



# energie ernte

NACHHALTIGE ENERGIE FÜR EINE SICHERE ZUKUNFT



BEISPIEL

## BATTERIECONTAINER

SAMSUNG SBB 1.0 CE (NCA)

**Max. Leistung:** 1,7 MW

**Max. Kapazität:** 3,84 MWh

**Max. Strom:** 1500V DC

**Ø Geräusch im Normalbetrieb (1m):** 64 dBA

**Max. Geräusch Lüfter (1m):** 77,2 dBA

**Gewicht:** 32 t

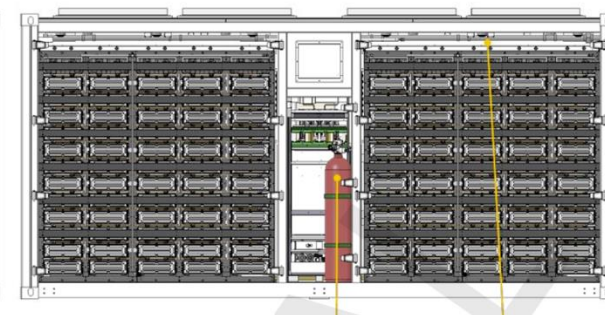
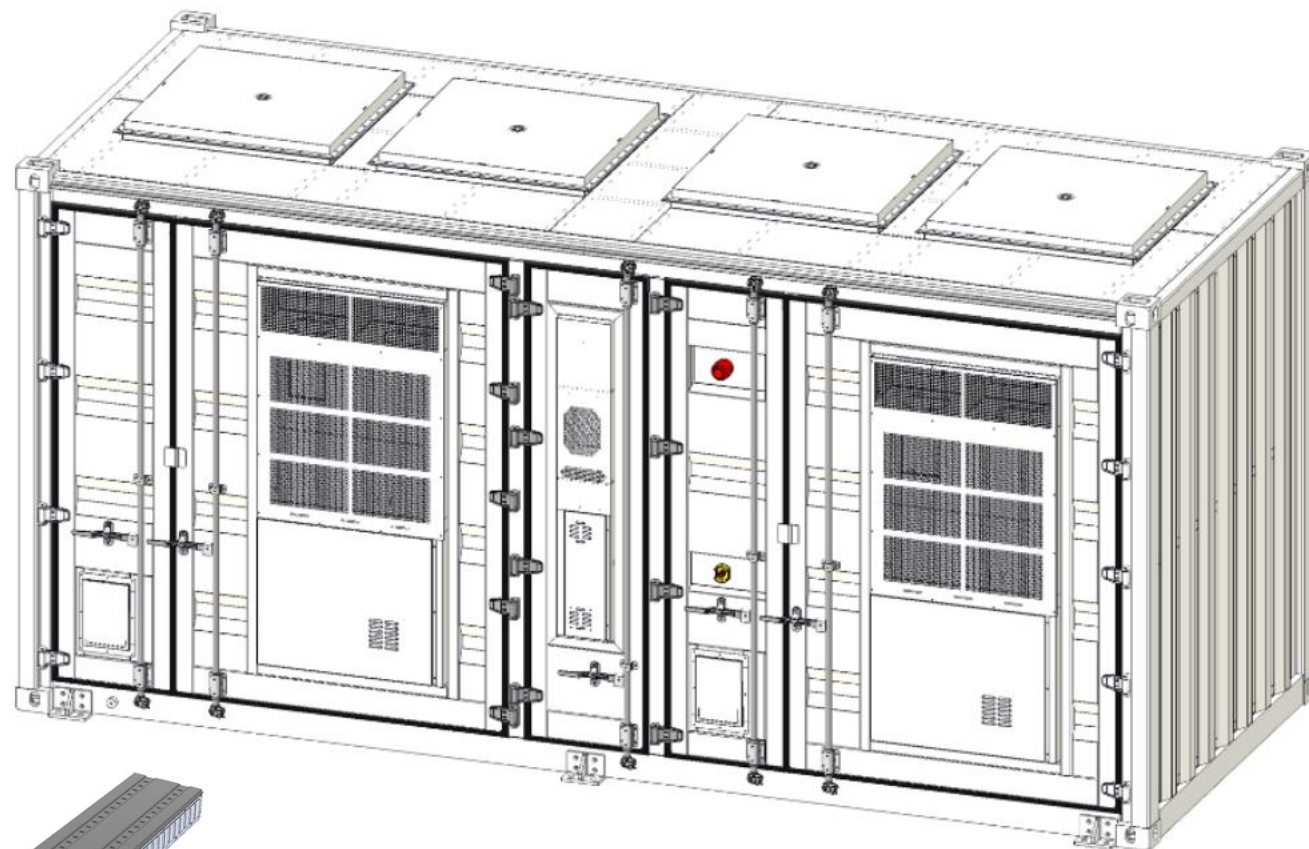
**Abmessungen LxBxH:** 605,8x243,8x298 cm

**Batteriemodul:** aktiv flüssig gekühlt

**Sicherheitseinrichtungen:** Gasmelder,

Rauchmelder, Pulver-Löschvorrichtung (Batteriemodule),

Sprinkleranlage (Container), Druckablass-Panels (oben), Signalhorn und -Licht, Be- und Entlüftungsventile



