Brandschutz und bauliche Anforderungen sowie Löscheinsatz bei Lithium-Ionen-Solarstromspeichern

Dipl. Ing. Ralf Haselhuhn

Vorsitzender des
Fachausschusses Photovoltaik und
Geschäftsführer der
Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie
LV Berlin Brandenburg e.V.
www.dgs-berlin.de
rh@dgs-berlin.de

Mitarbeiter im VDE/DKE K 373 PV-Systeme und
AK STD_1000.3.1 Anwendungsregel Speicher

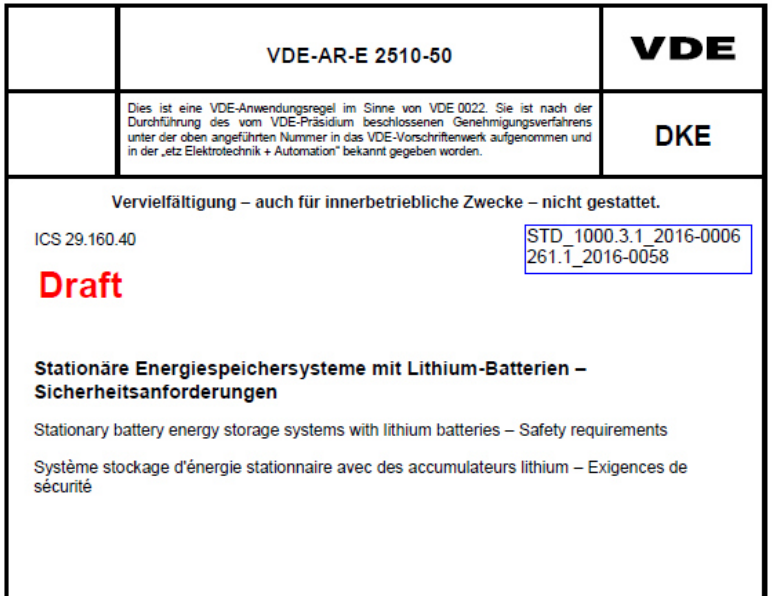
Lithium-Ionen-Speicher – Sicherheit

Problem des „thermal runaway“

- Zelle erwärmt sich im Betrieb oder bei äußerem oder innerem Kurzschluss
- Steigt Temperatur über 130-150°C, können exotherme Reaktionen ausgelöst werden, die weitere Temperaturerhöhungen verursachen
- Elektroden und Elektrolyt können sich zersetzen und entzündliches Gas bilden
- Folge: Erhöhung des Zellinnendrucks, mechanisches Versagen der Zellbehausung oder des Separators, interner Kurzschluss, Austritt/Brand des Elektrolyten und des entzündlichen Gases
- Thermischer Energiegehalt etwa 6-mal so hoch wie elektrischer Energieinhalt

Verhinderung des „thermal runaway“ durch Anforderungen an das Speichersystem

- **Definition Eigensicherheit nach ZVEH Expertenkreis sowie BSW-FG Speicher:** „Eigensichere Batteriespeichersysteme, Batterien oder Wechselrichter (für PV-Anlagen) sind dadurch gekennzeichnet, dass im 1-Fehlerfall kein unsicherer Zustand auftreten kann. Dies beinhaltet Fehler die sowohl von außen als auch durch Fehler im System selber bei bestimmungsgemäßen Einsatz (z.B. Interner Kurzschluss, Ausfall einer Elektronikkomponente) verursacht werden können. *[Begleitdokument Speicherpass]*


VDE-AR-E 2510-50

VDE

Dies ist eine VDE-Anwendungsregel im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach der Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

DKE

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.

ICS 29.160.40

STD_1000.3.1_2016-0006
261.1_2016-0058

Draft

Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien – Sicherheitsanforderungen

Stationary battery energy storage systems with lithium batteries – Safety requirements

