



Schritt- und Berührungsspannung

Normative Anforderungen
Planungstools
Technische Lösungen

VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Autoren:

Prof. Dr. - Ing. Jan Meppelink

E-mail: janmeppelink@mac.com

Martin Mauermann

Fritz Mauermann GmbH & Co. KG

Folie Nr. 1





Hintergrund und Zielsetzung

Die Beine eines Menschen können in stehender Körperhaltung eine relativ weite Strecke überbrücken. Im Fall eines Blitzeinschlages können bei Menschen und Tieren, die sich im Spannungstrichter eines Blitzes befinden, Potentialdifferenzen zwischen den Beinen auftreten, die zu einer gefährlichen Spannungsbildung am Körper führen können.

Bereits in der Einleitung des Teil 3 der EN 62305 wird der Schutz vor Berührungs- und Schrittspannungen angesprochen.

Die Maßnahmen der Potentialsteuerung (Potentialausgleich durch eine vermaschte Erdungsanlage) gemäß Kapitel 8.2 sollen bewirken, dass gefährlich hohe Schrittspannungen auf ein ungefährliches Niveau reduziert werden.



Vorfälle gemäß Vortrag zum VDB-Forum November 2010:

Zeitungsbericht vom 28.06.2009:

Bei einem Blitzeinschlag in der Nähe einer Baumgruppe während des beliebten Römerfestes in Xanten (Nordrhein-Westfalen) sind am Samstag 13 Besucher verletzt worden. Sieben von ihnen hätten schwerste Verbrennungen erlitten, teilte die Polizei in Wesel mit. Ein 13-jähriges Mädchen und ein Mann konnten durch Rettungskräfte noch am Unglücksort wiederbelebt werden. Die anderen Opfer hätten Schocks erlitten, sagte ein Polizeisprecher.

Zeitungsbericht vom 09.08.2008:

Blitz trifft Fußballfeld - 32 Verletzte

Freitagabend - mehrere Mannschaften des SV Eintracht Wald-Michelbach treffen sich zum Training, als es plötzlich kracht und ein Blitz das Fußballfeld trifft. Mehrere Spieler sacken zu Boden. Einige der Opfer erleiden Herzrhythmus-Störungen, ein Junge und ein Mann werden mit Hubschraubern ins Krankenhaus gebracht.



Aktuellere Vorfälle:

Bericht vom 06.06.2016:

Das Festival-Gelände von "Rock am Ring" sah ohnehin schon aus wie eine Schlammwüste. Doch dann kam es noch schlimmer. 51 Besucher sind bei einem Blitzeinschlag verletzt worden, 15 von ihnen schwer, zwei musste reanimiert werden. Ein Gewitter hatte sich direkt über das Festival geschoben. Die Live-Auftritte wurden etwa eineinhalb Stunden lang unterbrochen. Rund 90.000 Fans mussten zum Beginn des dreitägigen Musikspektakels auf dem Flugplatz Mendig erst einmal ausharren. Starkregen zerstörte zahlreiche Zelte. Schon im vergangenen Jahr hatte das Wetter üble Folgen - damals wurden bei Blitzeinschlägen 33 Menschen verletzt. (Quelle: wetter.de)

Bericht vom 03.09.2017:

Blitz schlägt auf Festival in Frankreich ein – 15 Verletzte

Beim Einschlag eines Blitzes auf einem Festival-Gelände in Azerailles in der Region Grand Est in Frankreich sind am Samstag 15 Menschen verletzt worden. Eine etwa 60 Jahre alte Frau sowie ein 44-Jähriger wurden direkt vom Blitz getroffen und schwebten nach offiziellen Angaben in Lebensgefahr, berichteten französische Medien.

Das Gewitter war kurz vor Beginn des Festivals „Vieux Canal“ ausgebrochen. Der Blitz traf ein Zelt, unter dem die Menschen Schutz gesucht hatten. (Quelle: derwesten.de)



Normative Anforderungen:

- DIN EN 62305-3 (VDE 0185-3015-3):2011-10
- DIN EN 62305-3 Beiblatt 1 (VDE 0185-3015-3 Beiblatt 1):2012-10
- Ergänzende Normen:
 - DIN EN 509522 (VDE 0101-2):2011-11 EN 50022:2010. Erdung von Starkstromanlagen über 1 kV
 - IEEE Std 80-2013 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding

VDB Forum am
8. und 9. März
2019

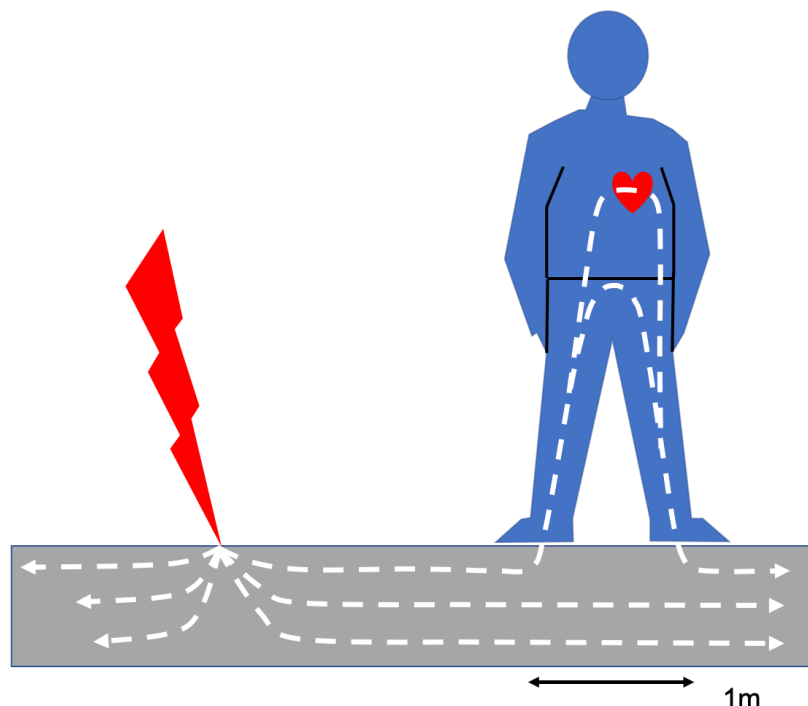
Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 5



Schrittspannung:

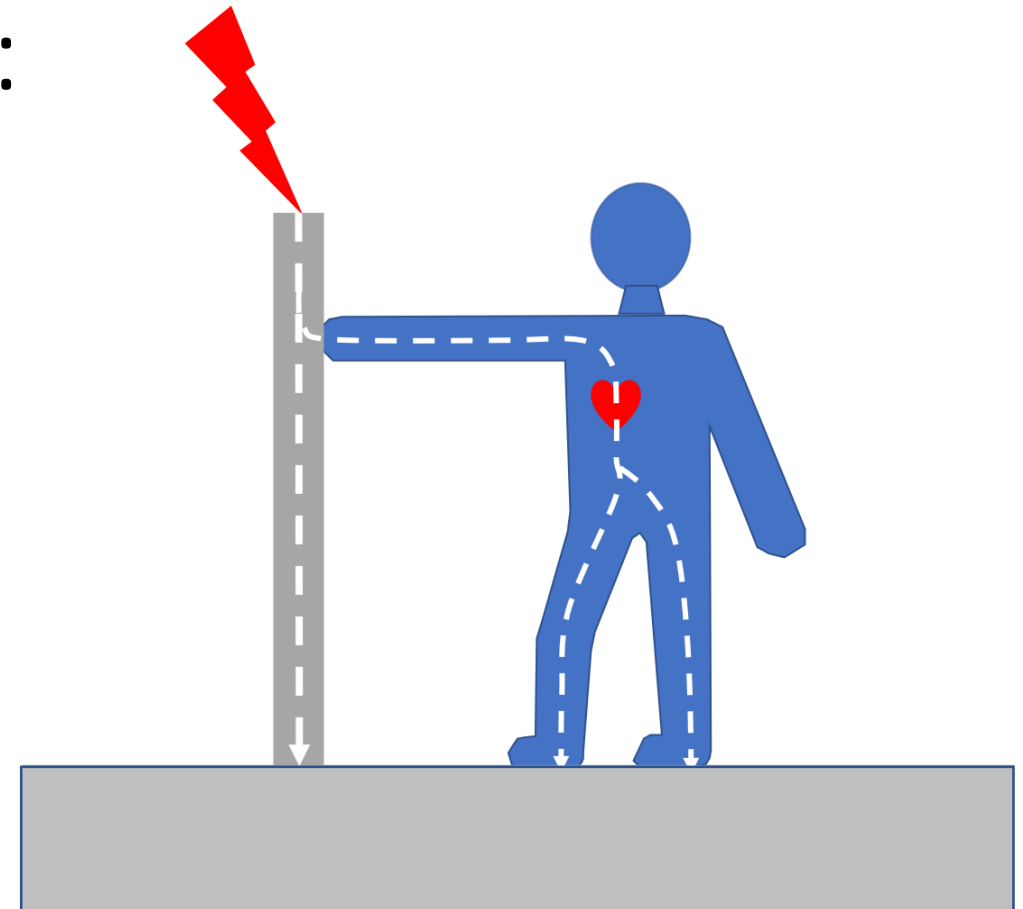
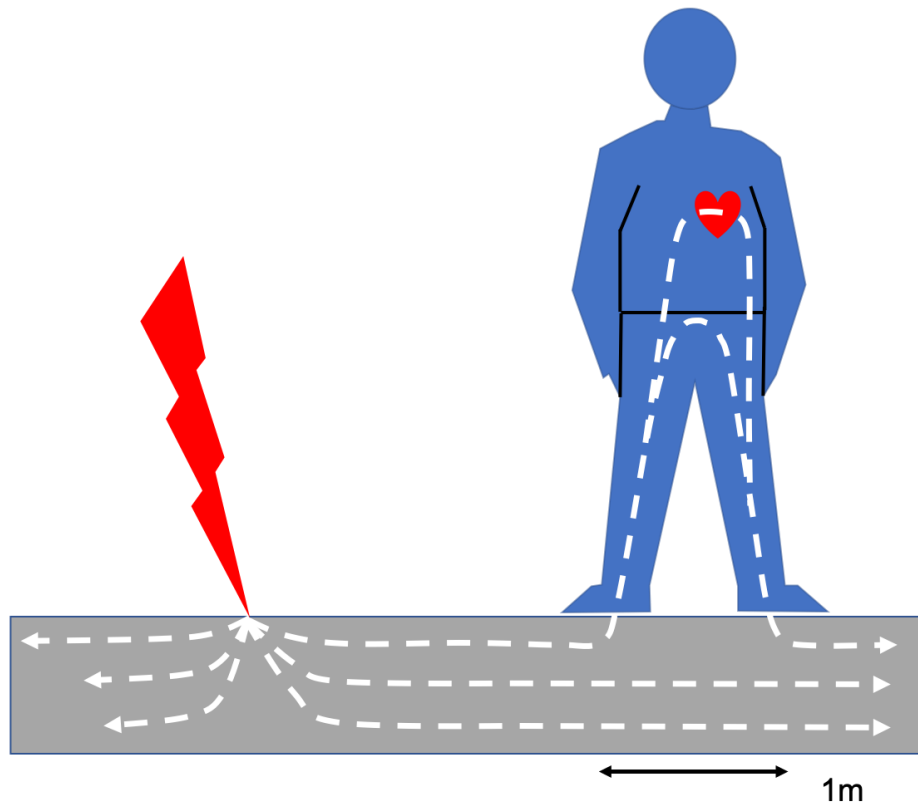
- Spannung zwischen zwei Punkten auf der Erdoberfläche, die 1 m voneinander entfernt sind, was als Schrittlänge eines Menschen angenommen wird.



