



GIDS BATTERIJOPSLAG · 18 MIN.

Thermische afscherming in batterijopslagsystemen: vuurvaste materialen tegen thermal runaway

Hoe planners en exploitanten van batterijopslagsystemen (BESS) de thermische propagatie tussen cel, module, rack en container beperken — regelgeving, materiaalkeuze, montage, beproeving en onderhoud vanuit het perspectief van de vuurvastbouw.

Wat er bij een thermal runaway gebeurt — en waarom tijd de beslissende factor is

Een thermal runaway begint in één enkele cel: door een interne kortsluiting, mechanische beschadiging, overlading of een fabricagefout stijgt de celtemperatuur zo ver dat de ontleding van het elektrolyt zichzelf versnelt. Binnen enkele seconden ontstaan temperaturen van meerdere honderden graden Celsius, brandbare gassen (waterstof, koolmonoxide, koolwaterstoffen) en een jet van hete deeltjes. De cel zelf is in deze toestand niet meer te blussen — de reactie loopt door tot de opgeslagen energie is verbruikt.

Gevaarlijk voor de installatie is niet die ene cel, maar de propagatie: de warmte van de eerste cel verhit de naburige cellen tot ook daar de drempel wordt overschreden. Zonder thermische afscherming loopt de keten door de module, het rack en uiteindelijk de container. Elke stap die de overdracht met minuten vertraagt, geeft het batterijmanagementsysteem tijd om af te schakelen, de gasafvoer tijd om te ontluchten en de brandweer tijd om ter plaatse te komen.

Let op: De kerntaak van vuurvaste materialen — Niet blussen, maar scheiden: een thermische barrière tussen de niveaus houdt de temperatuur aan de afgekeerde zijde zo lang onder de ontstekingsdrempel van de naburige cellen dat de propagatie stopt of beheersbaar traag wordt. Maatstaf is de tijd tot temperatuuroorslag — niet alleen de classificatietemperatuur van het materiaal.

- Celniveau: temperaturen aan het celoppervlak boven 600 °C, deeltjesjet tot boven 1000 °C
- Moduleniveau: gasvrijgave van meerdere honderden liters per kWh, drukopbouw in de behuizing
- Rack- en containerniveau: brandlast van kunststoffen, kabels en elektronica komt erbij
- Tijdvenster: propagatie tussen naburige cellen zonder barrière typisch binnen minuten, met een effectieve barrière aanzienlijk vertraagd of onderbroken

Regelgeving: wat wordt geëist en wat moet worden aangetoond

Voor stationaire batterijopslagsystemen bestaat in Duitsland geen enkele, allesomvattende wet — de eisen zijn samengesteld uit productnormen, beproevingsmethoden, richtlijnen van verzekeraars en het bouwrecht. Voor de materiaalkeuze in de container zijn vooral de beproevingsmethoden bepalend waarmee de propagatieveiligheid wordt aangetoond.

UL 9540A is de internationaal gangbare beproevingsmethode die de propagatie van een thermal runaway stapsgewijs op cel-, module-, eenheids- en installatieniveau onderzoekt. Veel aanbestedingen en verzekeraars eisen tegenwoordig een UL 9540A-rapport; de daarin gedocumenteerde temperaturen en tijden zijn de invoergrootheden voor het ontwerp van de thermische afscherming. NFPA 855 regelt als installatienorm afstanden, brandcompartimenten en blus- en ontluchtingsconcepten. In Europa beschrijft IEC 62933-5-2 de veiligheidseisen voor elektrochemische opslagsystemen in het net. De VdS-richtlijn 3103 vat de verwachtingen van de Duitse schadeverzekeraars ten aanzien van lithium-ion-opslagsystemen samen.

Voor de vuurvaste materialen zelf gelden de classificaties volgens DIN EN 13501-1 (brandgedrag, klasse A1 voor onbrandbare producten) en de brandwerendheidspoeven volgens DIN EN 1363 en DIN EN 1364. Voor vezelmateriaal komt de arbeidsveiligheid erbij: aluminiumsilicaatwol (ASW) valt onder de Duitse technische regel TRGS 558, biologisch oplosbare AES-wol niet — een punt dat bij batterijopslagsystemen vrijwel altijd de doorslag geeft.

Let op: Praktijktip — Vraag de systeemleverancier om het UL 9540A-rapport op module- en eenheidsniveau voordat u over materialen spreekt. De daar gemeten oppervlaktetemperaturen en de duur van het incident bepalen welke barrièrewerking u nodig hebt — al het andere is ontwerpen in het luchtledige.

Het afschermingsconcept: vier niveaus, vier taken

Een effectieve thermische afscherming volgt de opbouw van het opslagsysteem van binnen naar buiten. Elk niveau heeft een eigen taak, een eigen temperatuurbelasting en daarmee een eigen passend materiaal. Wie op alle niveaus hetzelfde materiaal inbouwt, betaalt ofwel te veel of beschermt op de kritieke plek te weinig.

