

PHOTOVOLTAIK, ENERGIE- UND HAUSTECHNIK



INGENIEURBÜRO HOSTETTLER

Li-Ionen-Batterien und Brandschutz

Aktueller Überblick und Werkstattbericht

Kurzvorstellung

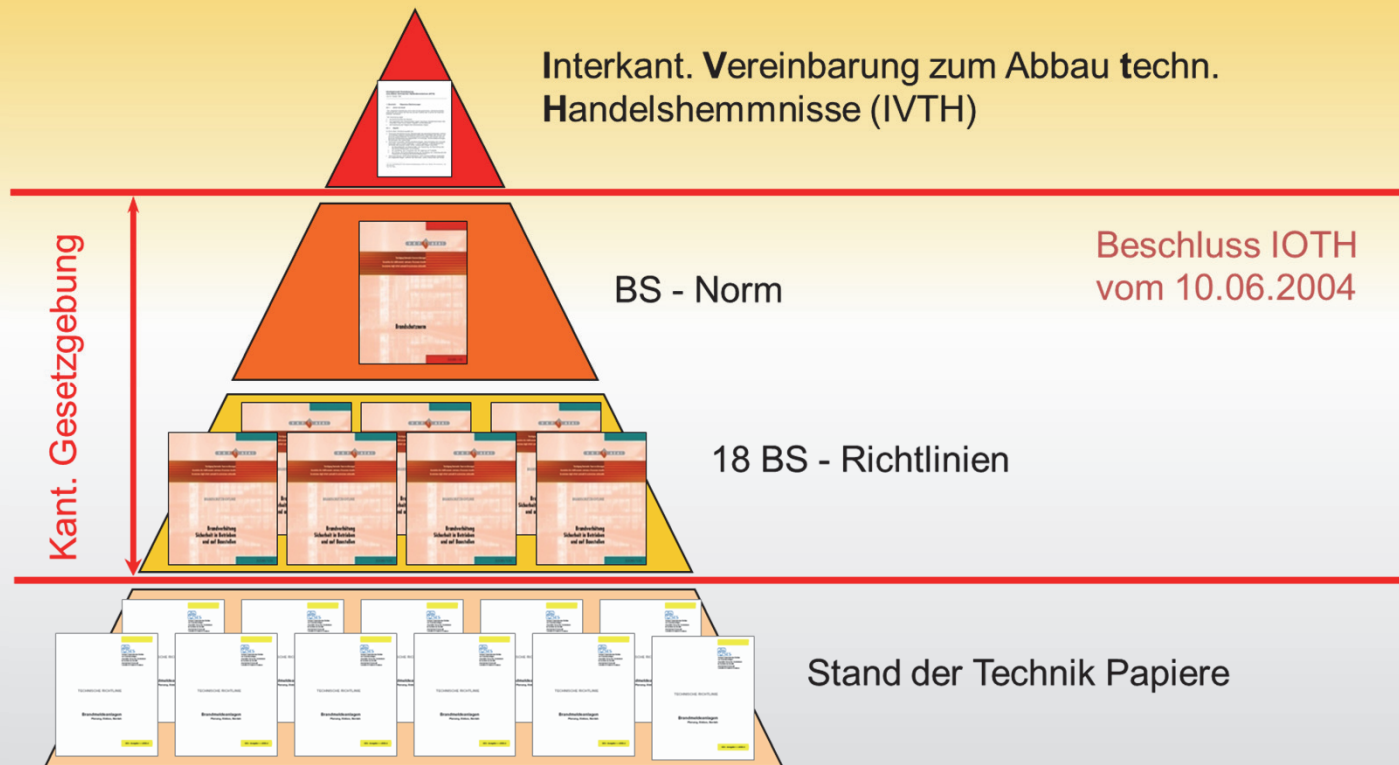
- Referent: Thomas Hostettler, dipl. El.-Ing. HTL / dipl. Energie-Ing. NDS
- Seit 1990 im Bereich Photovoltaik tätig
- Erste BIPV-Anlage 1991 geplant und begleitet
- Seit 1996 im eigenen Ingenieurbüro im Bereich Planung tätig
- Seit 2005 Mitglied und Mitarbeit im TK 82 (PV-Systeme) von CES
- Seit 2017 Mitglied und Mitarbeit im TK 8 (Systemaspekte EEA) von CES
- Zwischen 2006 und 2018 Vorstandsmitglied von Swissolar (FaKo PVT)
- Seit 2015 Swissolar Beauftragter für Regulatives Umfeld (Brandschutz)

Themenübersicht

1. VKF BSM LIB & Aufstellung
2. SWS STP Solaranlagen & Aufstellung
3. Li-Ionen-Batterien: Aufbau & Brandfall
4. Was wissen wir? Was ist wo geregelt?
5. Welche Aspekte gilt es zu beachten (übliche LIB)?
6. Welche Aspekte gilt es zu beachten (Second-Life)?