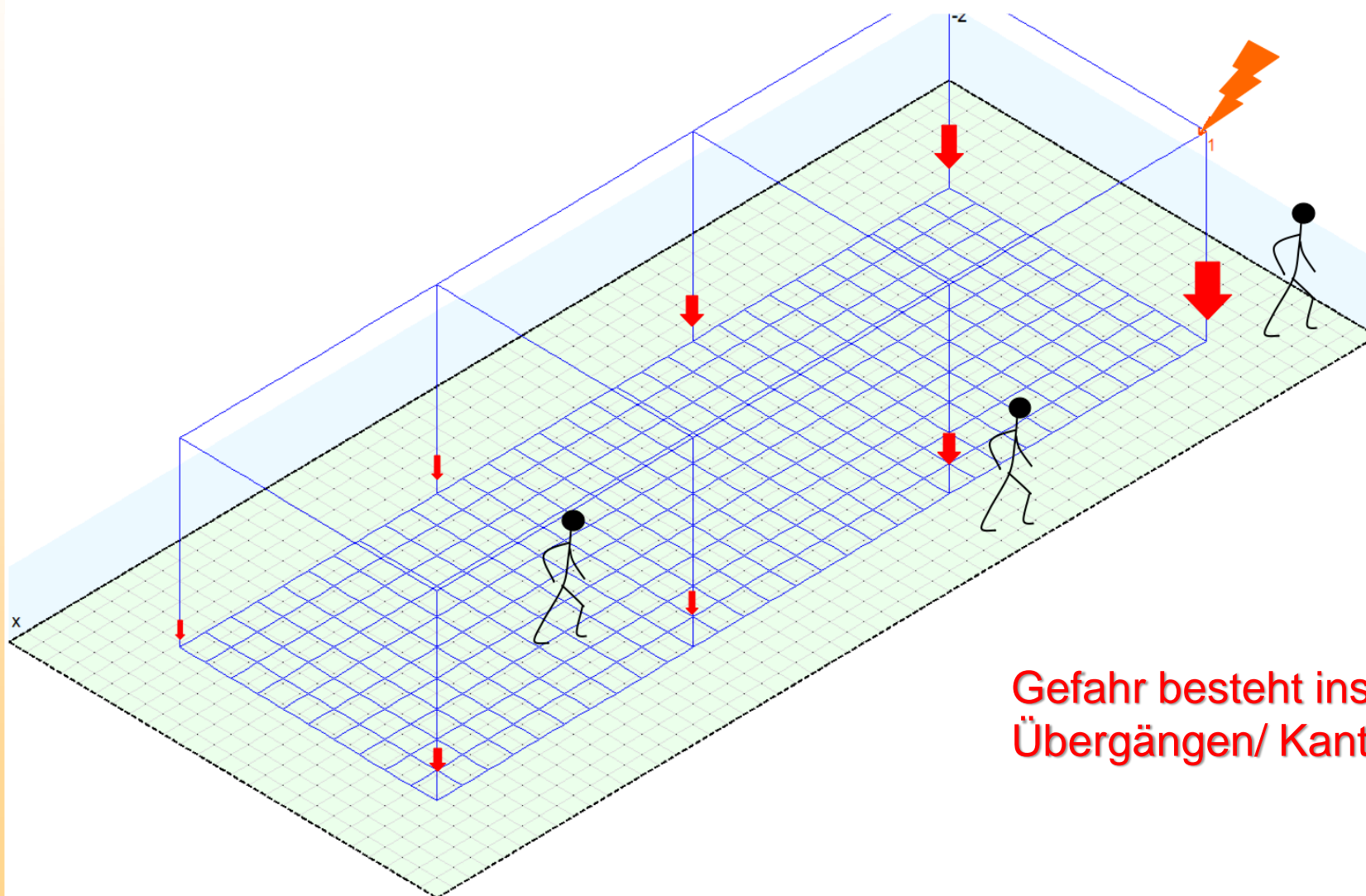
Nach dem Stand der Wissenschaft wird für die **Schrittspannung** ein Wert von 25 kV 10/350 als Grenzwert angenommen. Dieser Wert ist aber normativ nicht festgelegt.

Entscheidend ist der spezifische Erdwiderstand ρ_E

Vergleich von Schritt- und Berührungsspannung:



Die Schrittspannung ist ortsabhängig!



Gefahr besteht insbesondere an den
Übergängen/ Kanten einer Erdungsanlage



Anforderungen gemäß DIN EN 62305-3 Kapitel 8.2:

- 8.2 Schutzmassnahmen gegen Schrittspannungen
- Unter bestimmten Bedingungen kann die Nähe zu den Ableitungen lebensgefährlich sein, selbst wenn das LPS nach den vorstehenden Anforderungen ausgelegt und errichtet wurde.
- Die Gefahr wird auf ein annehmbares Maß verringert, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt wird:
 - A) Unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen befinden sich keine Personen in einem Umkreis von 3 m von den Ableitungen
 - B) Ein System von mindestens zehn Ableitungen, die 5.3.5 entsprechen, ist vorhanden. ^{N5)}
 - N5) Nationale Fußnote: Siehe Nationales Vorwort, Erläuterung zu 8.1 und 8.2. Das zuständige deutsche Normungskomitee hat gegen folgende Abschnitte Bedenken: Die Berechtigung dieser Aussage kann von den Experten des K 251 nicht nachvollzogen werden. Anwenden dieser Norm wird daher empfohlen, diese Maßnahme zur Vermeidung von Schritt- bzw. Berührungsspannungen nicht anzuwenden und nach anderen Lösungen zu suchen. Alternative, physikalisch begründete Lösungen sind in Diskussion.
 - C) Der Übergangswiderstand der oberflächlichen Bodenschicht ist innerhalb von 3 m um die Ableitungen nicht kleiner als 100 kOhm

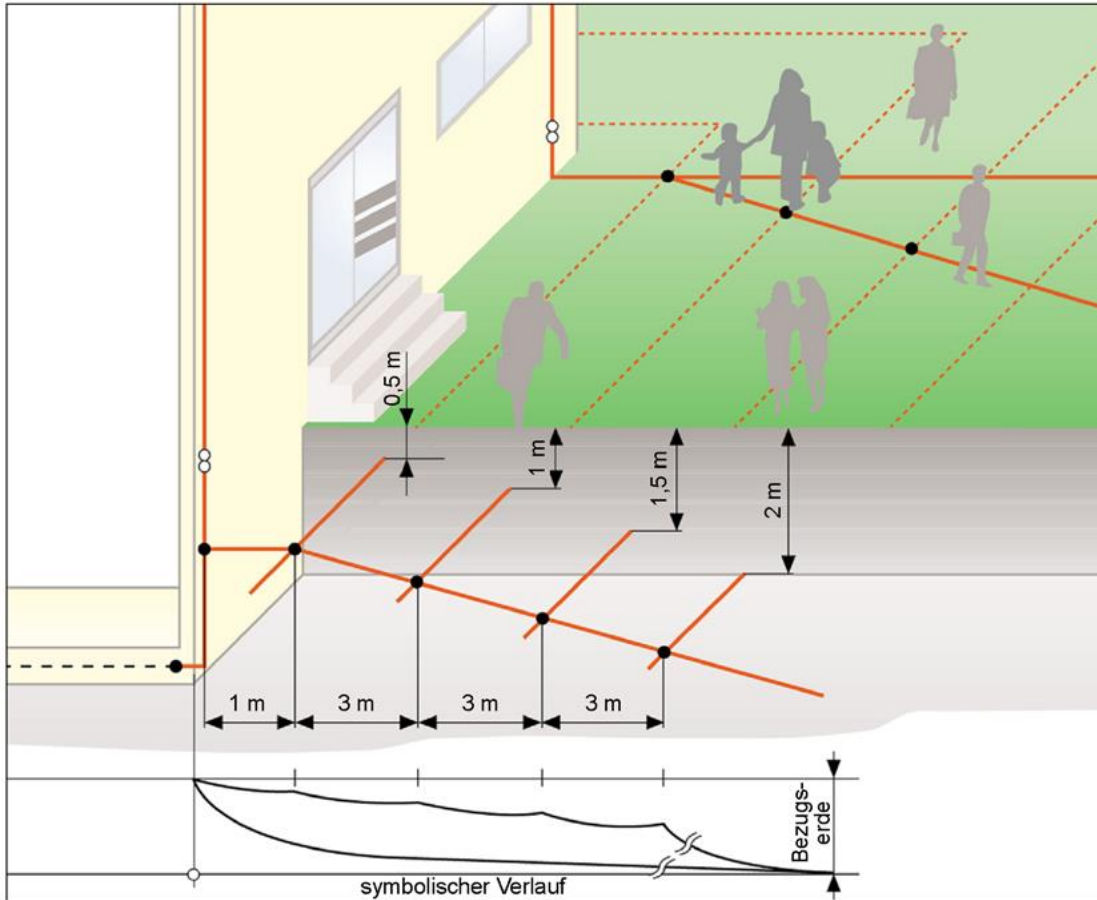


Anforderungen gemäß DIN EN 62305-3 Kapitel 8.2:

- ANMERKUNG Eine Schicht aus Isolierstoff, z.B. Asphalt mit einer Dicke von **5 cm** (oder eine Schicht Kies mit einer Dicke von **15 cm**), reduziert im Allgemeinen die Gefahr auf ein annehmbares Maß.
- Wenn keine dieser Bedingungen erfüllt ist, müssen folgende Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Verletzungen von Personen infolge Schrittspannung ergriffen werden.
 - Potentialsteuerung durch eine vermaschte Erdungsanlage
 - Absperrungen und/oder Warnhinweise zur Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Betretens des gefährlichen Bereichs innerhalb von 3m um die Ableitung

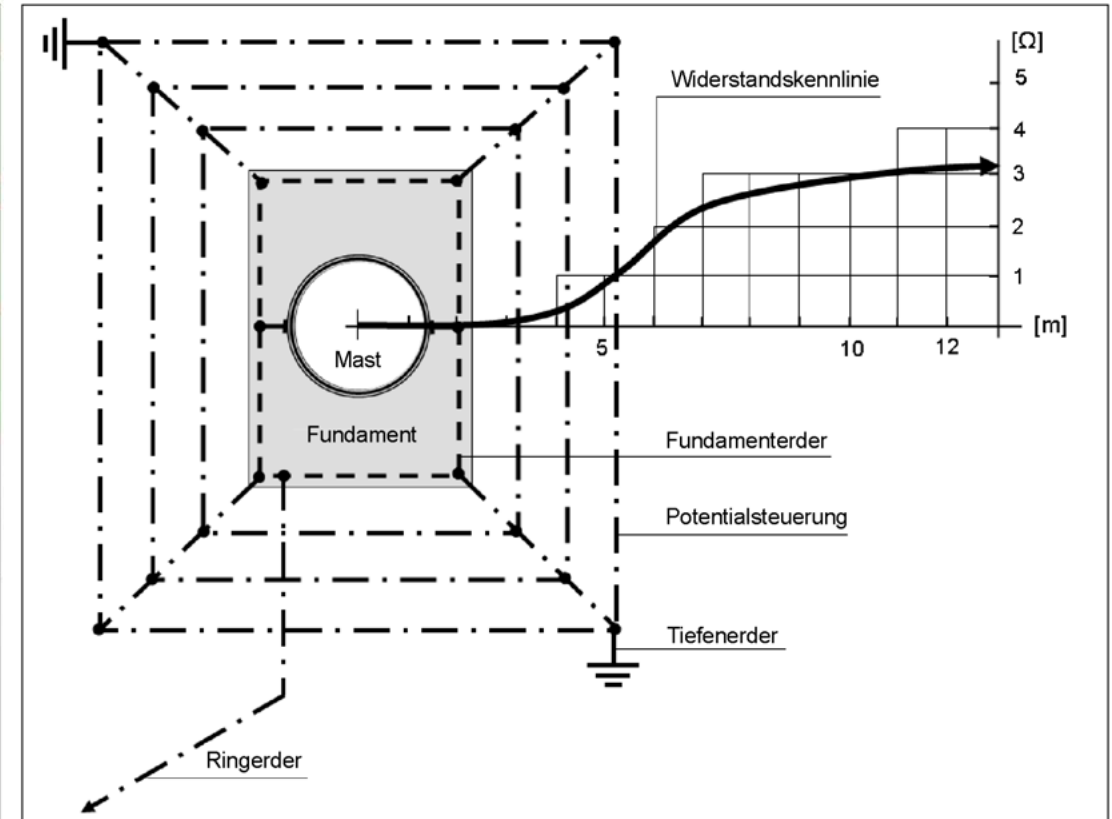


Schritt- und Berührungsspannung



Quelle: DIN EN 62305-3 Beiblatt 1

Beispiel für die Potentialsteuerung durch ein vermaschtes Erdungssystem



Quelle: DIN EN 62305-3 Beiblatt 1

Beispiel einer Potentialsteuerung für Masten und Türme

VDB Forum am 8. und 9. März 2019

Verfasser: Meppelink / Mauermann

Folie Nr. 12





Erweiterte Fragestellungen aus der Praxis:

- Wie verhalten sich Asphaltsschichten bei Regen?
- Gibt es Gleitentladungen auf Asphaltsschichten?
- Wie verhalten sich Schottersschichten bei Regen und sind diese dauerhaft isolierend oder werden diese durch Ablagerungen (Staub, Blätter etc.) in ihrer Wirkung reduziert?
- Wie ist die Berührungsspannung innerhalb von Gebäuden?



Fallstudie zur Frage von Schrittspannungen:

- Maschengitter und zwei Ableitungen
- Asphalttschicht
- Nasse Asphalttschicht
- Asphalttschicht und Wasserfilm
- Schottertschichten unterschiedlicher Nässe
- Schlussfolgerung

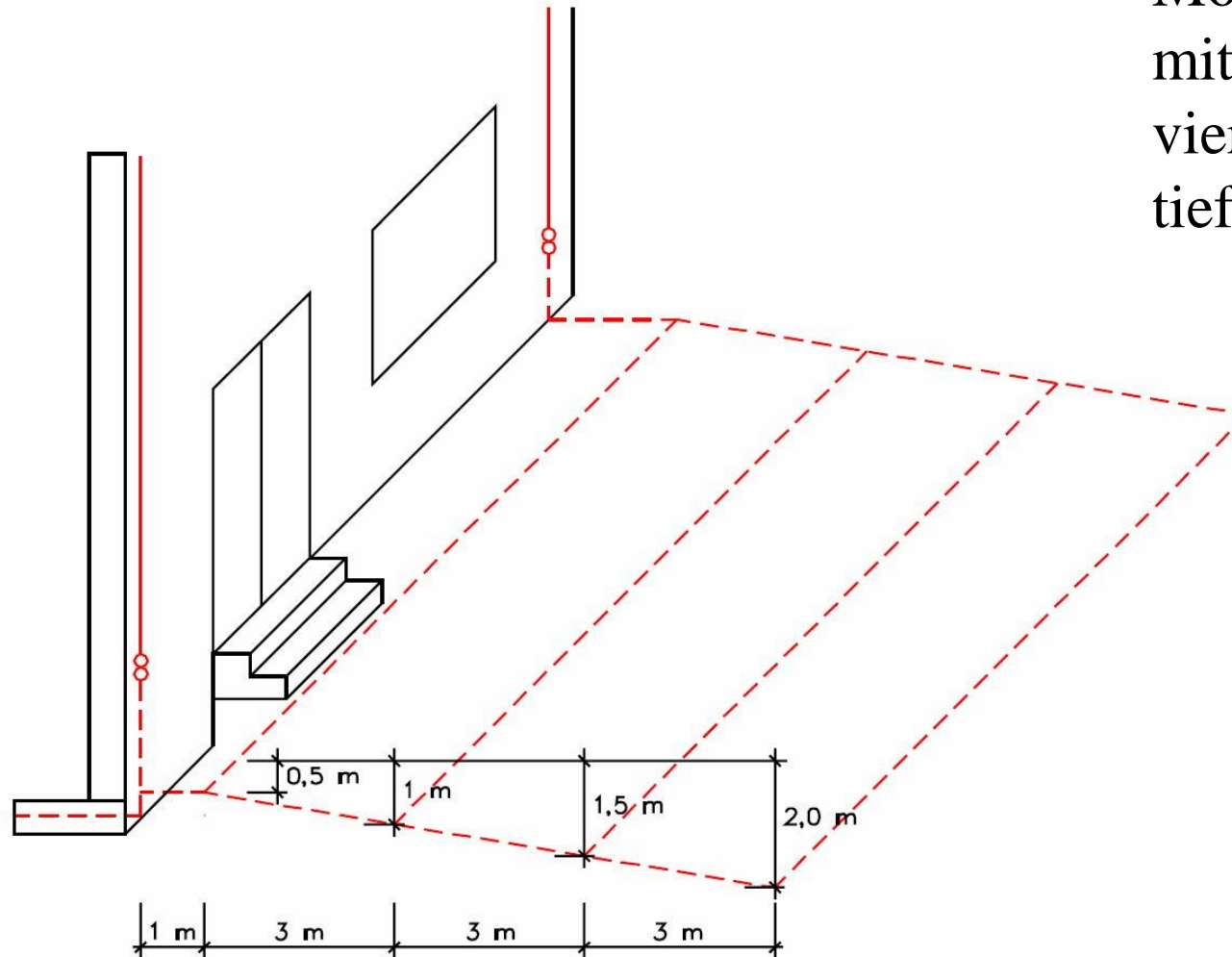
VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

