

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Blitzschutz bei hohen Gebäuden

Andreas König

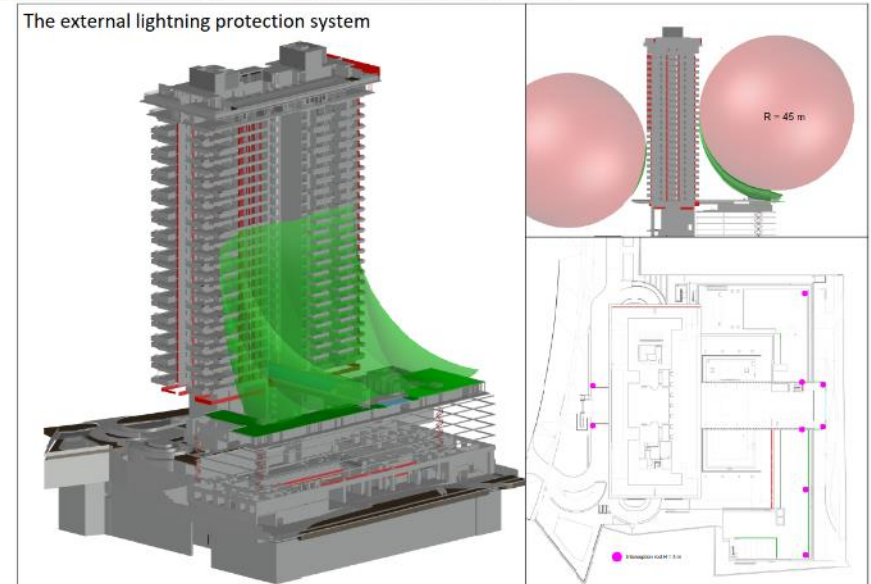
OBO Bettermann Holding GmbH&Co.KG

Dietmar Dürr

DEHN SE+Co.KG



Bildquelle: DEHN SE



The external lightning protection system

Bildquelle: OBO Bettermann



- **Definition international**

- In der USA definiert die National Fire Protection Association (NFPA) ein Gebäude, welches höher ist als 23 Meter (75 feet) oder mehr als 7 Stockwerke hat, als Hochhaus oder “High-Rise-Building”.



Bildquelle: DEHN SE

- **Definition national -> Beispiel: Hessische Bauordnung (HBO)**

- **§ 2 Begriffe**

- (9) **Sonderbauten** sind Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung, die einen der nachfolgenden Tatbestände erfüllen:

1. Gebäude von mehr als 22 m Höhe im Sinne des Abs. 4 Satz 2 (Hochhäuser);

- **Definition national -> Beispiel: Bayerische Bauordnung (BayBO)**

- **Art. 2 Begriffe**

- (4) **Sonderbauten** sind Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung, die einen der nachfolgenden Tatbestände erfüllen:

1. Hochhäuser (Gebäude mit einer Höhe nach Abs. 3 Satz 2 von mehr als 22 m);

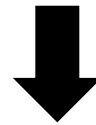


- **Definition national -> Beispiel: Hessische Bauordnung (HBO)**

- **§ 2 Begriffe**

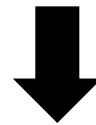
- (9) **Sonderbauten** sind Anlagen und Räume besonderer Art oder Nutzung, die einen der nachfolgenden Tatbestände erfüllen:

1. Gebäude von mehr als 22 m Höhe im Sinne des Abs. 4 Satz 2 (Hochhäuser);

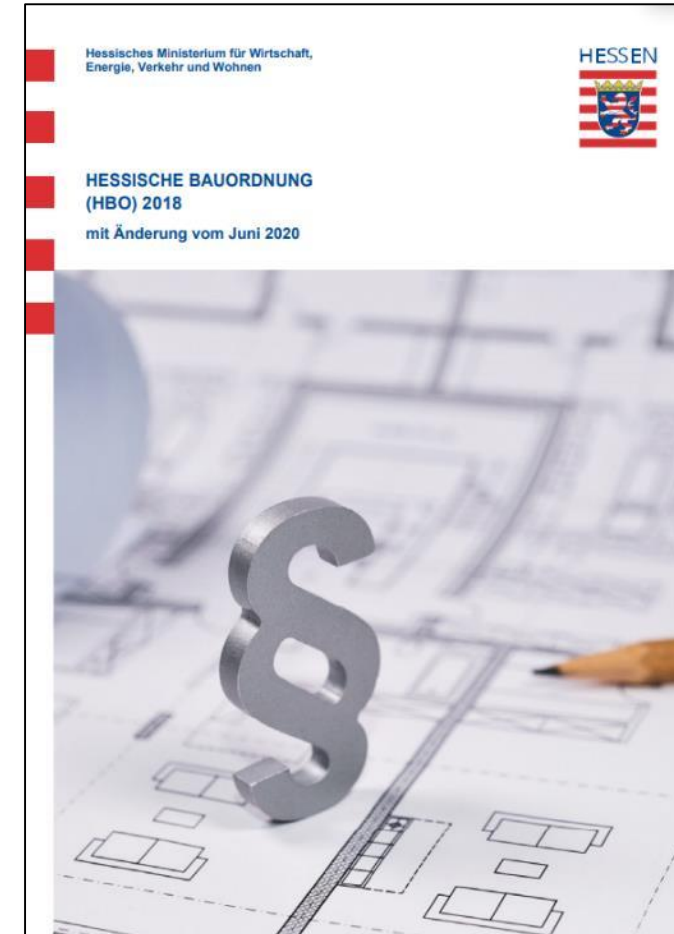


- **§ 49 Blitzschutzanlagen**

Anlagen, bei denen nach Lage, Bauart oder Nutzung Blitzschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, **sind mit dauernd wirksamen Blitzschutzanlagen zu versehen.**



- **FRAGE: Ist Blitzschutz nun ein MUSS, JA oder NEIN?**



Baurechtliche Forderungen für Hohe Gebäude (Hochhäuser)

Beispiel: Hessische-Hochhaus-Richtlinie – H-HHR

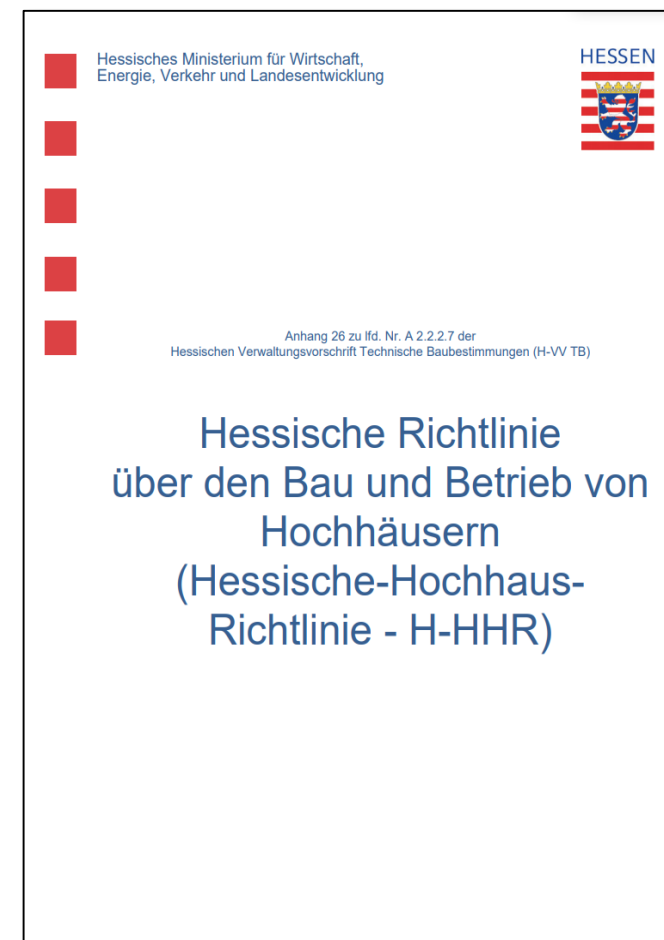
- **Anwendungsbereich**
- Diese Richtlinie regelt besondere Anforderungen und Erleichterungen im Sinne von § 53 Abs. 1 Hessische Bauordnung (HBO) für den Bau und Betrieb von **Hochhäusern (§ 2 Abs. 9 Nr. 1 HBO)**.



- **6.6 Sicherheitsstromversorgungsanlagen, Blitzschutzanlagen, Gebäudefunkanlagen**
6.6.2 Hochhäuser **müssen** Blitzschutzanlagen haben, die auch die sicherheitstechnische Gebäudeausrüstung schützen (äußerer und innerer Blitzschutz).

- **Fazit: Gemäß Sonderbauverordnung H-HHR, MÜSSEN Hochhäuser in Hessen eine Blitzschutzanlage haben.**

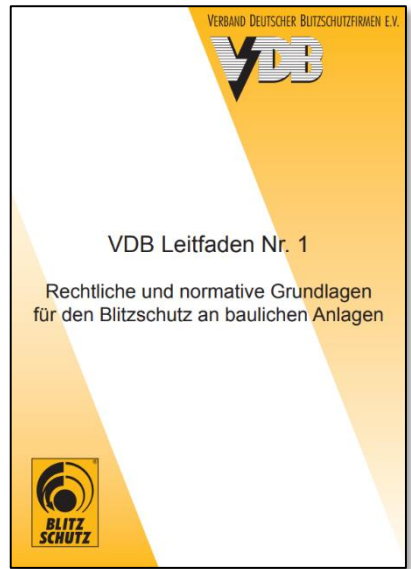
- **Empfehlung : Mindestens Blitzschutzklasse III**





VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Objekt Mehrfachnennungen möglich	Äußerer Blitzschutz in den gesetz- lichen und behördlichen Vorschriften gefordert (siehe auch Tabellen A.01 und A.02)	Gebäude ¹⁾ (-teile, -bereiche, -einrichtungen sowie -kenndaten)	Äußerer Blitzschutz			Überspannungsschutz (innerer Blitzschutz) Potentialausgleich erforderlich	
			Blitzschutz- klasse nach DIN EN 62305 (VDE 0185-305)	Prüfinter- valle in Jahren	be- hördli- che Vor- gabe	Empfeh- lung des GDV	erfor- derlich
Heime		Pflegeheim	III		5	X	VdS 2226
		Altenheim	III		5	X	VdS 2226
		Entbindungsheim	III		5	X	VdS 2226
		Kinderheim	III		5	X	VdS 2226
Hochhäuser	BB, HB, HE, MV, NW, SL, SH	> 22 m	III	NW € 3	3	X	VdS 2019
		> 100 m	II	NW € 3	3	X	VdS 2019

Hochhaus	BY, BB, HB, HE, MV, NW, SL, SH > 22 m III (HHR) §§	Sonderbau wenn, Bauliche Anlage mit einer Höhe von mehr als 30 m.	HHR: > 22 m III > 100 m II Ansonsten: > 30 m III > 100 m II	Erhöhtes Einschlagsrisiko - mögliche Seiteneinschläge sind zu berücksichtigen - Beschädigung der elektrischen Anlagen (z. B. elektrische Beleuchtung), die Panik auslösen kann	VdS 2019
----------	--	--	---	---	----------

Bildquelle: DEHN SE



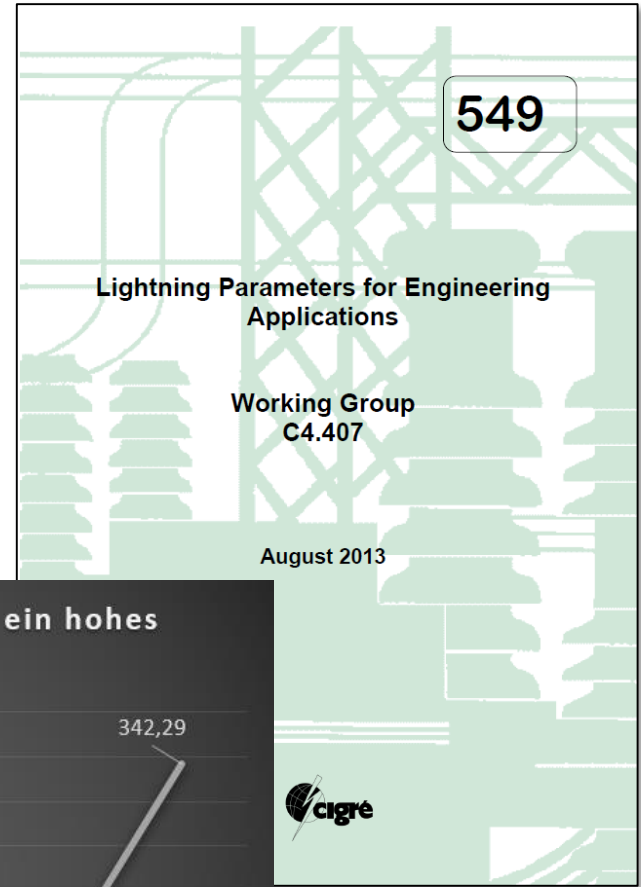
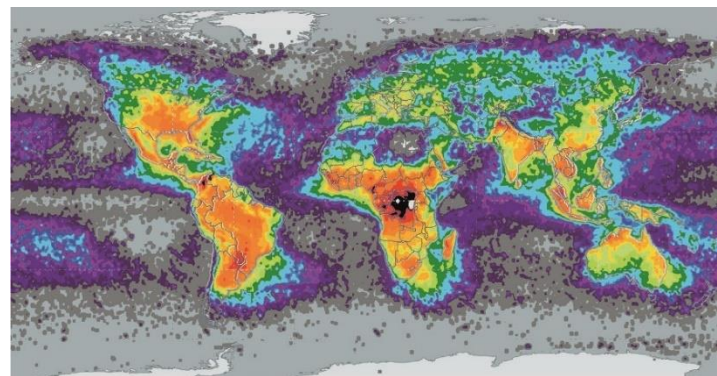
VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Nach Eriksson (Cigre Report 2013) kann die Anzahl von Blitzeinschlägen N_{all} wie folgt berechnet werden:

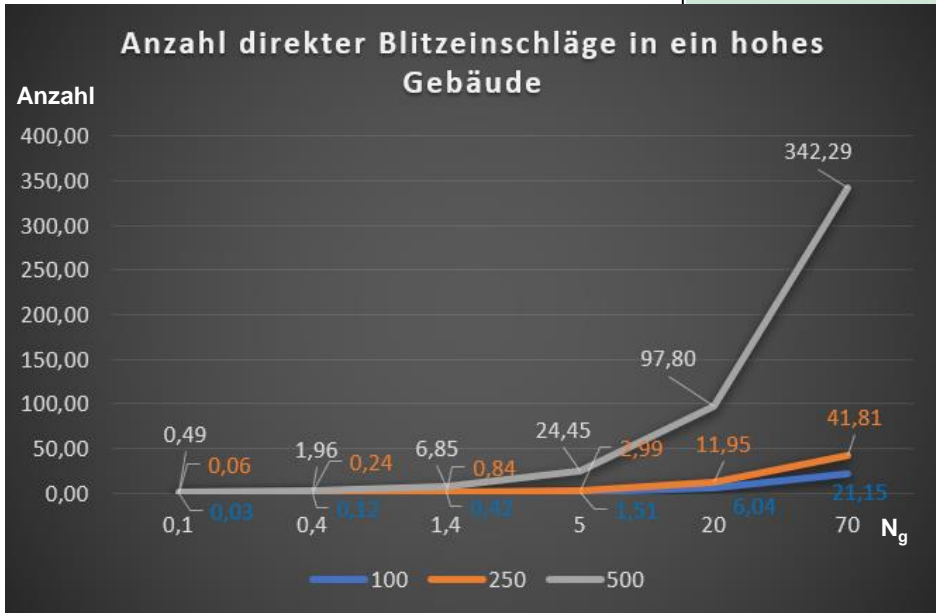
$$N_{all} = N_g \cdot 24 \cdot h^{2.05} \cdot 10^{-6}$$



N_g Erdblitzdichte (1 / km² / Jahr)
h Gebäudehöhe (m)



N_g	100 m	250 m	500 m
0,1	0,03	0,06	0,49
0,4	0,12	0,24	1,96
1,4	0,42	0,84	6,85
5	1,51	2,99	24,45
20	6,04	11,95	97,80
70	21,15	41,81	342,29



Literatur: CIGRE Working Group C4.407:2013

Bildquelle: DEHN SE



DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3)

5.2.3.2 Gebäude, die 60 m oder höher sind

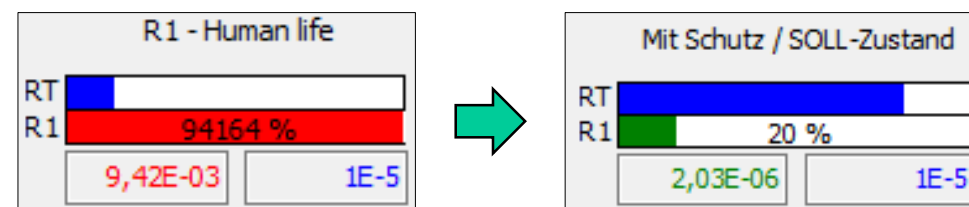
Bei baulichen Anlagen, die höher als 60 m sind, können Seiteneinschläge, besonders an Punkten, Ecken und Kanten von Oberflächen, auftreten.