Hinweis: Für diese Präsentation wurden Inhalte aus anderen Präsentationen verwendet und in das Zielformat kopiert – Besten Dank an Swissolar und Dr. Eva Jud (Quellen referenziert)

1. VKF-BSM: Rechtsgrundlagen



- Die gesetzliche Grundlage für die Elektrizitätsanwendung sowie der Produktesicherheit ist Sache der Eidgenossenschaft.
- Die gesetzliche Grundlage für den Brandschutz sowie die Umsetzung ist Sache der Kantone (Bauen).

- **Beide Vorschriftenbereiche sind verbindlich.**

1. VKF: Hierarchie Dokumente Brandschutz

WAS? (ANFORDERUNGEN)

BSN – Norm
BSR – Richtlinien



BSE – Erläuterungen
BSA – Arbeitshilfen



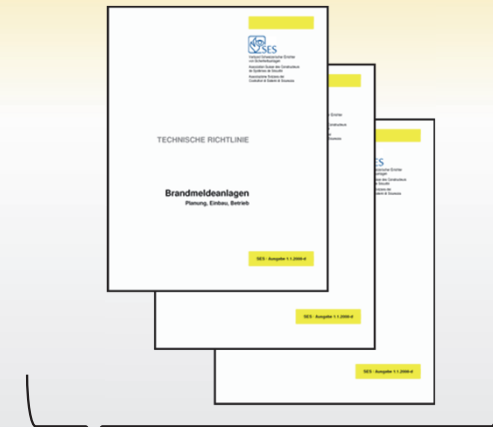
(BS-Norm Art. 4-6)

WIE? (LÖSUNGEN)

BSM – Merkblätter



Stand der Technik Papiere



(BS-Norm Art. 7)

1. VKF BSM Li-Ionen-Batterien (LIB)

- Gültigkeit: ab 1. Juni 2021
- Betrifft: (Nur) Li-Ionen-Batterien (inkl. Li-Po)
- Bereiche: Lager & Logistik / Stationäre Systeme / Ladestationen / etc.
- Abgrenzung: Betrifft nur Betrieb / nicht Herstellung, Verkauf, etc.
- Ziel: Schutzziele für Risiken nennen / Lösungsansätze aufzeigen
- Zielpublikum: Brandschutzplaner / Behörden / Eigentümer & Nutzer

1. VKF BSM LIB: Aufstellungshinweise

- Bei System mit < 15 kWh \Rightarrow eigener Brandabschnitt (bspw. EFH) / nicht im Fluchtweg / Lüftungszentrale / Ex-Räume / Abstand > 2.5 m
- Bei System mit $15 - 100$ kWh \Rightarrow separater Brandabschnitt EI 60 / Aufstellung im Freien / Schutzabstände (welche ?)
- Bei Systemen > 100 kWh \Rightarrow Aufstellung im Freien / Nachweis Tragfähigkeit Bauteile / Blitzschutzsystem / Druckentlastungsöffnung / Ausräumöffnung und Sprinkler

1. VKF: Bewertung VKF BSM LIB

Vorteile

- Grundsätzliche Informationen zusammentragen
- Begrifflichkeiten sammeln
- Versuch der Systematisierung

Nachteile

- Mangelnde Beachtung Zuständigkeiten Bau / Elektro
- Mischung von Anwendungen
- Willkürliche Festlegung von Grenzen (ohne Evidenz)
- Bewilligungsbehörden «missbrauchen» BSM-LIB

