



In einem der größten Batteriespeicher in Kalifornien, USA, ist ein Brand ausgebrochen. Foto: picture alliance/ Anadolu/Tayfun Coskun

Brandschutz: Lithium-Ionen-Batterien in Rechenzentren

Seit 2017 widmet sich das „Suveren“-Projekt der Erforschung und Entwicklung von innovativen Brandschutzlösungen für Batteriebrände und gestaltet dabei ganzheitliche Schutzkonzepte über die gesamte Batterie-Wertschöpfungskette hinweg. Ein Spezialist für Brandschutz ist in dieses Projekt involviert und lässt die Erkenntnisse daraus auch in Brandschutzkonzepten von Rechenzentren einfließen. Dort werden Lithium-Ionen-Batterien (LIB) vor allem als unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) und für Notstrom-Backups eingesetzt. Die Entwicklungen des Marktes in Richtung Künstliche Intelligenz (KI) stellen zudem völlig neue Anforderungen, die sich auch auf die bestehenden Brandschutzkonzepte für Rechenzentren auswirken.

TEXT: Anne Omar, Constantin Zborowska, Alexandra Langstrof

Im Mai dieses Jahres kam es zu einem Brand im Rechenzentrum im Hillsboro Technology Park in Oregon (USA), bei dem die Feuerwehr einen Raum mit Batteriespeichern als Brandursprung identifizierte. Durch das Feuer bemerkten Millionen Menschen massive Störungen beim Nutzen der X-App, sodass zum Beispiel auf

der Social-Media-Plattform X in Deutschland der News-Feed leer blieb. Ein weiterer Großbrand ereignete sich Anfang 2025, bei dem 40 % eines Batteriespeichers in Kalifornien (USA) niederbrannten, der gemäß Angaben des *pv magazine* eine Kapazität von 3 000 MWh und eine Leistung von 750 MW hatte. Auch hier zeigte sich, dass es herausfordernd sein

kann, LIB-Brände zu löschen. Da der weltweite KI-Boom den Investitionsbedarf in Rechenzentren in die Höhe treibt und Veränderungen in der Infrastruktur stattfinden, wird es zunehmend bedeutsamer, geeignete Brandschutzkonzepte zu entwickeln, um den Brandgefahren im Zusammenhang mit LIB adäquat zu begegnen.

Herausforderungen in Rechenzentren

Bei näherer Betrachtung eines Rechenzentrums lässt sich feststellen, dass es neben dem Serverraum eine Vielzahl weiterer technischer Bereiche gibt, die die Infrastruktur für den Betrieb der IT beinhalten. Um diese vor Stromausfällen und somit dem Ausfall der Server zu schützen, werden zunehmend LIB als Notstromlösungen eingesetzt, weil sie eine höhere Energie- und Leistungsdichte bieten und langlebiger sind als Blei-Säure-Batterien. Durch ihre kompakte Bauweise lassen sich diese Systeme zudem besser in die Infrastruktur integrieren und können auch bei höheren Temperaturen betrieben werden. Dadurch wird der Kühlbedarf in Rechenzentren und somit der Energieverbrauch für die Klimatisierung reduziert.

Die komplexe Infrastruktur und die engen räumlichen Verhältnisse in einem KI-Rechenzentrum erschweren den Brandschutz, da viele Komponenten eng beieinander liegen und oft schwer zugänglich sind. Darüber hinaus sorgen KI-Hardware (GPU-Racks) und auch KI-Anwendungen, insbesondere beim Training und beim Ausführen von Modellen, für einen erhöhten Energieverbrauch. Die damit verbundenen Konsequenzen stellen neue Anforderungen an die Infrastruktur und die Kühlung. Werden Kühlsysteme unzureichend betrieben oder fällt die Kühlung aus, steigt das Risiko thermischer Schäden.

LIB-Realbrandversuche im Forschungsprojekt

Werden die Zellen der LIB mechanisch, elektrisch (zum Beispiel durch Überladung) oder thermisch beschädigt, kann es zum sogenannten thermischen Durchgehen (engl. Thermal Runaway) kommen. Bereits im Forschungsprojekt „Suveren2use“ wurden Batteriebrandversuche in einem offenen Raum mit natürlichen Ventilationsbedingungen durchgeführt, um herauszufinden, wie diese zum Teil sehr schnell und heftig ablaufenden Reaktionen kontrolliert werden können. Dabei kamen echte LIB mit einer Speicherkapazität von 112 kWh zum Einsatz, die durch eine „Dorn-Penetration“ (mechanische Einwirkung) oder ein Überladen entzündet wurden. Die Versuche belegten die Wirksamkeit einer stationären Hochdruck-Wassernebel (HDWN)-Brandbekämpfungsanlage.