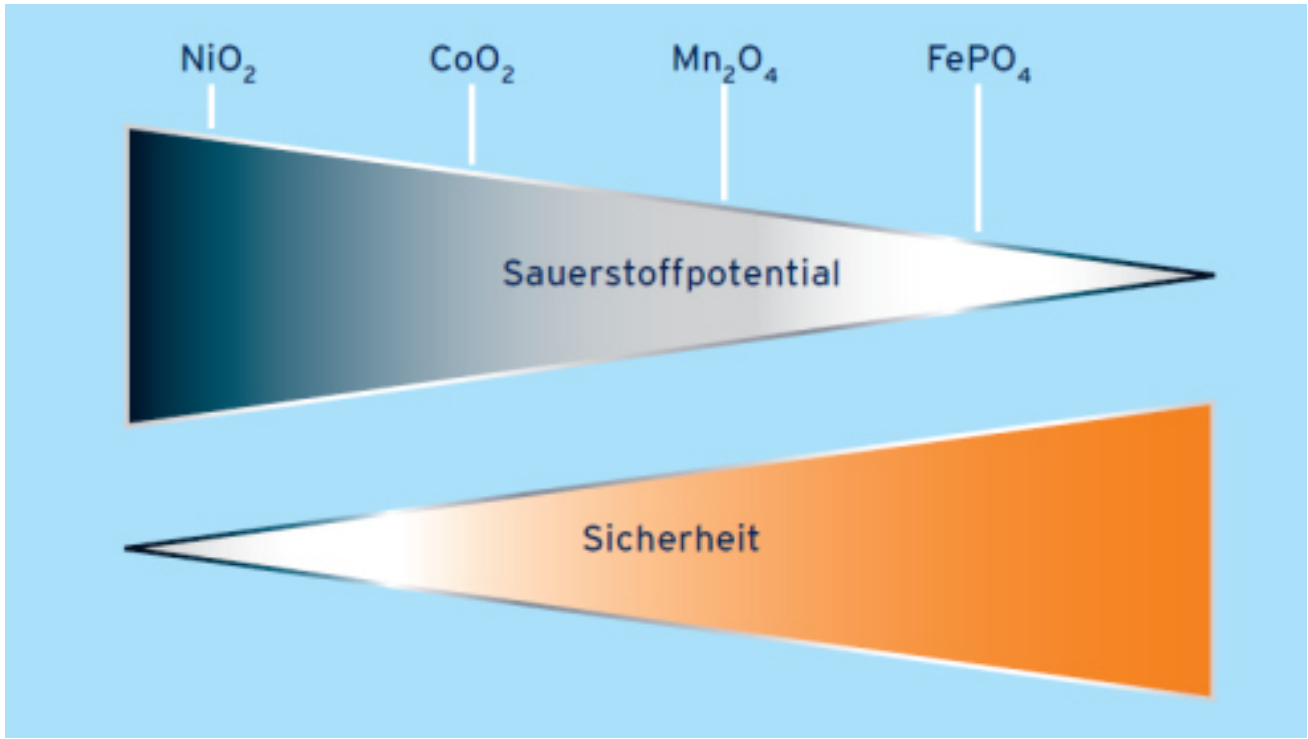
Système stockage d'énergie stationnaire avec des accumulateurs lithium – Exigences de sécurité

Brandschutz-Merkblatt „Einsätze an stationären Lithium-Solarstromspeichern“

- Das ausführliche Merkblatt wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Wuppertal und Lithium-Speicher-Experten erstellt.
- Kurze Einführung/Beschreibung der Technologie (Zellbestandteile, Kathodenmaterialien, Aufbau und Funktion…)
- Hilfestellung bei der Gefahrenbeurteilung und sicheren Einsatzbewältigung
- Gefahren und Maßnahmen bei Bränden oder mechanischer Beschädigung von Zellen werden erläutert
- **nur durch Kühlung kann Brandherd bekämpft werden**
- Geeignete Löschmittel: gasförmigen Löschmitteln zur Kühlung ungeeignet! Zur Kühlung/Löschung empfiehlt sich der Einsatz von Wasser, Wasser mit Haftgel oder Schaum
- Häufig wird fälschlicherweise Pulver- oder CO_2-Löscher empfohlen!
- Kurzfassung als Taschenkarte
- Merkblatt und Taschenkarte können über den BSW Solar bestellt werden. Als pdf-Download u.a. über www.dgs-berlin.de.

Brandschutz

Das thermische Durchgehen ist bei allen Li-Ionen-Zellen grundsätzlich möglich, unabhängig vom Kathodenmaterial. Mit abnehmenden Sauerstoffpotenzial des eingesetzten Kathodenmaterials sinkt aber dessen brandfördernde Eigenschaft.