2. Swissolar STP Solaranlagen



- 0. Vorwort und Aufbau

1. Geltungsbereich

2. Begriffe

3. Gefahrenbereiche, Schutzziele und Massnahmen

4. Feuerwehreinsätze

5. Unterhalt & Zugänglichkeit

6. Systemdokumentation

7. Anhang

2. SWS STP Solaranlagen

- Gültigkeit: ab 1. Februar 2023
- Betrifft: PV- und Solarwärmeanlagen (plus teilweise Speicher)
- Abgrenzung: Solaranlagen auf Steil- und Flachdach
- Zielpublikum: Fachplaner / Installateure / Hersteller / QS-Verantwortliche Brandschutz / Feuerwehr / Behörden
- Bereiche: Elektrische Gefahren / Brandgefahren / Naturgefahren
- Ziel: Konkrete Lösungsmöglichkeiten aufzeigen zur Erreichung der im BSM Solaranlagen festgehaltenen Schutzziele

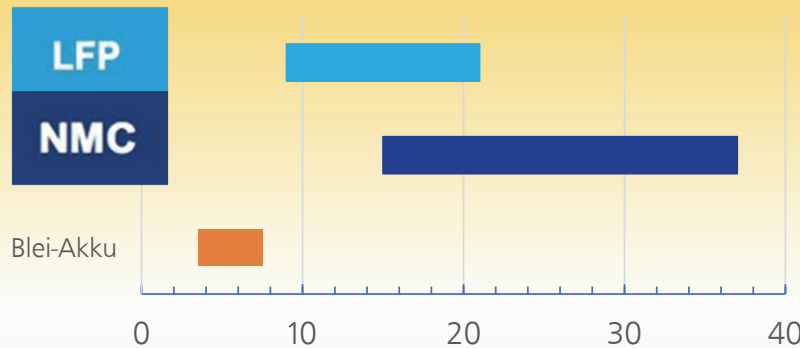
2. SWS STP: Aufstellungshinweise

- Hinweis auf Differenzierung elektrische Installation und Gerät
- Hinweis für EFH und MFH mit Aufzählung Randbedingungen (Herstellerangaben / Temperaturen / Untergrund – idealerweise aus RF1 / Hochwassergefährdung / kühl und trocken)
- Bei MFH ist Einbettung in Brandschutzkonzept notwendig

=> Alles relativ offene Formulierungen, da Anwendungspalette breit und Herstellerangaben teilweise unterschiedlich

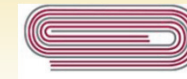
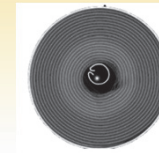
3. LIB: Aufbau und Brandfall

Was beeinflusst die Energiedichte einer Batterie?



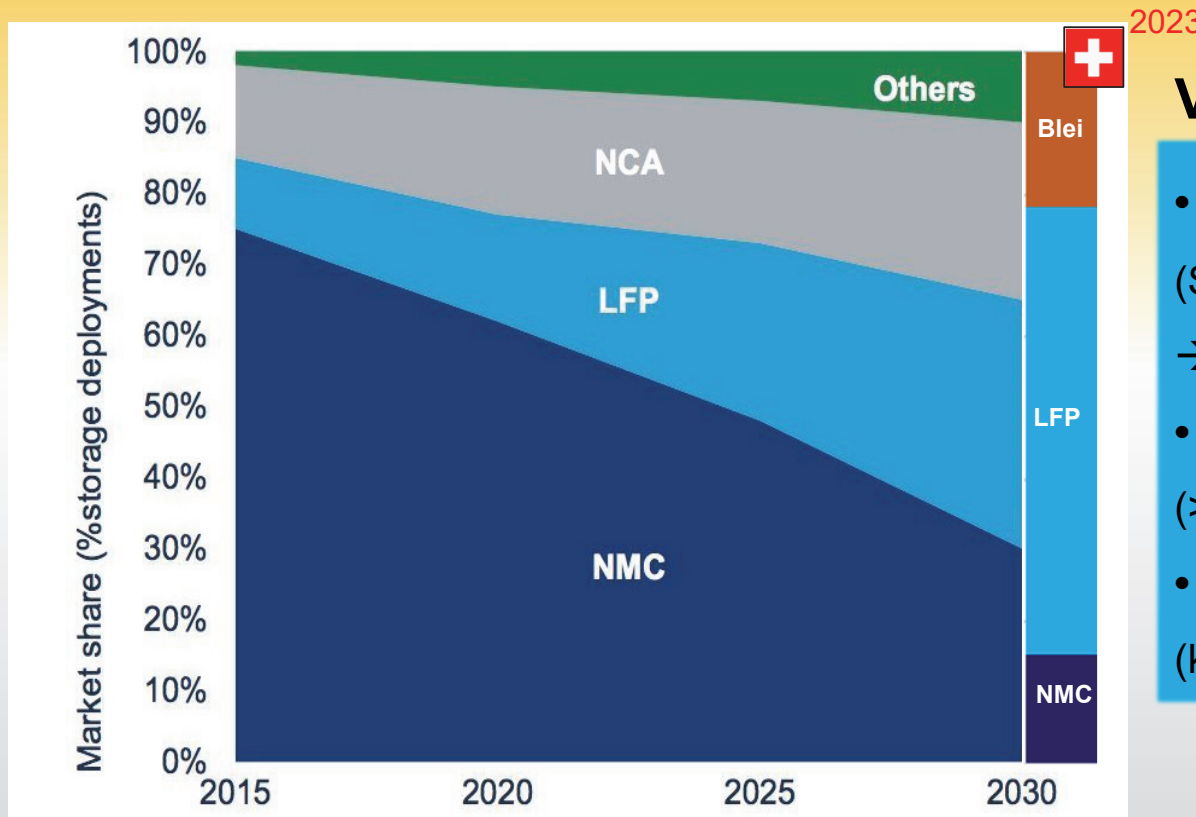
Energiedichte wird nicht nur durch die Zellchemie beeinflusst, sondern auch durch die Bauform:

zylindrisch / prismatisch / Pouch



Typ	Blei-Akku	NMC	LFP
Anwendung	Starterbatterie, USV	Elektrofahrzeug, Handyakku	Stationäre Speicher
Vorteile	Günstig in der Anschaffung, bekannt	Hohe Energiedichte	Hohe Betriebssicherheit
Nachteile	Geringe Zyklenfestigkeit	Relativ teuer, Entzündung bei Überladung	Relativ teuer, geringere Energiedichte als NMC
Wirkungsgrad	70 - 80%	90 - 95%	90 - 95%
Zyklen	500 - 2000	500 - 2000	4000 - 6000

3. LIB: Marktanteile – 2015 bis 2030 (Prognose)



NCA = Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminium Oxid

Vorteile von LFP (Li-Fe-Phosphat)

- **Sicherheit**

(Sauerstoff ist stark gebunden in PO_4)

→ Feuertreieck)

- **Langlebigkeit und Leistungsfähigkeit**

(> 10'000 Zyklen und > 80% Nominalkapazität)

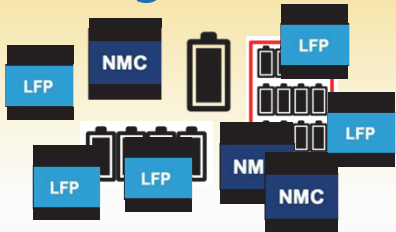
- **Umweltverträglichkeit**

(kobaltfrei)

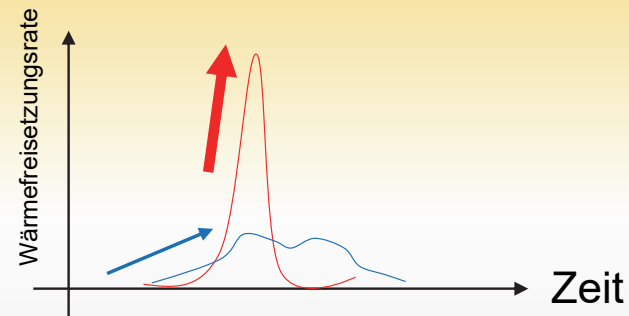
3. LIB: Brandfall & Co.

Thermal Runaway = Thermisches Durchgehen

- Wie gross ist das Risiko?



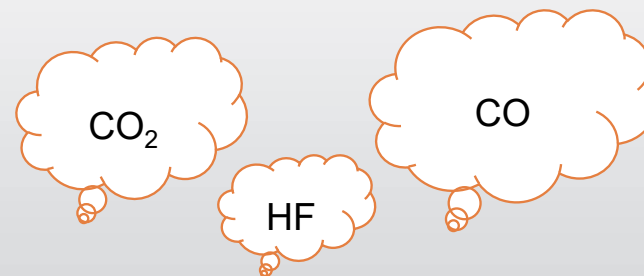
Wie gross ist die Brandgeschwindigkeit?



Wieviel thermische Energie wird freigesetzt?
Oder wie gross ist der Brandbeitrag?

