

BRÄNDE DURCH LITHIUM-IONEN- BATTERIEN IN RECHENZENTREN VERHINDERN

Vermeidung von thermischem Runaway mit Erkennung von Ausgasungen

Honeywell



Lithium-Ionen-Batterien (Li-Ionen-Batterien) entwickeln sich zur bevorzugten Energiespeichertechnologie für Rechenzentren. Sie werden in unterbrechungsfreien Stromversorgungssystemen (USV) verwendet und ersetzen schnell herkömmliche ventilregulierte Blei-Säure-Batterien (VRLA).

Laut Bloomberg New Energy Finance werden im Jahr 2025 Li-Ionen-Batterien eine Backup-Kapazität von 5,6 GWh für Rechenzentren aufweisen, im Vergleich zu 8,3 GWh für herkömmliche VRLA-Batterien.¹

Der Einsatz von Li-Ionen-Batterien in Rechenzentren bietet klare Vorteile, hat aber auch potenziell große Nachteile. Li-Ionen-Batterien können eine ernsthafte Brandgefahr darstellen, die die unternehmenskritische Stromversorgung gefährden kann.

Dieser Leitfaden befasst sich mit den wichtigsten Risiken im Zusammenhang mit Energiespeichersystemen für Li-Ionen-Batterien (BESS) in Rechenzentren. Einschränkungen der traditionellen Branderkennungs- und unterdrückungstechnologie werden untersucht und es wird illustriert, wie diese mit der Erkennung von Ausgasungen zu überwinden sind.

1 - <https://blog.se.com/datacenter/2017/07/20/bloomberg-forecasts-li-ion-batteries-data-center/>

Durch die Steigerung der Nachfrage nach Li-Ionen-Batterien sinken die Preise weiter. Während die VRLA-Technologie immer noch billiger ist, kann Li-ion im Laufe der Zeit zu erheblichen Kosteneinsparungen führen. Im Vergleich zu VRLA Batterien, haben Li-Ionen Batterien:

- eine zwei bis dreimal längere Lebenserwartung,
- eine höhere Leistungsdichte,
- eine Aufladezeit von nur 2 bis 3 Stunden, (im Vergleich zu 10-12 Stunden)
- einen viel kleineren Fußabdruck und
- können bei höheren Temperaturen arbeiten und erfordern weniger Kühlung.

WARUM SIND LI-IONEN-BATTERIEZELLEN EINE BRANDGEFAHR?

Trotz all dieser Vorteile können Li-Ionen-Batterien ein Brandrisiko darstellen. Dies ist vor allem auf ihren hochbrennbaren, organischen Elektrolyt und die erhebliche Menge an Energie zurückzuführen, die sie speichern. Aus diesem Grund müssen Li-Ionen-Batterien ständig unter bestimmten Umgebungsbedingungen und elektrischen Parametern gehalten werden. Selbst wenn ein Batteriemanagementsystem (BMS) vorhanden ist, können immer noch Ausfälle auftreten.

Eine einzige fehlerhafte Li-Ionen-Zelle reicht aus, um einen Prozess auszulösen, der als thermischer Runaway bekannt ist. Wenn dies geschieht, beginnen die umgebenden Zellen bald auch zu überhitzen und gehen ebenfalls in einen thermischen Runaway, was schnell zu schädigenden Bränden führen kann.

SCHNELLE FAKTEN

Thermische Runaway ist eine exotherme Reaktion, die dazu führt, dass die interne Temperatur der Li-Ionen-Batterie ansteigt und schließlich den Elektrolyten entzünden kann.

Fängt der Elektrolyt Feuer, kann dies zu katastrophalen Bränden führen, die extrem schwer zu löschen sein können.





FAKTOR MISSBRAUCH

Dies kann elektrisch, thermisch oder mechanisch sein und dazu führen, dass der Elektrolyt von einem flüssigen in einen gasförmigen Zustand wechselt.



ELEKTRISCH

Elektrischer Missbrauch wird durch Überschreiten der Spannungsgrenzen der Batterie während der Aufladung oder Entladung verursacht.



THERMISCH

Der thermische Missbrauch wird durch die Betriebstemperatur verursacht, die die Temperaturgrenzen der Batterien überschreitet.