Quelle: Samsung Storage

# BEISPIEL

## BATTERIECONTAINER

### TRINA ELEMENTA 2 (LFP)

**Max. Leistung:** 2 MW

**Max. Kapazität:** 4,073 MWh

**Max. Strom:** 1500V DC

**Ø Geräusch im Normalbetrieb (1m):** 79 dBA

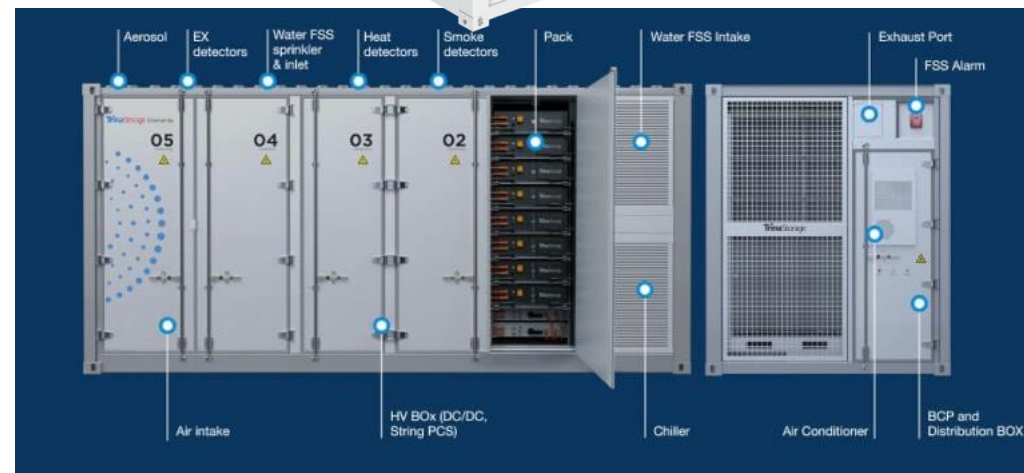
**Max. Geräusch Lüfter (1m):** 87 dBA

**Schalldämpfer für Lüftung optional**

**Gewicht:** 35 t

**Abmessungen LxBxH:** 605,8x243,8x298 cm

**Sicherheitseinrichtungen:** Gas-, Rauch-, Hitzemelder,



Quelle: Trina Storage

# BEISPIEL

## BATTERIECONTAINER

### JinKO ESS (LFP)

**Max. Leistung:** 2,5 MW

**Max. Kapazität:** 5 MWh

**Max. Strom:** 1500V DC

**Ø Geräusch im Normalbetrieb (1m):** 80 dBA

**Schalldämpfer für Lüftung optional:** 75 dBA

**Gewicht:** 42 t

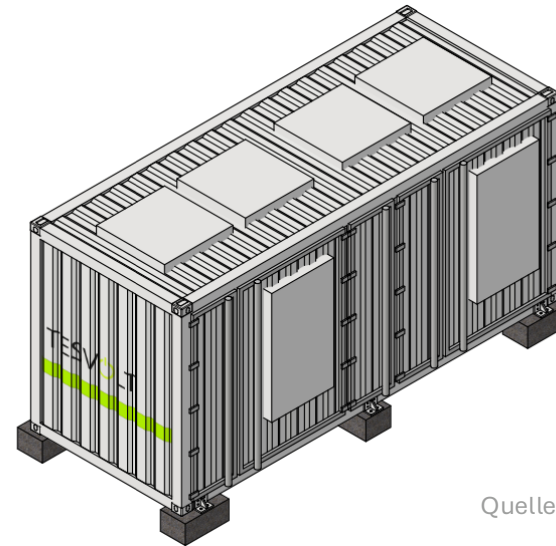
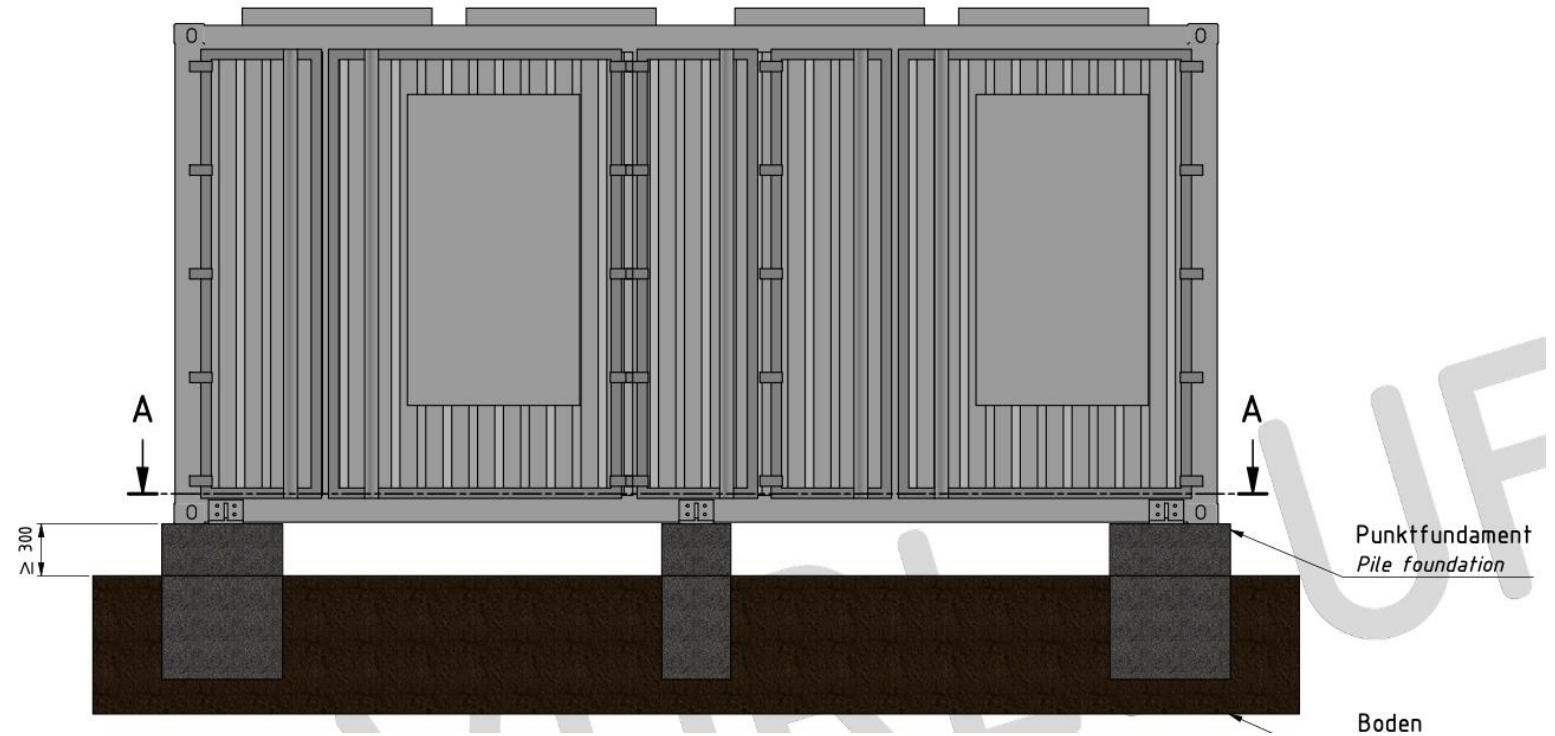
**Abmessungen LxBxH:** 605,8x243,8x298 cm

**Sicherheitseinrichtungen:** Temperatur-Sensor, Gas-,

Rauchmelder, Pulver-Löschvorrichtung (Batteriemodule), Sprinkleranlage (Container),



