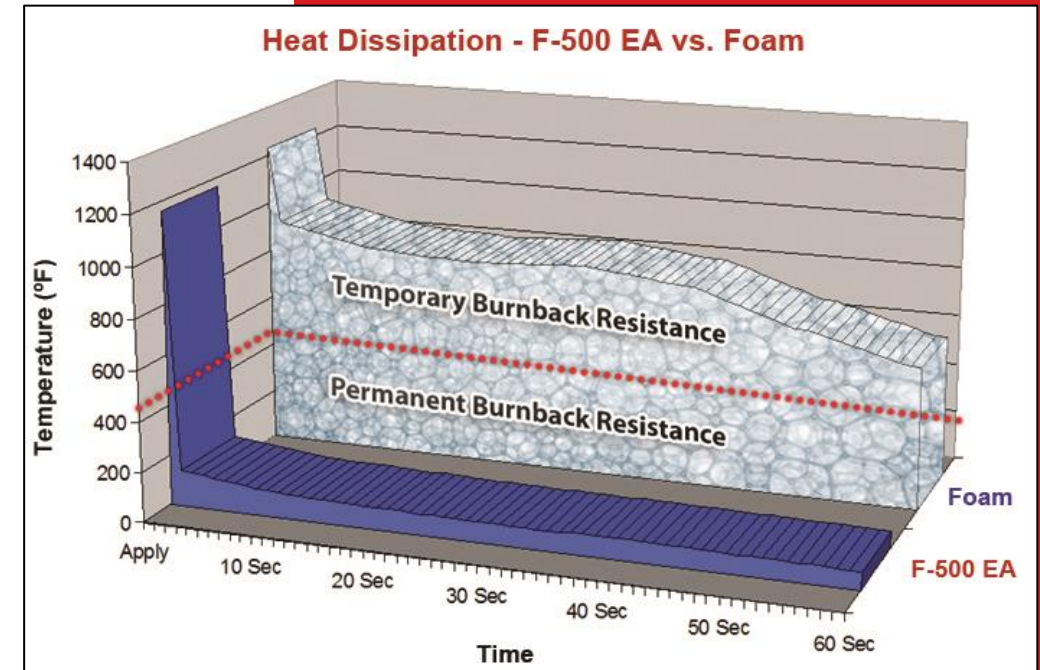
Wärmereduktion und Kühlwirkung

Clemson University Report, Table 3, page 17

8 Versuche: Aufheizen von 2 Stahlplatten auf jeweils 1200°F/650°C.
Dann Löschen mit Temperaturmessung

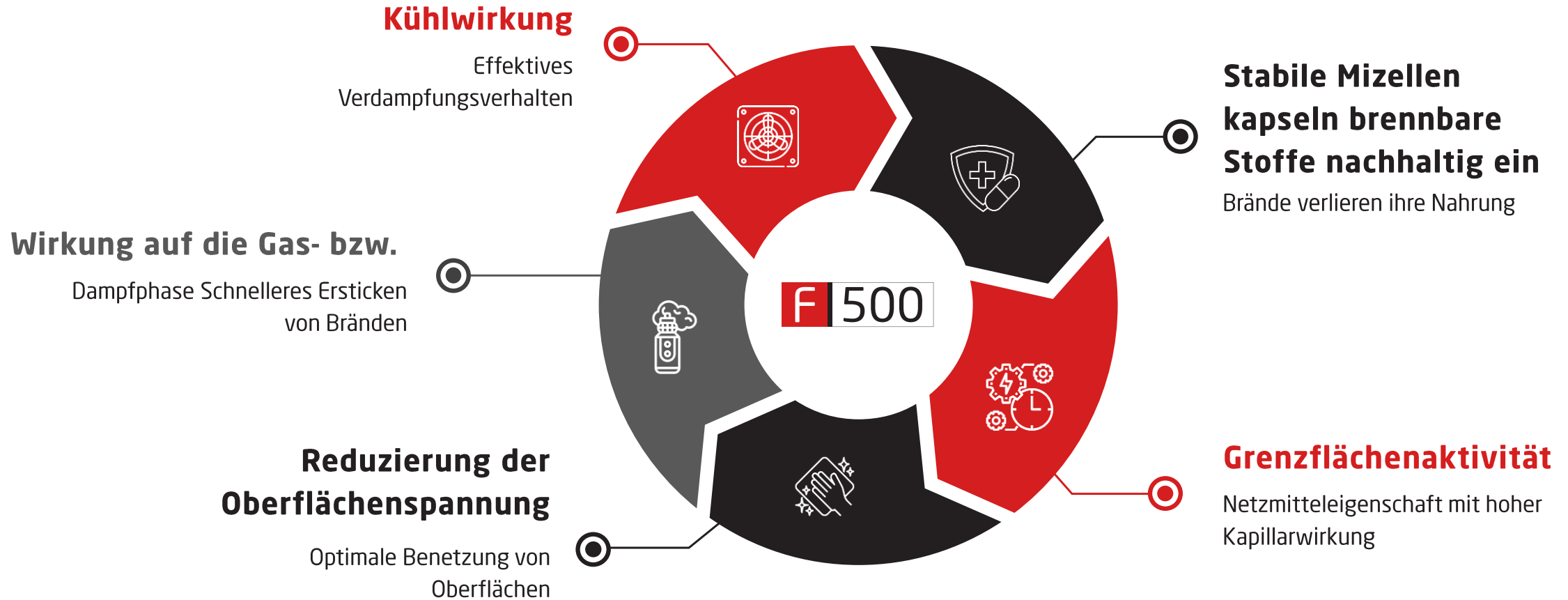
Platte 1: AFFF Löschschaum, Platte 2: Kapselmittel