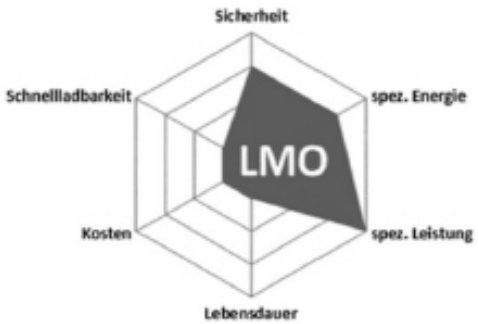
Lithium-Ionen-Speicher – Sicherheit

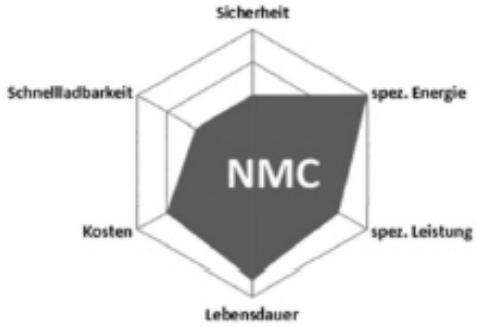
Batterie-Sicherheit fängt bei der Zellchemie an

Hohe Energiedichte
geht auf Kosten der Stabilität

Eigensichere Zellchemie bei
Lithium-Eisen-Phosphat (LFP)

Ausfallsicheres Batterie-
Management-System





Quelle: TU München, Entwicklerforum Batterien & Ladekonzepte

Achtung: Es kam auch bei Batterien mit LFP($FePo_4$)-Zellen zum Thermal Runaway und zur Entzündung -> Einhaltung des sicheren Betriebsfensters, Schutzelemente, sicheres Design etc. auch bei LFP -Zellen notwendig!

Brandschutz-Merkblatt

Geeignete Löschmittel und Löschverfahren

Ziel: Verhinderung der Zersetzung weiterer Zellen

- Unmittelbare Kühlung. Das ist mit gasförmigen Löschmitteln nicht ausreichend möglich.
- Zur Kühlung empfiehlt sich der Einsatz von Wasser.
- Die Kühlung der Zellen/der Batterie/des Speichers sollte noch über einen ausreichend langen Zeitraum (mehrere Stunden) fortgesetzt werden, um die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, dass sich noch weitere Zellen zersetzen.
- Die regelmäßige Benetzung mit Wasser ist dazu ausreichend. Das Modul muss nicht kontinuierlich mit Wasser beaufschlagt werden.
- Bei zuvor sehr hohen Temperaturen oder großen Speichern muss man ggf. auch über einen längeren Zeitraum (24 h) noch mit einer Zersetzung von Zellen rechnen und es empfiehlt sich, das System entsprechend länger zu kühlen.
- Eine interne Wärmefreisetzung lässt sich mit einer Wärmebildkamera nicht sicher erkennen!

Brandschutz-Merkblatt

Geeignete Löschmittel und Löschverfahren

Ziel: Niederschlagen der Gase und Dämpfe

- nach Möglichkeit mit Sprühwasser niedergeschlagen
- Bei entsprechend großer Verdünnung sind die Konzentrationen u. a. der Flusssäure im abfließenden Wasser weniger kritisch.
- Die Räume sind möglichst schnell und möglichst unmittelbar ins Freie zu lüften.