- Cel–cel: dunne tussenlagen van 1 tot 3 mm die de warmteoverdracht naar de naburige cel vertragen — keramisch vezelpapier in biologisch oplosbare kwaliteit of microporeuze folielaminaten; bepalend zijn geringe dikte en lage warmtegeleidbaarheid bij hoge temperatuur
- Module–module: platen van 5 tot 25 mm tussen de modules in het rack — microporeuze platen met de hoogste isolatiewerking per millimeter waar de inbouwruimte krap is; calciumsilicaatplaten waar bovendien druksterkte nodig is
- Rack–rack en rack–wand: scheidingswanden en bekledingen met brandwerendheid — calciumsilicaat- of vezelplaten in lagen, voegen verspringend, aansluitingen afgedicht met vezelkoord
- Binnenbekleding container: wand- en plafondbekleding van biologisch oplosbare vezeldeken of -plaat die de stalen mantel onder de kritieke temperatuur houdt en brandoverslag naar naburige containers voorkomt

Daar komen de doorvoeringen bij: kabels, koelleidingen, busbars en ventilatieopeningen doorsnijden elk niveau. Een scheidingswand is slechts zo goed als haar zwakste doorvoering — hier worden vezelkoorden, papierafdichtingen en brandmanchetten onderdeel van het concept, niet van het toebehoren.

Materiaalkeuze: biologisch oplosbaar, microporeus, vezelvrij — en waarom ASW in het opslagsysteem zelden het juiste antwoord is

In de industriële oven bepaalt de temperatuur het materiaal. In het batterijopslagsysteem komen drie eisen bij die de keuze sterker sturen: de inbouwruimte, de arbeidsveiligheid en de stuklijst van de klant.

Biologisch oplosbare AES-wol (SOLUT BW Blanket, BW Board, BW Paper) is volgens noot Q van de CLP-verordening vrijgesteld van de indeling als kankerverwekkend en valt niet onder de Duitse technische regel

TRGS 558. Voor fabrikanten van opslagsystemen betekent dat: geen blootstellingscategorieën bij de montage, geen etiketteringsplicht in het product, geen SVHC-melding volgens REACH art. 33. Met een classificatietemperatuur van 1200 °C dekt zij de bij een thermal runaway optredende temperaturen aan wand en plafond af. Haar praktische continuïteitsgrens onder circa 900 °C speelt hier geen rol — het belastingsgeval is een incident van minuten, geen continuëbedrijf.

Microporeuze platen (SOLUT MP Board) bieden de laagste warmtegeleidbaarheid van alle isolatiematerialen — rond 0,02 tot 0,03 W/mK bij 200 tot 400 °C — en daarmee de grootste barrièrewerking per millimeter. Dat is het materiaal bij uitstek tussen modules, waar elke millimeter inbouwruimte energiedichtheid kost. Ze zijn vezelvrij, onbrandbaar (A1) en leverbaar met een cachering van aluminiumfolie, glasweefsel of PE-folie, zodat ze bij het hanteren niet stuiven.

Calciumsilicaatplaten (SOLUT CAL Board) komen daar waar de barrière moet dragen: onder racks, als scheidingswand met bevestigingen, als ondergrond voor componenten. Druksterkten van 13 tot 27 N/mm² bij 1000 °C classificatietemperatuur, vezelvrij en te bewerken met houtbewerkingsgereedschap.

Let op: Waarom geen ASW? — Aluminiumsilicaatwol is weliswaar bestand tegen 1260 tot 1430 °C, maar is ingedeeld als kankerverwekkend categorie 1B. In een product dat fabrikanten naar veel landen leveren en dat servicetechnici openen, brengt dat etiketterings-, informatie- en arbeidsveiligheidsverplichtingen met zich mee die vrijwel geen fabrikant van opslagsystemen wil dragen. De temperatuurreserve van ASW is in het opslagsysteem niet nodig — het biologisch oplosbare alternatief volstaat voor het belastingsgeval.

- Tussenlagen tussen cellen: SOLUT BW Paper 1–3 mm of microporeus laminaat
- Modulescheiding: SOLUT MP Board 5–25 mm, gecacheerd
- Dragende scheidingswanden en ondergronden: SOLUT CAL Board 12,7–50 mm
- Wand- en plafondbekleding container: SOLUT BW Blanket 25–50 mm of BW Board
- Doorvoeringen en voegen: vezelkoord en BW Paper, bij brandcompartimenten gecombineerd met toegelaten afschermingssystemen

Materiaalvergelijking: de vier barrièrematerialen in één overzicht

Het volgende overzicht zet de vier belangrijkste barrièrematerialen naast elkaar — met de kenwaarden die in het opslagsysteem werkelijk beslissend zijn: warmtegeleidbaarheid bij een incident, benodigde inbouwruimte, mechanische belastbaarheid en regelgevende status.