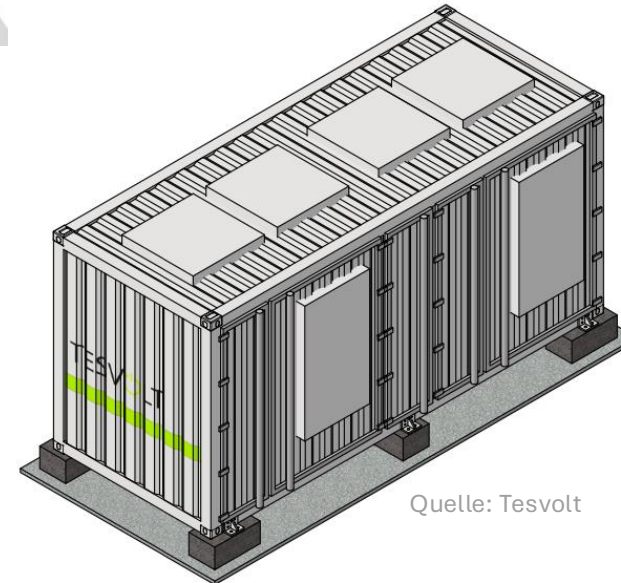
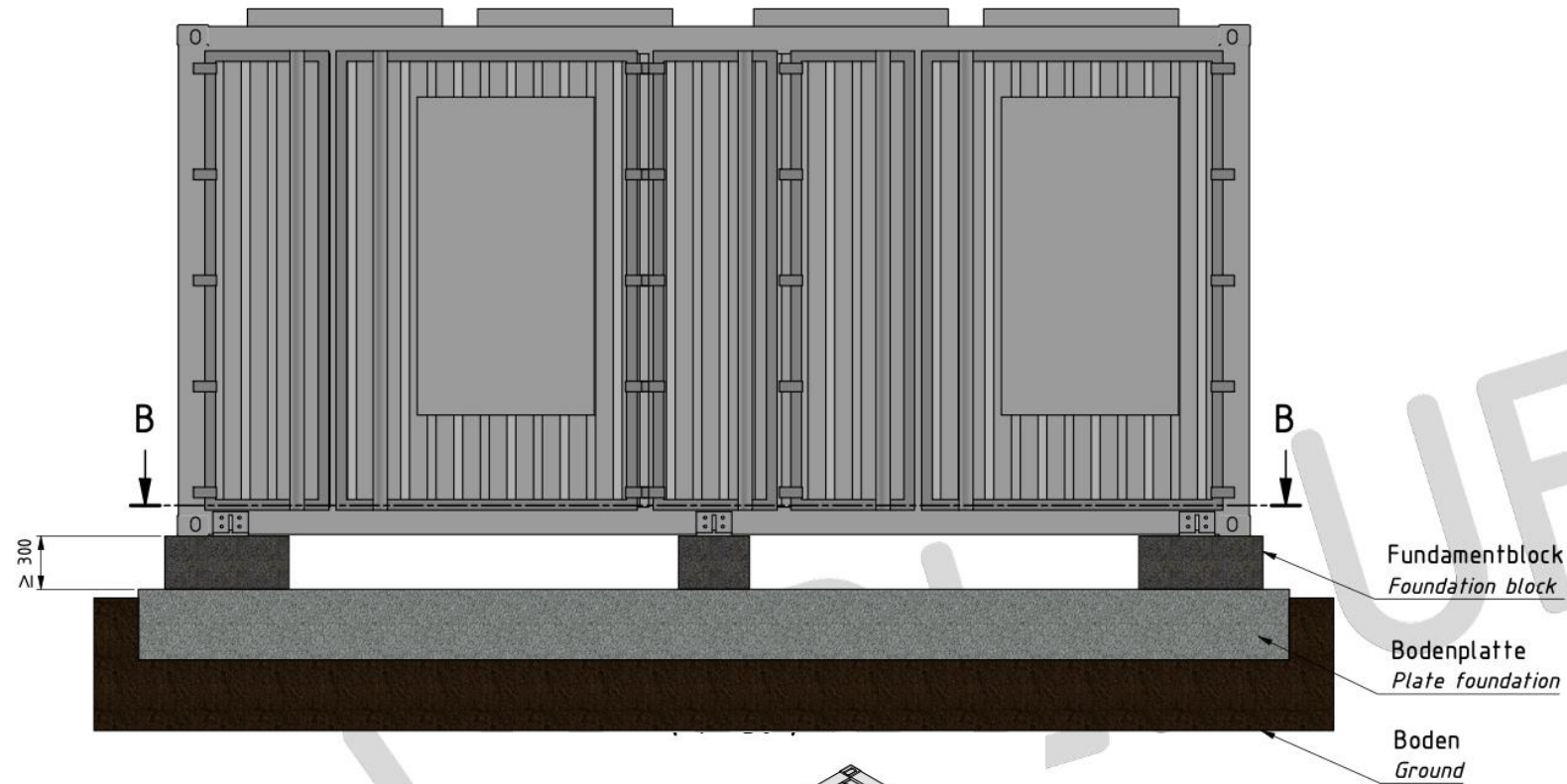
# BEISPIEL **BATTERIECONTAINER** FUNDAMENTIERUNG PUNKTFUNDAMENTE