- Oberflächentemperatur nach 1 Sekunde Löschen:
AFFF ø 496°C, Kapselmittel ø 52,7°C
- Oberflächentemperatur nach 30 Sekunden Löschen:
AFFF ø 455°C, Kapselmittel ø 33°C
- Verdampfung und Wärmeentzug beginnen bereits bei
70°C/158°F
- Schnellere Abkühlung der brennbaren Stoffe unter die dauerhafte
Rück-Zündtemperatur



Auto Ignition Temperatures
- Benzin: 495° F / 257° C
- Ethanol: 695° F / 368° C

Kapselmittel | Weitere Wirkungsweisen



Das renommierte KIWA Institut hat systematische Havarie- und Löschversuche mit Feuerlöschern an Lithiumionen-Batterien vorgenommen

- Die Löschwirkung der derzeit gängigen Löschtechnologien bei Feuerlöschern (Pulver, Schaum) sowie des Feuerlöschers mit Kapselmittel wurde systematisch getestet und bewertet
- Im Ergebnis-Report zum Projekt (KIWA Nr. 16120045) war nur das Kapselmittel in der Lage, die brennenden Lithium-Ionen-Batterien abzulöschen und die Brandausbreitung in Folge des Thermal Runaways sicher zu stoppen

Fazit

„A hand fire extinguisher unit with F-500 Encapsulator Agent as an additive is significantly better able to achieve suppression mode directly after ignition of a single 1,9 kWh Cleantron battery than a hand fire extinguisher unit with standard powder or foam.“

“During the test the temperature will drop to approx. 150°C in a short period, which is regarded to be the temperature, when reached and below, a thermal reaction in a lithium ion battery will stop.“

[VIDEO: Vergleich gängiger Technologien mit Kapselmittel- Feuerlöscher](#)

Das EST an der TU Clausthal hat systematische Havarie- und Löschversuche an Lithiumionen-Batterien vorgenommen und den empfohlenen Einsatz von reinem Wasser mit dem Effekt von Wasser mit Kapselmittel verglichen

- Identischer Versuchsaufbau, 3 Durchläufe, thermisches Havarieren von einer 2KW Lithiumionen-Batterie
- Bei dem Einsatz des Kapselmittels konnte der Brand schnell, komplett und dauerhaft gelöscht werden
- Bei dem Einsatz von reinem Wasser konnte auch nach der Zugabe der 11-Fachen Menge an Löschwasser der Brand nicht gelöscht werden