Let op: Vuistregel — Waar inbouwruimte de schaarse grootheid is: microporeus. Waar gedragen of geschroefd wordt: calciumsilicaat. Waar vlakken bekleed worden: biologisch oplosbare vezel. Waar het dun moet zijn: vezelpapier. ASW alleen wanneer continu boven 900 °C geïsoleerd wordt — in het opslagsysteem praktisch nooit.

Montage en beproeving: waar de barrière in de praktijk faalt

De beste materiaalkeuze helpt niets als de barrière gaten heeft. Uit onze montages kennen we vier terugkerende zwakke plekken: open stootvoegen tussen platen, niet afgedichte doorvoeringen, stalen bevestigingen die als koudebrug door de isolatie lopen, en isolatielagen die bij het assembleren worden samengedrukt en daardoor hun dikte en isolatiewerking verliezen.

- Plaatstoten in twee lagen laten verspringen of met messing en groef uitvoeren; eenlaagse stootvoegen met vezelkoord onderleggen
- Elke doorvoering als eigen detail tekenen: koord, papier of manchet, afdichtlengte minimaal gelijk aan de plaatdikte
- Bevestigingen thermisch scheiden — keramische of roestvaststalen ankers met onderlegplaat in plaats van doorlopende stalen schroeven
- Isolatiedikte in ingebouwde toestand controleren, niet in leveringstoestand; klemming en compressie

documenteren

- Cacheringen en folies aan de naar het incident gekeerde zijde beoordelen: ze beschermen bij het hanteren, maar dragen in geval van brand niet bij

Het bewijs verloopt in twee stappen: de materiaalkenmerken komen uit de datasheets en de brandclassificaties, de barrièrewerking van het systeem uit een propagatieproef op module- of eenheidsniveau — bij voorkeur volgens UL 9540A, omdat de resultaten dan ook bruikbaar zijn voor verzekeraars en vergunningverlenende instanties. Wij leveren de materiaalgegevens en begeleiden de fabricage van de proefstukken, zodat het beproefde systeem overeenkomt met wat later wordt ingebouwd.

Planningschecklist: wat vóór aanbesteding en offerte geregeld moet zijn

De meeste vertragingen in opslagprojecten ontstaan niet bij de montage, maar daarvoor — omdat de basisgegevens ontbreken op het moment dat offertes vergeleken moeten worden. Deze twaalf punten horen geregeld te zijn voordat de eerste aanvraag de deur uitgaat:

- UL 9540A-rapporten van de cel-/moduleleverancier op module- en eenheidsniveau beschikbaar? Welke temperaturen en tijden zijn gemeten?
- Beschermingsdoel gedefinieerd: propagatie cel–cel voorkomen, module–module vertragen of alleen container–container scheiden?
- Inbouwrumbudget per niveau vastgelegd (mm tussen cellen, modules, racks)?
- Eisen van de verzekeraar opgevraagd (VdS 3103, eventueel eigen voorwaarden)?
- Brandgedrag van de materialen geëist als klasse A1 volgens DIN EN 13501-1?
- Vezelvrije stuklijst geëist — of is biologisch oplosbare vezel (noot Q) toegestaan?
- Doorvoeringen geteld en per type een afdichtdetail gedefinieerd (kabel, koelleiding, busbar, ventilatie)?
- Bevestigingsconcept zonder doorlopende koudebruggen gepland?
- Compressie van de isolatielagen bij de assemblage berekend — dikte in ingebouwde toestand?
- Proefstukken voor de propagatieproef ingepland (materiaal, datum, beproevingsinstituut)?
- Serieproductie: op maat gesneden als bouw pakket of als losse delen? Toleranties gedefinieerd?
- Ontmantelings- en reserveonderdelenconcept: hoe wordt een barrière na een onderhoudsinterventie hersteld?

Let op: Ons aanbod aan planners — Stuur ons de UL 9540A-gegevens en het inbouwrumbudget — wij stellen de laagopbouw per niveau voor, leveren de materiaalkenmerken voor het veiligheidsbewijs en produceren op verzoek proefstukken en seriebouw pakketten.

Bedrijf, onderhoud en ontmanteling

Een thermische barrière werkt in normaal bedrijf niet — zij wacht. Juist daarom raakt zij bij onderhoud en ombouw gemakkelijk beschadigd: platen worden voor de toegang uitgebouwd en onvolledig teruggeplaatst, afdichtingen aan doorvoeringen gaan bij het vervangen van kabels verloren, isolatielagen worden door achteraf ingebouwde componenten samengedrukt. In de onderhoudsdocumentatie hoort daarom een afschermingsplan dat elke barrière, elke doorvoering en elke afdichting benoemt.