Quelle: Tesvolt



# BEISPIEL BATTERIECONTAINER FUNDAMENTIERUNG BODENPLATTE



Quelle: Tesvolt

BEISPIEL

## WECHSELRICHTER

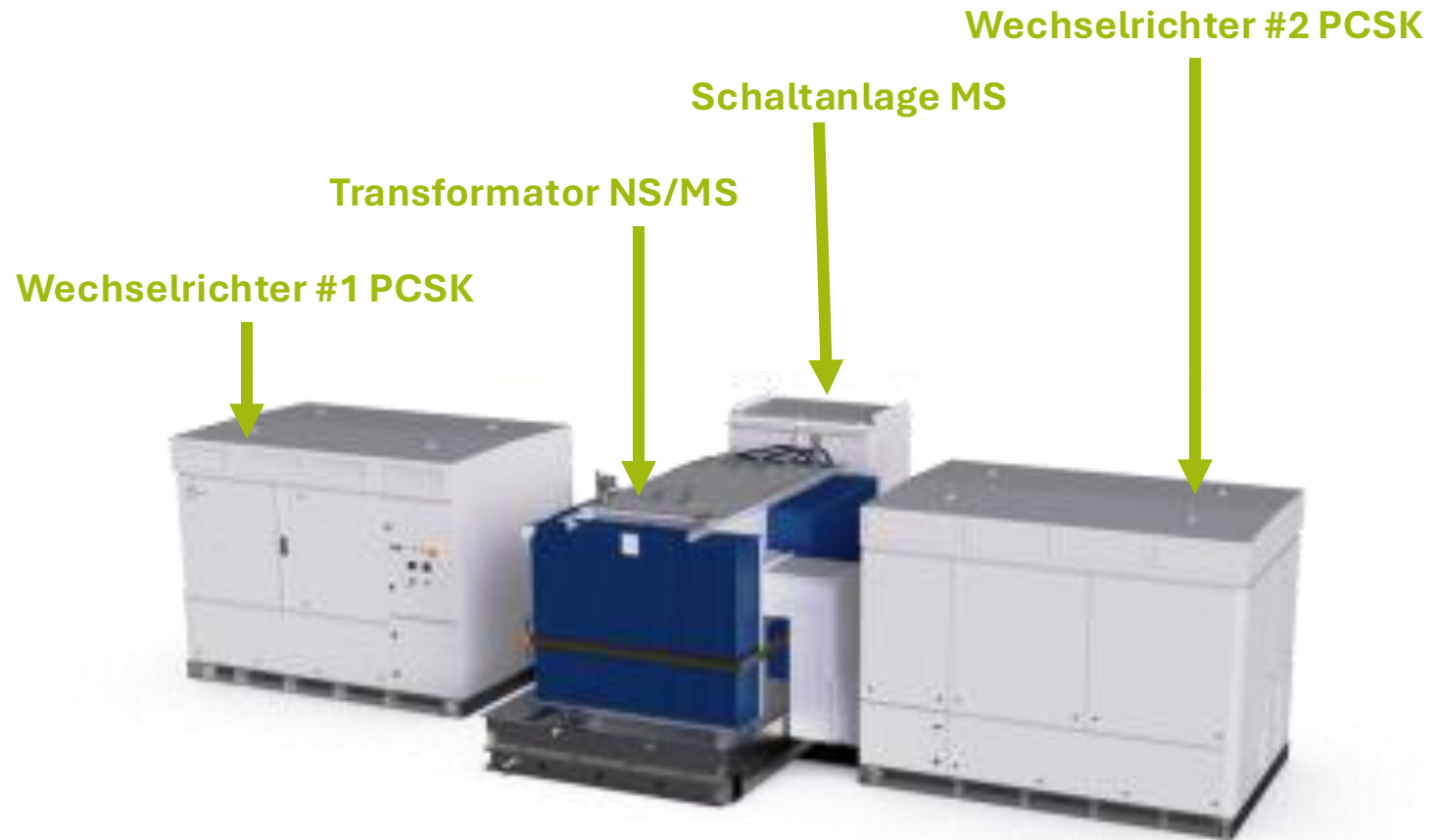
### POWER ELECTRONICS Twin Skid Compact

**Max. Leistung:** 8,7 MW

**Herstellungsland:** Spanien

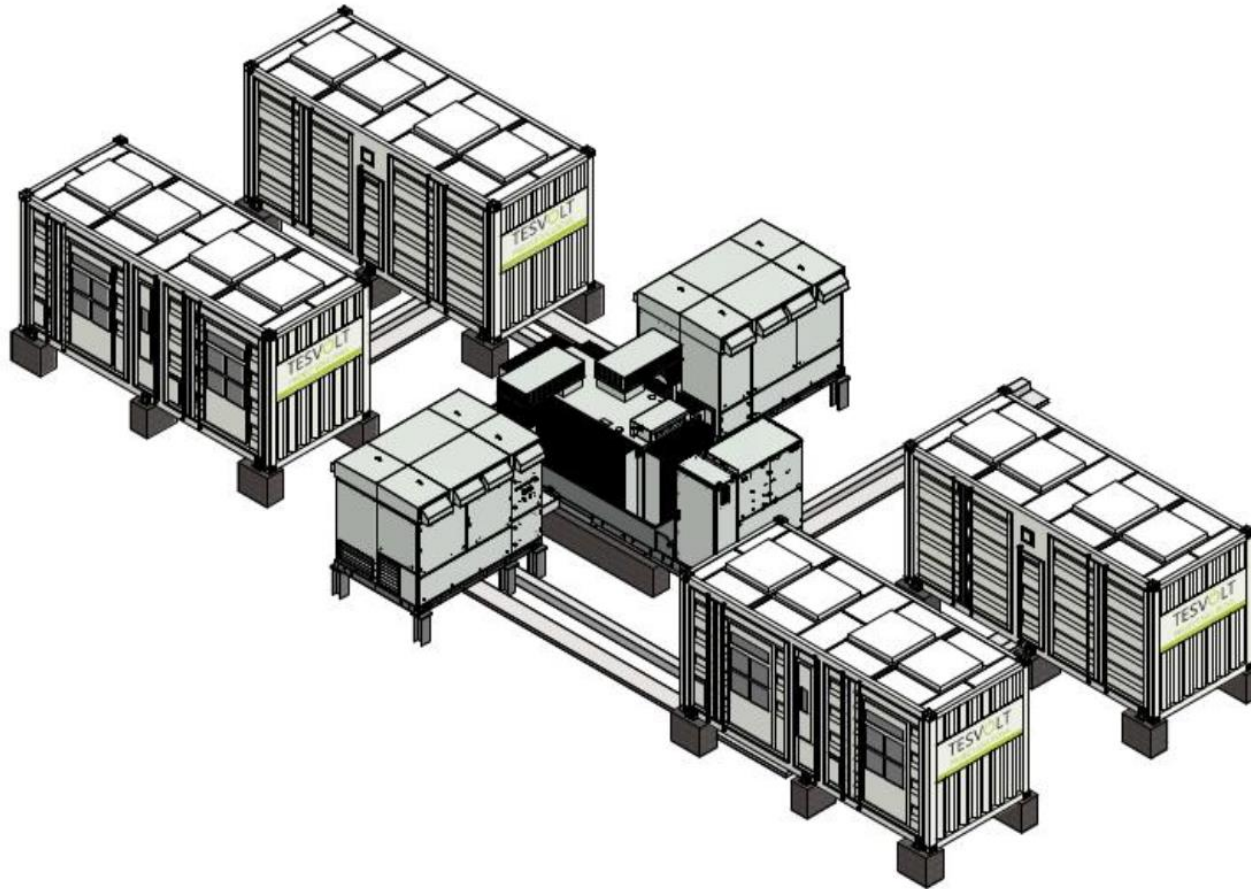
**Sicherheitseinrichtungen:**

Ölauffangwanne für Trafoeinheit  
optional lieferbar



BEISPIEL

**ERZEUGUNGSEINHEIT 7,6 MW / 15 MWh**

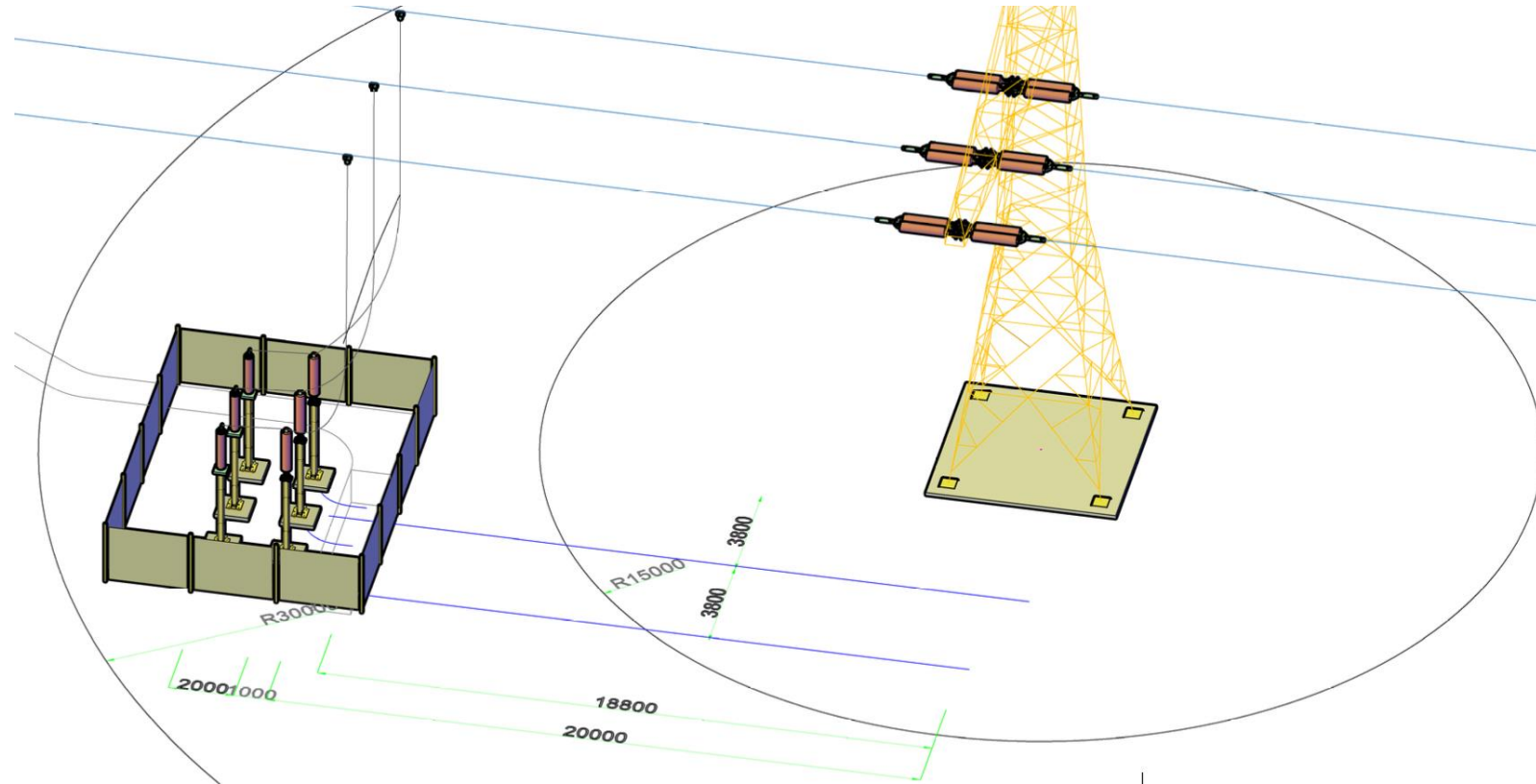




# ABSPANNPORTAL

## Kompakt (Bayernwerk)

<b>Spannungsebene:</b>	110 kV
<b>Mindestabstand Mast:</b>	15 Meter
<b>Maximalabstand Mast:</b>	30 Meter
<b>Flächenbedarf:</b>	ca. 9 x 6 Meter