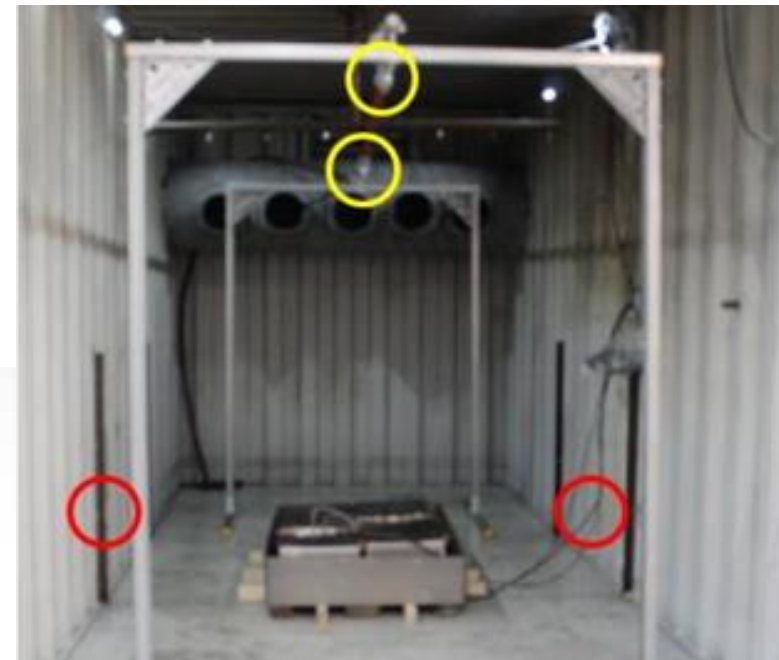
Fazit

„Der Einsatz von Wasser mit einem 2%igen Zusatz von F500 ist bei Lithiumionen Batteriebränden gegenüber reinem Wasser als Löschmittel deutlich überlegen. Es werden deutlich geringere Löschmittelmengen benötigt und es wird kein zeitlich versetztes Wiederaufflammen des Batteriebrandes unter den beschriebenen Bedingungen beobachtet.“

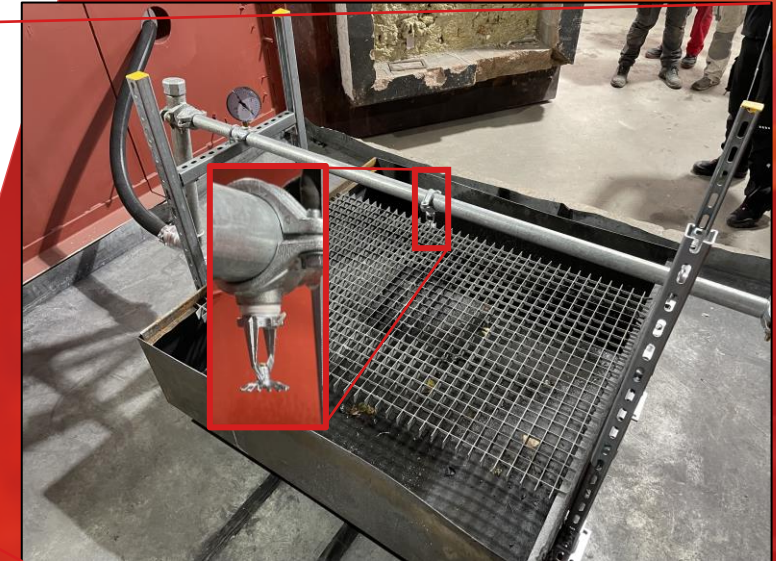
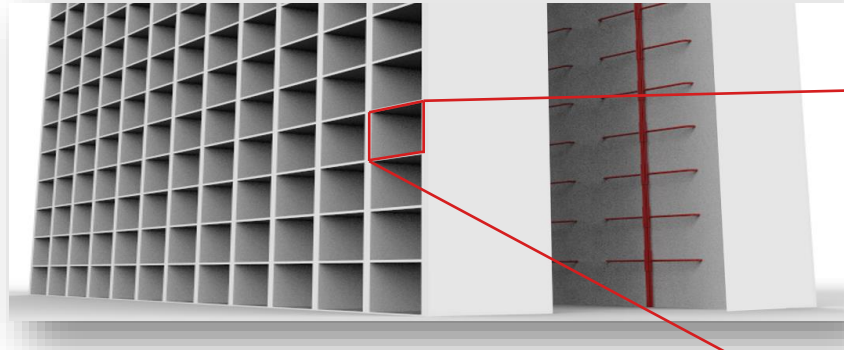
- Gasmessanalyse, Batteriebrände: Kapselmittel kann schnell Giftstoffe binden
- Sofort nach dem ersten Löschoß wird durch die Kapselwirkung Fluorwasserstoff gebunden und unter Grenzwerte gebracht