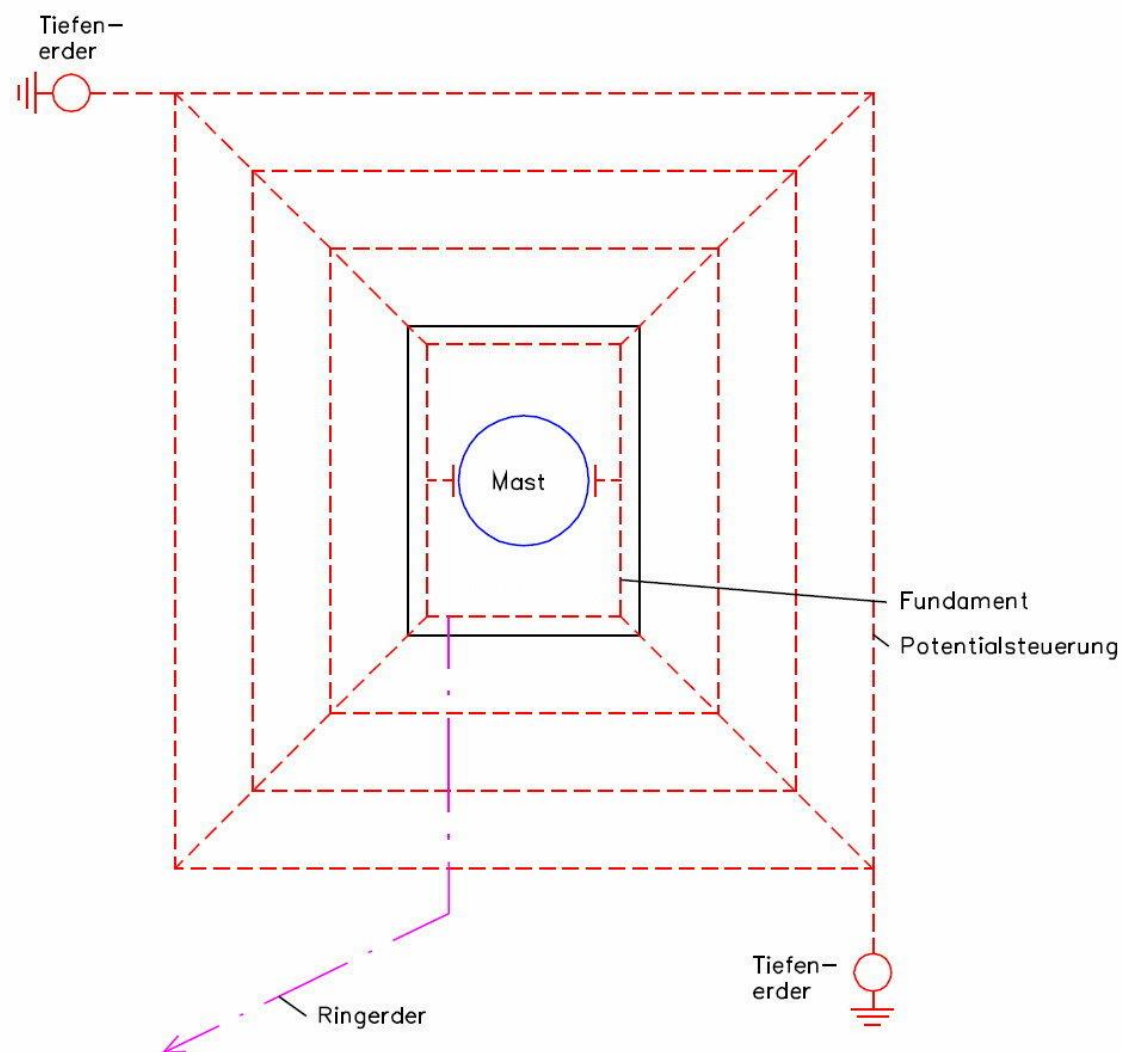
Folie Nr. 14



Möglichkeit der Potentialsteuerung mittels vier Erdungsleitungen, die in vier Abschnitten abgestuft immer tiefer im Erdreich verlegt werden.



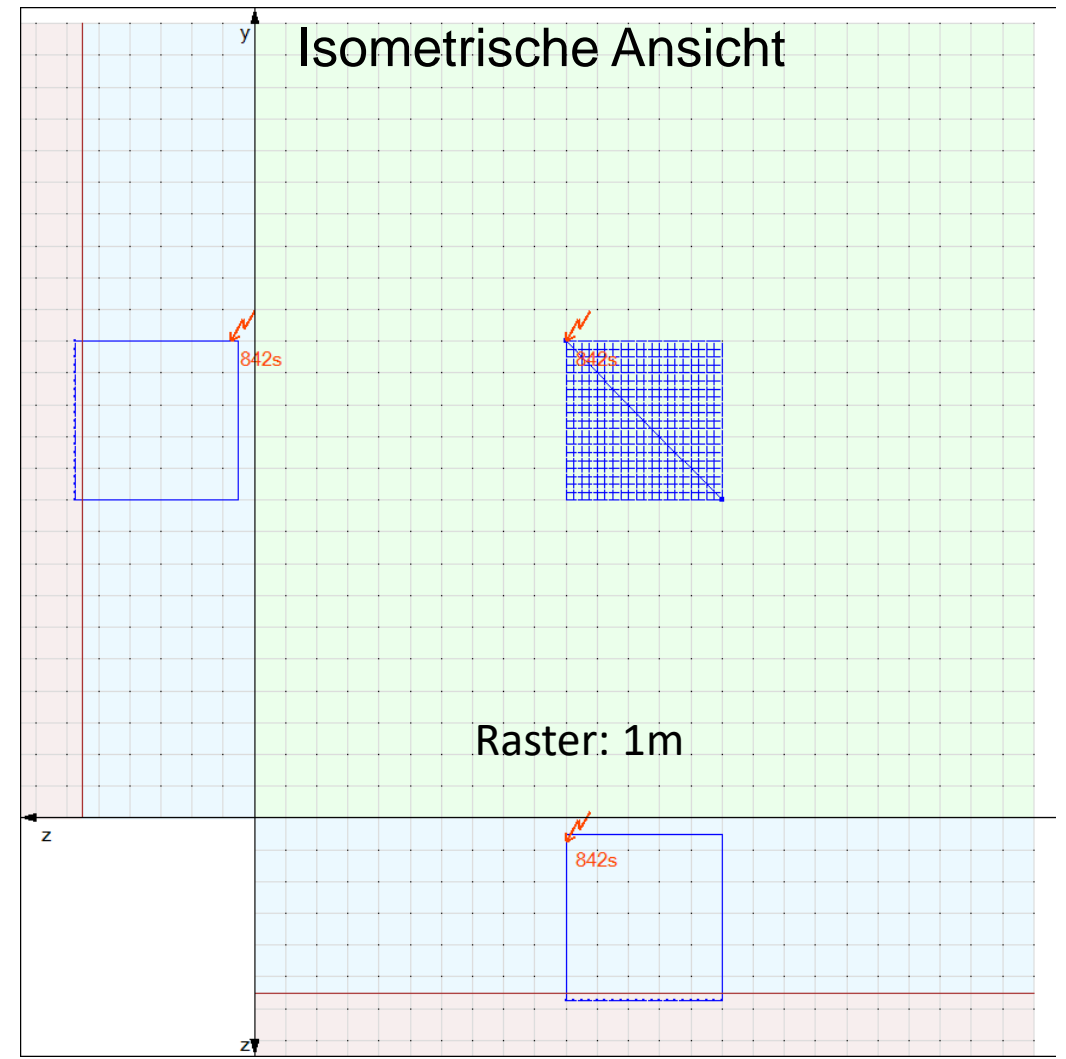
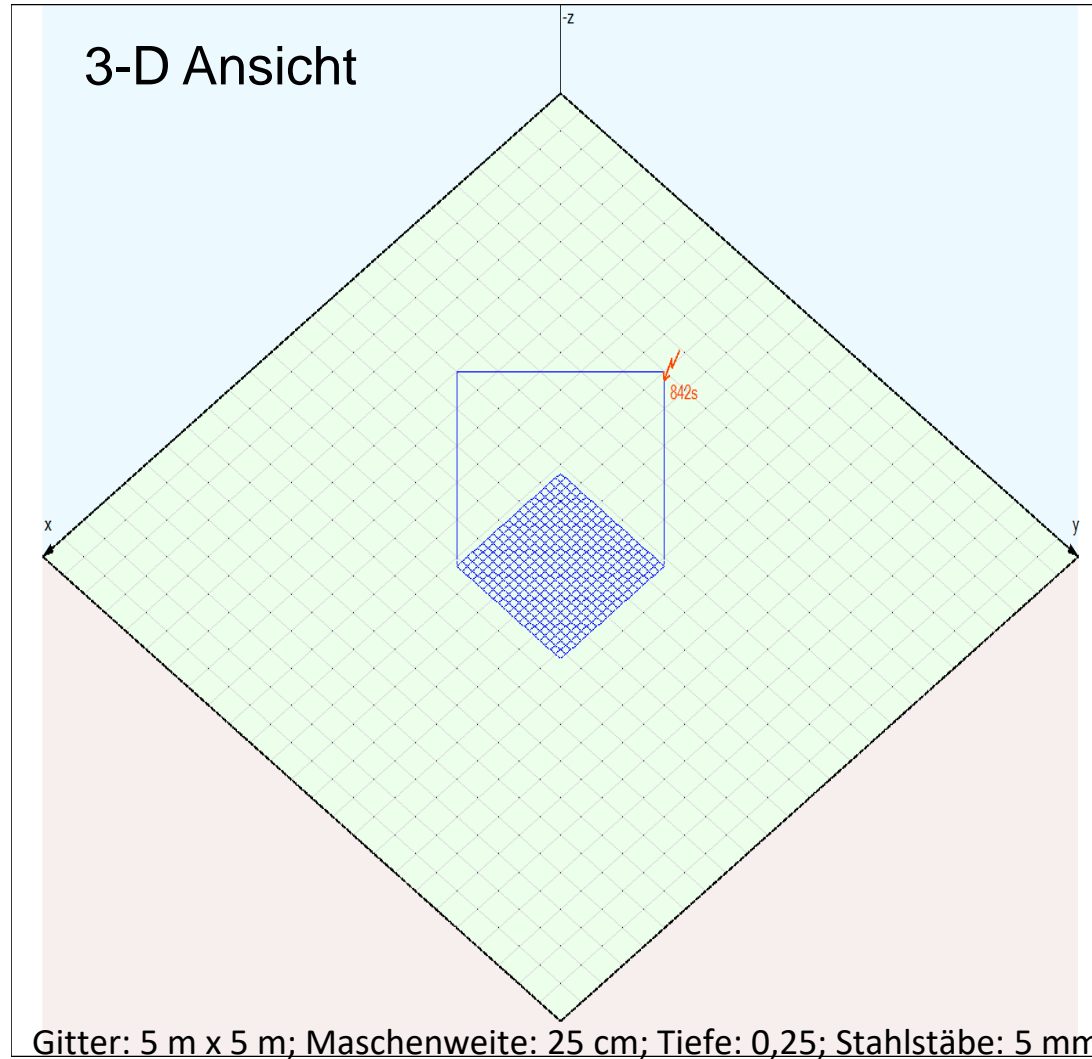
Aber Vorsicht:
Die Gefahr der Schrittspannung ist auch nach 10 m nicht vollkommen beseitigt!