MECHANISCH

Mechanischer Missbrauch wird durch physikalische oder mechanische Schäden wie eine Quetschung, Einkerbung oder Punktion verursacht.



AUSGASUNG

Wenn der Missbrauchsfaktor weiter anhält, wird mehr des flüssigen Elektrolyts in Gas umgewandelt, welches zu einem internen Druckaufbau innerhalb der Batterie führt.

Die Ausgasung wird in NFPA 855¹ als das Ereignis definiert, bei dem der Zellfall aufgrund des Anstiegs des Innendrucks in der Zelle entlüftet wird.



RAUCH

Wenn der Missbrauchsfaktor anhält, werden die Reaktionen in der Zelle zunehmend exotherm, was die Freisetzung von Rauch verursacht. Zu diesem Zeitpunkt steht der thermische Runaway unmittelbar bevor und kann nicht mehr verhindert werden.



FEUER

Zu diesem Zeitpunkt fängt die Batterie Feuer und tritt in thermischen Runaway. Die Temperaturen können oft 1000°C überschreiten, aber eine thermisch missbrauchte Batterie kann schon bei Temperaturen von bis zu 130°C in thermischen Runaway übergehen.

1 - NFPA Journal, Eine Handvoll Highlights von NFPA 855, dem neuen Standard für die Installation von Energiespeichersystemen, 1. Mai 2019, Brian O'Connor [Zugriff am 17. Dezember 2020]

FOLGEN VON LI-IONEN BATTERIE BRÄNDEN

Li-Ionen-Batterie Brände bringen einzigartige Herausforderungen mit sich.

Laut einer Studie des Underwriters Laboratories (UL) Firefighter Safety Research Institute umfassen die Herausforderungen:¹

- Explosive Natur der Gase und Dämpfe, die während des thermischen Runaways freigesetzt werden.
- Dampfvolkenbildung und -verteilung
- Dynamik von Entflammungen und Explosionswellenausbreitung
- Unwirksamkeit der Brandunterdrückung

Die Folgen von thermischen Runaway Bränden können schwerwiegend sein. Mitarbeiter von Rechenzentren können toxischen Gaslecks, Bränden und sogar Explosionen ausgesetzt sein.

Batteriebrände können auch unbeabsichtigte wirtschaftliche und soziale Auswirkungen haben. Sie können eine gesamte Rechenzentrumseinrichtung zum Stillstand bringen, was sich auf die Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Daten auswirkt. Sie können sogar Server und andere wichtige Hardware beschädigen, was zum Verlust kritischer Daten führt.²

Ein weiteres Ergebnis können Geldstrafen und andere rechtliche Folgen für Betreiber von Rechenzentren sein, insbesondere wenn Verletzungen auftreten.

Die Rufschädigung kann auch langfristige finanzielle Folgen haben.

“Brandtests von nicht verstopften Li-Ionen-Batterien haben gezeigt, dass durch Zellexplosionen Geschosse bis zu 40 Meter weit fliegen können.”⁴

BRANDSCHUTZNORMEN UND -VORSCHRIFTEN IN RECHENZENTREN

Die Mindestanforderungen an den Brandschutz für Rechenzentren werden durch Standards und Vorschriften bestimmt. Diese Normen können von Region zu Region variieren.

Dennoch kann die Verabschiedung solcher Normen sehr lange dauern, wobei im Durchschnitt mindestens drei Jahre benötigt werden. Das bedeutet, dass die Standards in Bezug auf Fortschritte in der Brandschutztechnik oder neuen Methoden veraltet sein könnten. Sie sollten als Ausgangspunkt betrachtet werden, auf dem man mit zusätzlichen Lösungen aufbauen kann.

Einige wichtige Normen zu berücksichtigen sind:

- Li-Ionen-Batterie bezogene Normen wie IEC 62133
- Industrieanwendungen nach IEC 62619

Der Markteintritt in vielen Ländern ist häufig von der Einhaltung dieser Standards abhängig.