Proben Nr.	HF in mg/Nm ³	ppm
1. F500 Löschung	23	27,45
2. F500 Löschung	17	19,29
3. F500 Löschung	1,6	1,81
4. F500 Löschung	1,1	1,25
5. Ohne Löschung	200	227

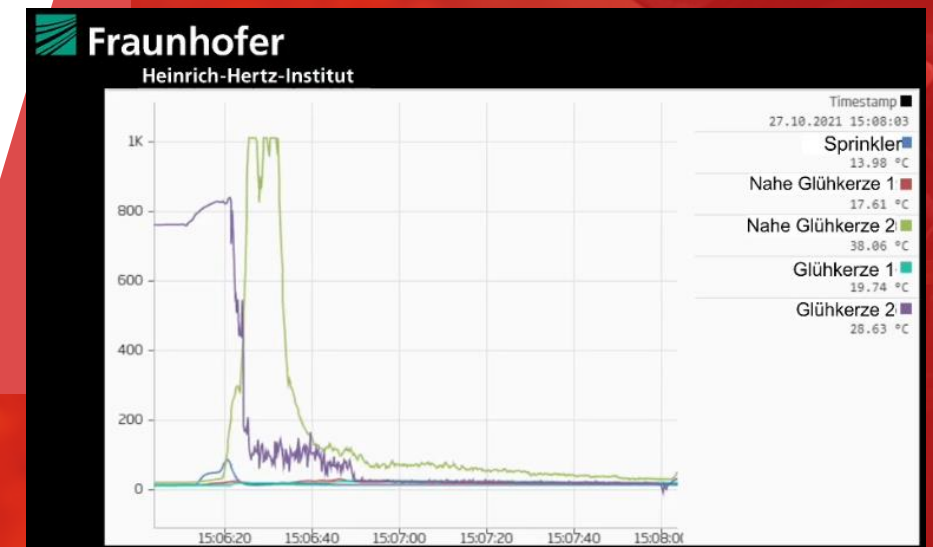
- Thermal Runaway: Es wurde ein Modul eines Batteriesystems aus der Automobilindustrie („Streetscooter“) havariert
- Mit gängiger Tiefgaragensprinklertechnologie wurde ein Übergreifen auf andere Module verhindert. Auch benachbarte Objekte konnten schnell heruntergekühlt werden



Versuchsreihe und Demonstration



- Nachstellung eines Batterie-Hochregal-Lagerszenarios. Einsatz von gängiger Sprinklertechnologie, in Anlehnung an geltende Normen und Vorschriften (z.B. VdS)
- Batterie aus dem Automotive-Bereich - nach dem thermischen Durchzünden: Nachhaltiger Löscherfolg binnen kürzester Zeit, kein Rückzünden, nachhaltiger Temperaturabfall in den unkritischen Bereich binnen kürzester Zeit
- In Versuchsreihe nachgewiesen: Nach dem Löschen bis zu 70% der Zellen intakt (mit Restspannung), trotz Thermal Runaway



Zugelassen und zertifiziert

F | 500

01

Weltweit zertifiziert und vielfach getestet

Zugelassen für Brandklassen A, B gem. DIN EN, UL, NFPA

Geeignet für Teilbereiche von Brandklassen C, D, (E und) F

02

Einsatz in stationären und halb-stationären Löschanlagen

Mobile Anwendungen

Feuerwehren

Marine Anwendungen

03

Umweltfreundlich

Fluorfrei

Geringer Wasserbedarf

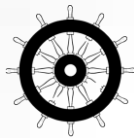
Nicht wassergefährdend („WGK 0“) bei bis zu 3%

04

Die zur Zeit einzige Löschtechnologie, die einen Lithiumionen-Batteriebrand nachhaltig löschen kann

Toxine bei Batteriebränden werden durch den Einsatz stark gehemmt

 Fraunhofer



TÜV NORD GROUP
Expertise for your Success

Hygiene-Institut
des Ruhrgebiets
Institut für Umwelthygiene und Toxikologie 

 DEKRA

 Underwriters
Laboratories

 MPA
Dresden
Akreditiertes
Brandschutzkompetenzzentrum



Kapselmittel im Einsatz bei Li-Ion Batterien

F 500

01

Kapselmittel werden bereits verwendet, um das Batteriebrandrisiko zu kontrollieren