Echtbrandversuch im Rahmen einer FM-Global-Zulassung für den Whitespace. Foto: Fogtec

Das Forschungsprojekt „Suveren_Storage“ und Folgeprojekte lieferten den Beweis, dass es möglich ist, ein Schutzkonzept zu schaffen, sodass der Brand auf nur ein Modul im Rack begrenzt werden kann. Um ein explosionsfähiges Luft-Gas-Gemisch zu verhindern, sollten die austretenden brennbaren und toxischen Gase möglichst aus dem abgeschlossenen Raum abgeführt werden. Hierzu wurde in Versuchen die HDWN-Anlage mit gleichzeitigem Rauchabzug betrieben und erfolgreich getestet. Es zeigte sich, dass der Brand auch bei geöffnetem Rauchabzug auf ein Batteriemodul begrenzt und die Gaskonzentration niedrig gehalten werden konnte. Somit ist nachgewiesen, dass eine Brandbekämpfung mit gleichzeitig aktiver Ventilation möglich und kein Raumabschluss notwendig ist. Auf diese

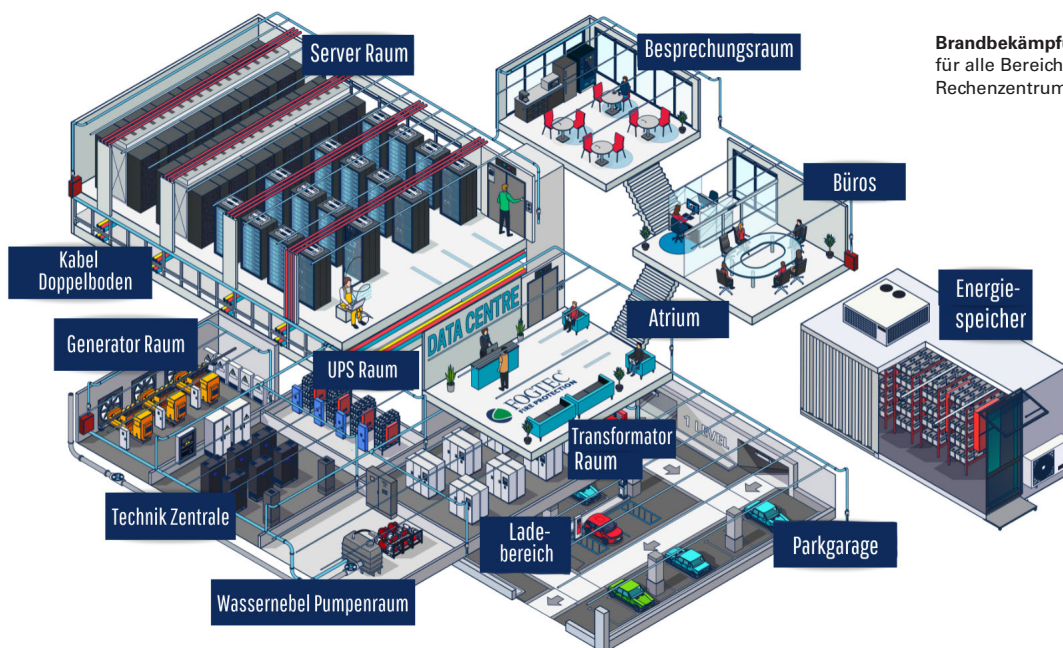
Weise kann gleichzeitig Explosionsschutz und eine autarke Brandbekämpfung sichergestellt werden, was für einen ungefährlichen Zugang für die Einsatzkräfte der Feuerwehr sorgt.

Frühwarnsystem für herannahende Batteriebrände

Die Fogtec entwickelte und erprobte im Rahmen dieses Projektes Anfang des Jahres ein neuartiges Frühwarnsystem „LiSaPro Sens“ für herannahende Batteriebrände. Noch vor der Rauch- und Feuerentwicklung führte der Temperaturanstieg innerhalb der Zelle zu einer Gasbildung, die nach dem Aufplatzen der Zelle durch den Sensor erkannt werden konnte. Für die zuverlässige Detektion dieser Ereignisse (Zell-Off-Gassing) haben sich in den Versuchen insbesondere flüchtige organische Verbindungen (VOC) sowie Wasserstoff als Indikator herausgestellt. Die Zellausgasungen sind, neben der Erkennung von Anomalitäten über das Batterie-Management-System (BMS), eine der frühesten Indikationen für das thermische Durchgehen.