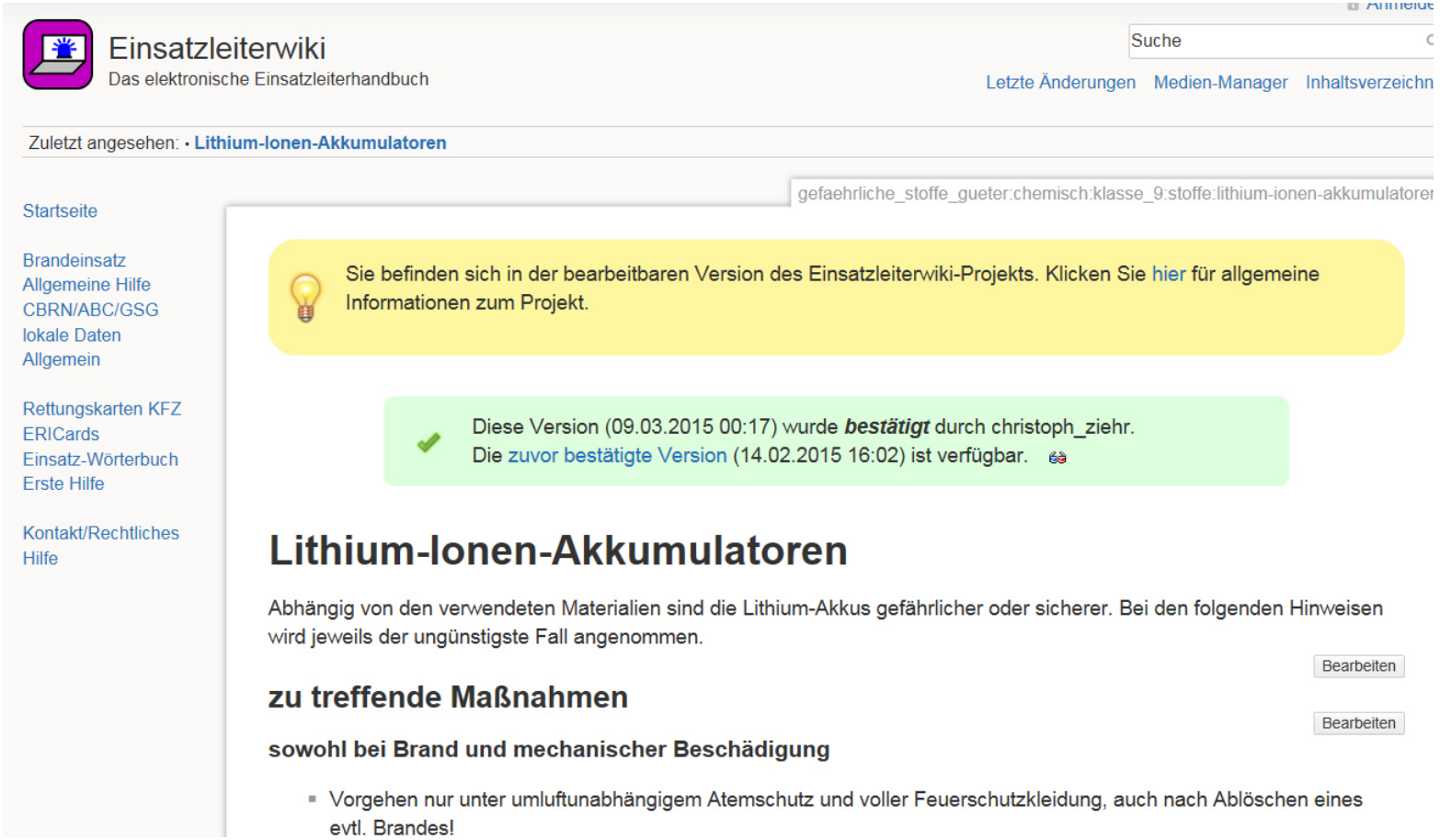
Anmerkung:

- In geschlossenen Räumen kann auch der Einsatz von Kohlendioxid als Löschmittel oder eine anderweitige Reduzierung der Sauerstoffkonzentration der Umluft den Flammenbrand des Lösungsmittels unterdrücken. Auf diese Weise wird die Wärmefreisetzung reduziert.
- Je nach Zelltyp ist jedoch zu beachten, dass das brandfördernde Potential der Kathode eine Verbrennung auch ohne äußeres Sauerstoffangebot unterhalten kann.

Brandschutz-Taschenkarte „Einsätze an stationären Lithium-Solarstromspeichern“

- Informationen zu Gefahren
- erfolgreich erprobte Vorgehensweisen beim Einsatz
- Maßnahmen bei Bränden und mechanischen Zerstörungen/Beschädigungen
- Hinweise zum Schutz
- Details zum Einsatzende
- Ziel: Vorbereitung der Einsatzkräfte für den Ernstfall

Ergänzende Hinweise auch im www.einsatzleiterwiki.de



Brandschutz-Taschenkarte „Einsätze an stationären Lithium-Solarstromspeichern“

Gefahren bei Bränden (im Sinne der Feuerwehr-Dienstvorschrift)