Quelle: enerpeak

# Beispiel **ABSPANNPORTAL** klassisch





# Beispiel

## UMSPANNWERK



Quelle: <https://www.w-wind.de/umspannwerk-kuppendorf>



# Beispiel

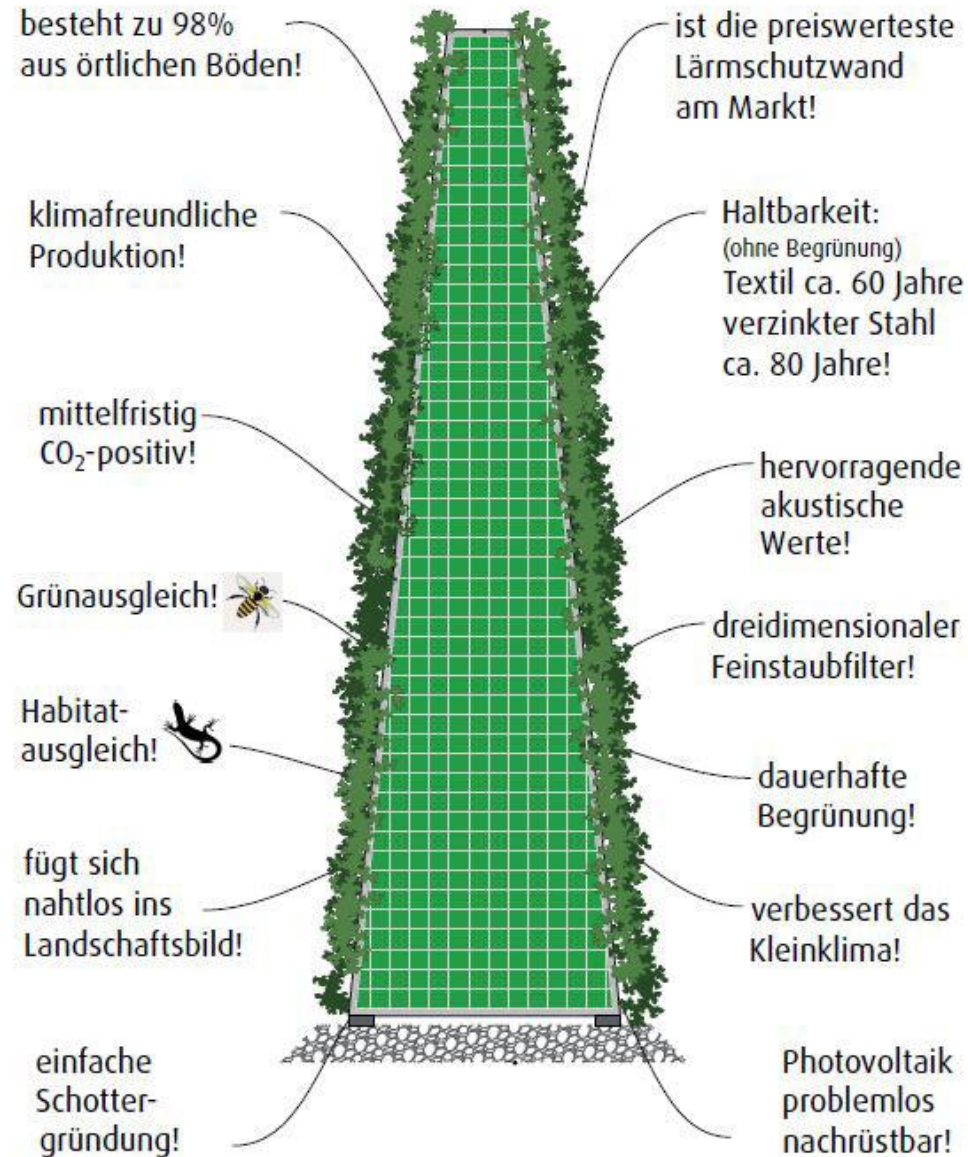
## UMSPANNWERK Details



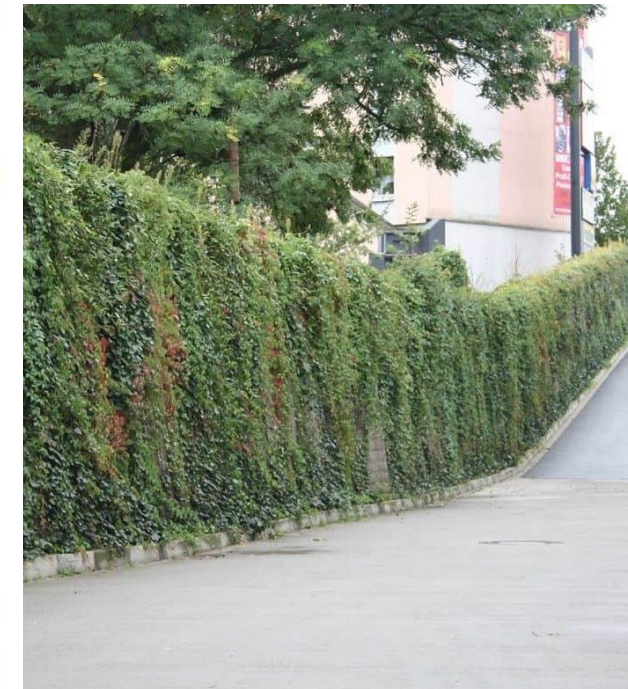
Quelle: <https://www.avacon-netz.de>



# LÄRMSCHUTZWAND



Aktuelle Bauhöhe bis 12.00 Meter



Quelle: <https://rau.de/de/gruene-laermschutzwaeende/>

# Information

## BRANDSCHUTZ – Thermal Runaway

### Das “böse” Wort

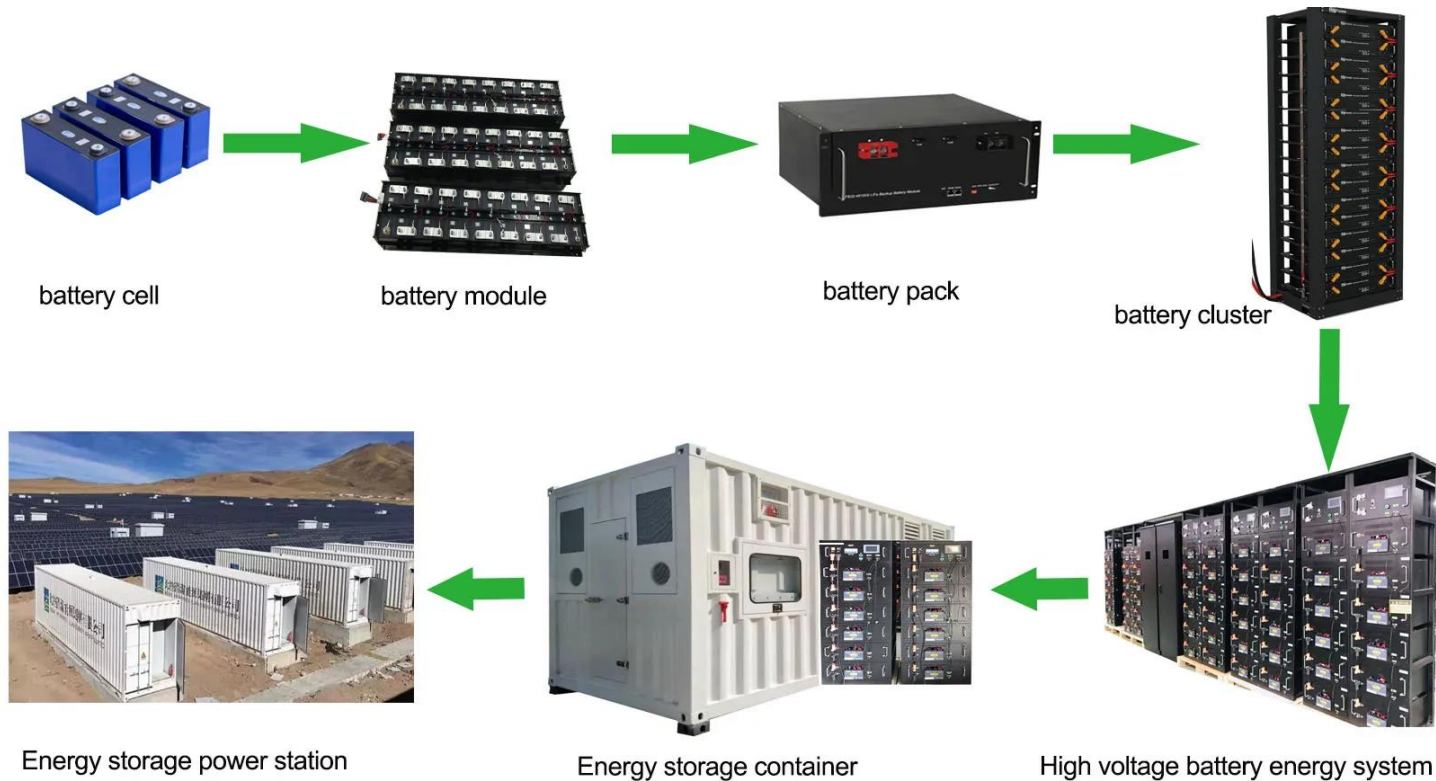
- bezeichnet die **Überhitzung** einer exothermen chemischen Reaktion (oder einer technischen Apparatur) aufgrund
- eines **sich selbst verstärkenden** Wärme produzierenden Prozesses.
- Ein Durchgehen führt häufig zu **Brand** oder **Explosion** und bewirkt infolgedessen eine Zerstörung der Apparatur durch Überdruck.



# Information

## BRANDSCHUTZ - Vorbeugung

### Bestandteile des BESS



# Information

## BRANDSCHUTZ – Vorbeugung

### Batteriezelle



- **Thermal Runaway** kann verursacht werden durch
  - Mechanische Beschädigung
  - Kurzschluss
  - Über- oder Unterladung
  - Externe Erhitzung
- **Sicherheitsvorrichtungen**
  - Jede Zelle ist mit einem **Druckablassventil** ausgestattet, damit es nicht zur Explosion durch Überdruck in der Zelle kommen kann
  - Die Zellwände sind so gestaltet, dass die Energie einer thermisch durchgehenden Zelle **nicht ausreicht**, um ein thermisches Durchgehen in einer **benachbarten Zelle** zu verursachen

# Information

## BRANDSCHUTZ – Vorbeugung

### Batteriemodul



- Zellen werden zu einem Modul **zusammengeschaltet** und physisch miteinander verbunden