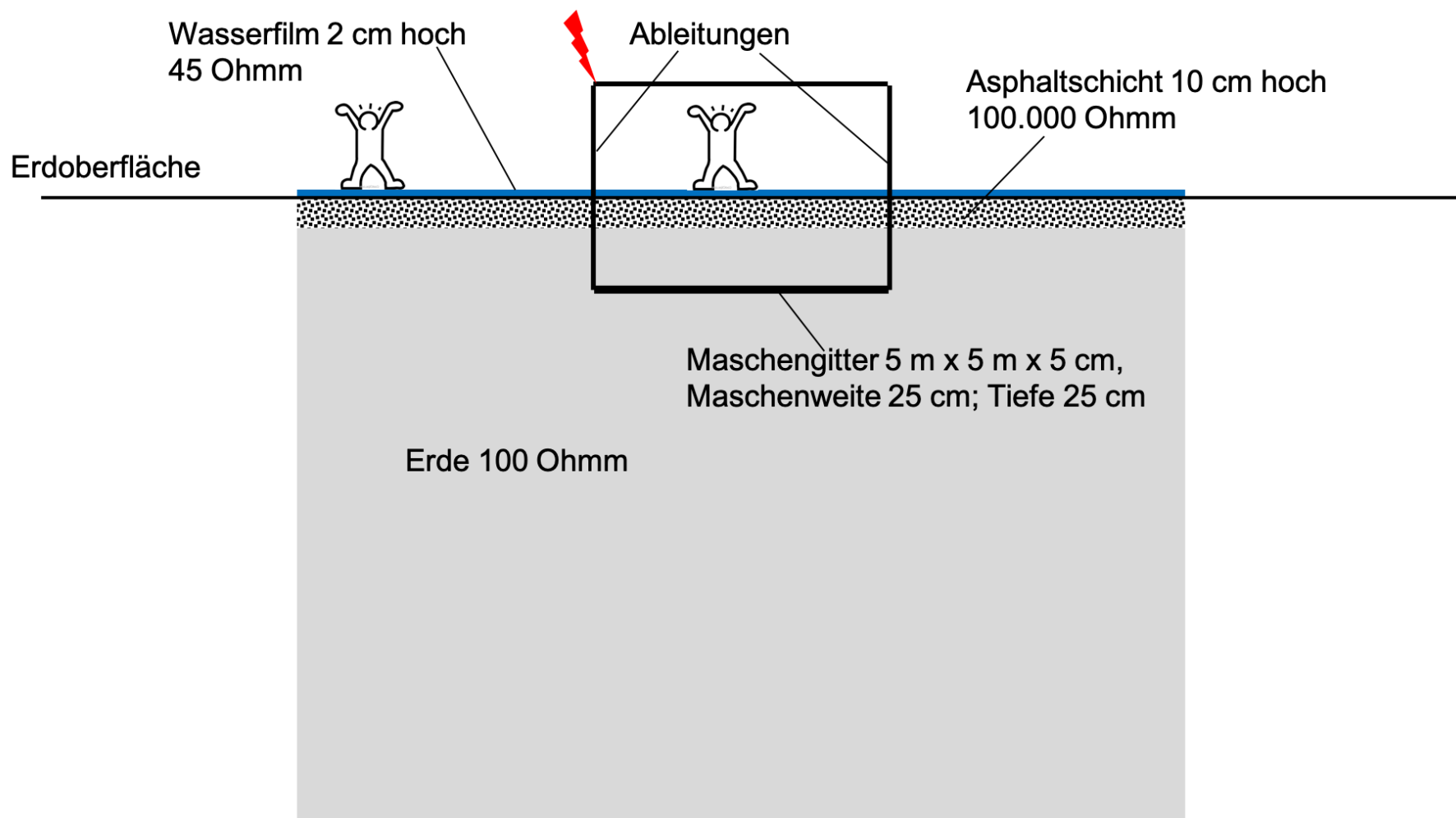
Erstellung einer Potentialsteuerung in Form eines vermaschten Erdungssystems um einen (Fluchtlicht-)Masten. Dabei wird für das Einzelfundament ein Fundamenterder erstellt, der mit drei zusätzlichen Ringerdern in Edelstahl V4A um den Masten verbunden und an die gesamte Erdungsanlage des Objektes angeschlossen wird.



Situation: Maschengitter und zwei Ableitungen



Asphalt mit 2 cm Wasserfilm mit $\rho_w = 45 \text{ Ohmm}$ auf der Oberfläche



VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 23



GSA erlaubt im Multilayermodell nur eine Schicht mit mindestens 10 cm Höhe.



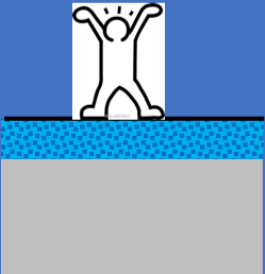
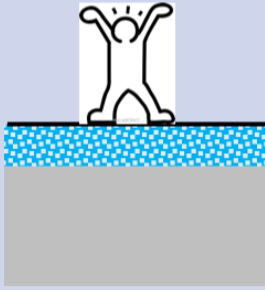

Schotterschichten 15 cm dick:

- Tabelle aus IEEE 80-2013

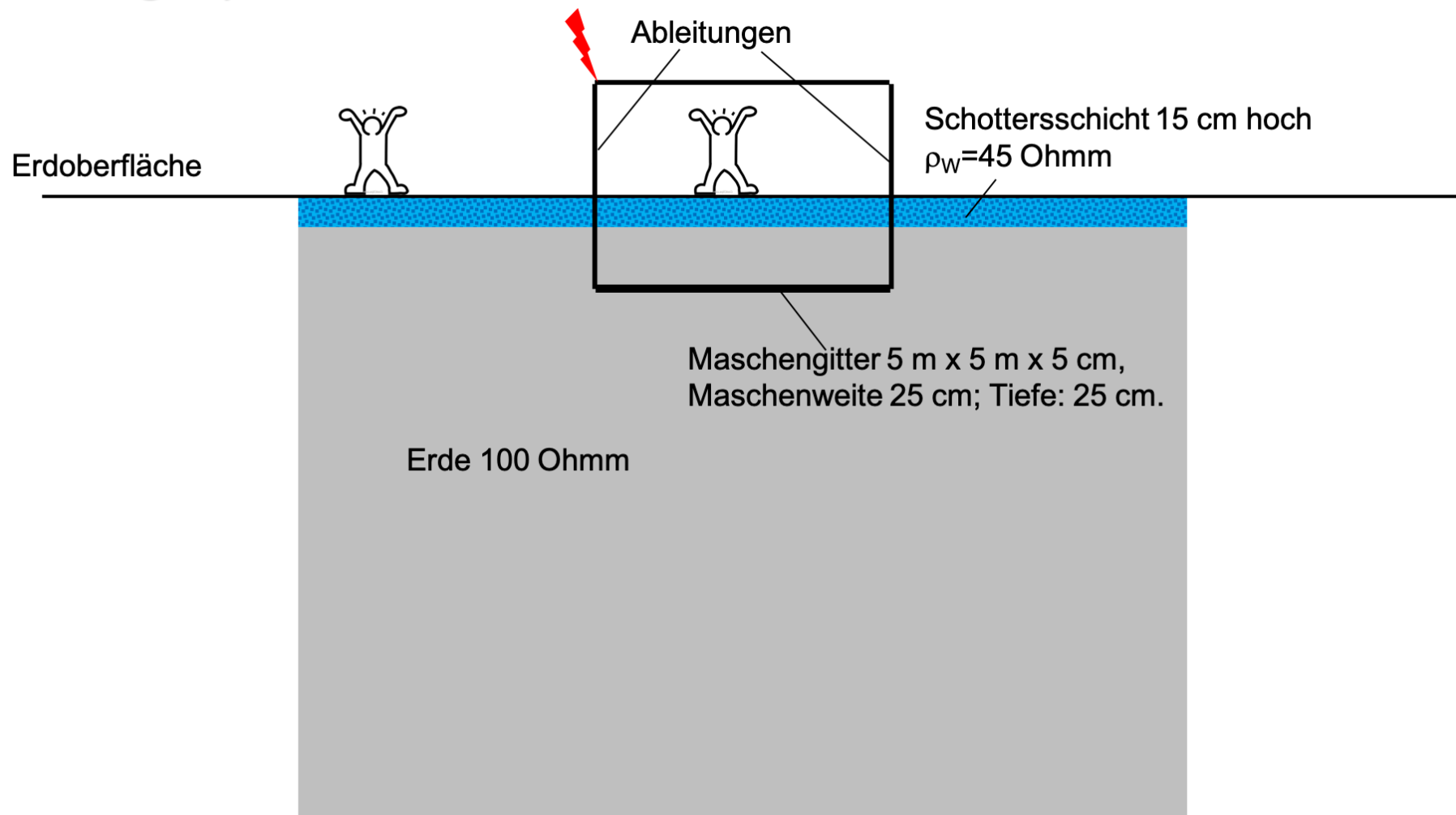
No 1)	Materialbeschreibung	Spezifischer Widerstand ρ in Ohmm	
		Trocken	Naß
1	Gebrochener Granit mit Feinanteilen	$140 \cdot 10^6$	1300 (Grundwasser, 45 Ohmm)
2	0,04m Gebrochener Granit mit Feinanteilen	4000	1200 (Regenwasser, 100 Ohmm)
4	0,025m bis 0,1 m gewaschener Granit	$1,5 \cdot 10^6$ bis $3 \cdot 10^6$	5000 Regenwasser, 100 Ohmm)
10	Asphalt	$2 \cdot 10^6$ bis $30 \cdot 10^6$	10.000 bis $6 \cdot 10^6$
11	Beton	10^6 bis 10^9	21 bis 200