	Aus-breitung	Atem-gifte	Atomare Gefahren	Angst	Chemi-sche Gefahren	Elektri-zität	Explo-sion	Ein-sturz	Erkran-kung
Men-schen		+			+	+			
Tiere		+			+	+			
Umwelt					+				
Sach-werte	+				+				
Einsatz-kräfte		+			+	+	(+)		

- bei hohe Temperaturen -> Zersetzung benachbarter Zellen möglich (bereits ab 130 °C)
- Flammenbrand durch ausgeblasenes Elektrolytgemisch möglich
- Entstehung von Flusssäure und Phosphorsäure (Dämpfe, Nebel) -> Verätzungen
- Elektrische Gefahren (Spannungen bis 1000V DC bzw. 400 V AC möglich): Solarstromspeicher nur in begrenzten Bereichen abschaltbar.
- Elektrolyse bei längeren Wassereinwirkungen -> Wasserstoff-/Knallgasbildung möglich

Maßnahmen bei Bränden von Lithium-Ionen-Stromspeichern

- Erkundung der Einsatzstelle (Lage der Komponenten, Anlagenbauteile unversehrt?, Einsatzkräfte auf erkannte Gefahren hinweisen, ggf. Bereiche absperren).
- bei Gefährdung durch Elektrizität nach DIN VDE 0132 vorgehen.
- umluftunabhängiger Atemschutz und vollständige Brandbekämpfungsbekleidung inkl. Flammschutzhaube zwingend erforderlich. *Hinweis: auch nach Einsatz und bei Aufräumarbeiten*
- Bereich intensiv belüften, möglichst direkt ins Freie
- Zersetzung weiterer Zellen verhindern: Zellen unmittelbar kühlen. Kühlung über einen ausreichend langen Zeitraum (ggf. mehrere Stunden bei intensiven Bränden und großen Speicher bis 24h) fortsetzen. *Hinweis: Interne Wärmefreisitzung mit Wärmebildkamera nicht sicher erkennbar! auch nach „Feuer aus“ mehrere Stunden in regelmäßigen Abständen mit Wasser benetzen um weitere Zersetzung der Zellen zu unterbinden*
- freiwerdende Gase und Dämpfe nach Möglichkeit mit Sprühwasser niederschlagen.
- Räume möglichst schnell und unmittelbar ins Freie lüften.
- unmittelbaren Hautkontakt vermeiden. *Hinweis: Bei Hautkontakt mit viel Wasser spülen und bei Fluorwasserstoff-Verätzung mit Calciumgluconat-Gel behandeln!*
- Verbrennungsgase enthalten u.a. CO, CO_2 und Fluorwasserstoff (HF)
- gegebenenfalls orientierende HF - Messungen durchführen.

Einstufung von Fluorwasserstoff

H330: Lebensgefahr bei Einatmen.
H310: Lebensgefahr bei Hautkontakt.
H300: Lebensgefahr bei Verschlucken.
H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

Brandschutz-Taschenkarte „Einsätze an stationären Lithium-Solarstromspeichern“

Gefahren bei mechanischer Beschädigung (im Sinne der FwDV)

	Aus-breitung	Atem-gifte	Atomare Gefahren	Angst	Chemi-sche Gefahren	Elektri-zität	Explo-sion	Ein-sturz	Erkran-kung
Men-schen		+			+	+			
Tiere		+			+	+			
Umwelt	+				+				
Sach-werte					+				
Einsatz-kräfte	+	+			+	+	(+)		

- mechanische Beschädigungen -> thermische Zersetzung -> möglicherweise Brand.
- Verätzungen und Vergiftungen beim Austritt von Zellbestandteilen (Leitsalz und Elektrolyt).
- auslaufendes Elektrolytgemisch brennbar, explosionsfähige Atmosphäre durch Lösungsmittel im lokalen Umfeld möglich.
- Elektrische Gefahren (Spannungen bis 1000 V DC bzw. 400 V AC möglich; Solarstromspeicher nur in begrenzten Bereichen abschaltbar.
- Elektrolyse bei längeren Wassereinwirkungen -> Wasserstoff-/Knallgasbildung.