1 - https://fsri.org/sites/default/files/2021-07/Four_Firefighters_Injured_In_Lithium_Ion_Battery_ESS_Explosion_Arizona_0.pdf

2 - Königliche Akademie der Technik, Zählen der Kosten: die wirtschaftlichen und sozialen Kosten von Stromdefiziten in Großbritannien, 2014 [zugriffen am 21. Januar, 2021]

3 - NFPA Journal, Eine Handvoll Highlights von NFPA 855, der neue Standard für die Installation von Energiespeichersystemen, 1. Mai, 2019, Brian O'Connor [Zugriff am 17. Dezember, 2020]

4 - Forschungstiftung für Brandschutz, Gefährdungsbeurteilung von Energiespeichersystemen für Lithium-Ionen-Batterien, Februar, 2016, Andrew F. Blum et al [zugriffen Dezember 17, 2020]



GEBÄUDEMANAGEMENTSYSTEME, TRADITIONELLE ERKENNUNG UND METHODEN ZUR BRANDUNTERDRÜCKUNG: WICHTIGE HERAUSFORDERUNGEN BEI ANWENDUNGEN MIT LI-ION

GEBÄUDEMANAGEMENTSYSTEME (BMS)

Der Hauptzweck eines BMS ist die Überwachung von Spannung, Strom und Temperatur sowie die Verhinderung von Missbrauch der Batterien. Diese Technologie allein reicht nicht aus, um das Risiko eines thermischen Auslaufens zu minimieren.

Der Hauptgrund dafür ist, dass BMS nicht in der Lage sind, Einzelzelltemperaturen oder -spannungen aufzulösen. Selbst mit Temperatursensoren an jeder Zelle können Hot Spots unentdeckt bleiben. Da ein typisches Rechenzentrum auf Hunderte von Li-Ionen-Batteriezellen und Sensoren angewiesen ist, ist es nicht schwer, sich vorzustellen, wie Fehler irgendwann auftreten können.

TECHNOLOGIEN ZUR ERKENNUNG

Traditionelle Erkennungstechnologien umfassen: Rauchererkennung, Branderkennung, Kohlenmonoxidüberwachung und Wasserstoffüberwachung. Jeder dieser Punkte spielt eine wichtige Rolle und sollte Teil einer umfassenden Sicherheitslösung sein. Der größte Nachteil dieser Technologien ist jedoch, dass sie nicht anschlagen

bis der thermische Runaway bereits aufgetreten ist, was möglicherweise bereits zu spät ist, um zu verhindern, dass er sich weiter ausbreitet.

Ein kürzlich von Underwriters Laboratories veröffentlichter Bericht zeigt, dass herkömmliche Gasetektoren wie Kohlenmonoxid- und Wasserstoffdetektoren und die Rauchererkennung keine abnormalen Bedingungen im Batteriesystem anzeigen, bis der thermische Runaway begonnen hat.¹

Dies liegt daran, dass, wie oben erwähnt, Rauch und Feuer nicht auftreten, bis eine Zelle den thermischen Runaway erreicht hat. Sogar Kohlenmonoxid und Wasserstoff sind oft nicht in ausreichend großen Konzentrationen vorhanden, um nachweisbar zu sein, bis mehrere Zellen bereits ausgefallen sind.

SYSTEME ZUR UNTERDRÜCKUNG VON FEUER

Unterdrückung ist die letzte Verteidigungslinie eines Rechenzentrums gegen Feuer. Doch laut einer kürzlich im Journal of the Electrochemical Society veröffentlichten Studie im vergangenen Jahr ist keines der wichtigsten Unterdrückungsmethoden bei der Eindämmung von Li-Ionenbränden vollständig wirksam.²

Eine DNV-Studie aus dem Jahr 2019 kam zu ähnlichen Schlussfolgerungen und ergab, dass keines der analysierten Unterdrückungssysteme eine adäquate Lösung gegen Li-Ionenbrände bot.³

1 - https://fsri.org/sites/default/files/2021-07/UL9540AInstallationDemo_Report_Final_4-12-21.pdf

2 - Energy.gov, Wie Microgrids funktionieren, Juni 17, 2014 [zugegriffen Dezember 16, 2020]

3 - DNV-GL, Technische Referenz für Li-Ionen-Batterie Explosionsrisiko und Brandunterdrückung, 2019

WAS IST DIE ERKENNUNG VON AUSGASEN?