1) Nr. aus der Originaltabelle

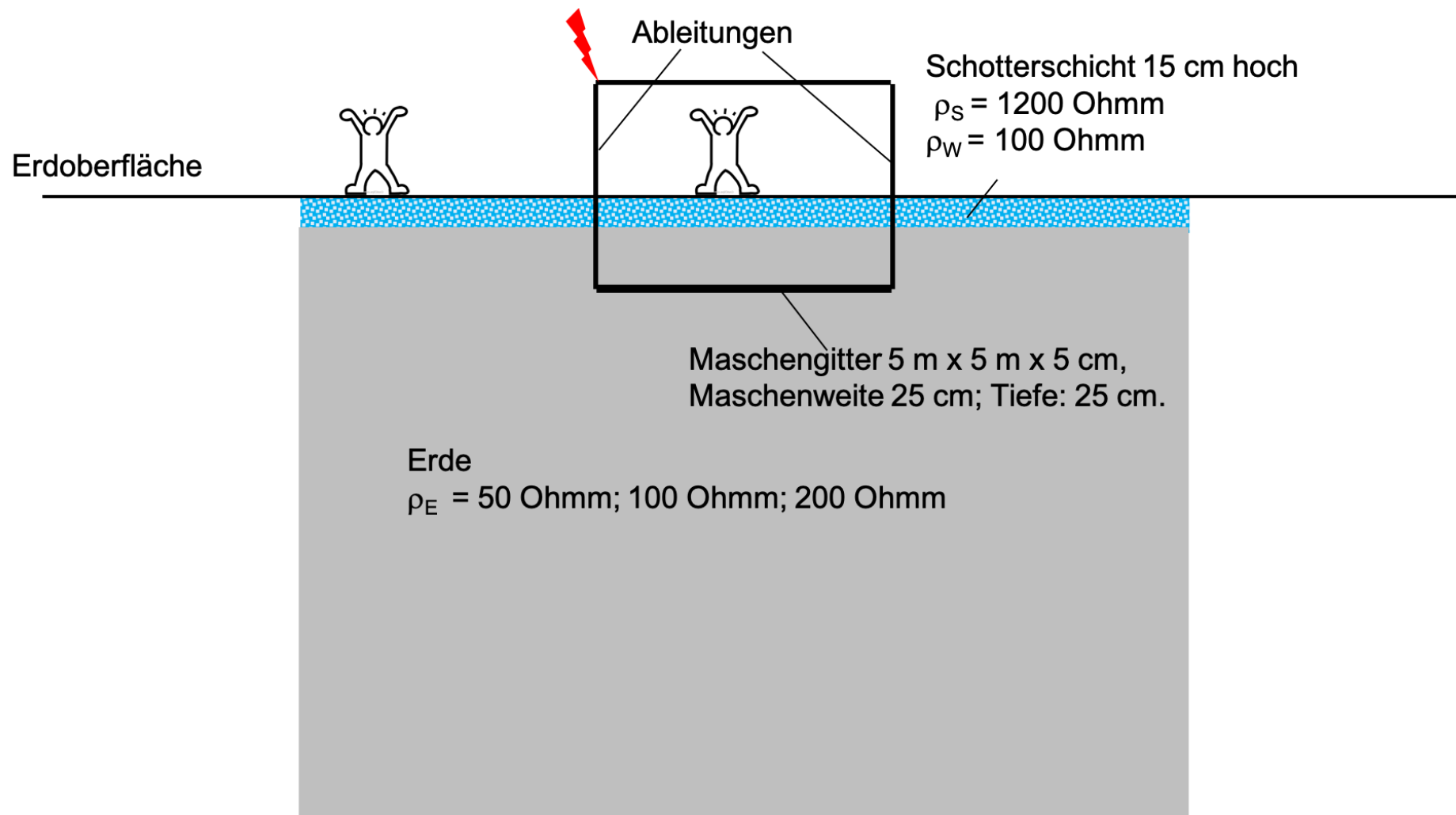
Fallstudie Schottererschicht:

<p>1</p>	<p>Schottererschicht 15 cm mit völliger Durchnässung nach starkem Regen. $\rho_s = 45 \text{ Ohmm}$ (Grundwasser). Die Schicht wirkt wie eine Wasserschicht</p>	
<p>2</p>	<p>Schottererschicht 15 cm $\rho_s = 1200 \text{ Ohmm}$ mit Regenwasseranteil mit $\rho_w = 100 \text{ Ohmm}$. (Nasser Schotter)</p>	
<p>3</p>	<p>Schottererschicht 15 cm $\rho_s = 5000 \text{ Ohmm}$ mit Regenwasseranteil mit $\rho_w = 100 \text{ Ohmm}$. (Feuchter Schotter)</p>	

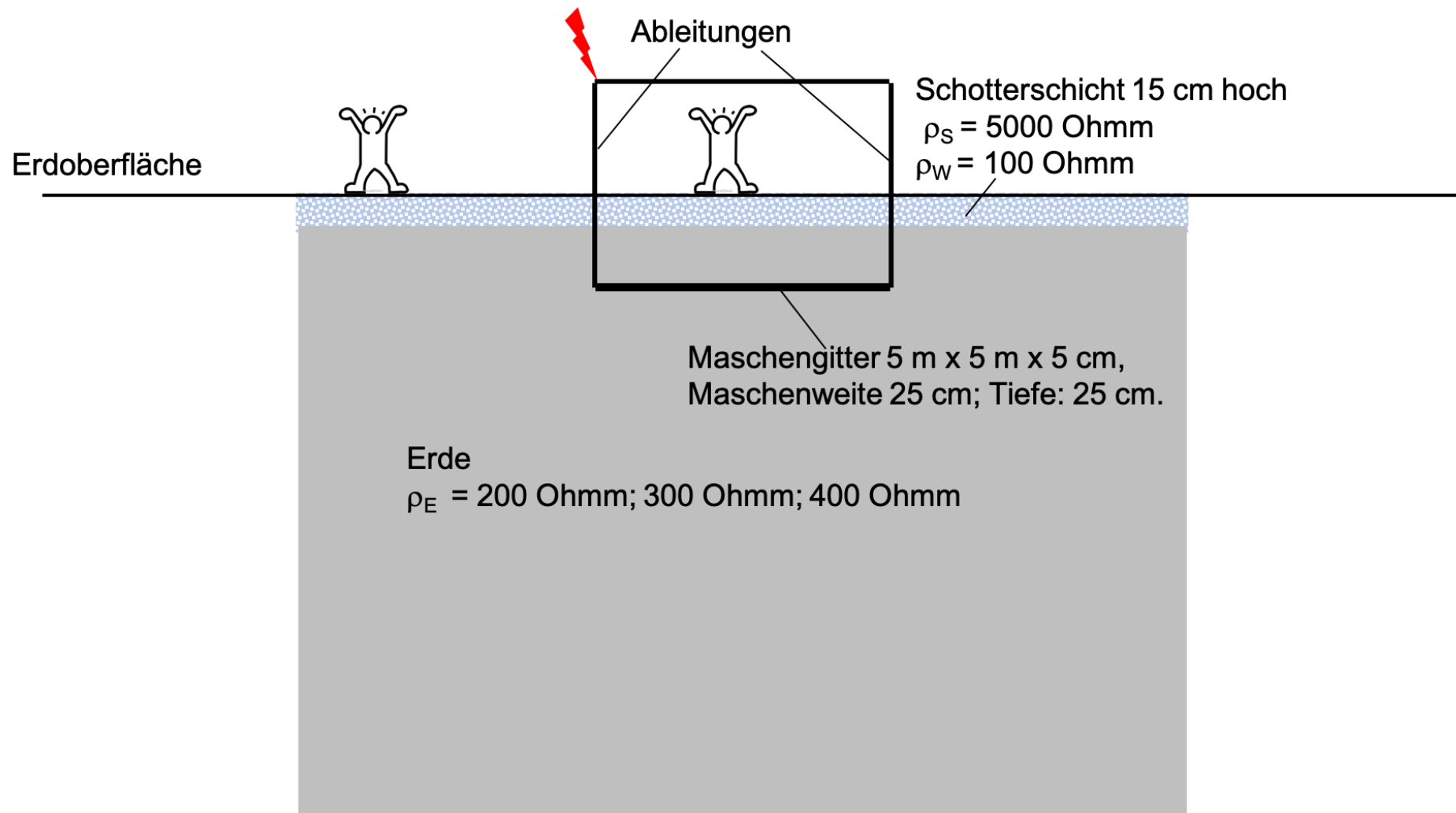
Fall 1: GSA Multilayerschicht Schotter sehr stark durchnässt, kein soil covering layer



Fall 2: GSA Multilayerschicht Schotter naß, kein soil covering layer



Fall 3: GSA Multilayerschicht Schotter feucht, kein soil covering layer





Folgerungen für Schrittspannung:

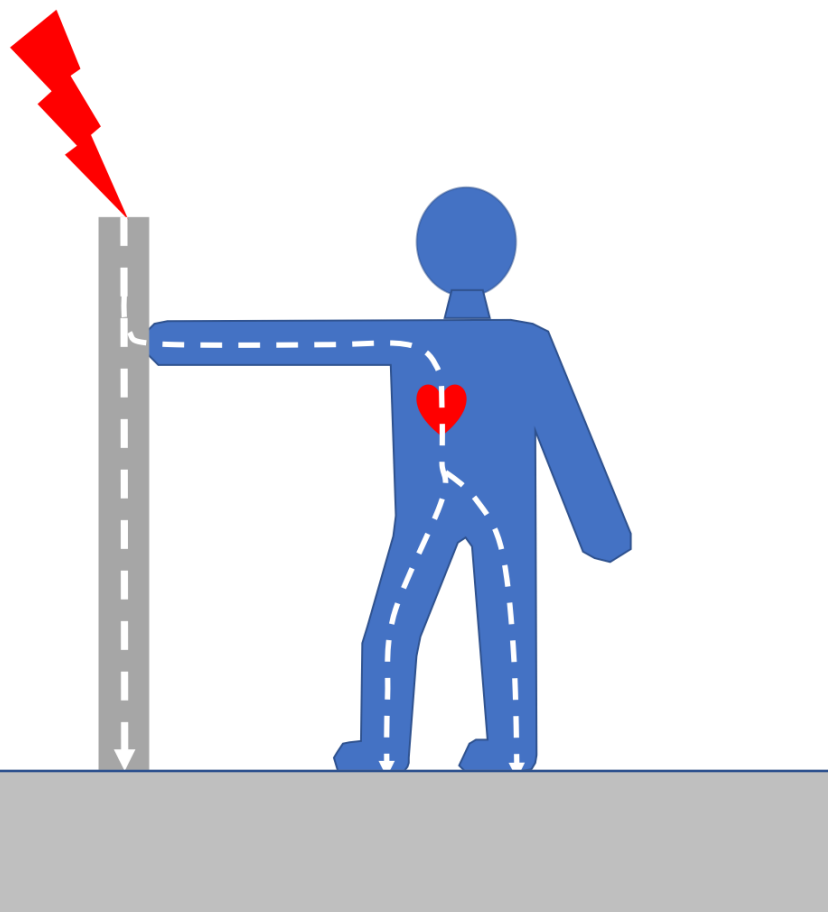
• Asphalt:

- Befindet sich eine Schicht von 2 cm Brauchwasser mit einem spezifischen Widerstand von 45 Ohmm auf einer Asphaltenschicht, besteht **keine Gefahr für Personen**. Damit ist die Sorge behoben, es käme auf einer wasserbelegten Asphaltenschicht zu Gleitentladungen oder sogar zu **Gleitüberschlägen**. Dies kann durch die in diesem Bericht durchgeführten Berechnungen klar ausgeschlossen werden.