Maßnahmen bei mechanischer Beschädigung von Lithium-Ionen-Stromspeichern

- ausgelaufenen Elektrolyten mit Chemikalienbindemittel aufnehmen.
- Gefährdung durch Elektrolyt, welcher auch Lithiumhexafluorophosphat ($LiPF_6$) im Lösungsmittel enthalten kann. Bei Kontakt mit Wasser Entstehung von u.a. Fluorwasserstoff bzw. Flusssäure möglich. Hinweise: Keine Lederhandschuhe verwenden! Geeignet sind Handschuhe aus Nitrilkautschuk/Nitrillatex – NBR mit einer Dicke ab 0,11 mm
- Lithiumhexafluorophosphat besitzt die Wassergefährdungsklasse 3: Bei Austritt auf unbefestigtem Untergrund oder Gewässer entsprechende Behörde benachrichtigen!
- in seltenen Fällen entsteht durch Dämpfe eine explosionsfähige Atmosphäre: Ex-Messung durchführen.
- umluftunabhängigen Atemschutz und geschlossene Brandbekämpfungsbekleidung tragen!
- Räume möglichst schnell und möglichst unmittelbar ins Freie lüften.
- Bei mechanischer Beschädigung von Zellen kann ein Brand entstehen.
- Speicher oder Zellen kontrollieren, da sich ggf. eine Zersetzung auch noch zu einem späteren Zeitpunkt ereignen kann.

Einstufung vom Leitsalz Lithiumhexafluorophosphat (LiPF6) nach GHS

H301: Giftig bei Verschlucken.
H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
H372: Schädigt die Organe (Knochen, Zähne) bei längerer oder wiederholter Exposition durch Einatmen.

Lithiumhexafluorophosphat reagiert mit Wasser unter Bildung von u. a. Fluorwasserstoff (in Wasser: Flusssäure).

Brandschutz-Taschenkarte „Einsätze an stationären Lithium-Solarstromspeichern“

Hinweise zur Beendigung des Einsatzes

- Einsatzstelle darf nur im gesicherten Zustand verlassen werden.
- mögliche Gefahrenbereiche absperren.
- bei Bedarf ist vor dem Verlassen der Einsatzstelle Spannungsfreiheit durch Fachfirma herzustellen und gegen Wiedereinschalten zu sichern.
- Einsatzstelle ist an die zuständige Person (Anlagenbetreiber, eine von ihm beauftragte Person, Hauseigentümer, ggf. Elektrizitätswerk oder Polizei) mit den nötigen Sicherheitshinweisen zu übergeben.
- Aufstellräume präventiv möglichst schnell und möglichst unmittelbar ins Freie lüften.
- Lagerung und Zwischenlagerung zerstörter oder beschädigter Lithium-Speicher muss von Personen mit ausreichender Qualifikation nach Herstellervorgaben erfolgen.
- Transport zerstörter oder beschädigter Lithium-Speicher entsprechend ADR Sondervorschrift 661 (siehe auch: Allgemeinverfügung zur Beförderung beschädigter oder defekter Lithium-Zellen des BAM — Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung).
- bezüglich des Umgangs mit der Brandstelle und den Brandrückständen: siehe VdS 2357 - VdS-Richtlinie zur Brandschadenssanierung 2014-06

Erfahrungen bei DGS-Vorortuntersuchungen

im Verbundforschungsprojekt Speichersicherheit SPEISI (DGS, Fh ISE, TÜV Rheinland, ZSW)

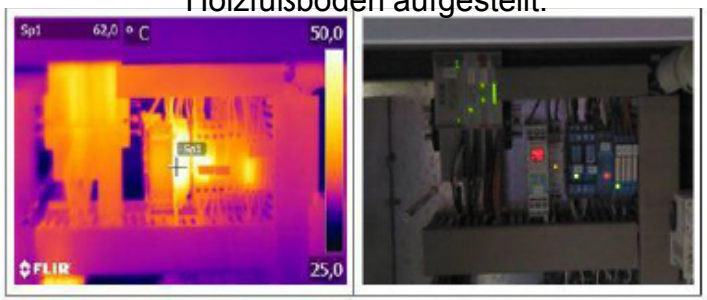


Abbildung: IR und VI eines thermisch auffälligen Installationsschützes von Untersuchung 1.