Mithilfe der speziellen Gas-Sensorik ist es möglich, bereits geringste Mengen an für LIB spezifischen Ausgasungen zu detektieren, damit zum Beispiel die Leistungselektronik rechtzeitig abgeschaltet und gleichzeitig das Notbelüftungssystem aktiviert werden kann, um die Explosionsgefahr zu verringern. Für zukünftige KI-Datacenter, in denen LIB für die langfristige Energiespeicherung und eine Natrium-Ionen-Batterie für blitzschnelle Reaktionen auf Stromspitzen miteinander kombiniert werden, kann die Nutzung dieser Gas-Sensorik einen sicheren Betrieb der Batterien gewährleisten.

Internationale Leitlinien haben auf diese Problematik reagiert: Sowohl die europäischen EASE-Guidelines als auch der US-amerikanische Standard NFPA 855 und FM Global 5-33 empfehlen mittlerweile ausdrücklich den Einsatz von Gasdetektionssystemen zur Früherkennung von Batterieversagen. Diese konvergierenden Empfehlungen aus unterschiedlichen Rechtsräumen unterstreichen die wachsende Bedeutung der Gasfrüherkennung als anerkannte Best Practice im Batteriebrandschutz.



Brandbekämpfungstechnologie
für alle Bereiche im
Rechenzentrum. Grafik: Fogtec

Brandschutz-Technologien im Vergleich

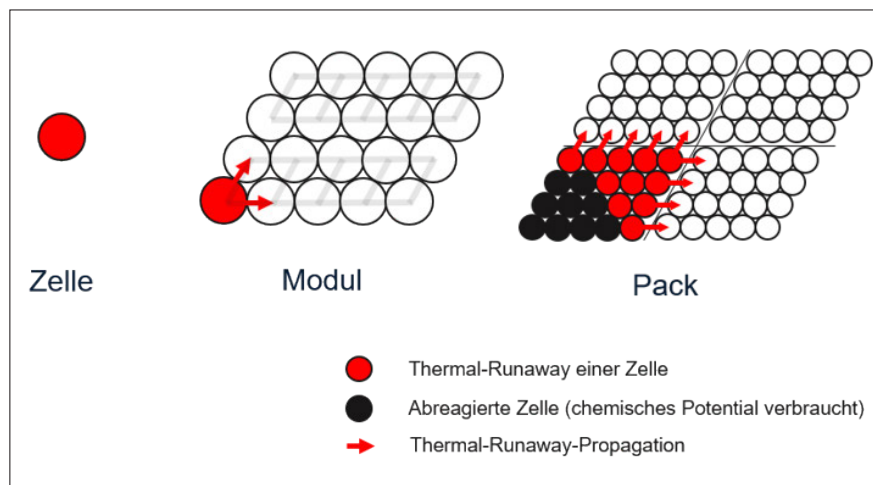
In den, als Teil des Suveren-Forschungsprojektes, durchgeführten Brandversuchen wurden für eine möglichst realistische Nachbildung realer Brandszenarien repräsentative Mengen echter LIB-Module verwendet, die Brandlast sowie Zielbrandlasten durch LIB dargestellt. Die Versuchsreihen mit den wasserbasierten Löschmitteln konnten zeigen, dass beim Einsatz eines herkömmlichen Sprinklersystems sehr viel Wasser verwendet wurde und dies zu massiven Beeinträchtigungen in der Elektronik führte. Darüber hinaus gilt es zu berücksichtigen, dass Löschwasser aufgefangen und als Gefahrstoff

entsorgt werden muss. Wassernebel benötigte im Vergleich nur rund 10 bis 20 % der Wassermenge, wodurch ein minimaler Löschwasserschaden und gleichzeitig deutlich geringere Mengen an kontaminiertem Löschwasser entstanden. Darüber hinaus konnte durch die dabei entstehende Verdampfungsenergie eine deutlich bessere Kühlwirkung gegenüber der konventionellen Sprinklertechnik erzielt werden. Dies ist für USV-Anlagen von Vorteil, um die Elektronik und die Batteriespeicher zu schützen, damit es beispielsweise nicht zu einem Totalausfall der unterbrechungsfreien Stromversorgung kommt.