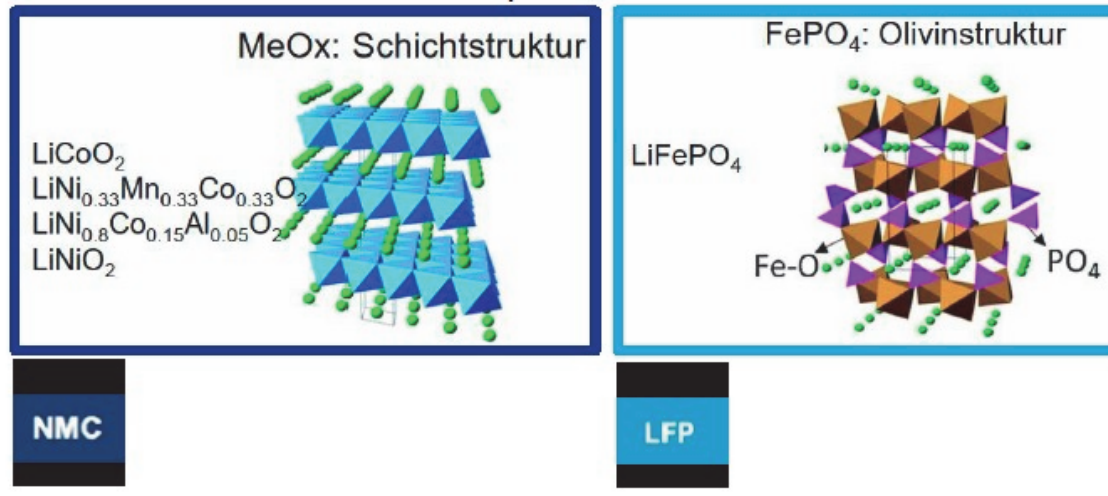


Welche und wie viele Brandgase entstehen?



3. LIB und Brand: O2 eingelagert!

Unterscheidung des Typs nach **Kathode**:
NMC = Lithium-**N**ickel-**M**angan-**C**obalt Oxid
LFP = Lithium-**E**isen-**P**hosphat Oxid



- Sauerstoff für Oxidation ist bei LIB bereits eingelagert => heikel !
- Einlagerung erfolgt aber unterschiedlich => Schwierig weil wenig Info zur detaillierten Zellchemie vorhanden ist

3. LIB: Brandfall & SOC

Ladezustand (SOC = state of charge): je höher, desto heftiger der Thermal Runaway

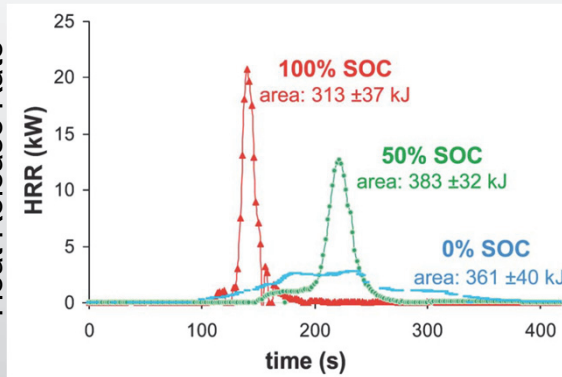
100 % SOC

50 % SOC

0 % SOC



Wärmefreisetzungsrate
Heat Release Rate



Thermal Runaway einer Zelle @100% SOC: früher und heftiger
Gesamte thermische Energie ist unabhängig vom Ladezustand

→ Brandprüfungen @ 100% SOC (worst case)

→ Transport von LIB @ < 50% SOC

4. Was wissen wir?

- Wie gross ist das Risiko?



Wieviel thermische Energie wird freigesetzt?
Oder wie gross ist der Brandbeitrag?



Wie gross ist die Brandgeschwindigkeit?



Welche und wie viele Brandgase entstehen?



4. Was wissen wir? => Brandursachen

Ursache	Grund	
Unsachgemässe Manipulation/ falscher Umgang	Benutzer	} innen
Technischer Defekt: äusserer Kurzschluss, Lichtbogen (ΔV)	Installateur, Materialfehler, Nagerschaden	
Überladung/ Tiefentladung	Fehler Battery Management System (BMS)	
Alterung (chemische Veränderung → innerer Kurzschluss)	Batteriequalität, 2nd Life	} aussen
Mechanische Einwirkung (Bohren/ Quetschungen/ Stoss)	Transportschaden, Benutzer	
Thermische Einwirkung (z.B. andere Brandquelle)	Standort	



Am Gehäuse eines der drei Akkus gibt es Brandschäden, die auf die Schadenentstehung hinweisen.