• Schotter

- Völlig nasser Schotter geht nicht
- Bei nassen Schotterschichten spielt der spezifische Erdwiderstand eine Rolle. Für $\rho_E > 100$ Ohmm wird es kritisch
- Bei feuchten Schotterschichten spielt der spezifische Erdwiderstand eine Rolle. Für $\rho_E > 300$ Ohmm wird es kritisch

Die Berührungsspannung U_T



- Spannung zwischen leitfähigen Teilen, wenn diese gleichzeitig berührt werden. Quelle: DIN EN 50022 (VDE 0101-2)
- Anmerkung Der Wert der Berührungsspannung kann durch die Impedanz des mit diesem leitfähigen Teil im elektrischen Kontakt stehenden Menschen erheblich beeinflusst werden
- Normativ ist in DIN EN 62305-3 kein Wert für die zulässige Berührungsspannung festgelegt
- Nach dem Stand der Wissenschaft wird für die **Berührungsspannung** ein Wert von 2 kV 10/350 als Grenzwert angenommen



Anforderungen gemäß DIN EN 62305-3 Kapitel 8.2:

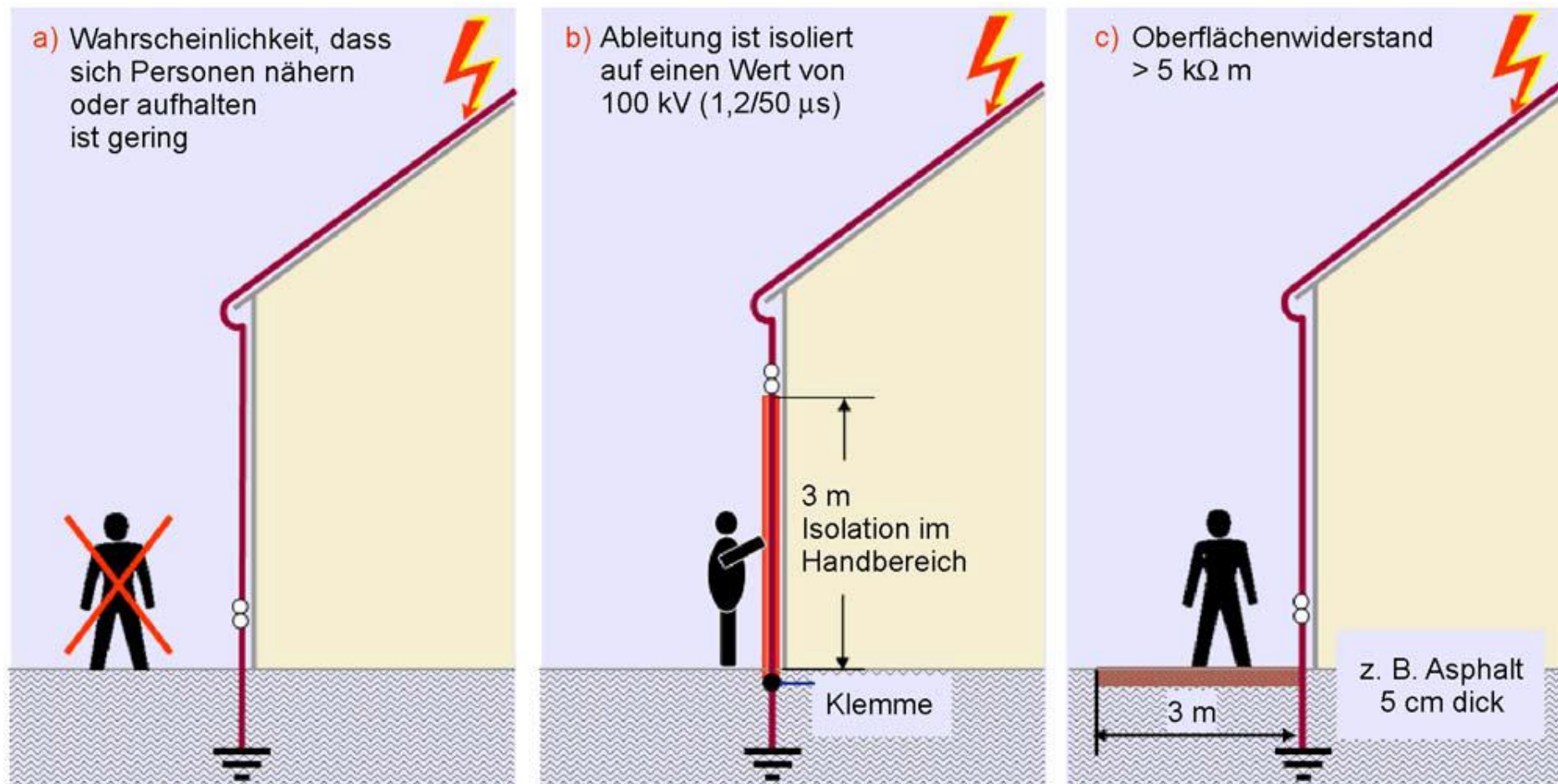
- 8.2 Schutzmassnahmen gegen Berührungsspannungen
- Unter bestimmten Bedingungen kann die Nähe zu den Ableitungen lebensgefährlich sein, selbst wenn das LPS nach den vorstehenden Anforderungen ausgelegt und errichtet wurde.
- Die Gefahr wird auf ein annehmbares Maß verringert, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt wird:
 - A) Unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen befinden sich keine Personen in einem Umkreis von 3 m von den Ableitungen
 - B) Ein System von mindestens zehn Ableitungen, die 5.3.5 entsprechen, ist vorhanden. ^{N5)}
 - N5) Nationale Fußnote: Siehe Nationales Vorwort, Erläuterung zu 8.1 und 8.2. Das zuständige deutsche Normungskomitee hat gegen folgende Abschnitte Bedenken: Die Berechtigung dieser Aussage kann von den Experten des K 251 nicht nachvollzogen werden. Anwendern dieser Norm wird daher empfohlen, diese Maßnahme zur Vermeidung von Schritt- bzw. Berührungsspannungen nicht anzuwenden und nach anderen Lösungen zu suchen. Alternative, physikalisch begründete Lösungen sind in Diskussion.
 - C) Der Übergangswiderstand der oberflächlichen Bodenschicht ist innerhalb von 3 m um die Ableitungen nicht kleiner als 100 kOhm



Anforderungen gemäß DIN EN 62305-3 Kapitel 8.2:

- ANMERKUNG Eine Schicht aus Isolierstoff, z.B. Asphalt mit einer Dicke von **5 cm** (oder eine Schicht Kies mit einer Dicke von **15 cm**), reduziert im Allgemeinen die Gefahr auf ein annehmbares Maß.
- Wenn keine dieser Bedingungen erfüllt ist, müssen folgende Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Verletzungen von Personen infolge Schrittspannung ergriffen werden.
 - Aufbringen einer mindestens 3 mm starken Isolierung aus vernetztem Polyethylen mit einer Stoßspannungsfestigkeit von 100 kV (1,2/50) auf die ungeschützte Ableitung
 - Absperrungen und/oder Warnhinweise zur Verringerung der Wahrscheinlichkeit des Betretens des gefährlichen Bereichs innerhalb von 3m um die Ableitung

DIN EN 62305-3 Beiblatt 1



Quelle: DIN EN 62305-3 Beiblatt 1

Anmerkung: Der spezifische Widerstand soll > 5kOhmm sein

VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 37



Beispiel einer technischen Lösung:

- isCon[®] Pro+
- Erfüllt die Anforderung der IEC 62305-3 (VDE 0185 305-3) als Schutzmaßnahme gegen Berührungsspannungen!
- Extern Zertifiziert:
- Stehspannungsprüfung (-100 kV, 1,2/50 μ s) unter Beregnung nach VDE 0432-1 (IEC/EN 60060-1)





Maßnahmen in der Praxis zur Reduzierung der Schritt- und Berührungsspannung

VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 40



Schritt- und Berührungsspannung



Einsatz einer vermaschten Erdungsanlage (100 x 100 cm) gegen Schrittspannung

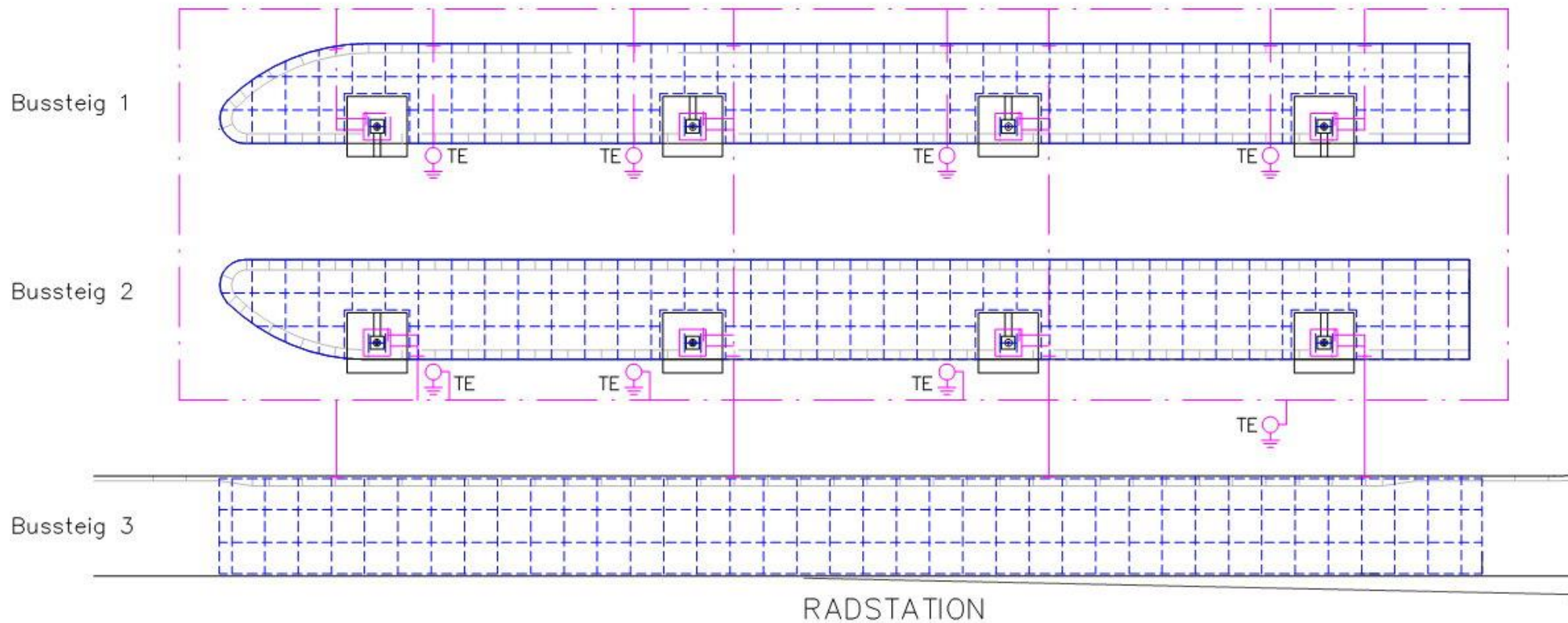
VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 41