- **Sicherheitsvorrichtungen**
  - Zwischen den Zellen werden **thermisch isolierende Schichten** installiert, um ein Überspringen von thermischem Durchgehen noch weiter auszuschließen
  - Jede Zelle wird mit einem **Temperatursensor** ausgestattet, der eine kontinuierliche Messung der Temperatur **zu jeder Zeit** ermöglicht



# Information

## BRANDSCHUTZ – Vorbeugung

### Batteriepack



- Mehrere Module werden in einem Gehäuse **fest verbaut**
- Ein Batteriemanagementsystem (BMS) überwacht kontinuierlich den **Ladezustand** jeder einzelnen Zelle
- Ein Thermisches Management System (TMS) überwacht kontinuierlich die **Temperatur** jeder einzelnen Zelle
- **Sicherheitsvorrichtungen**
  - Sicherung gegen mechanische Beschädigung durch ein **festes Metallgehäuse**
  - BMS überwacht die Ladezustände und kann bei Abweichungen zwischen den Zellen **ausgleichen** (Balancing)
  - BMS erkennt Zellen in ungewöhnlichen Zuständen und kann bei **kritischen Zuständen** die Zelle oder den ganzen Pack **vom Netz trennen**
  - TMS sorgt dafür, dass die Zellen im **optimalen Temperaturbereich** arbeiten und gibt bei Bedarf Signale zur Erwärmung oder Kühlung
  - TMS gibt Meldung bei ungewöhnlichen Temperaturzuständen

# Information

## BRANDSCHUTZ - Vorbeugung

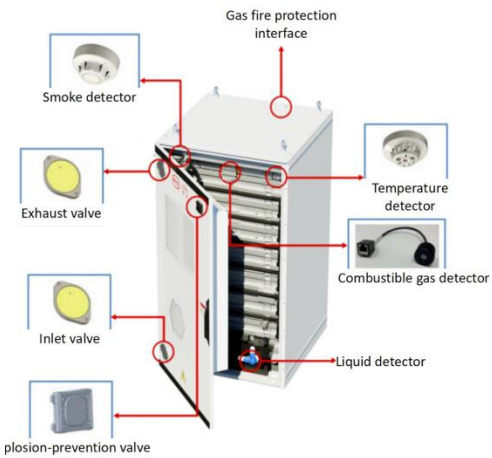
### Batterieschrank („Rack“)



- Mehrere Batteriepacks werden zusammen in einer Art **Schrank** verbaut
- Hier werden die Packs an die **aktive Kühlung** (Glykol) angeschlossen, um **im optimalen Temperaturbereich arbeiten** zu können