- Na elke ingreep: visuele controle van de betreffende barrière tegen het afschermingsplan, foto in het dossier
- Jaarlijks: steekproef van de afdichtingen van doorvoeringen en van de compressie van de isolatielagen
- Na een thermisch incident: getroffen barrières volledig vernieuwen — ook biologisch oplosbare wol en microporeuze platen verliezen na temperatuuroverslag hun eigenschappen
- Bij demontage: materialen volgens etikettering scheiden — biologisch oplosbare en vezelvrije materialen zijn geen gevaarlijk afval, oud ASW-materiaal valt onder afvalcode 170603*

Let op: Alles uit één hand — Wij leveren de materialen met datasheets in zeven talen, snijden platen en dekens op tekening op maat, monteren met eigen monteurs en nemen bij ombouw of buitenbedrijfstelling de ontmanteling inclusief afvoerbewijs op ons. Voor fabrikanten die opslagsystemen in serie produceren, prefabriceren wij afschermingsbouwpakketten.

Normen en voorschriften

UL 9540A

Beproevingsmethode voor de beoordeling van thermal-runaway-propagatie op cel-, module-, eenheids- en installatieniveau (Levert temperaturen en tijden voor het ontwerp van de barrières; steeds vaker geëist door verzekeraars en aanbestedingen)

NFPA 855

Installatienorm voor stationaire energieopslagsystemen — afstanden, brandcompartimenten, blus- en ontluuchtingsconcepten (Kader voor de plaatsing van scheidingswanden en afstanden tussen eenheden)

IEC 62933-5-2

Veiligheidseisen voor netgekoppelde elektrochemische energieopslagsystemen (Europese basis voor veiligheidsbewijzen van het totale systeem)

VdS 3103

Richtlijn van de Duitse schadeverzekeraars voor lithium-ion-batterijen en -opslagsystemen (Verwachtingen van verzekeraars ten aanzien van opstelling, thermische afscherming en brandveiligheid)

DIN EN 13501-1

Classificatie van het brandgedrag van bouwproducten (klasse A1: onbrandbaar) (Bewijs van de onbrandbaarheid van de toegepaste isolatie- en scheidingsmaterialen)

DIN EN 1363-1 / EN 1364

Brandwerendheidsproeven algemeen en voor niet-dragende bouwdeelen (Bewijs van de brandwerendheid van scheidingswanden en bekledingen)

TRGS 558

Duitse technische regel TRGS 558: werkzaamheden met hogetemperatuurwol — blootstellingscategorieën en beschermingsmaatregelen (Geldt voor ASW, niet voor biologisch oplosbare AES-wol; bepalend voor de materiaalkeuze)

CLP-Verordnung, Anmerkung Q

Vrijstelling van biologisch oplosbare minerale wol van de indeling als kankerverwekkend (CLP-verordening, noot Q) (Basis voor etiketteringsvrije vezelmateriaal in het opslagsysteem)

Veelgestelde vragen

Volstaat biologisch oplosbare wol met 1200 °C als bij een thermal runaway meer dan 1000 °C optreedt?

Voor het belastingsgeval wel: de classificatietemperatuur beschrijft de krimp na 24 uur continue belasting. Een thermal runaway is een incident van minuten, waarin de barrière warmte moet vertragen, niet blijvend moet doorstaan. Bepalend zijn de dikte en de warmtegeleidbaarheid — en het bewijs aan het beproefde systeem.

Waarom microporeus in plaats van gewoon een dikkere vezeldeken?

Omdat inbouwruimte in het opslagsysteem energiedichtheid is. Een microporeuze plaat bereikt met 10 mm waarvoor een vezeldeken het dubbele tot driedubbele nodig heeft. Tussen modules is dat het verschil tussen een rack meer of minder in de container.

Moeten de materialen zelf een toelating hebben?

De materialen hebben classificaties nodig (brandgedrag A1, datasheetwaarden). De toelating betreft het systeem: de propagatieveiligheid wordt aan de module of de eenheid beproefd, niet aan het materiaal alleen. Wij leveren de materiaalgegevens voor dit bewijs.

Wat gebeurt er met de thermische afscherming na een incident?

Getroffen barrières worden volledig vernieuwd. Isolatiematerialen die een temperatuurdoorslag hebben gehad, zijn verbrost of verdicht en halen hun kenwaarden niet meer — ook als ze er uiterlijk intact uitzien.

Laten we het over uw project hebben

Antwoord binnen 24 uur op werkdagen.

info@sbs-rs.de

+49 89 541 960 200
Online lezen: www.sbs-rs.de/batteriespeicher/ratgeber/thermische-abschottung-batteriespeicher