Beispiel eines lokalen Brandes in einem LIB Modul

4. Was ist verlangt?

SN EN IEC 62619 – Test in Zusammenhang mit Brandschutz



Prüfungsbeschreibung (Brandschutz)	Kriterium
Künstlicher äusserer Kurzschluss (100% SOC)	Kein Feuer, keine Explosion
Schlagtest in nicht geladenem Zustand	Kein Feuer, keine Explosion
Falltest (als ganzes oder von Kante je nach Gewicht)	Kein Feuer, keine Explosion
Thermischer Missbrauchstest @85°C/3h	Kein Feuer, keine Explosion
Überspannungstest (bei einfacher, nicht unabhängiger, Spannungskontrolle)	Kein Feuer, keine Explosion
Interner Kurzschluss (100% SOC, Δ Spannung vs. Druck)	Kein Feuer
Ausbreitungstest (100% SOC) Auslösung eines Thermal Runaways* in einer Zelle, Beobachtung für 8 h	Kein äusserliches Feuer, kein Versagen des Gehäuses

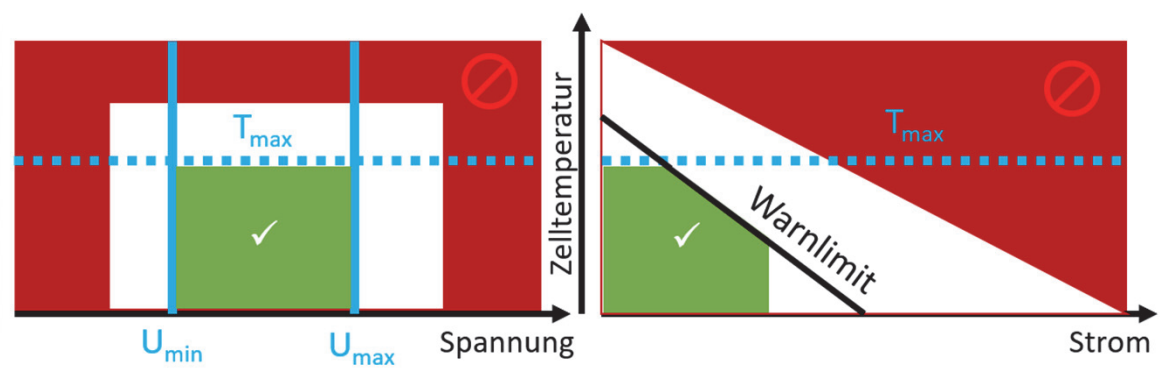
* Auslösung in einer mittleren Zelle durch Laser, Aufheizen, Überspannung, Nagel oder Kombination

4. Was ist verlangt?

Prüfnorm SN EN IEC 62619 – Battery Management System



Prüfung des BMS	Kriterium
Überladungskontrolle der Spannung	BMS beendet den Ladevorgang vor Überschreiten der oberen Ladespannung U_{max} , kein Feuer, keine Explosion
Überladungskontrolle des Stroms	BMS erkennt den Überladestrom und kontrolliert den Ladevorgang, kein Feuer, keine Explosion
Überhitzungsschutz (während des Ladevorgangs)	BMS erkennt die überhöhte Ladetemperatur T_{max} und beendet den Ladevorgang, volle Funktionsfähigkeit der Komponenten, kein Feuer, keine Explosion



Das BMS begrenzt die Temperatur, die Spannung und den Strom, so dass die Batterie im grünen Bereich funktioniert.

5. Welche Aspekte bei LIB beachten?



Stationäre elektrische Energiespeicher sind (fast) immer Geräte und keine Installationen => sie werden aber in eine Installation eingebunden

Was sollen Sie beachten?

- Herstellerangaben beachten (=> Geräte)
- Aufstellort überlegen
(=> Schadenspotential: Etage, Raumgrösse, etc.)
- Zugänglichkeit Brandfall überlegen
- Dokumentation (Kennzeichnung)

6. Welche Aspekte bei Second Life beachten?



- Brandschutzkonzept beachten
- Planung System auf Situation anpassen (=> Installation)
- Aufstellort überlegen (=> Schadenspotential)
- Zugänglichkeit Brandfall überlegen
- Dokumentation (Kennzeichnung)

Abschluss

- Besten Dank für die Aufmerksamkeit
- Fragerunde & Diskussion