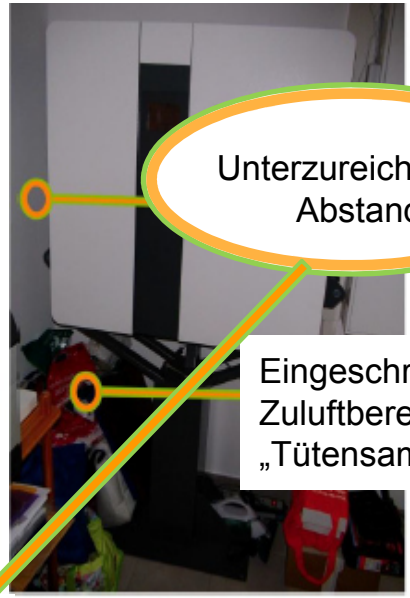


Abbildung: Auffälligkeiten der visuellen Kontrolle von Untersuchung 2.

Abbildung: Auffälligkeiten der visuellen Kontrolle von Untersuchung 3

DGS – Fachregeln für Batteriespeichersysteme
Entwurf 01-2017

- Fach- und qualitätsgerechte Montage und Elektroinstallation durch qualifiziertes Personal
- Einsatz von Li-Batteriespeichersystemen, die den „Sicherheitsleitfaden Li-Ionen Hausspeicher“ bzw. die VDE 2510-50 erfüllen
- Herstellerangaben zur Montage, Installation, Betrieb und Wartung unbedingt beachten
- Aufstellort der Speichersystems **nicht im Bereich der Fluchtwege und möglichst nicht im Wohnbereich** (geeignete Keller- oder Hauswirtschaftsräume).

- Am Aufstellort sollten keine Brennstoffe bzw. leichtentzündliche Materialien oder hohe Brandlasten gelagert werden. Er sollte frei von Stäuben, korrosiven und explosiven Materialien oder Gasen sein. Es sollte eine Lüftungsmöglichkeit vorhanden sein.
- Sicherstellung ausreichener Zugänglichkeit zu Wartungszwecken

DGS – Fachregeln für Batteriespeichersysteme
Entwurf 01-2017

- Umgebungstemperaturbereich nach Herstellerangaben beachten
- Möglichst gleichmäßige Temperaturen zwischen 10° und 25°C am Aufstellort sorgen für eine gute Performance, Langlebigkeit und Betriebssicherheit der Speichersysteme; **Minustemperaturen und Temperaturen weit über 25°C vermeiden!**

- Vermeidung zusätzlicher Wärmequellen oder Zündquellen
- Einhalten eines Freiraums oberhalb und ggf. seitlich des Speichers für ausreichende Kühlluftzufuhr und Warmluftabfuhr
- Ausschluss von relativer Luftfeuchtigkeit über einem bestimmten Grenzwert (z.B. nicht >80%)
- Einsatz von **Rauch- bzw. Übertemperatur-Melder** (visuelle und akustische Signalisierung), wenn nicht schon im Speichersystem integriert

- Sicherstellung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Untergrundes
- Untergrund muss vibrationsfrei, eben und aus flammenhemmendem Material (z.B. Beton; kein Holz) sein
- Ggf. zusätzliche Wandbefestigung des Speichers (Kippsicherung)

DGS – Fachregeln für Batteriespeichersysteme
Entwurf 01-2017

- Schutz vor Wassereinbruch/Überschwemmung bei Keller und Tieflagen (Hochwassergefährdeten Bereichen)
- Ist mit Kleinnagern zu rechnen (z.B. Aufstellung im Schuppen) ist entsprechender Kabelschutz vorzusehen
- Überspannungsschutz: Wechselrichter, Laderegler, BMS ! Feinschutz im Gerät; Installateur hat zu prüfen Überspannungsableiter Typ 2 bzw. Typ1 im Gebäude erforderlich und vorhanden ist
- Feuergeschützte Verlegung von nichtabschaltbaren DC-Leitungen entsprechend gültiger Landesbauordnung (mind. F30):
  - Unterputzverlegung nach VDE 0100-520 oder
  - Ummantelung mit Brandschutzverkleidungen
  - Verlegung in Brandschutzkanälen und -schächten nach EN 1366 oder DIN 4102
- Brandabschnitte beachten und ggf. Brandschottungen
- Hinweisschild: wenn Notstromversorgung mit Übersichtsplan für die Feuerwehr an der Hausanschlussstelle

Notstromversorgung

- Danke für Ihre Aufmerksamkeit!