Die Regeln für die Anordnung der Fangeinrichtungen auf diesen höchsten Teilen der baulichen Anlage müssen mindestens die Anforderungen für den Gefährdungspegel IV erfüllen. **Die Betonung liegt dabei auf der Anordnung von Fangeinrichtungen an Ecken, Kanten und bedeutenden Vorsprüngen (z. B. Balkone, Aussichtsplattformen etc.).**

DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2)

Berechnungsbeispiel DEHN:

- Risiko R1
- L 80 m, W 50 m, H 200 m
- L_x öffentliches Gebäude
- h_z Schwierigkeiten bei der Evakuierung



Maßnahmen:

- LPS besser als I (Verwendung der metallenen Gebäudekonstruktion)
- automatische Brandmeldeanlage/
Feuerlöschsystem
- Blitzschutz-Potentialausgleich gemäß LPL I

➔ **LPL I**

Die notwendige Schutzklasse eines Blitzschutzsystems (LPS-System) muss durch eine Risikobewertung (siehe DIN EN 62305-2) ausgewählt werden.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine **Empfehlung** der Schutzklasse in Abhängigkeit der Gebäudehöhe und der Art der Nutzung. Die Basis hier bilden Erfahrungswerte.

DEHN-Empfehlung LPL HRB

Gebäudehöhe ≥ 22 m	Standardgebäude, z. B. Hotel, Schule, Öffentliches Gebäude ->durchschnittliche Panikgefahr	LPL III
	Besondere bauliche Anlagen z. B. ->Schwierigkeiten bei der Evakuierung	LPL II
Gebäudehöhe ≥ 100 m	Standardgebäude, z. B. Hotel, Schule, Öffentliches Gebäude ->durchschnittliche Panikgefahr	LPL II
	Besondere bauliche Anlagen z. B. ->Schwierigkeiten bei der Evakuierung	LPL I





VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Herausforderung:
Die in solchen Gebäuden vorherrschende Gebäudeinstallation

Bildquelle: DEHN SE



VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Bei hohen Gebäuden wird man vor folgende Herausforderungen gestellt:

1. Hohe Wahrscheinlichkeit seitlicher Einschläge
2. Wahrscheinlichkeit unkontrollierte Überschläge
3. Frequentierte Bereiche auf Dachflächen z. B. Parkflächen / Swimmingpools / Restaurants / Fluchtwege
4. Landeplätze für Helikopter
5. Umfangreiche elektrische / informationstechnische Systeme z. B. Brandmeldeanlage, Sicherheitstechnische Anlagen, Aufzüge, Trafos usw.
6. Glas- / Ganzglasfassaden
7. Kein Platz für Erdungsanlagen

Ist hier ein vollständiges Schutzkonzept für diese Art von baulichen Anlagen möglich?



Bildquelle: DEHN SE



VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Dach

Blitzschutzsystem Dach, Blitzschutz-Potentialausgleich (SPDs)

TOP 20: Gefahr seitlicher Einschläge

vermaschte Fangeinrichtung, Ableitung, Äquipotentialflächen,
Blitzschutz-Potentialausgleich (SPDs)

Ableitung

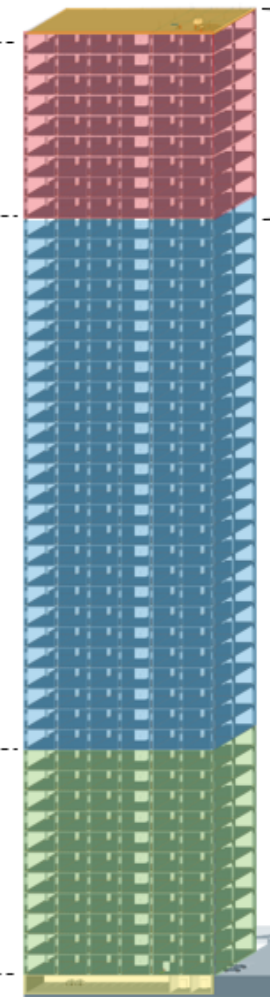
Nutzung natürlicher Bestandteile, Äquipotentialflächen,
Blitzschutz-Potentialausgleich (SPDs)

-> keine zu erwartenden seitlichen Einschläge

Eingangsbereich einer baulichen Anlage

(touch and step voltage)

Earthing System (lightning equipotential bonding, SPDs)



20 %

60 m



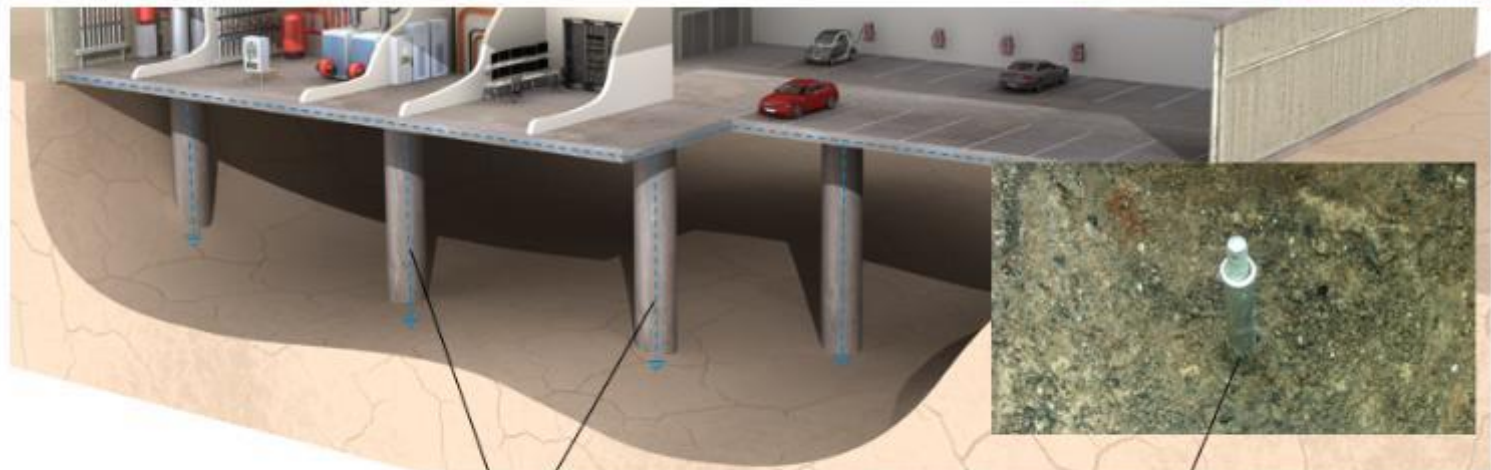
VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Ringerder

Druckwasserdichte Wanddurchführung

Klemmverbindung Funktionspotentialausgleichsleiter mit Bewehrung



Bohrpfähle mit innenliegenden Erder welcher mit der Bewehrung verbunden ist.

Installation zusätzlicher Tiefenerder.

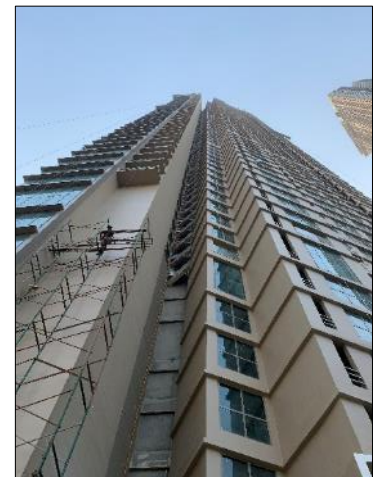
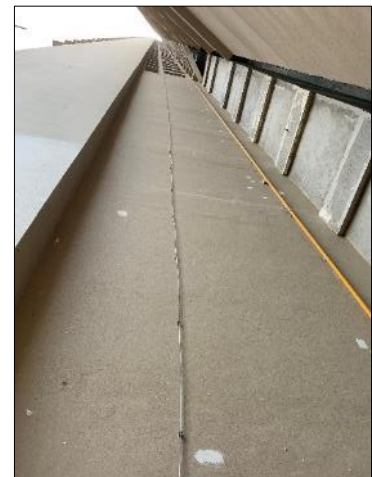
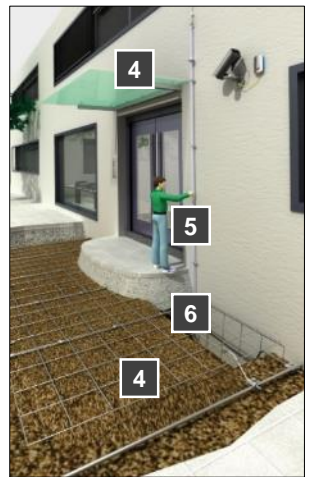
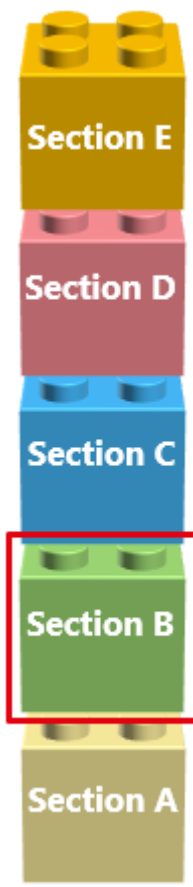


Bildquelle: DEHN SE



Schutz vor Schritt- und Berührungsspannung

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

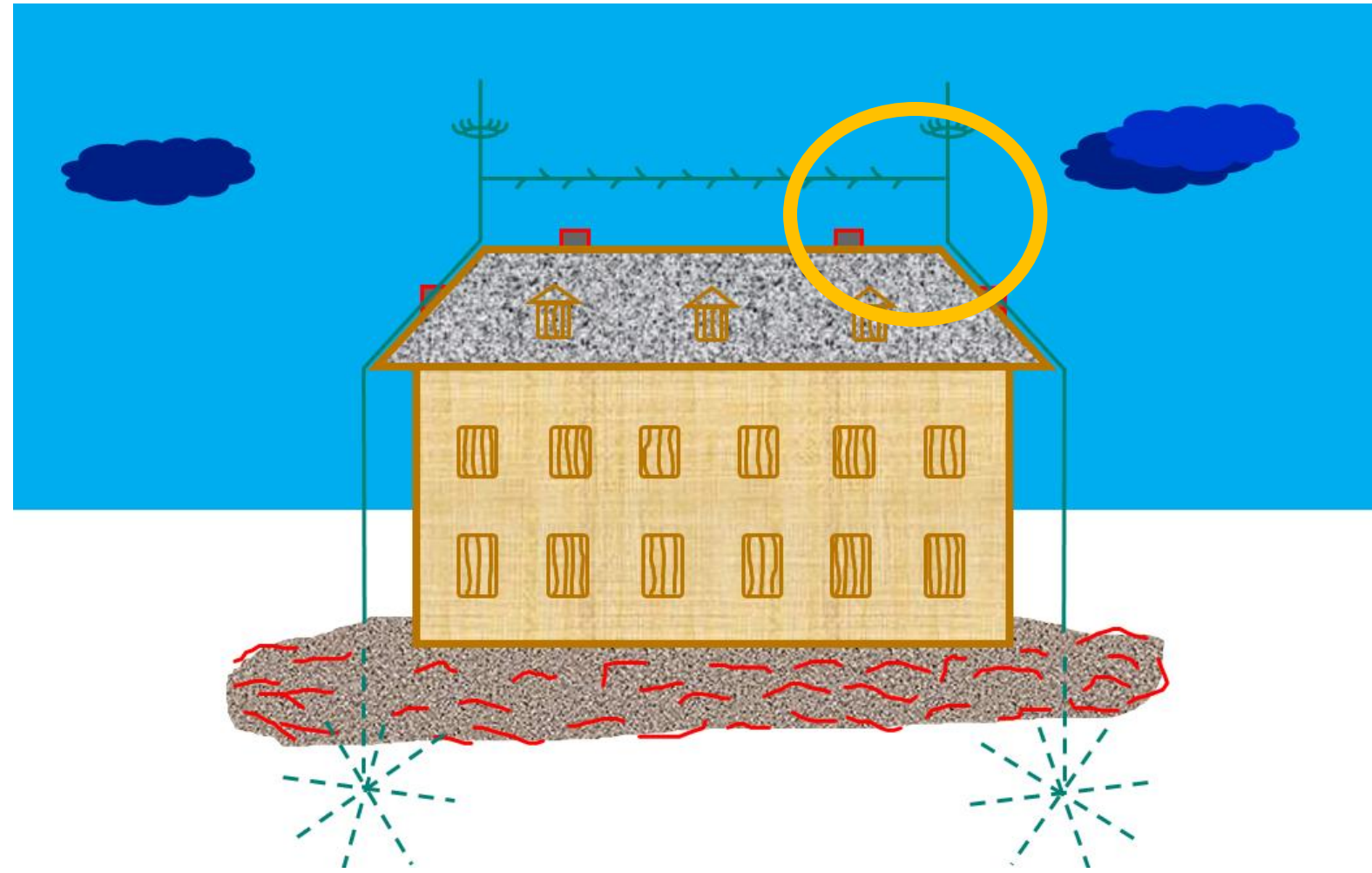




VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Trennungsabstand: Gebäudeblitzschutz von G. Ch. Lichtenberg im Jahre 1778



VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Trennungsabstand

Einhaltung der Abstände

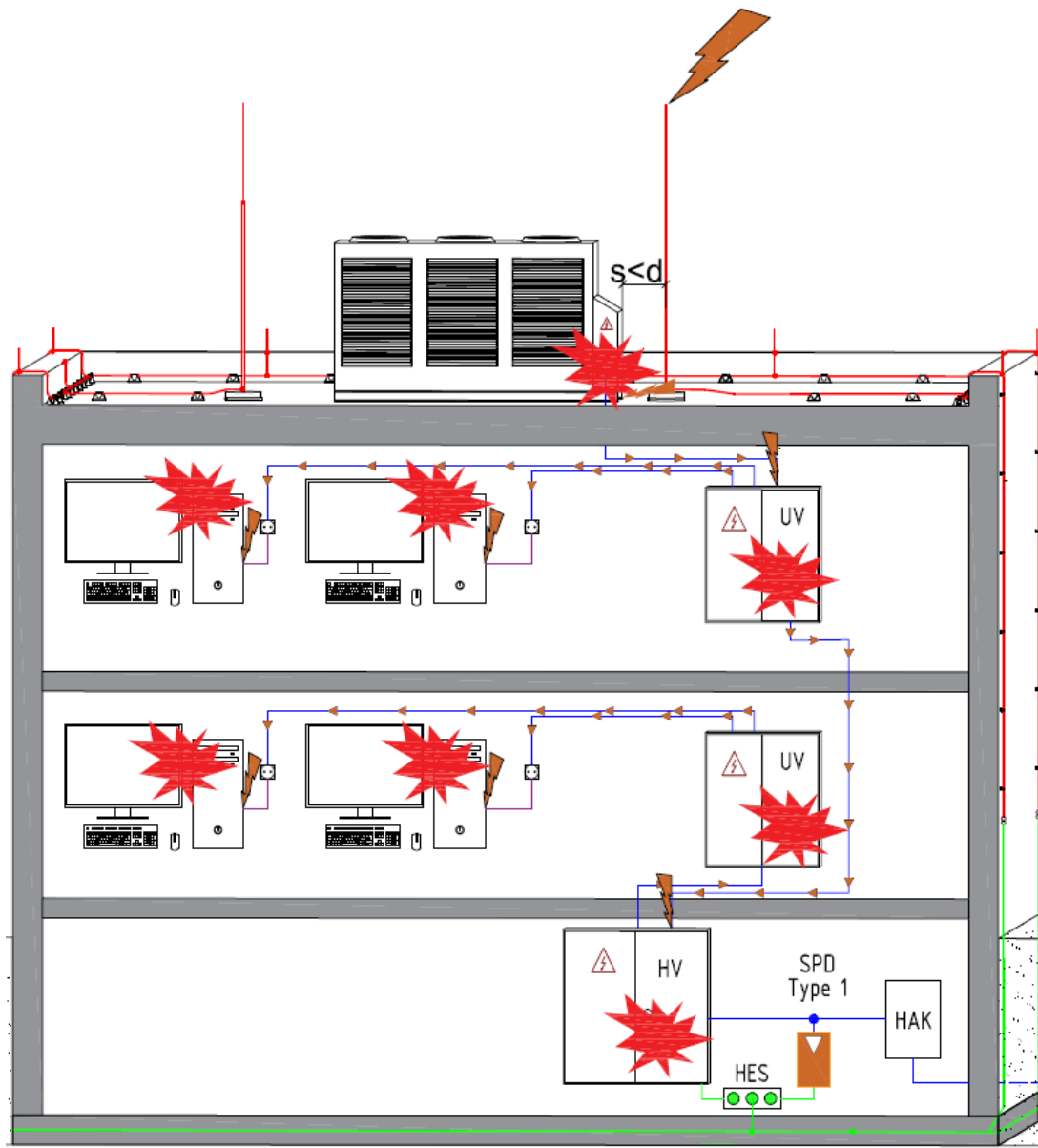


Bildquelle: OBO Bettermann

Bildquelle: DEHN SE

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Trennungsabstand/elektrische Isolierung





VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

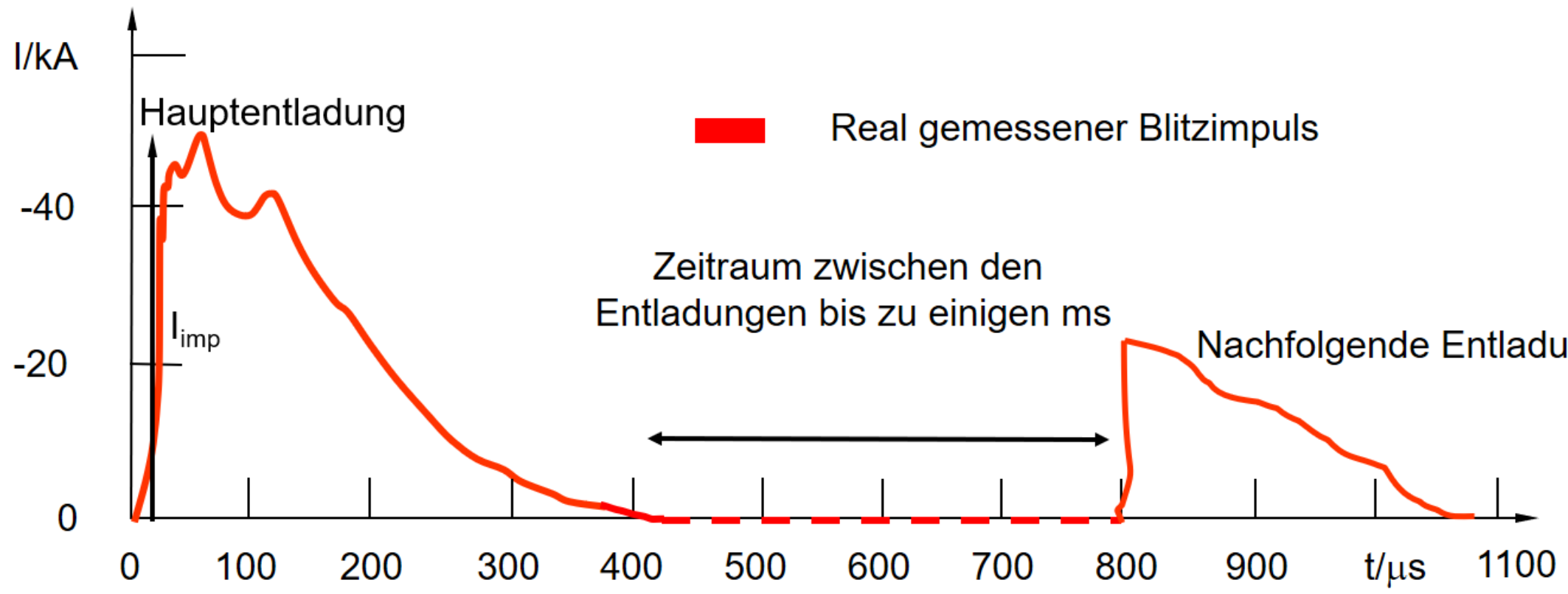
Trennungsabstandsberechnung





VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln





VDB-Forum 2021

Unterscheidung der Parameter: Hauptblitz und Folgeblick

Tabelle C. 3 – Prüfparameter für die Stoßströme

Prüfparameter	LPL			Grenzabweichung %
	I	II	III - IV	
Erster positiver Stoßstrom				
Δi (kA)	200	150	100	± 10
Δt (μs)	10	10	10	± 20
Negative Folgestoßströme				
Δi (kA)	50	37,5	25	± 10
Δt (μs)	0,25	0,25	0,25	± 20

Quelle: EN 62305-1:





VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

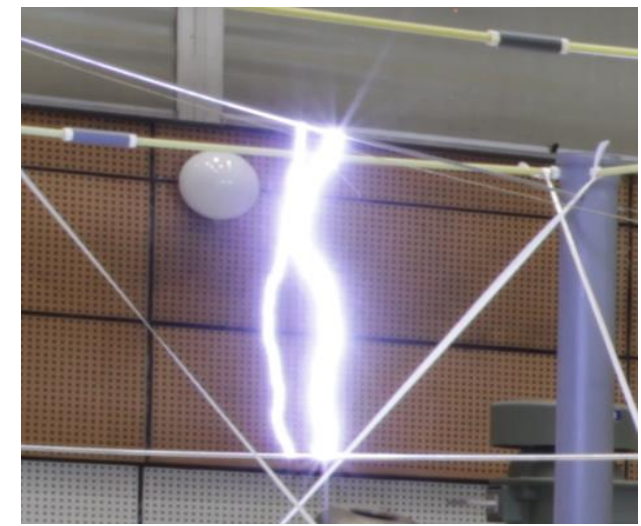
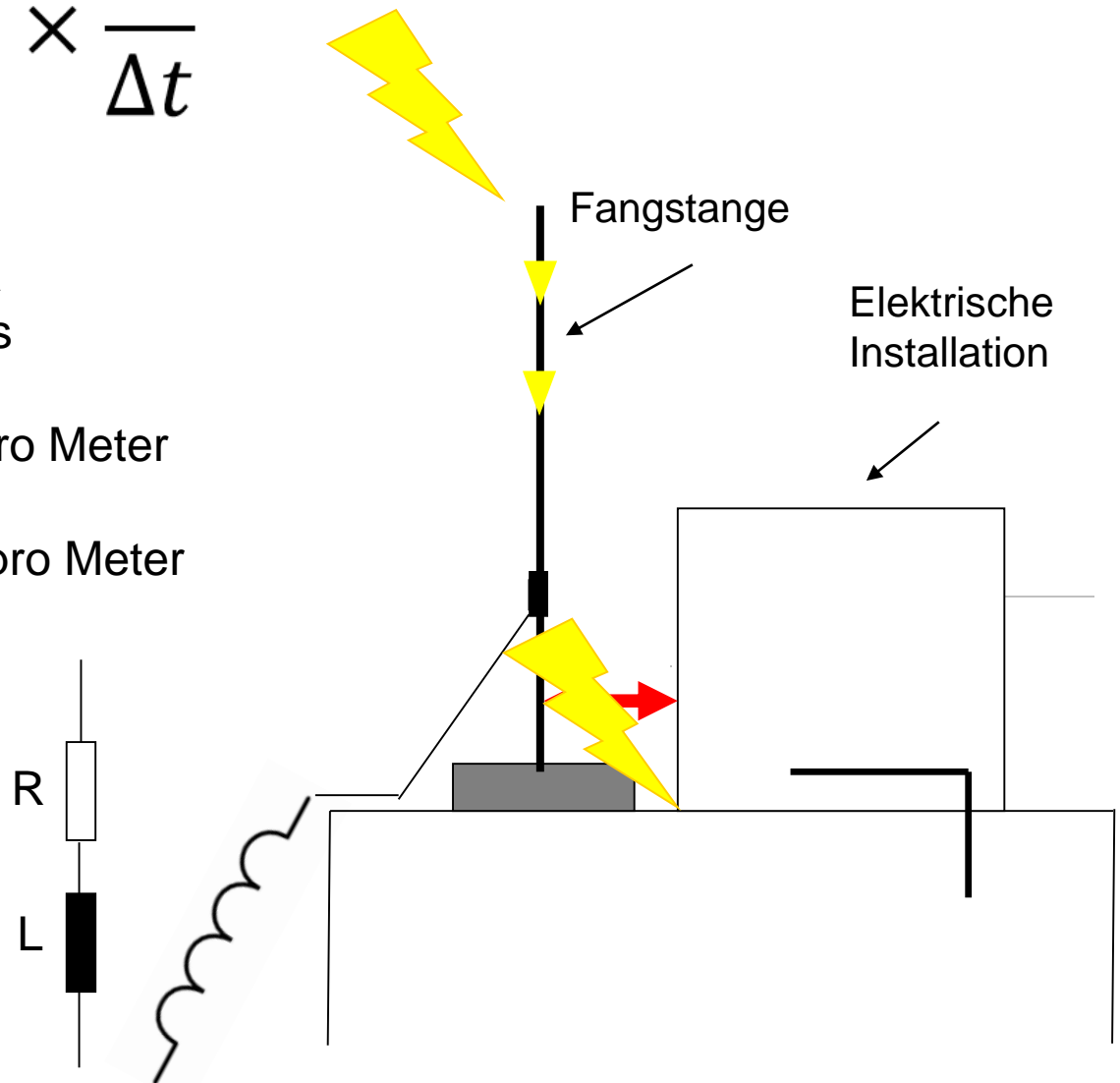
$$U_L = L \times \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

BZK 1:

di = 25 kA
dt = 0,25µs

~ 40 kV pro Meter

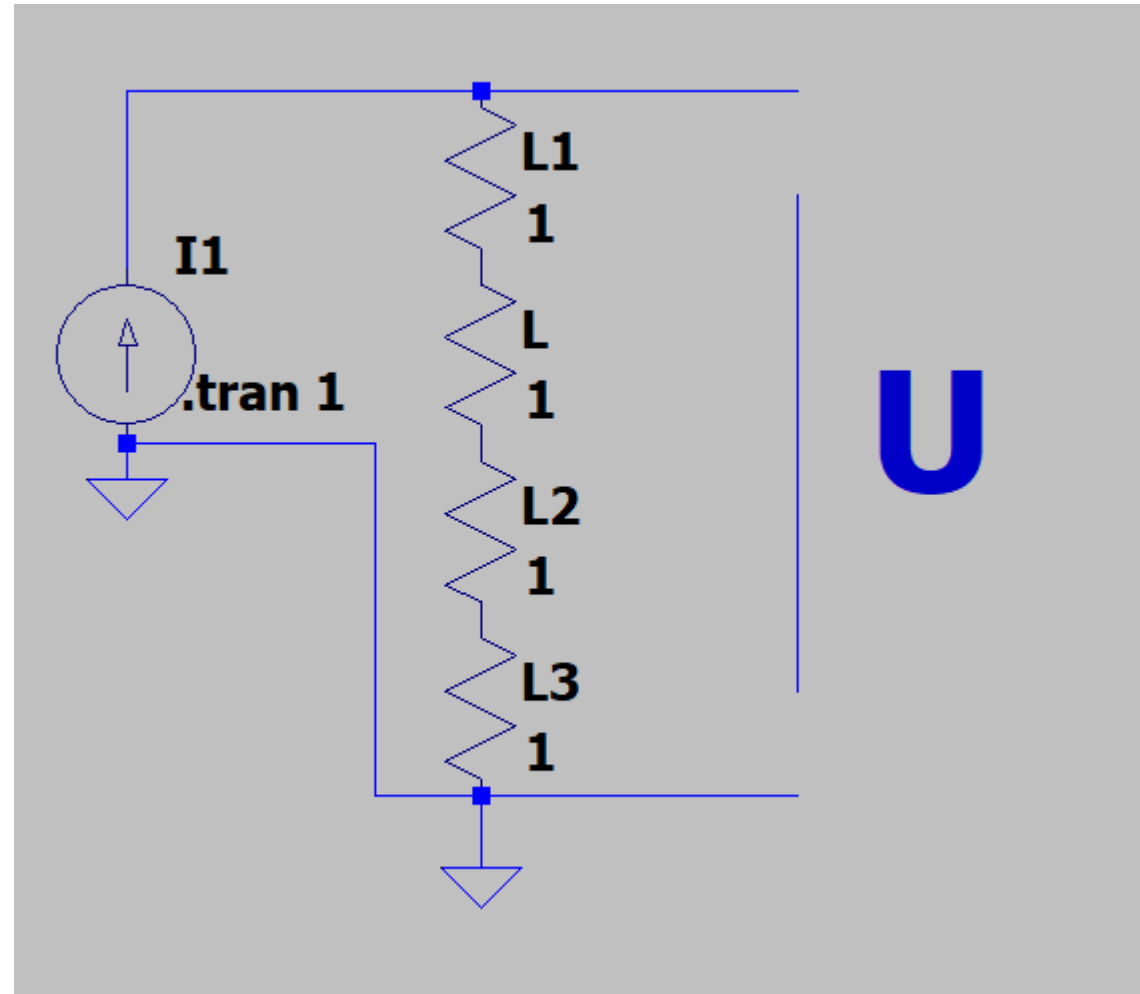
s ~ 4 cm pro Meter





VDB-Forum 2021

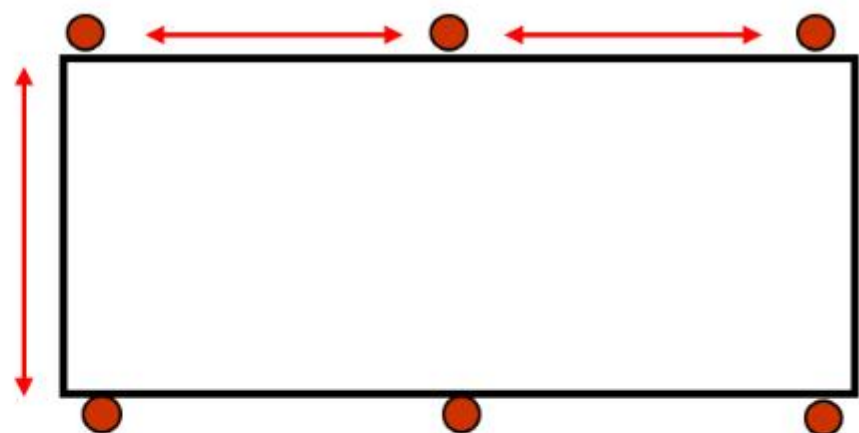
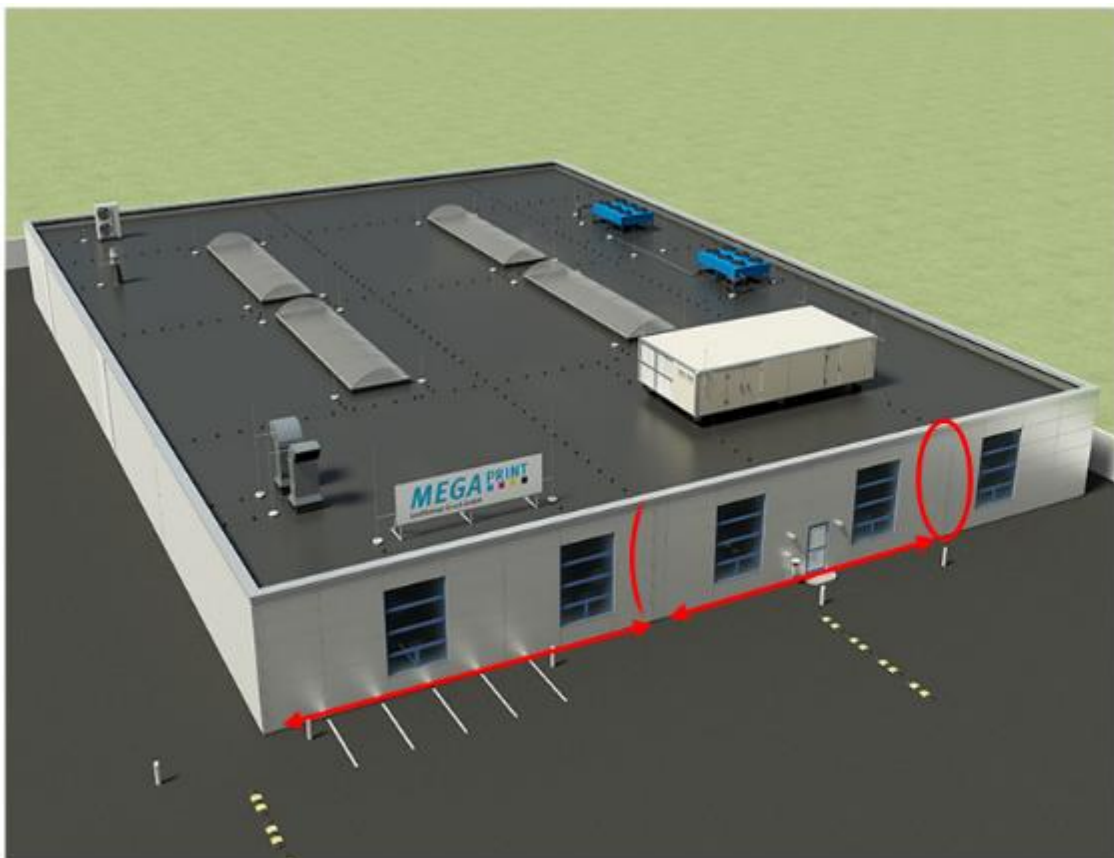
VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



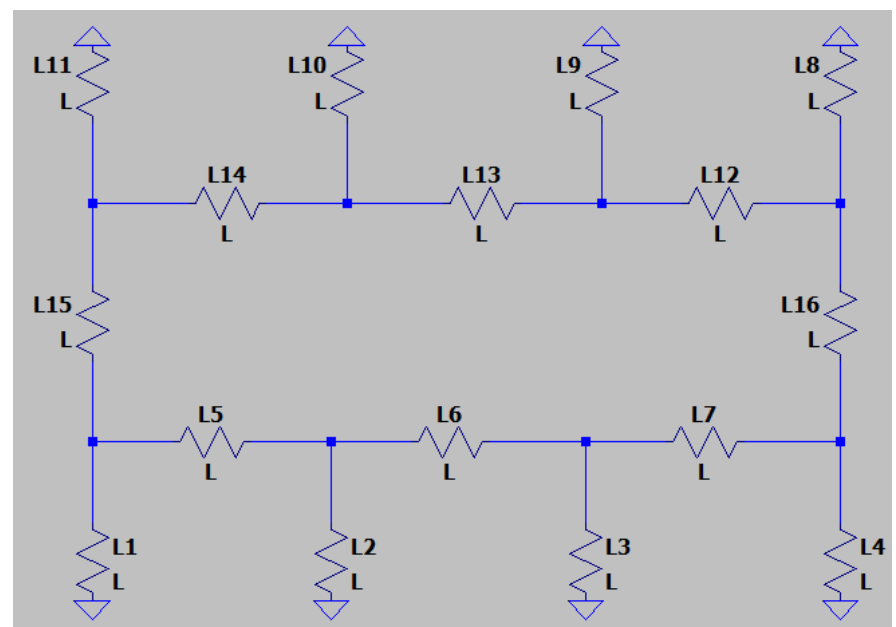


VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Draufsicht eines Gebäudes



Electrical insulation of external lightning protection systems

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot L(m)$$

- k_i - depending on the chosen protection class of the LPS (Lightning Protection System)
- k_m - depending on the electrical insulation material (see table 11);
- k_c - depending on the lightning current, which flows in the conductors (see table 12);
- L - the length along the interception device, or the length of the conductor on which the separation distance shall be calculated to the next point to the equipotential bonding or the earthing.

Zwei Möglichkeiten:

- vereinfachtes Verfahren
- detaillierte Berechnung

Vereinfachtes Verfahren:

- Fundamenterder oder Ringerder oder verbundene Tiefenerder
- im Dachbereich verbundene Ableitungen

$$S = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times L$$

Anzahl der Ableitungen -n-	K_c
1 (nur im Fall eines getrennten Blitzschutzsystems)	1
2	0,66
3 und mehr	0,44

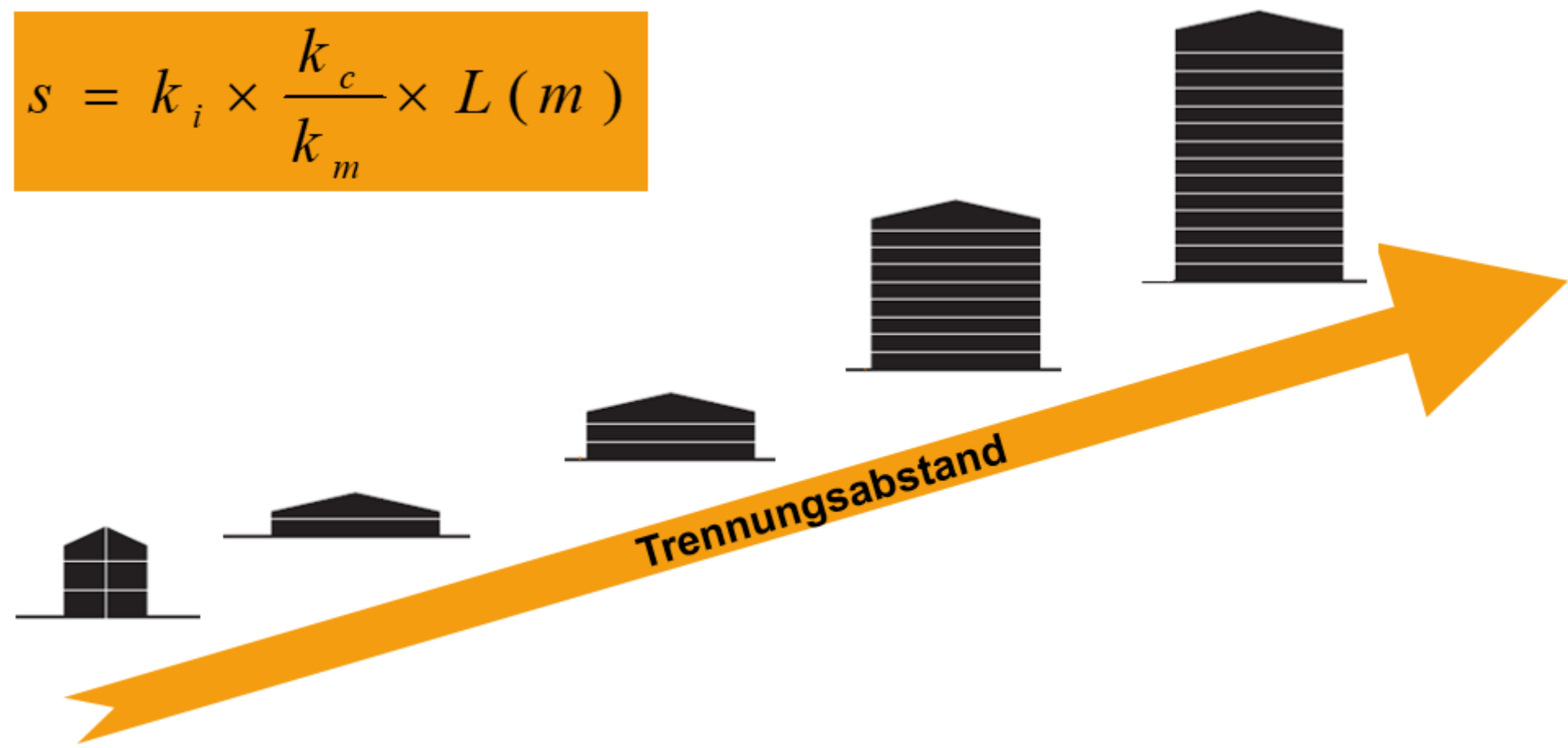


VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



$$s = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times L (m)$$



$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot (k_{c1} \cdot l_1 + k_{c2} \cdot l_2 + k_{c3} \cdot l_3)$$

Aufgrund der Summenformel der DIN VDE 0185-305-3 (und Anhänge) bietet sich eine simulierte Berechnung besonders für komplizierte Gebäude an.

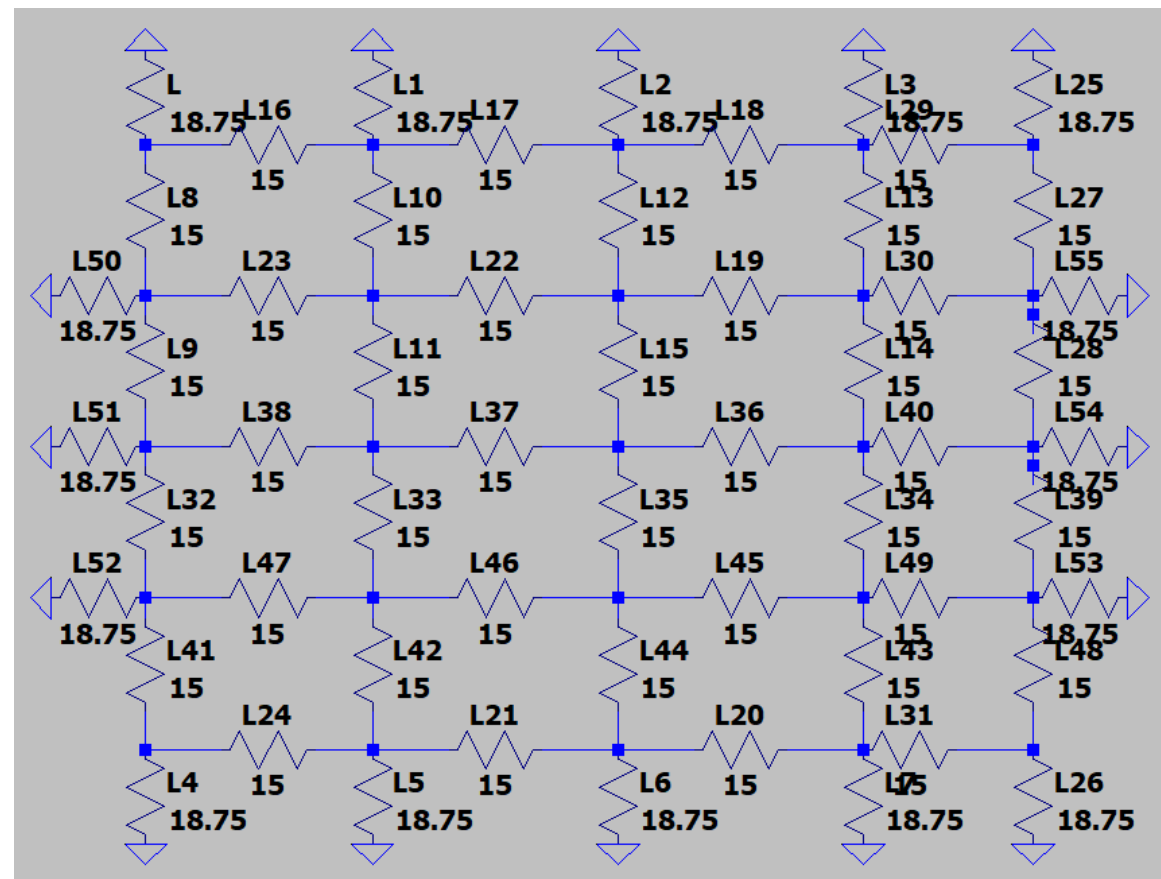
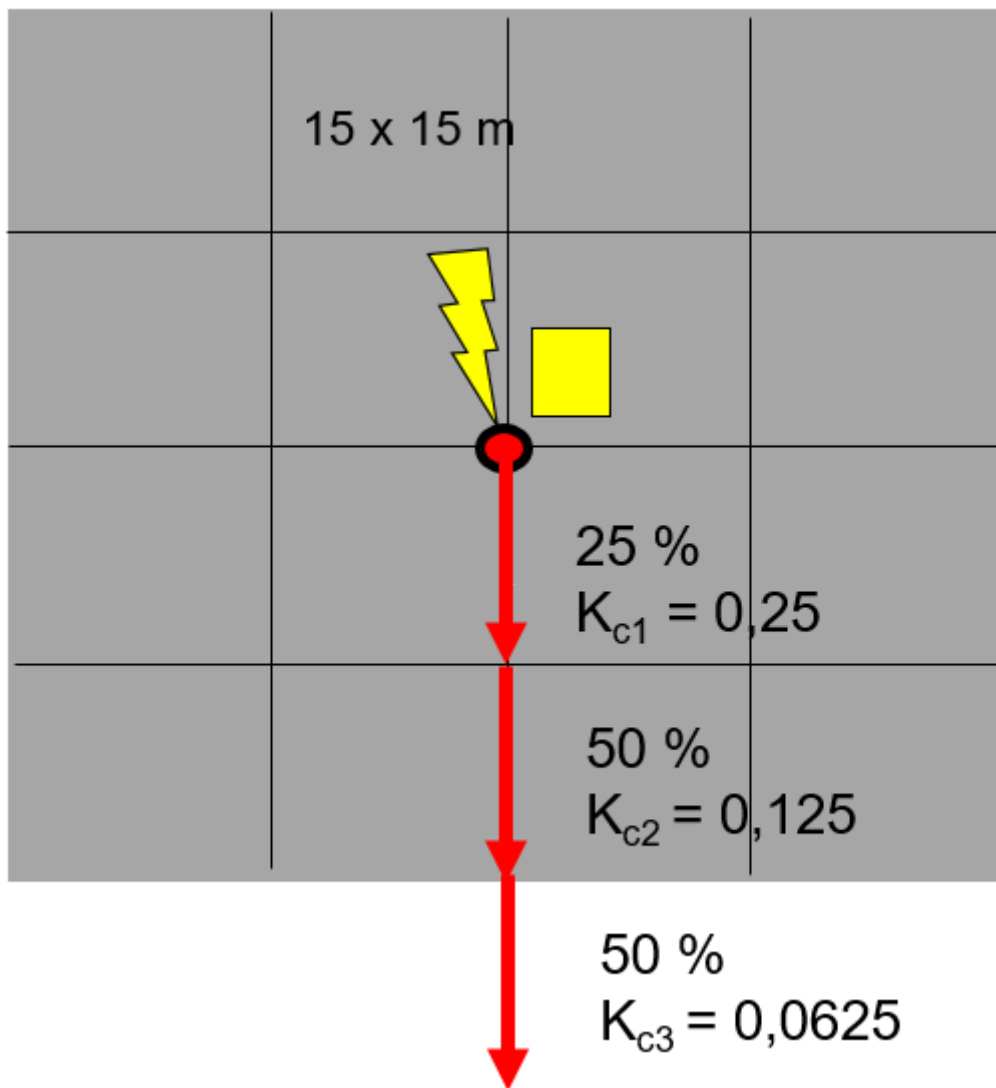
Einfache Simulationsssoftwarelösungen für elektronische Schaltungen stehen zu Verfügung:

- MicroCap**
- LTSpice**
- Pspice**
-**



VDB-Forum 2021

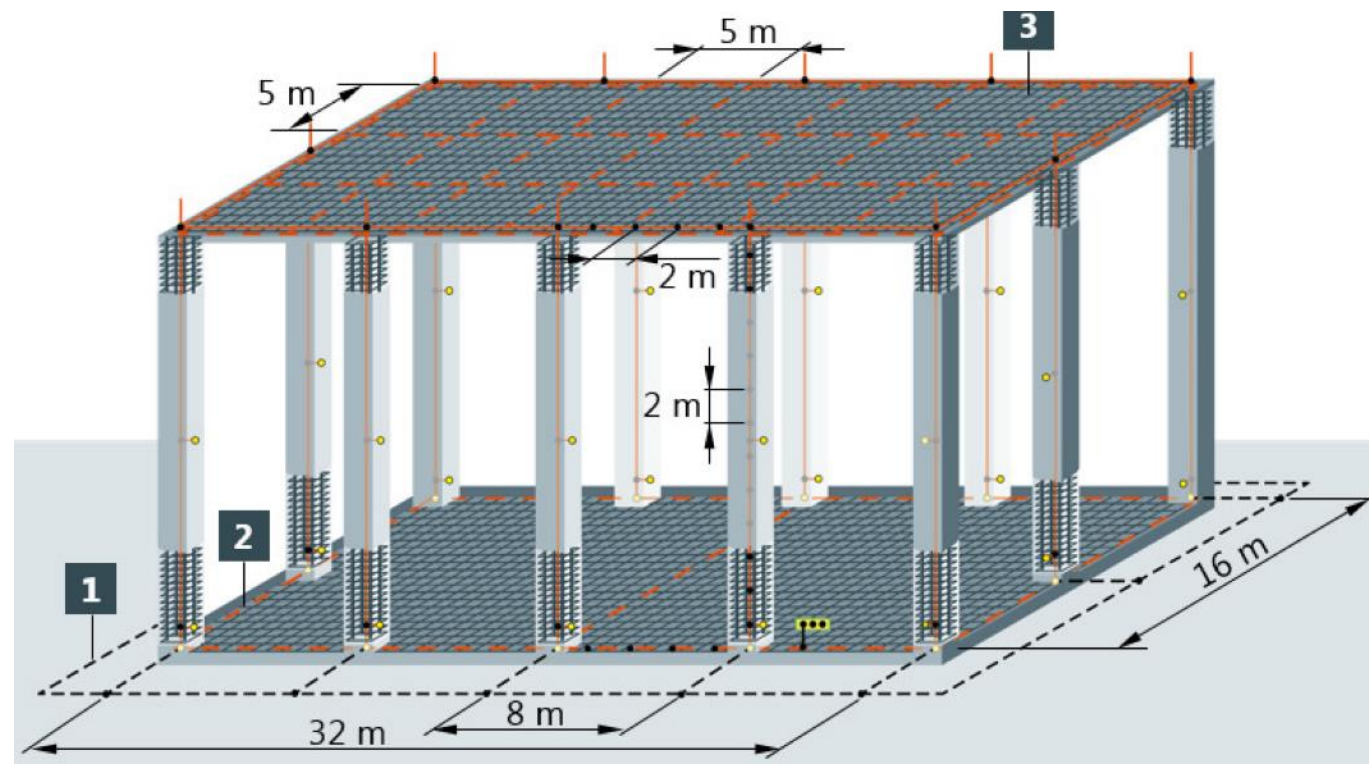
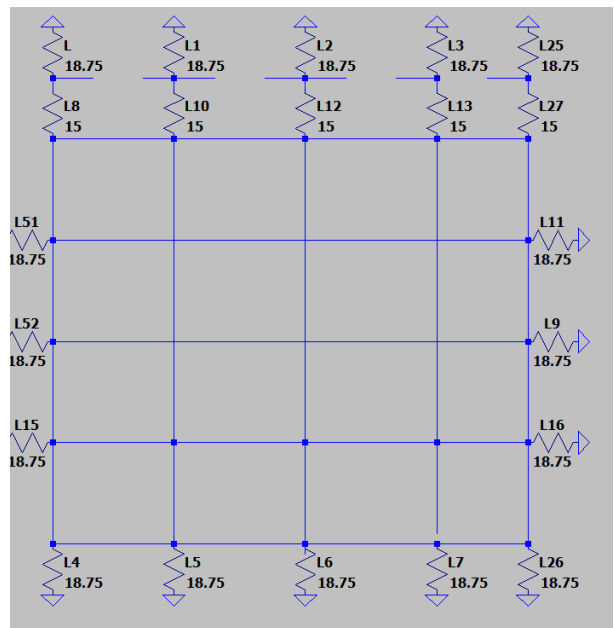
VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln





VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Äquipotentialfläche



$$s = k_i \frac{k_C}{k_m} l \text{ (m)}$$

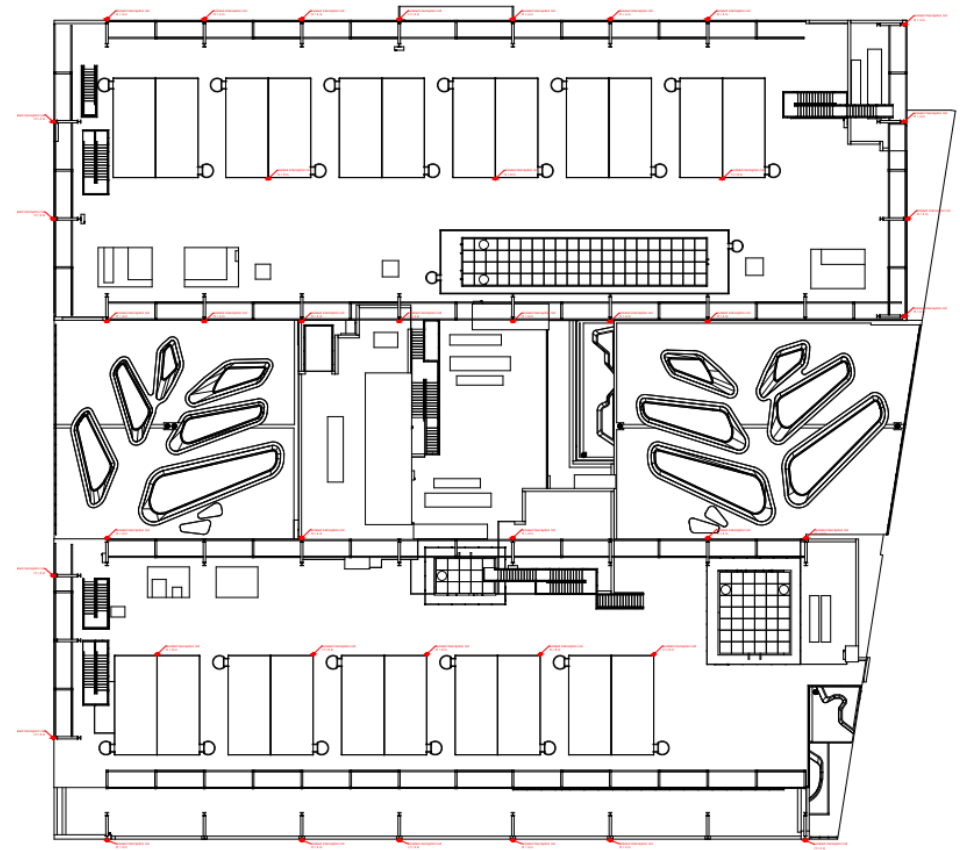
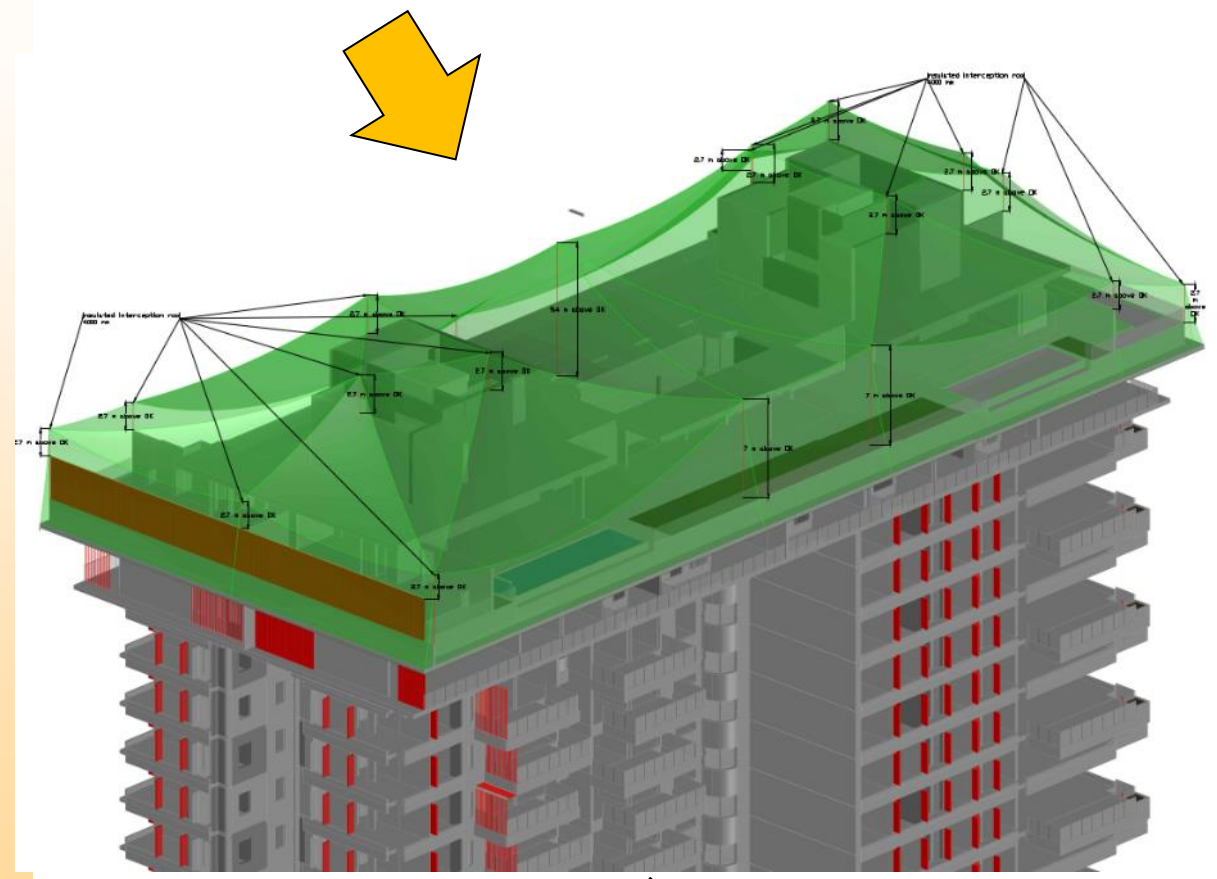
$$k_C = 1/n$$





Zusätzlicher Trennungsabstand → Dach

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



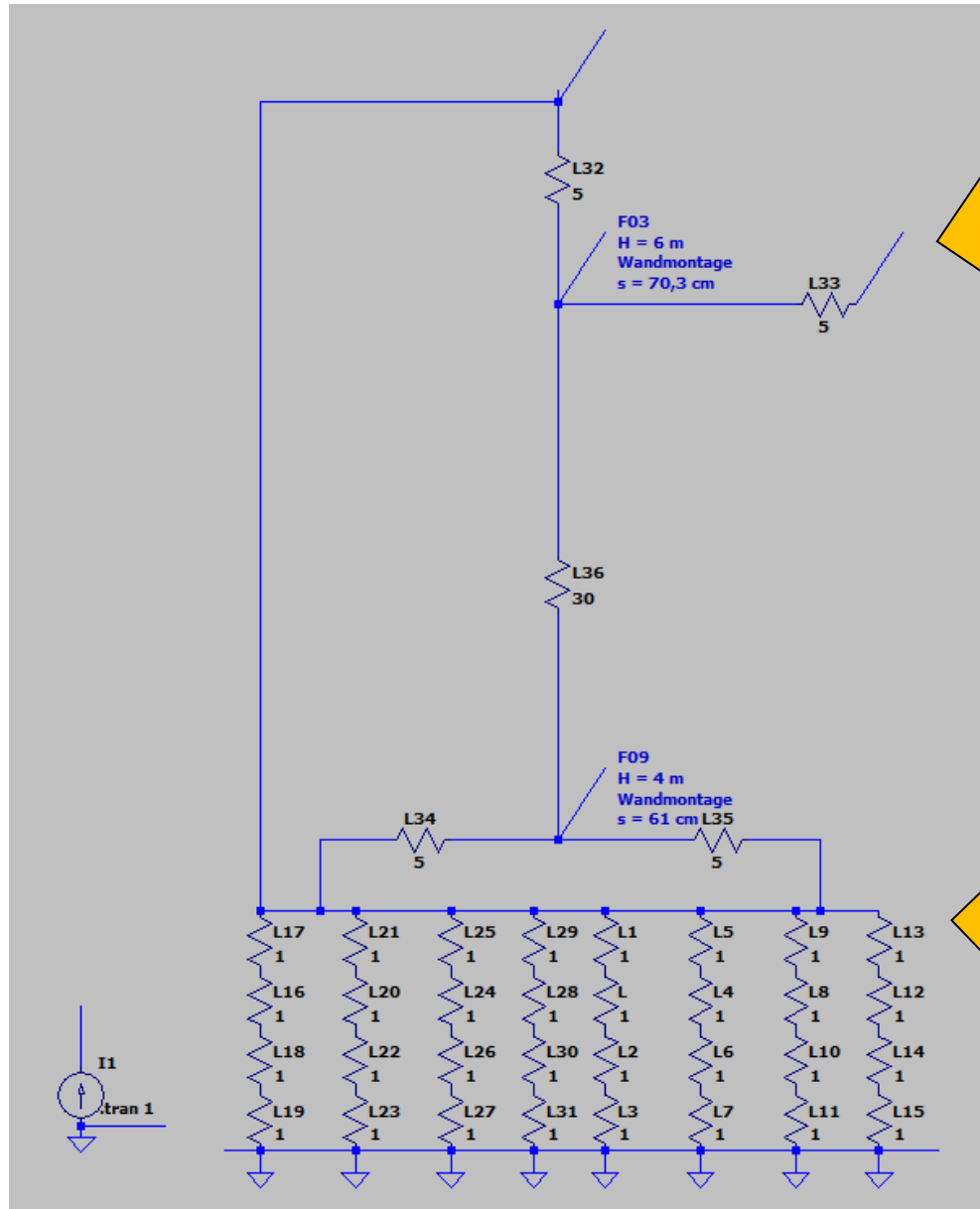
Offset-Trennungsabstand der Äquipotentialfläche





VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

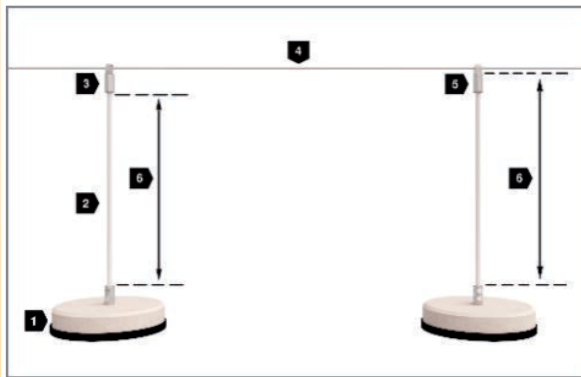


**Zusätzlicher Trennungsabstand
→ Dach**

**Offset-Trennungsabstand
der Äquipotentialfläche**

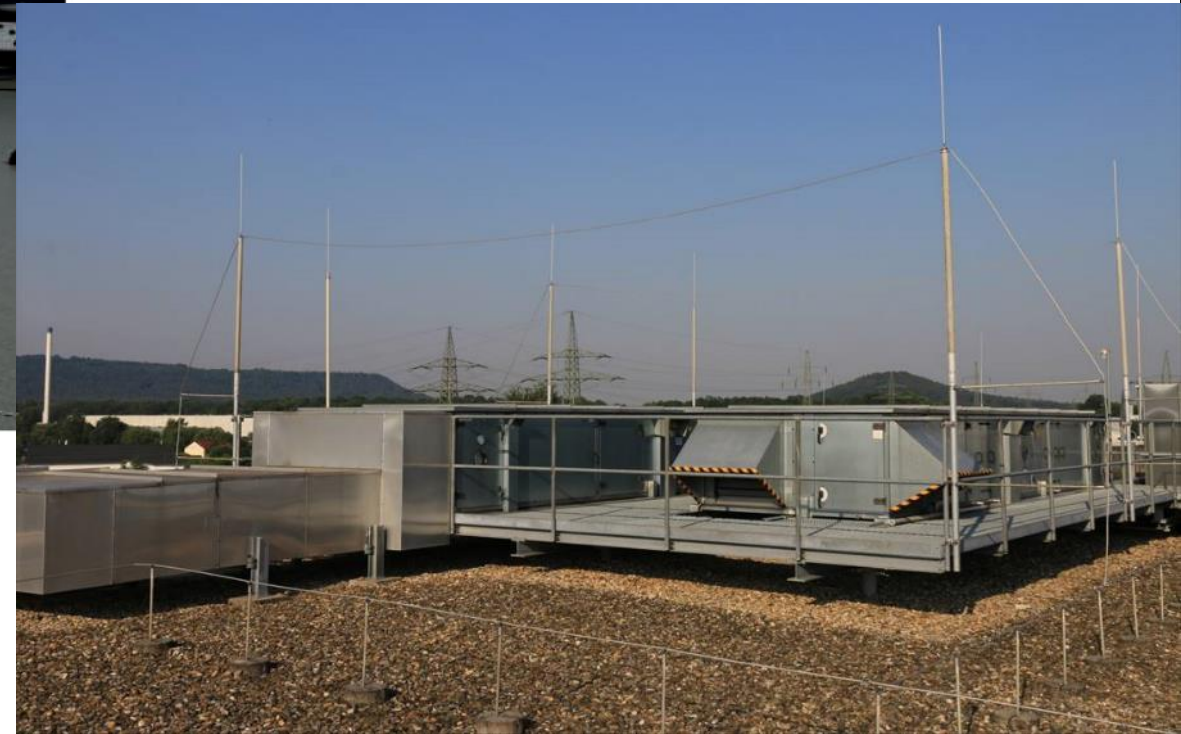


VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



1	Befestigungsfuß
2	Isolator
3	Metallener Halter
4	Konventionelle Ableitung
5	Halter aus Kunststoff
6	Trennungsabstand

Bildquelle: OBO Bettermann



Bildquelle: DEHN SE

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Bildquelle: OBO Bettermann



Bildquelle: DEHN SE

VDB-Forum 2021

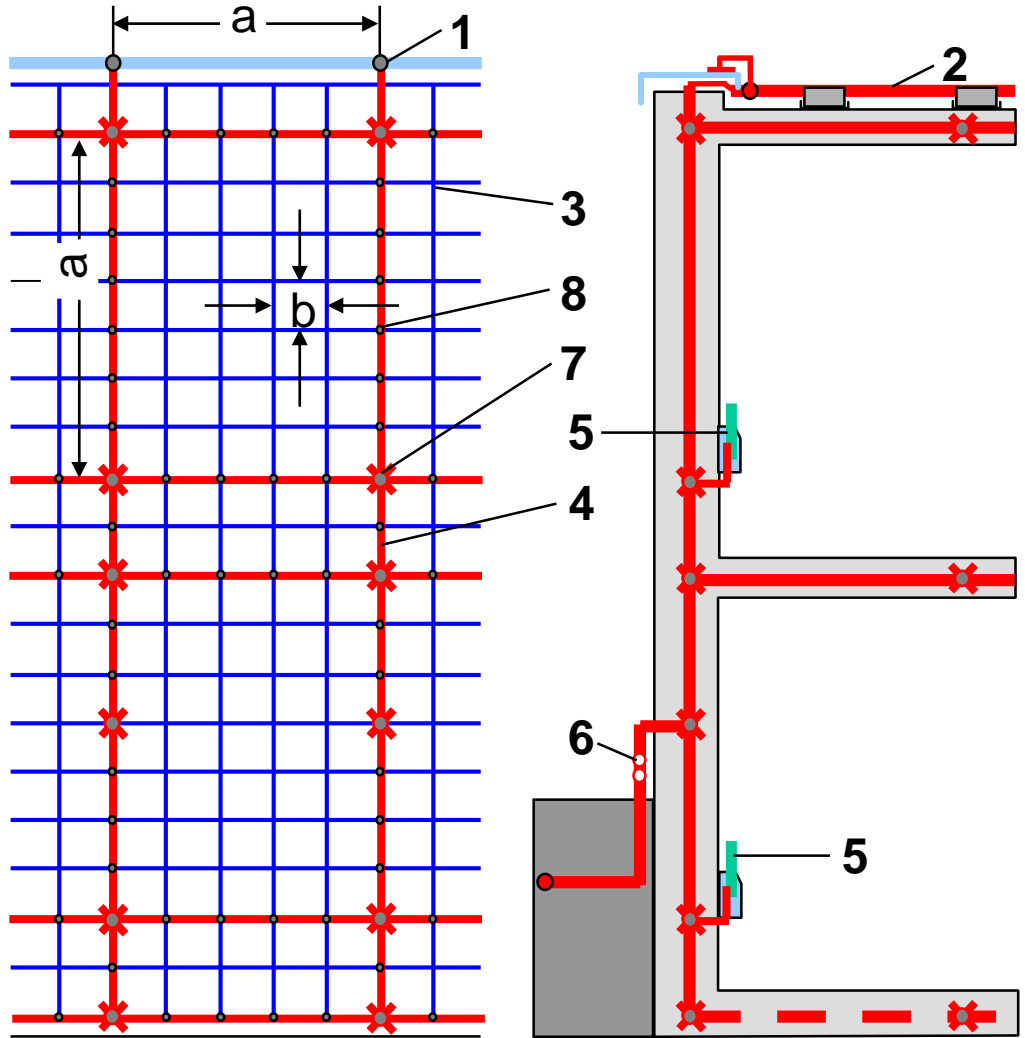
VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Thema: Berührungsspannung / Schrittspannung Poolbereiche:

- Blitzschutzklasse 1 oder max. 2
- 2,5 m
- Berührungsspannung
- Trennungsabstand
- Schrittspannung
- → Hinweisschilder + organisatorischer Blitzschutz (Bereiche sind bei Gewitter zu verlassen)



VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Nutzung der Bewehrung als Ableitungseinrichtung und Schirmung gegen LEMP

1. Verbindung zwischen Fangeinrichtung und Ableitungen
2. Fangleitung
3. Bewehrung
4. Ableitung und Ringleiter
5. Potentialausgleichsschiene des inneren Blitzschutzes
6. Prüfklemme
7. stromtragfähige Verbindung
8. Klemm- oder Schweißverbindung
9. typische Abmessungen:
 $a \leq 5 \text{ m}$, $b \leq 1 \text{ m}$

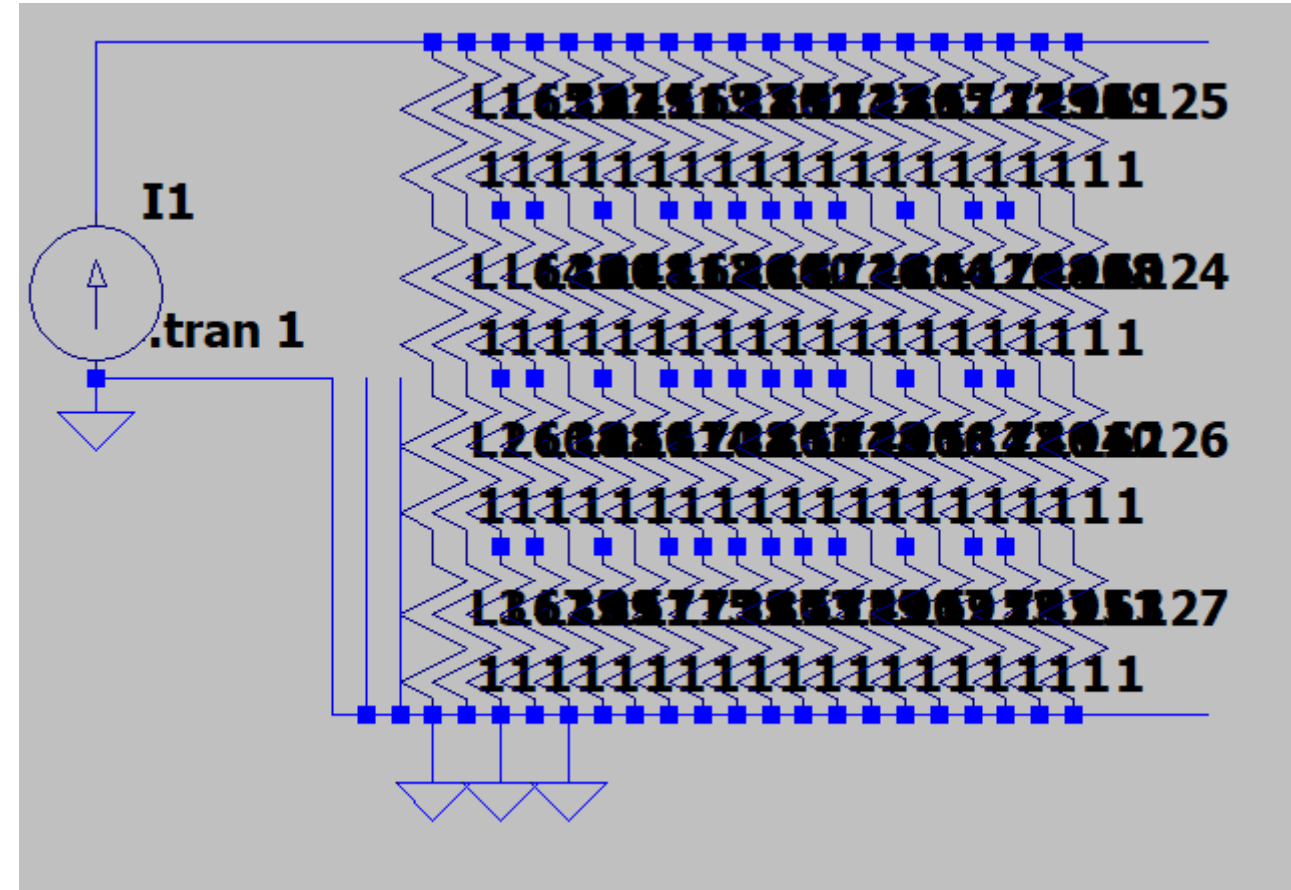
Quelle: DIN VDE V 0185 -305-4

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



a	Maschenweite Ableitung = 5 m
b	Maschenweite Bewehrung = 1 m

$$U_{neu} = U / \text{unendlich} = 0 \text{ (Offset)}$$



Schutzkonzept für Gebäude mit einer Höhe $\geq 30\text{m}$ -> Blitzschutz-Potentialausgleich