In weiteren Versuchsreihen wurden gasbasierte Löschmittel wie Stickstoff (N_2)

und ein Aerosol geprüft. Sauerstoffunterdrückende Lösungen unterdrücken zwar die Flammen und reduzieren die freigesetzte Energie, allerdings haben sie keinen wirksamen Kühleffekt, was notwendig ist, um die Ausbreitung des thermischen Durchgehens eines Batteriepacks (Propagation des thermischen Durchgehens, engl. Thermal Propagation) zu verhindern. Darüber hinaus erfordern Gaslöschsysteme einen Raumabschluss, um die erforderliche Gaskonzentration im Raum aufzubauen und die geforderten Haltezeiten einzuhalten. Dies steht in diametralem Widerspruch zu dem aktiven Explosionsschutz, der eine mechanische Ventilation des Batterie-Raums fordert, um die weiter generierten explosiven Gase abzuführen und die Bildung einer explosiven Atmosphäre zu verhindern.

Im Vergleich dazu wurde dem Batteriebrand durch den Einsatz von HDWN schnell und effektiv die Energie entzogen sowie Rauchgasemissionen und damit auch Rauchgasschäden reduziert. Verschmutzungen wie Ruß- und Giftstoffe, die bei Batteriebränden entstehen, wurden zum Teil im Wasser gebunden. Es zeigte sich, dass die Tröpfchen des Wassernebels, die einen mittleren Durchmesser von 20 bis 100 μm haben, ähnlich wie eine Rauchgaswaschanlage arbeiten und durch die mehr als 1 600-fache Volumenvergrößerung bei der Verdampfung des Wassers den Luftsauerstoff direkt am Brandherd verdrängen.



Ausbreitung des „Thermal Runaway“ von der Zelle bis zum Verbund. Grafik: Fogtec



Batteriebrand im Realmaßstab. Foto: Fogtec

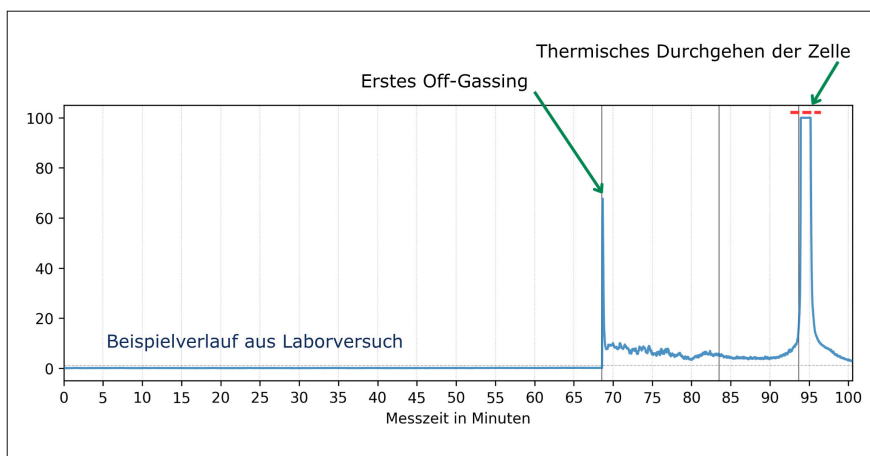
Flexibilität in der Rohrleitungsführung

In Rechenzentren werden Ventilation, Flüssigkeitskühlung und Regeltechnik zur Lüftung und Klimatisierung eingesetzt. Im optimalen Fall sollten diese Systeme bei einem Brand abgeschaltet werden, was in der Praxis aber kaum erfolgt. Denn durch die Abschaltung der Kühlung wird die durch die Hardware erzeugte Wärme nicht mehr abgeführt und es kann zu einer Überhitzung kommen, die einen zuverlässigen Betrieb des Rechenzentrums gefährdet. Beim Einsatz von Gaslöschsystemen erhöht sich das Luftvolumen im Raum durch das ausgebrachte Gas und es müssen bauliche Überdruck-Entlastungen geschaffen werden, um die Raumintegrität

zu erhalten. Da in den immer größer werdenden Rechenzentren das Raumvolumen größer ist, werden entsprechend große Löschgasmengen benötigt. Die erforderlichen Löschgase werden außerhalb des Schutzbereichs gelagert und die Flaschen und die dazugehörigen Rohrleitungen benötigen viel Platz. Besonders bei räumlichen Veränderungen oder Erweiterungen kann die Anpassung dieser Technologie an neue Gegebenheiten herausfordernd sein.