Mobiler Einsatz in Löschfahrzeugen, Feuerlöschern und HiPress-Geräten, z.B. bei der gesamten „Formula E“

02

Einsatz in stationären Löschanlagen, z.B. im „Battery Abuse Lab“

Einsatz in der Batterielagerung und Logistik der Automobilindustrie

Empfehlung durch den TÜV Süd für e-Nutzfahrzeuge

03

Einsatz in halb-stationären Anlagen

In Umweltsimulationskammern und Testständen diverser Prüforganisationen

Einsatz in Sicherheitsschränken und Transportboxen

04

Kapselmittel können sowohl in Feuerlöschern, Niederdruck-Löschanlagen (z.B. Sprinkleranlagen) oder auch in Hochdrucklöschanlagen (z.B. Hochdruckwassernebel) verwendet werden.



bertrandt



Umweltaspekte

Mehr Infos: <https://www.f-500.de/nutzen/geringere-umweltbelastung.html>

INSTITUT FRESENIUS

F-500 ist als Konzentrat mit Wassergefährdungsklasse 1 klassifiziert



GESAMP

Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection

Die ökologischen Prozesse in Boden und Wasser werden nicht wesentlich beeinflusst. F-500 EA ist gemäß OECD 306 & 301b als leicht biologisch abbaubar bewertet

Hygiene-Institut des Ruhrgebiets

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie



F-500 ist bei 3% Zumischung zu Wasser als nicht wassergefährdend (WGK 0) klassifiziert (VwVwS 1999 in der Fassung von 2005)



IEH Laboratories & Consulting Group

F-500 ist garantiert Fluorfrei. Die Entstehung von Fluorverbindungen bei Batteriebränden (z.B. Flusssäure oder Fluorwasserstoff) wird durch den Einsatz von F-500 stark gehemmt

Wirtschaftlichkeit



Vielseitig

F-500 EA kann bei einer Vielzahl von verschiedenen Bränden eingesetzt werden. Eine Lösung für viele Szenarien



Wasserverbrauch

Bei dem Einsatz von F-500 EA wird erheblich viel weniger Wasser benötigt - somit erheblich viel weniger Löschmittel und Zeit zum Löschen. Einsparung bei Bränden der Klasse A: 80%. Brände der Klasse B: 37%



Einfache Anwendung

F-500 EA kann mit existierender mit wenig Anpassungsaufwand mit Standardausrüstung verwendet werden, z.B. Sprinkler, Wandhydranten, Hochdruck, Niederdruck, Wassernebel, mobile Anwendungen etc



Abwasserfreundlich

Je nach Kontamination kann das Löschwasser nach Gebrauch direkt ins Klärwerk eingeleitet werden. Schaummittel müssen kostspielig entsorgt werden

FAQs: Lagerung, Frost, Korrosion

- In ungeöffneten Zustand und bei empfohlener Lagerung wird die Löschwirksamkeit von F-500 für 15 Jahre nach Anschaffung garantiert
- F-500 ist bei -3 Grad Celsius und +60 Grad Celsius zu lagern
- Feuerlöscher auch in Ausführung bis -30°C
- F-500 hat einen vergleichbaren pH-Wert, wie Wasser. Es verändert somit die korrosiven Eigenschaften von Wasser nicht

FAQs: Equipment

- Die Zumischung von F-500 EA in allen (halb-)stationären Feuerlöschanlagen möglich. Einfache Anpassung von Schaumlöschanlagen
- Einsatz mit dem AWG-Hohlstrahlrohr - oder auch ohne Einschränkung mit anderen Hohlstrahlrohren (z.B. nach DIN EN 15182)
- F-500 EA ist für viele Zumischanlagen freigegeben (z.B. LEADER, FireDOS, FireMIKS, AWG etc).
- Mobile Hochdrucklöcher mit Sprühstrahl sind ebenso möglich (z.B. HNE) wie F-500 EA Feuerlöscher



F | 500

Vielen Dank

Max Foster | Business Development | F-500 TECHNOLOGY GmbH
max.foster@f-500.de | +49 40 740 648 35