Die Erkennung von Ausgasungen, sobald eine Li-Ionen-Zelle mit der Entlüftung beginnt, ist der Schlüssel zur Vermeidung von thermischem Runaway und letztendlich zur Vermeidung destruktiver Brände. Eine kürzlich durchgeführte Studie des UL Firefighter Safety Research Institute ergab, dass die Zellen bei jedem der drei durchgeführten Tests vor dem thermischen Runaway entlüftet wurden.¹ Hier kommt die Ausgasungs-Erkennung zum Einsatz.

Ausgasungs-Erkennungslösungen sind auf die Besonderheiten des BESS zugeschnitten, einschließlich Geometrie, Volumen, Zelltyp, räumliches Layout und Luftströmungsmuster. Ein verteiltes Netzwerk von strategisch platzierten Gassensoren ermöglicht es Betreibern von Rechenzentren, den frühesten Hinweis auf einen Ausfall zu erhalten und einzugreifen, um thermischen Runaway zu verhindern.



Der Standort und die Anzahl der Sensoren sind so optimiert, dass sie die früheste Erkennung mit der geringsten Anzahl von Sensoren ermöglichen, was eine kostengünstige Lösung für Rechenzentren darstellt.

WIE KANN AUSGASUNGSERKENNUNG DAZU BEITRAGEN, EINEN THERMISCHEN RUNAWAY ZU VERHINDERN?

Eine kürzlich durchgeführte Studie von DNV² stellte drei Technologien auf den Prüfstand, um ihre Wirksamkeit bei der Erkennung von frühen Anzeichen von thermischem Runaway zu beurteilen:

- Sensoren für niedrigere Explosionsgrenze (LEL)
- Ausgasungsspezifische Sensoren
- Zellenspannungssensoren.

DURCHSCHNITTliche ZEIT DES AUFTRETENS IM VERHÄLTNISS ZU THERMISCHEN RUNAWAY (SEKUNDEN)

Freisetzung der Ausgasungen	-381
Ausgasungssensor	-371
Thermischer Runaway	0
Spannung der Zelle	+7
LEL Sensor	+28

Wie in der Tabelle dargestellt, zeigte der Test, dass weder LEL-Sensoren noch Spannungssensoren auslösen konnten, bis der thermische Runaway bereits begonnen hatte. Im Gegensatz dazu löste der Ausgasungssensor im Durchschnitt nur 10 Sekunden nach dem Ausgasen, und mehr als sechs Minuten vor dem thermischen Runaway aus.

Die Tests zeigten auch, wie durch die elektrische Isolierung des Batteriesystems, sobald das Ausgasen erkannt wurde, die Zelltemperatur aufhörte zu steigen. Dies zeigte die Wirksamkeit einer korrekten Abschwächungsmaßnahme zum frühesten Zeitpunkt der Indikation Gas Präsenz.

1 - https://fsri.org/sites/default/files/2021-07/UL9540AInstallationDemo_Report_Final_4-12-21.pdf

2 - DNV-GL, Technische Referenz für Explosionsgefahr und Brandunterdrückung der Li-Ionen-Batterie, 2019



VERTRAUEN AUF DIE RICHTIGE ENTSCHEIDUNG

Da Li-Ionen-Batterien wirtschaftlicher werden und Einsparungen bei den Betriebskosten bieten, wird sich der laufende Übergang von VRLA zu Li-Ion in Rechenzentren in den kommenden Jahren wahrscheinlich beschleunigen.

Die Ausgasungs-Erkennung ist eine kritische Lösung, die den frühesten Hinweis auf einen Zellausfall liefert und als Barriere gegen thermischen Runaway und die verheerenden Folgen dient, die dies haben kann. Dank der Ausgasungs-Erkennung können Rechenzentren jetzt Li-Ionen-Batterien sicher einsetzen und von ihren einzigartigen Vorteilen profitieren.

**Erfahren Sie mehr unter:
hls-austria.at**

Honeywell Life Safety Austria GmbH
Technologiestraße 5
1120 Wien
Österreich
hls-austria.at

März 2022
© 2022 Honeywell International Inc.

Honeywell