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

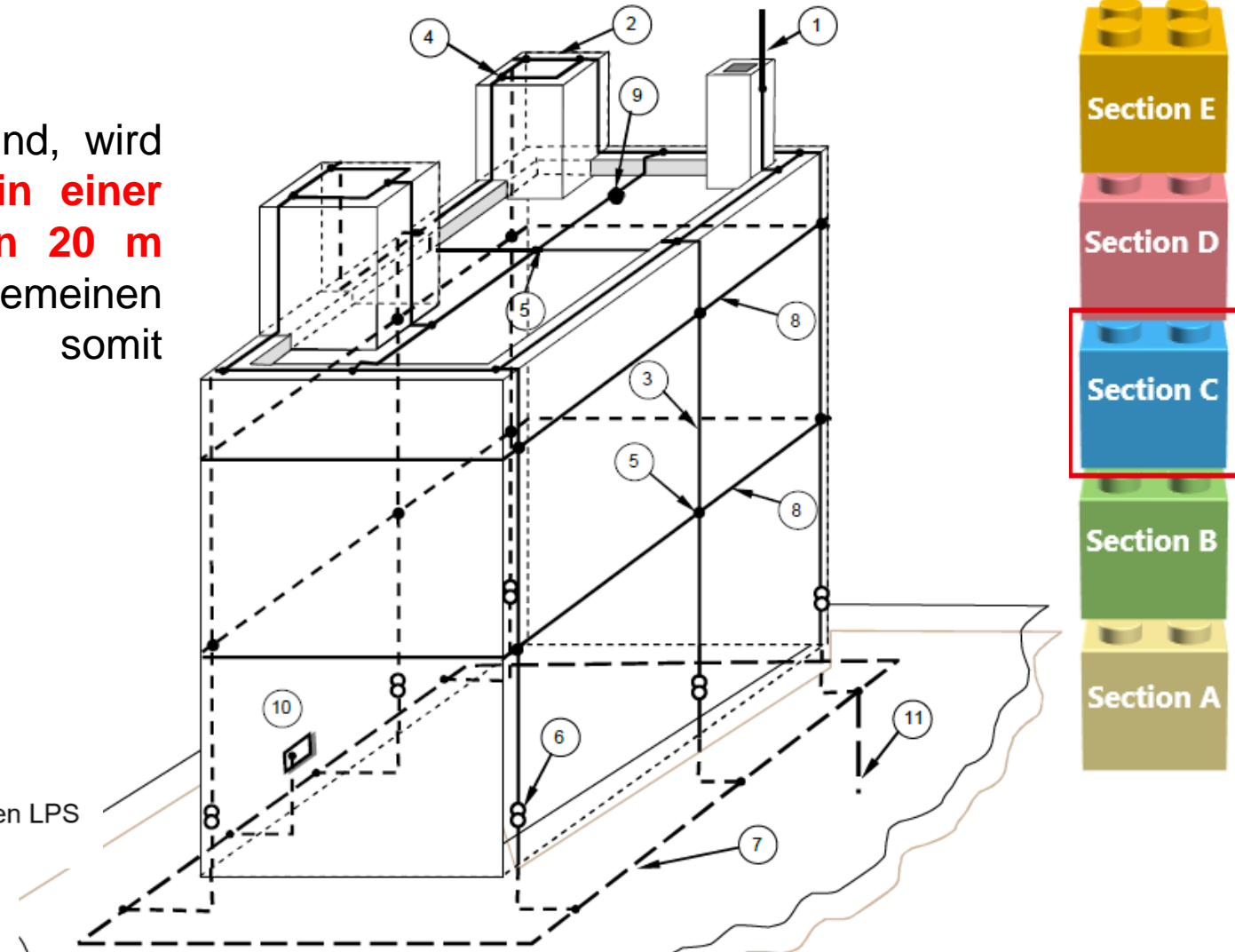
E.6.2 Blitzschutz-Potentialausgleich

E.6.2.1 Allgemein

Für Gebäude, die höher als 30 m sind, wird empfohlen, den **Potentialausgleich in einer Höhe von 20 m und alle weiteren 20 m darüber zu wiederholen**. Im Allgemeinen werden die Trennungsabstände somit eingehalten.

Legende

- 1 Fangstange
- 2 waagerechte Fangleitung
- 3 Ableitung
- 4 T-Klemme
- 5 Kreuzklemme
- 6 Messstelle
- 7 Erderanordnung Typ B, Ringerder
- 8 Potentialausgleichsringleitung
- 9 Flachdach mit Dachaufbauten
- 10 Anschluss für die Potentialausgleichsschiene des inneren LPS
- 11 Tiefenerder

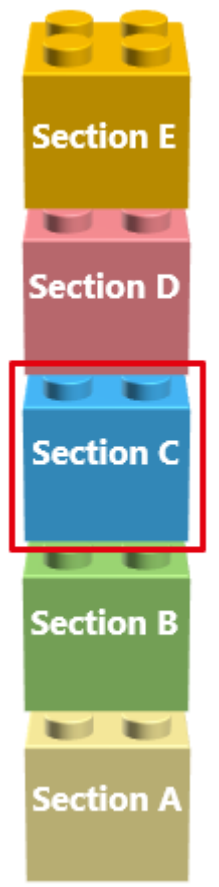
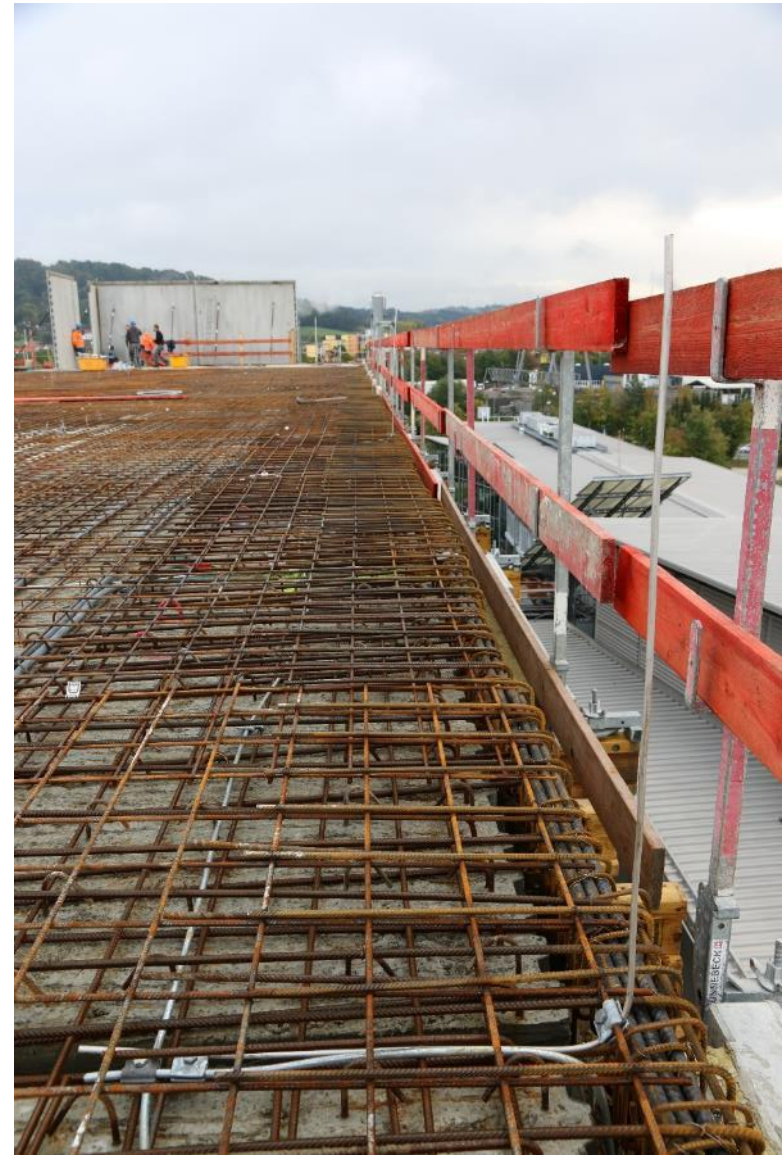




VDB-Forum 2021

Anschlussfahnen zum Anschluss der Vorhangfassade

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Bildquelle: DEHN SE

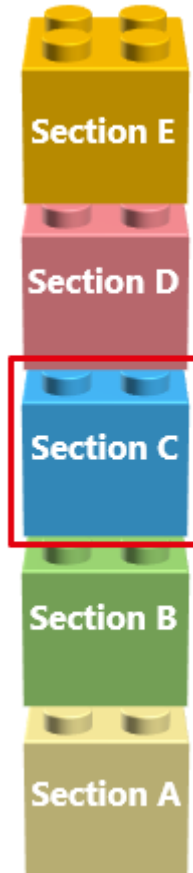


Galvanische Kopplung - Die Blitzspannung in einem Gebäude gefährdet die Versorgungssicherheit

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Bildquelle: DEHN SE

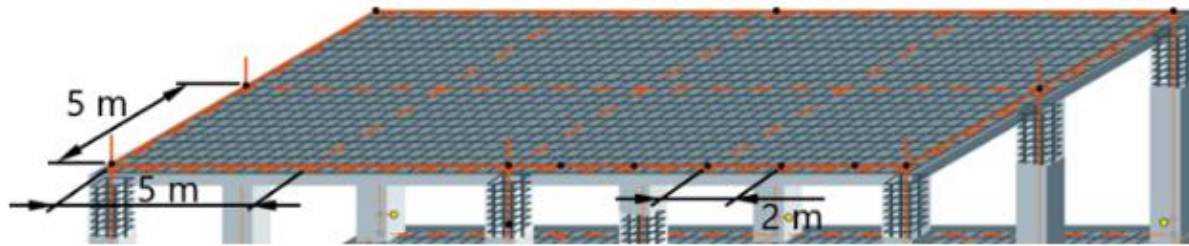


VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

5.3 Potentialausgleichsnetzwerk

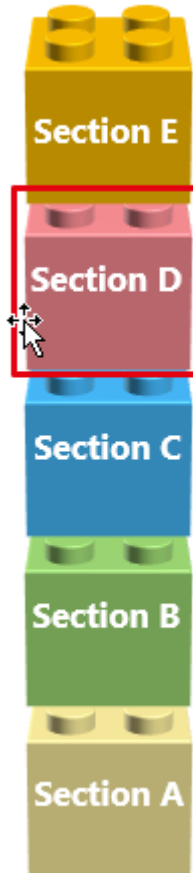
Zur Vermeidung gefährlicher Potentialunterschiede zwischen allen Betriebsmitteln in der inneren LPZ ist ein Potentialausgleichsnetzwerk mit niedriger Impedanz erforderlich. Ein derartiges Potentialausgleichsnetzwerk verringert auch das magnetische Feld.

Es kann als dreidimensionales vermaschtes Potentialausgleichsnetzwerk mit einer typischen Maschenweite von 5 m aufgebaut werden. Dies erfordert die vielfache Verbindung aller metallenen Teile in und an der baulichen Anlage (wie Betonbewehrung, Aufzugsschienen, Krane, ...).



Empfehlung DEHN

In den oberen 20 % des Gebäudes wird empfohlen, in jeder Etage eine Äquipotentialfläche auszubilden.



VFF Merkblatt FA.01: 2018 Potentialausgleich und Blitzschutz von Vorhangfassaden

6.3 Fassade als Bestandteil des Äußeren Blitzschutzes

6.3.1 Fassade als **Fangeinrichtung**

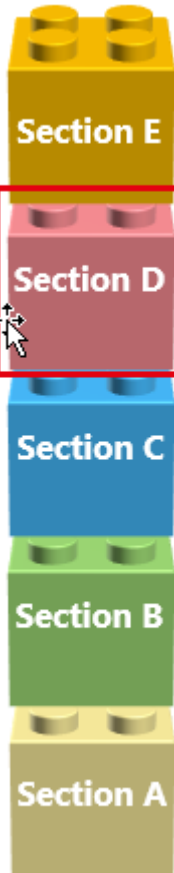
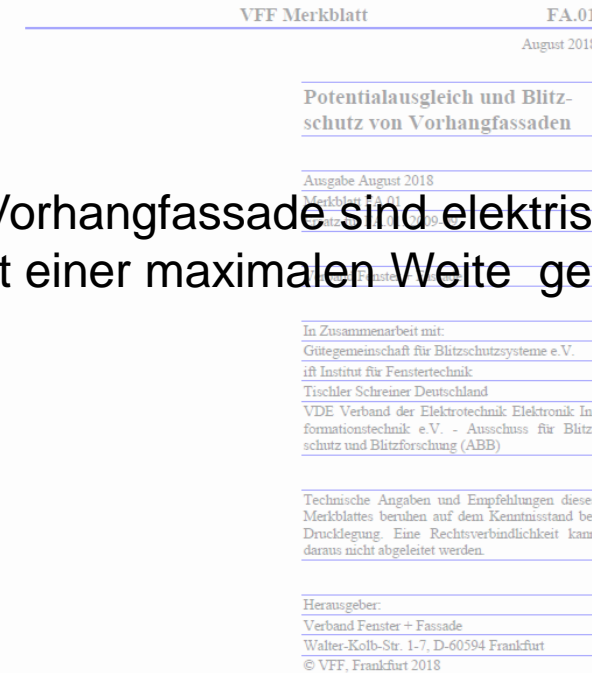
Außenliegende leitende horizontale und vertikale Profile der Vorhangfassade sind elektrisch leitend untereinander so zu verbinden, dass sich Maschen mit einer maximalen Weite gemäß Tabelle 3 ergeben.

Tabelle 3: Maximale Maschenweite für Fangeinrichtung

Blitzschutzklasse	Maschenweite
I	5 m
II	10 m
III	15 m
IV	20 m

Quelle: EN 62305-3: 2011 (VDE 0185-305-3) Tabelle 2

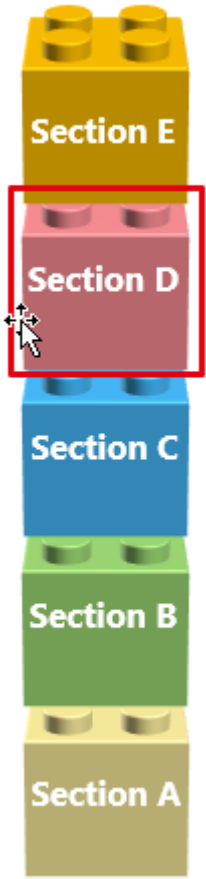
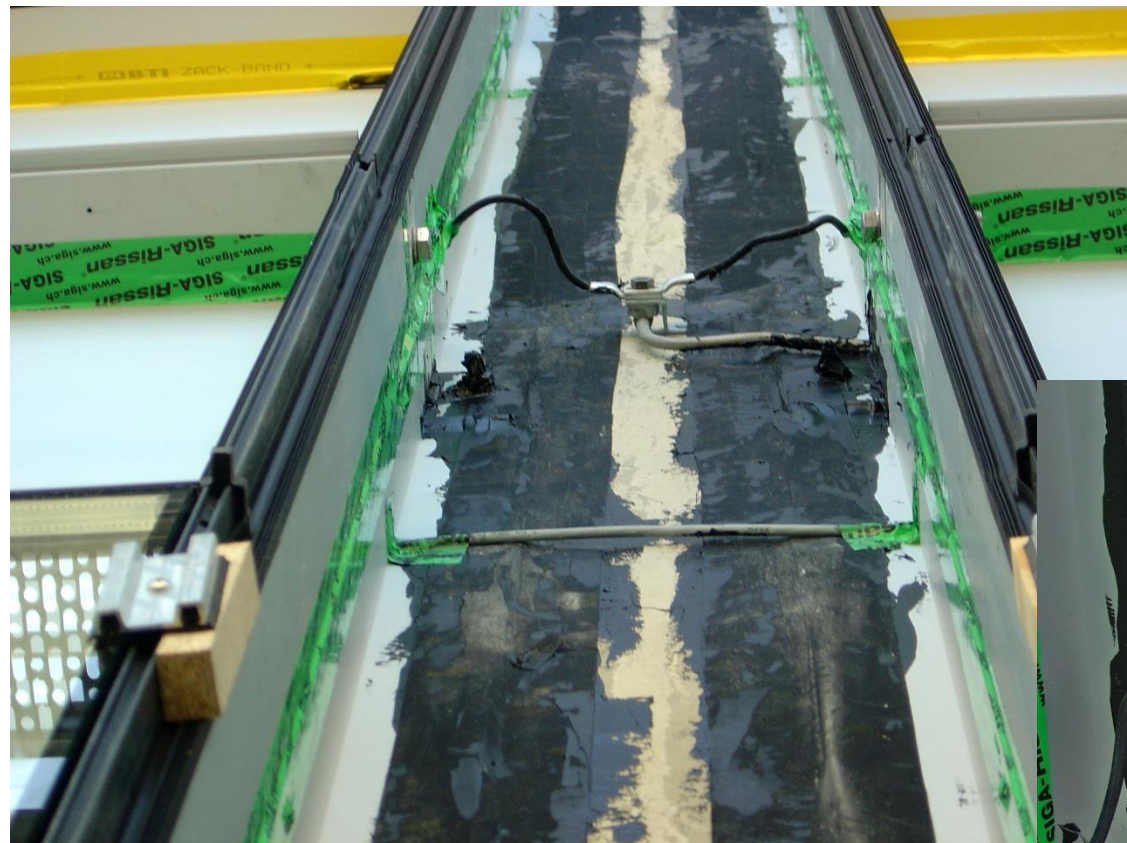
Lit.: VFF Merkblatt FA 01: 2018-08