- **Sicherheitsvorrichtungen**

- Die Racks sind **physisch voneinander getrennt**, um dem Überspringen von thermischem Durchgehen weiter zu vorbeugen
- **Feuerfeste Materialien** gewährleisten, dass Brandlasten gering gehalten werden
- Racks sind mit **Druckentlastungsventilen** ausgestattet, um eine **Explosion zu vermeiden**
- Kontinuierliche Überwachung von Gasen. Steigt die Konzentration von **entzündlichen Gasen** über einen festgelegten Schwellenwert, wird eine **automatische Lüftung** aktiviert
- **Rauchmelder** erkennen Brände frühzeitig
- **Temperatursensoren** im Rack geben Auskunft über ungewöhnliche Temperaturzustände
- **Aerosol-Löschleinrichtungen** können Brände **auf Rack-Ebene isoliert** bekämpfen
- Alle Einrichtungen sind mit einer **Überwachungszentrale** verbunden



# Information

## BRANDSCHUTZ – Vorbeugung

### Container



- Im Container werden **mehrere Racks** verbaut
- Im Container verbaute **Klimageräte** versorgen die Racks mit Kühlflüssigkeit, um die Zellen im optimalen Bereich arbeiten zu lassen
- **Feuerfeste** und genormte **20 Fuß-Container**
- **Sicherheitsvorrichtungen**
  - **Gas-Sensoren** erkennen die Konzentration von entzündlichen Gasen im Container
  - **Be- und Entlüftung** sorgt dafür, dass im Container keine entzündlichen Luft-/Gasgemische entstehen können
  - **Druckentlastungsklappen** öffnen unter Druck und verhindern plötzliche Druckentladung im Brandfall (z.B. beim Öffnen der Türen)
  - **Rauchmelder** geben Alarm auf Containerebene
  - **Temperatursensoren** geben Alarm auf Containerebene
  - **Aerosol-Löschleinrichtungen** löschen auf Containerebene
  - Der Boden des Containers ist so gestaltet, dass **alle Flüssigkeiten**, die im Container (auch im Brandfall) entstehen können, **zurückgehalten werden**

# Information

## BRANDSCHUTZ – Vorbeugung

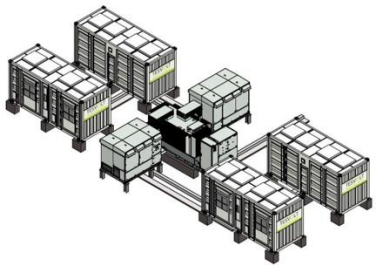
### Anlage



- Mehrere Container werden mit **Wechselrichtern** und **Transformatoren** zu Erzeugungseinheiten verbunden und ggf. über ein **Umspannwerk** mit dem Stromnetz verbunden

- **Sicherheitsvorrichtungen**

- **Abstände** zwischen den Containern gewährleisten, dass ein Brand **nicht** auf umliegende Container **überspringen** kann (Normwerte)
- **Brandschutzwände** zwischen Containern mit geringeren Abständen
- Zugangssichere **Einzäunung** und **Video-Überwachung** des Geländes
- Aufschaltung aller Systeme auf ein **Monitoring System** mit **kontinuierlicher Überwachung**
- Bereitstellung von **Löschwasser** für den Ernstfall
- Aufschaltung auf eine **Brandmeldezentrale (BMZ)** möglich
- Erarbeitung eines **Brandschutz- / und Einsatzplanes** mit lokaler Feuerwehr
  - Dieser beinhaltet auch den Umgang mit Löschwasser und ggf. Einrichtungen zur Löschwasserrückhaltung