Schritt- und Berührungsspannung



VDB Forum am
8. und 9. März
2019


Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 42






Einsatz einer vermaschten
Erdungsanlage (100 x 100 cm)
gegen Schrittspannung




Einsatz einer vermaschten Erdungsanlage (50 x 50 cm) gegen Schrittspannung



Einsatz einer vermaschten
Erdungsanlage (25 x 25 cm)
gegen Schrittspannung




Einsatz einer vermaschten
Erdungsanlage (25 x 25 cm)
gegen Schrittspannung

The photograph shows an outdoor electrical installation. On the left, a wooden structure with blue siding is visible. A vertical wooden post stands in the center. A network of metal rods is laid out on a bed of gravel, forming a grid-like pattern. A blue cable runs vertically along the wooden post. To the right, a green electrical meter is mounted on a black pole. A green cloth is draped over the pole. The background consists of a grassy field and trees under a clear sky. Two blue text boxes with white text and lines pointing to specific parts of the installation are overlaid on the image.

Einsatz von CUI-Leitung
gegen
Berührungsspannung

Einsatz von Tiefenerdern
außerhalb des Bereiches
der Schrittspannungs-
maßnahmen mit
Anbindung an die
vermaschte Erdungsanlage

The image shows a construction site for a foundation or floor slab. A grid of metal strips is laid out on a bed of gravel. A blue cable is visible, running across the grid and connecting to a text box. The text box contains the following text:

Einsatz von Tiefenerdern
außerhalb des Bereiches
der Schrittspannungs-
maßnahmen mit
Anbindung an die
vermaschte Erdungsanlage



Schritt- und Berührungsspannung



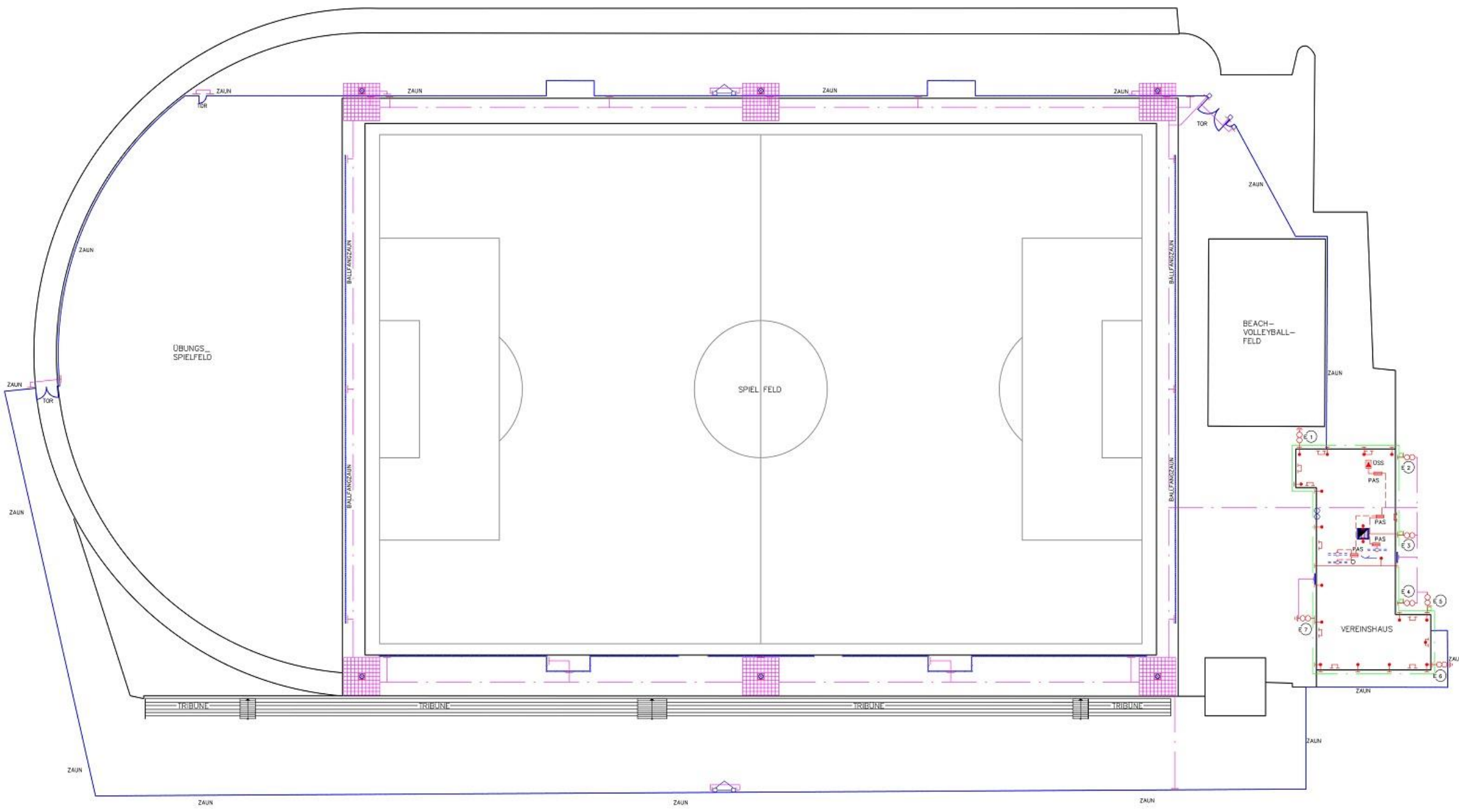
VDB Forum am
8. und 9. März
2019

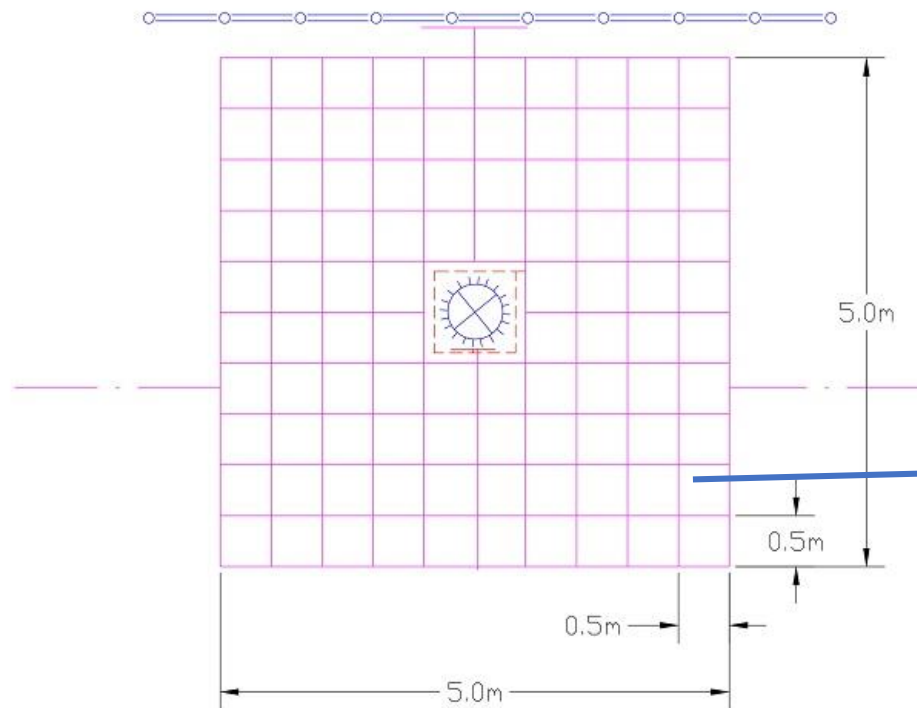
Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 49

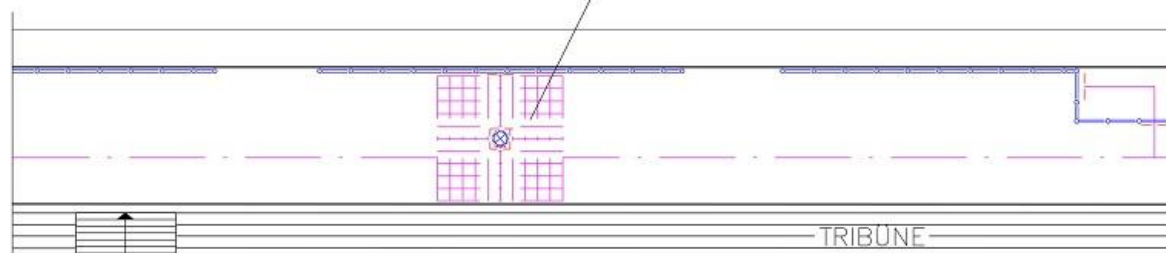








Schrittspannungsmaßnahmen bei Flutlichtmasten bei Sportanlagen mit einer Masche 50 x 50 cm





Schritt- und Berührungsspannung

**VDB Forum am
8. und 9. März
2019**

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 53





Wir danken Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!

VDB Forum am
8. und 9. März
2019

Verfasser:
Meppelink /
Mauermann

Folie Nr. 54