Dieser Aspekt war zum Beispiel für einen Rechenzentren-Komplex in Malaysia von Bedeutung, weil man durch die Umrüstung auf die HDWN-Technologie den Wegfall zusätzlicher Maßnahmen wie Druckentlastungen oder hermetischer Raumabschluss erzielte, was neue Perspektiven bei der Nutzung und Gestaltung

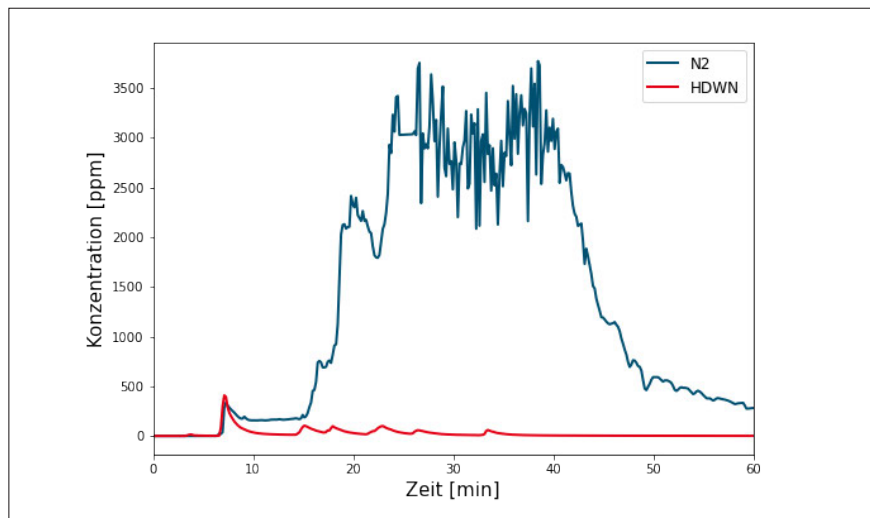
des Gebäudes ermöglichte. Im Vergleich zu anderen Brandschutz-Technologien integriert sich die HDWN-Technologie nahezu unauffällig in die Gebäudearchitektur. Da die Rohrleitungen einen Durchmesser von 10 bis 60 mm haben und gebogen werden können, erhöht sich die Flexibilität in der Rohrleitungsführung. Findige Endkunden bestellen beispielsweise Batterie-Energiespeichersysteme (engl. Battery Energy Storage System) ab Werk ohne Brandschutzsystem (Gas/Aerosol) und erweitern mit wenig Aufwand die HDWN-Anlage des Rechenzentrums auf diese Bereiche. Auch im Bereich der Zulieferer setzt sich immer mehr die Erkenntnis durch, dass bei Systemen, in denen LIB verbaut sind, eher wasserbasierte Lösungen eingesetzt werden sollten.



Labortest mit Sensoren zur Erkennung des Zell-Off-Gassing. Grafik: Fogtec

Neue Richtlinien und Empfehlungen

Der Brandschutzleitfaden für Gebäude des Bundes (Juni 2019) bietet praxisorientierte Empfehlungen zur Umsetzung des Brandschutzes. So widmet sich das Dokument zum Beispiel in Teil 1 (Allgemeines) dem Thema „Brandschutz in bestehenden Anlagen“ und im zweiten Teil dem Brandschutzkonzept. Hier findet man unter anderem Informationen zu den Schutzziele, zur Risikoanalyse und den Brandschutzmaßnahmen. Im Juni 2025 erschien ein neuer Entwurf der VDI 3819 Blatt 2 „Brandschutz in der Gebäudetechnik“.



Vergleich Gaskonzentrationen zwischen N₂-Löschanlage und Brandbekämpfung mit HDWN.

Grafik: Fogtec

nik – Funktionen und Wechselwirkungen“. Da immer wieder kontroverse Diskussionen über die baulichen und technischen Möglichkeiten zum Brandschutz geführt werden, soll diese Richtlinie ganzheitliche Lösungen verständlich darstellen und die Grenzen verschiedener Einzellösungen aufzeigen. Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Gewerken werden anhand von Beispielen und Tabellen so dargestellt, dass ein besseres Verständnis zum ganzheitlichen Brandschutz entwickelt werden kann.

Aufgeführt werden zum Beispiel:

- Vorbeugende Maßnahmen (zum Beispiel Blitzschutz, Sauerstoffreduzierung),
- Technische Maßnahmen zum Erkennen und Melden von Bränden,
- Löscheinrichtungen und Rauchableitung,
- Steuerung von Rettungswegen, Aufzügen und Sicherheitsbeleuchtung und
- Wechselwirkungen und gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Systeme.