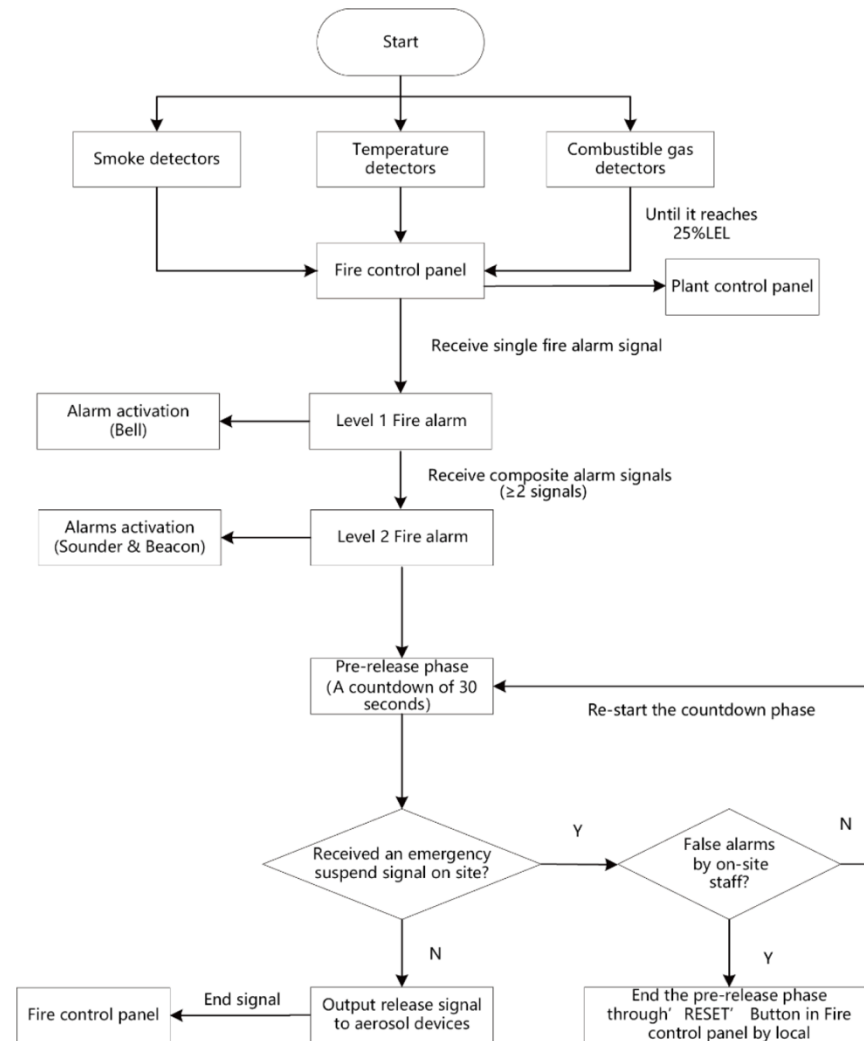




# Information

## BRANDSCHUTZ - Vorbeugung

### Prozessdiagramm



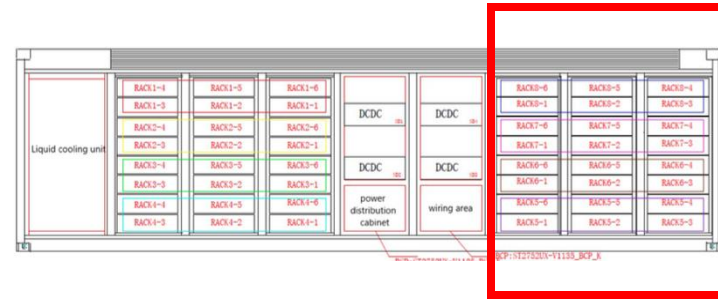
Information

## BRANDSCHUTZ - Test



# Information

## BRANDSCHUTZ - Test



- Vier Container wurden nebeneinander installiert. Der auslösende Container (A) war **voll bestückt mit Modulen**, welche zu 100% aufgeladen und wechselstromseitig verkabelt waren.
- Die restlichen drei Container waren in den spezifizierten **Minimalabständen** (B: 15cm, C: 60cm, D: 250cm) aufgebaut und in den angrenzenden Bereichen zu Container A mit **vollgeladenen Modulen** bestückt.
- Ca. 300 Temperatursensoren wurde in den Containern verteilt, um die entstehenden Temperaturen zu messen.
- Container B wurde gezielt auf der **windabgewandten Seite** von Container A positioniert, um **maximale Temperaturen** zu erreichen.
- Das Lüftungssystem wurde bewusst während des Tests eingeschaltet, um dem Feuer **möglichst viel Sauerstoff** zuzuführen.
- In Container A wurde das drittunterste Modul des am zweitnächsten zu den anderen Containern lokalisierten Racks (A5) mit Hilfe von Thermofolien **zum Thermal Runaway gebracht**. Dieser trat erwartungsgemäß **nach ca. 75 Minuten** bei Temperaturen zwischen 210° C und 240° C ein.
- Ca. 10 Minuten später wurden die brennbaren Gase im Inneren von Container A mit Hilfe eines **Zündfunken** entzündet.

# Information

## BRANDSCHUTZ - Test



- Dadurch wurden zwei der sechs **Druckentlastungskappen** (A4 und A6) aufgedrückt, die **Türen** des Containers blieben jedoch **fest verschlossen**.
- Es erfolgte **kein Löschversuch** durch Aerosol in Container B
- Das Feuer breitete sich **auf die angrenzenden Racks** (A4 und A6) aus.
- Die Racks A4 – A6 brannten ausgiebig für die Dauer von **ca. drei Stunden** mit Flammhöhen **bis zu 5 Meter** über dem Container
- Das Feuer breitete sich **nicht** weiter im Inneren des Containers aus
- Das Feuer sprang auch nicht **auf die anderen Container** über
- Nur der direkt neben (Abstand 15 cm) dem brennenden Container stehende Container (B) hatte **sichtbare Schäden** erlitten mit Temperaturen an der Containerdecke von ca. 500° C
- Die Zellen der oberen Module in Container B wiesen **keine sichtbaren oder messbaren Schäden** auf
- Zellen im unteren Bereich von Container B erreichten keine Temperaturen von über 100° C und waren daher **keinen kritischen Temperaturen** ausgesetzt



# Information

## BRANDSCHUTZ - Test



- Gasmessungen im Außenbereich ergaben, dass **zu keiner Zeit** Konzentrationen auftraten, die unmittelbar **gefährlich für Leben oder Gesundheit** waren (NOISH IDLH Limits)
- Container C (60cm entfernt) und D (250cm entfernt) hatten **keine Schäden** im Äußeren oder im Inneren
- Die Container wurde während des Brandes **nicht** von außen mit **Wasser gekühlt**
- Dieser Test geht weit über die Standards der Norm UL 9540A hinaus, der weltweit für BESS-Systeme akzeptiert ist.



Quelle: SUNGROW POWER SUPPLY CO., LTD.

# Information

## BRANDSCHUTZ – ContainerGRÖßbrand

Und wenn doch was passiert?

- **Welche giftigen Gase werden freigesetzt?**

Sollte es zu einem Brand eines Containers kommen, werden **Schwefeldioxid** ( $\text{SO}_2$ ), **Ammoniak** ( $\text{NH}_3$ ) oder **Kohlenmonoxid** ( $\text{CO}$ ) freigesetzt werden. Diese Stoffe sind jedoch mit denen **vergleichbar, die bei Hausbränden** entstehen. Ein **kontrolliertes Abbrennen** der Batterie hat den Vorteil, dass durch die hohen Temperaturen eine vollständigere Verbrennung erfolgt, wodurch die **Emission von schädlichen Stoffen reduziert** wird.

- **Welche toxischen Flüssigkeiten können beim Brand aus den Zellen austreten?**

Die Hauptbestandteile der Zellen umfassen **Lithiumhexafluorophosphat**, **Ethylmethylcarbonat** und **Ethylencarbonat**. Batteriepacks sind nach IP67 zertifiziert, sodass selbst im Falle eines Zellecks in der Regel **keine Flüssigkeiten nach außen dringen**. Zusätzlich ist der Boden des Batteriecontainers mit einem speziellen Ablauf und Auffangcontainer ausgestattet, sodass toxische Flüssigkeiten auch im Brandfall den Container nicht verlassen können.

# Information

## BRANDSCHUTZ – ContainerGROßbrand

Und wenn doch was passiert?



- **„Nebel“ beim Thermal Runaway**
  - ist entzündlich und kann z. B. im umschlossenen Räumen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden.
  - Das im Elektrolyt enthaltene Lithiumhexafluorophosphat ( $\text{LiPF}_6$ ) ist sehr wasserempfindlich und reagiert mit der Luftfeuchtigkeit unter Bildung von Fluorwasserstoff ( $\text{HF}$ , Flusssäure) und Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )
  - Der „Nebel“ ist daher als entzündbar, giftig und ätzend anzusehen. Er kann auf der Hautoberfläche zu Verätzungen führen.
  - Bisher bekannte und nachgewiesene Bestandteile des „Nebels“ sind neben den üblichen Brandgasen u. a.:
  - Graphit, Wasserstoff, Ethylencarbonat, Dimethylcarbonat, Lithiumhexafluorophosphat, Schwermetalle, z. B. Kobalt, Nickel, Mangan, Fluorwasserstoff, Phosphorsäure, Phosphorwasserstoffverbindungen, z. B. Phosphin



# Information

## BRANDSCHUTZ - Containerbrand

### Und wenn doch was passiert?

- **Wie kann eine Bodenverunreinigung durch Gefahrstoffe verhindert werden?**

Da die Container verschlossen sind, können auch im Brandfall **keine giftigen Stoffe** ins Erdreich entweichen. Lediglich **Löschwasser** kann im Ernstfall giftige Stoffe aus dem Container ins Erdreich befördern. Wenn im Löschkonzept, welches mit der **lokalen Feuerwehr** erarbeitet wird, ein **kontrolliertes Abbrennenlassen** eines Containers keine Option ist, muss der Boden um die Container **versiegelt** und Löschwasser zu einem Auffangbecken geleitet werden, damit es im Nachgang fachgerecht entsorgt werden kann.

- **Wie kann vermieden werden, dass sich der Brand in einem Container auf andere Container ausbreitet?**

**Physische Trennung:** Die Container werden mit **mindestens den bestehenden Normabständen** voneinander entfernt aufgestellt.

**Brandschutzwände:** Um weitere Sicherheit zu gewährleisten, werden **Brandschutzwände** zwischen einzelnen Containereinheiten errichtet.

[Details in Studie von Sungrow](#)



**GEMEINSAM FÜR EINE NACHHALTIGE ZUKUNFT!**

Richard Betz | Mobil: 0151 225 183 84 | [kontakt@energie-ernte.de](mailto:kontakt@energie-ernte.de)

Energie Ernte GmbH | Weidenstraße 1 | 86931 Prittriching