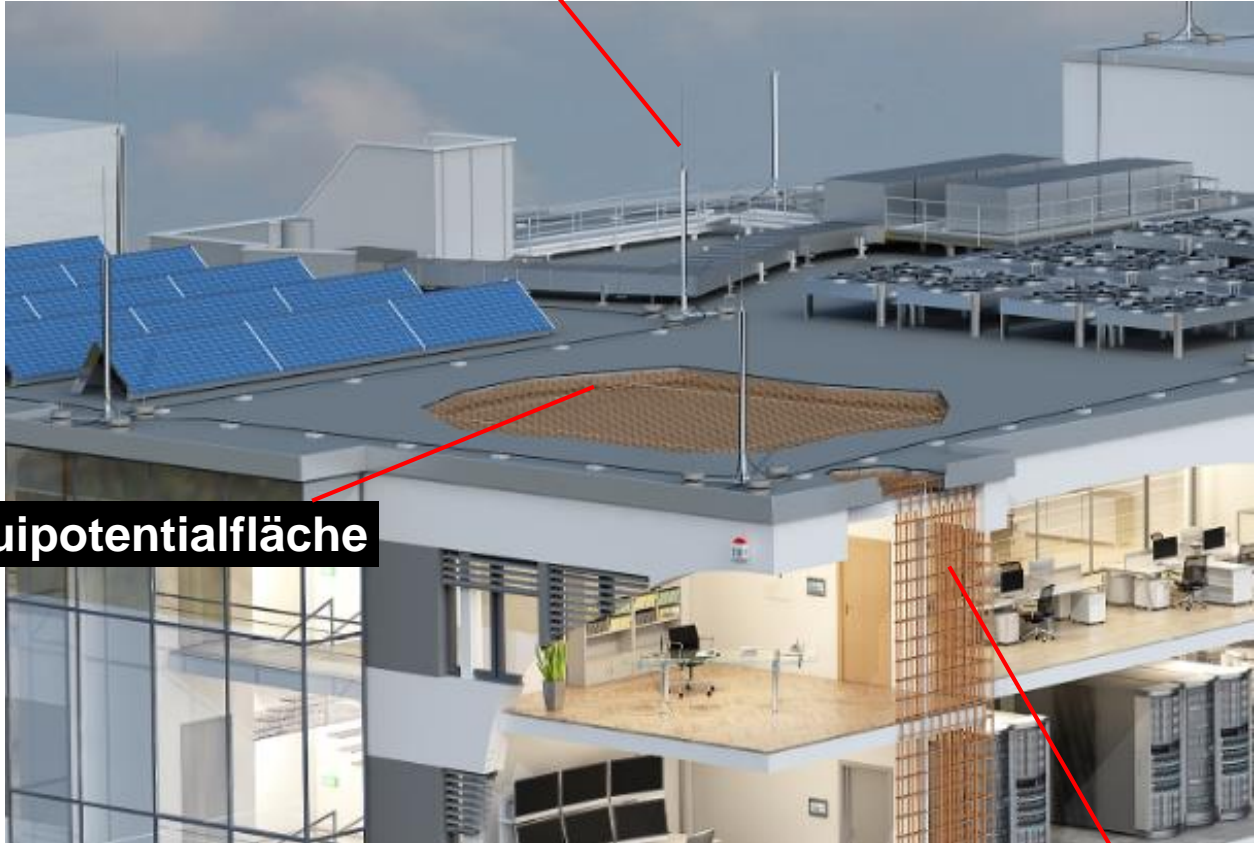
VDB-Forum 2021

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Isoliertes Blitzschutzsystem



Äquipotentialfläche



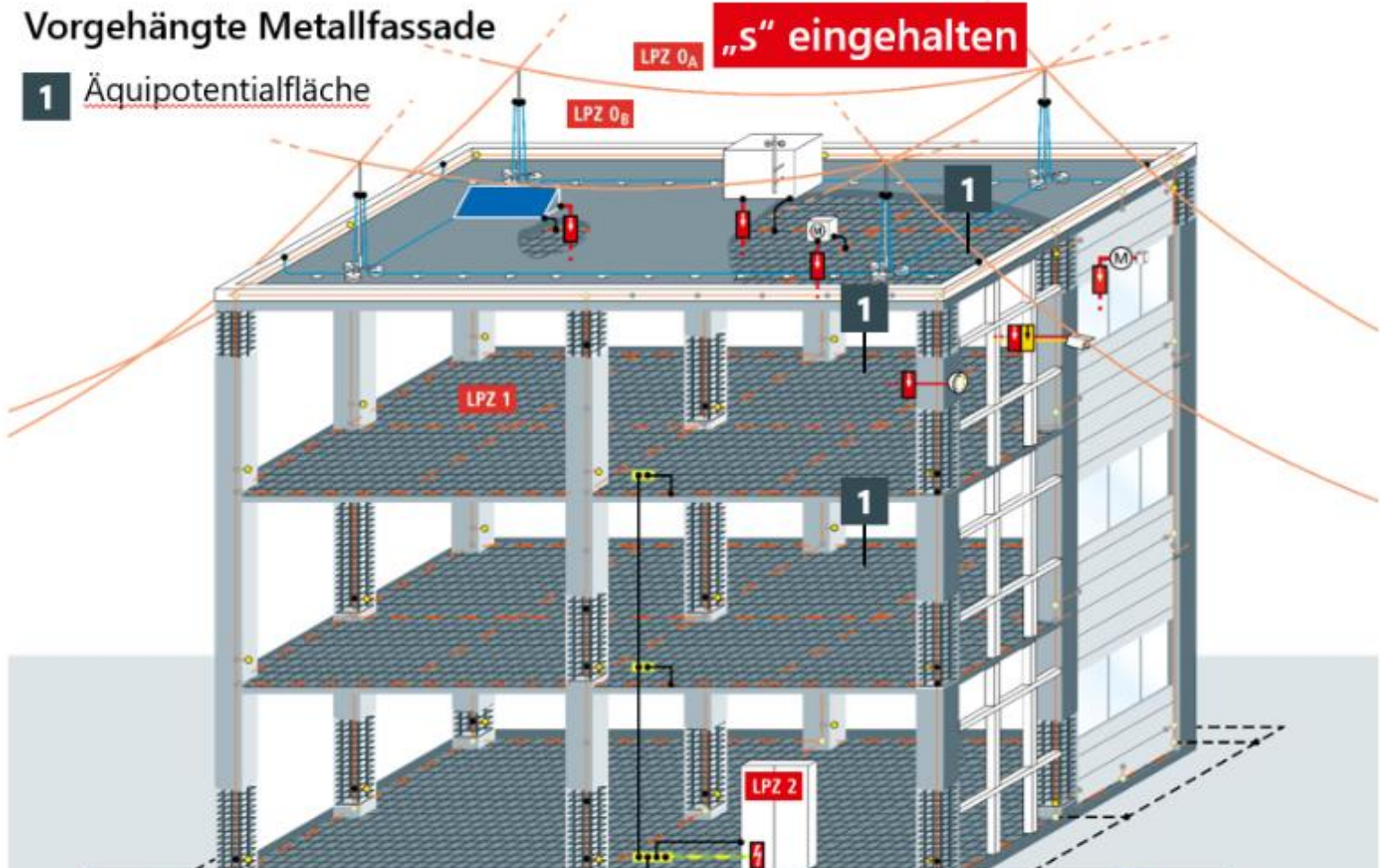
Innenliegende Ableitungen, welche mit der Bewehrung verbunden sind.

Bildquelle: DEHN SE

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Vorgehängte Metallfassade

1 Äquipotentialfläche



Hinweis: Keine Gebäudeschirmung nach DIN EN 62305-4

- Blitzschutz-Potentialausgleich
Blitzstrom-Ableiter
- örtlicher Potentialausgleich
Überspannungs-Ableiter
- Funktionserdung
- Niederspannungsversorgungs-System
- Fangeinrichtung
- Potentialausgleich
- Erdungsfestpunkt
- LPZ** Blitz-Schutzzone

LPL	Empfehlung Typ 2-Ableiter	Empfehlung Typ 2-Ableiter
LPL I	Nennableitstoßstrom I_n 20 kA (8/20 μ s) / Pol	Nennableitstoßstrom I_n 10 kA (8/20 μ s) / Ader
LPL II	Nennableitstoßstrom I_n 15 kA (8/20 μ s) / Pol	Nennableitstoßstrom I_n 10 kA (8/20 μ s) / Ader
LPL III / IV	Nennableitstoßstrom I_n 10 kA (8/20 μ s) / Pol	Nennableitstoßstrom I_n 10 kA (8/20 μ s) / Ader

Bildquelle: DEHN SE



Vorgehängte Metallfassade

1 Äquipotentialfläche

„s“ nicht eingehalten

Oberste Decke keine Äquipotentialfläche!



Kann der Trennungsabstand **nicht** eingehalten werden, müssen Typ 1-Ableiter installiert werden.

Bildquelle: DEHN SE

LPL	I_{total} [kA] [10/350 μ s]	I_{imp} [kA] / Pol	
		einphasig	dreiphasig
I	100	50	25
II	75	37,5	17,5
III und IV	50	25	12,5

Hinweis: Keine Gebäudeschirmung nach DIN EN 62305-4

-   Blitzschutz-Potentialausgleich
Blitzstrom-Ableiter
-   örtlicher Potentialausgleich
Überspannungs-Ableiter
-  Funktionserdung
-  Niederspannungsversorgungs-System
-  Fangeinrichtung
-  Potentialausgleich
-  Erdungsfestpunkt
-  LPZ Blitz-Schutzzone



VDB-Forum 2021

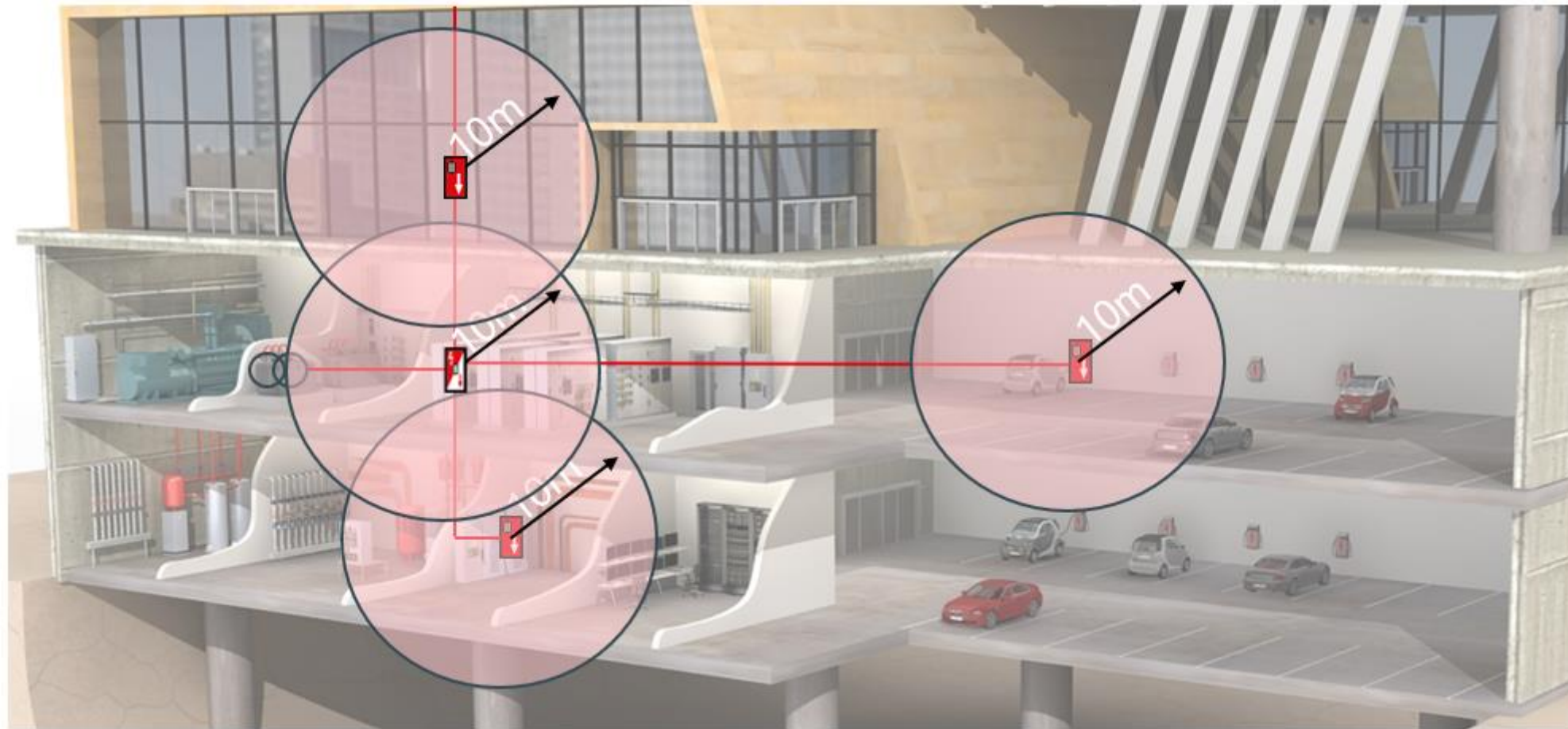
VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

100 kA



Bildquelle: DEHN SE

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln



Bildquelle: DEHN SE

VDB-Forum
12. Mai 2021
Köln

Blitzschutz bei hohen Gebäuden

Andreas König

OBO Bettermann Holding GmbH&Co.KG
Koenig.Andreas@obo.de

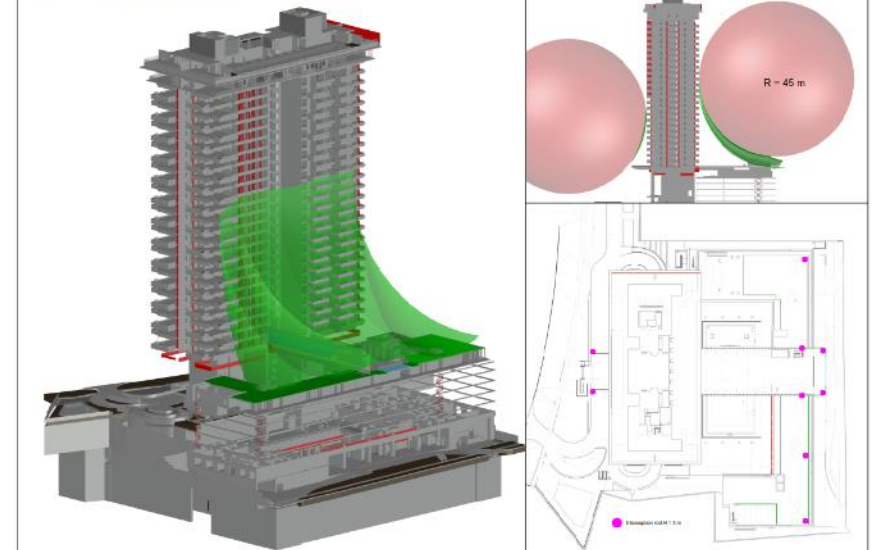
Dietmar Dürr

DEHN SE+Co.KG
Dietmar.Duerr@dehn.de



Bildquelle: DEHN SE

The external lightning protection system



Bildquelle: OBO Bettermann