Spezifische Wassernebel-Richtlinien, wie die europäische EN 14972, die VdS 3188 oder die FM 5560 Richtlinien, enthalten oder verweisen auf Brandversuchsprotokolle verschiedener Gefahrenrisiken, auf deren Basis ein Wassernebelsystem auf Effektivität geprüft und unabhängig zertifiziert wird. So wird in den Richtlinien beispielsweise beschrieben, dass alle Brandszenarien innerhalb von 30 Minuten nach System-Aktivierung gelöscht sein müssen. Ab Seite 24 bis Seite 94 der FM 5560 Richtlinie sind die Bauteil-Prüfungen beschrieben, die in Verbindung mit den erfolgreich durchgeführten Brandversuchen zu einer System-Zulassung führen.

BMDS fordert mehr Rechenpower für Deutschland

Vor Kurzem erklärte das Bundesministerium für Digitales und Staatsmodernisierung (BMDS), dass es das Ziel sei, „Deutschland als leistungsfähigen, nachhaltigen und souveränen Rechenzentrumsstandort zu positionieren – und damit die Grundlage für Innovation, Wirtschaftswachstum und technologische Souveränität insbesondere im Zeitalter Künstlicher Intelligenz zu legen“. In der Deloitte-Studie „KI-Infrastruktur: Wie Deutschland im globalen KI-Rennen aufholen kann“ wird von einem Investitionsbedarf von bis zu 60 Milliarden Euro bis 2030 gesprochen, um die Kapazitätslücke im Bereich KI-Rechenzentren zu schließen. Auch ein Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz informierte Anfang des Jahres über den Stand und die Entwicklung des Rechenzentrumsstandorts Deutschland. Unter anderem werden hier auch Handlungsempfehlungen ausgesprochen, die sich auf die Stärkung der Abwärmennutzung und -integration in Wärmenetze beziehen. Die Anforderungen an klimaneutrale Rechenzentren werden im Energieeffizienzgesetz (EnEfG 11) geregelt und einige Betreiber haben mit der Umsetzung bereits begonnen.

Der Rechenzentrumsbetreiber Telehouse liefert beispielsweise die von seinem rund 50 000 m² großen Rechenzentrum entstehende Abwärme direkt an das gegenüberliegende Wohnquartier und kann so an die 3 000 Menschen mit Wär-

me versorgen. Weitere Rechenzentren, die vollständig mit erneuerbarer Energie betrieben werden sollen, sind derzeit in der Planung. Einige wurden bereits eröffnet wie zum Beispiel das im März eröffnete Rechenzentrum in einem denkmalgeschützten Gebäude im Digital Park Frankfurt-Fechenheim. Auch die Milliardeninvestition von Microsoft im Rheinischen Revier gilt als Vorzeigeprojekt für den Strukturwandel in der Braunkohleregion.

Fazit

Batteriespeichersystemen kommt im Zuge des erhöhten klimaneutralen Rechenzentren-Bedarfs eine immer größere Bedeutung zu. Da LIB essenziell für die Stabilität und Zuverlässigkeit von Rechenzentren sind, werden sie dort vermehrt eingesetzt und zugleich Flächen effizienter genutzt. Da Batteriespeicher den flexibleren Einsatz erneuerbarer Energien ermöglichen, verbessern sie die Energieeffizienz sowie Nachhaltigkeit der Rechenzentren.

„Die einzigartige Möglichkeit des HDWN einen Batteriebrand zu kühlen und gleichzeitig eine Abführung der entstehenden brennbaren Gase zu bewerkstelligen, zeichnen Wassernebel als Konzept der Zukunft aus“, erklärt Constantin Zborowska, Produkt Manager BESS und Projektleiter des Forschungsprojektes Soveren2use bei Fogtec. „Durch die feinsten Tröpfchen kommt es zu einer guten Kühlung, die sehr effektiv eine Propagation des thermischen Durchgehens verlangsamen kann. Da beim Einsatz dieser Brandbekämpfungstechnologie nur wenig Wasser benötigt wird, wird außerdem die Wasserbevorratung sowie Rückhaltung des angefallenen Löschwassers Vergleich zu einer Sprinkleranlage deutlich vereinfacht.“

■ TS1109

www.fogtec.com

Anne Omar

Global Key Account Manager Data Center bei der Fogtec Brandschutz GmbH

Constantin Zborowska

Produkt Manager BESS bei der Fogtec Brandschutz GmbH

Alexandra Langstrof

Freie Fach-Journalistin