Erdungsanlagen für Onshore-Windkraftanlagen

Schutzvorschlag

Inhalt

Normen für Erdungsanlagen

Erdungsanlage

Fundamenterder

Beispiel einer Erdungsanlage

Empfohlene Produkte für ein Erdungssystem

Erdungsanlagen für Onshore-Windkraftanlagen

Schutzvorschlag

Normen für Erdungsanlagen

Für die Erdungsanlagen einer Onshore-WEA mit integrierter Mittelspannungsanlage sind nachfolgende Normen Basis für deren Errichtung:

- DIN EN 61400-24 (VDE 0127-24): Windenergieanlagen – Teil 24: Blitzschutz; IEC 61400-24
- DIN VDE 0100-540: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter; IEC 60364-5-54
- IEC 61936-1 (VDE 0101-1): Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1
- DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3): Blitzschutz; Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen; IEC 62305-3
- DIN 18014: Fundamenterder

DIN 18014: Fundamenterder

Die prinzipielle Ausführung eines Fundamenterders wird in der DIN 18014 erläutert. Insbesondere sind in dieser DIN-Norm die Ausführungsformen des Erders bei Wannenabdichtungen, z. B. Weiße Wanne, Schwarze Wanne und Perimeterdämmung, erläutert.

Bei Ausführung einer baulichen Anlage mit Blitzschutz sind darüber hinaus die ergänzenden Festlegungen der VDE 0185-305-3 zu beachten.

Der Fundamenterder gilt als Bestandteil der elektrischen Anlage (DIN 18014, Abs. 4) und erfüllt wesentliche Sicherheitsfunktionen. Seine Errichtung muss deshalb durch eine Elektrofachkraft (Blitzschutzfachkraft) oder unter Aufsicht einer Elektrofachkraft erfolgen.

Der Fundamenterder ist als geschlossener Ring auszuführen und in den Fundamenten der Außenwände des Gebäudes oder in der Fundamentplatte entsprechend DIN 18014, Abs. 5.1 anzuordnen.

Erdungsanlage

Die Aufgaben der Erdungsanlage der Windenergieanlage sind:

- **Schutz-Erdung** mit der Aufgabe, elektrische Einrichtungen sicher mit dem Erdpotential zu verbinden und im Falle eines elektrischen Fehlers für die Sicherheit der Personen und Sachwerte zu sorgen.
- **Funktions-Erdung** mit der Aufgabe, einen sicheren und möglichst störungsfreien Betrieb von elektrischen und elektronischen Einrichtungen zu gewährleisten.
- **Blitzschutz-Erdung** mit der Aufgabe, den Blitzstrom sicher von den Ableitungen zu übernehmen und in das Erdreich abzuleiten.

Vom Standpunkt des Blitzschutzes ist eine einzige, gemeinsame Erdungsanlage der WEA für alle Zwecke vorteilhaft (z. B. Mittelspannungsanlage, Niederspannungsversorgung, Blitzschutz, Elektromagnetische Verträglichkeit, Telekommunikations- und Steuersysteme), um die aufgeführten Aufgaben zu übernehmen.

Dafür sollten vorrangig die Fundamente der WEA aus bewehrtem Beton als Fundamenterder genutzt werden. Sie ergeben einen niedrigen Erdungswiderstand und stellen eine ausgezeichnete Basis des Potentialausgleichs dar.

Aufgrund der Installation eines Mittelspannungstrafos in der WEA muss deren Erdungsanlage der DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1) entsprechen. Wie in der Blitzschutznorm DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305 Teil 3) werden in der DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1) auch alle Arten der Erder beschrieben, wobei der Fundamenterder als effektivster Erder bezeichnet wird.

Die Auslegung von Erdungsanlagen nach DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1) muss vier Anforderungen erfüllen:

- Die mechanische Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit muss gesichert sein.
- Höchster Fehlerstrom (üblicherweise errechnet) muss aus thermischer Sicht beherrscht werden.
- Die Beschädigung von Sach- und Betriebsmitteln muss vermieden werden.
- Die Sicherheit von Personen im Hinblick auf Spannungen an Erdungsanlagen, die während des höchsten Erdfehlerstroms auftreten, muss gewährleistet sein.

Demzufolge sind für die Bemessung der Erdungsanlage folgende Parameter von Bedeutung:

- Beschaffenheit des umgebenden Erdreichs
- Art der Sternpunktbehandlung und daraus resultierende Kurzschlussströme im Fehlerfall

In einer Anlage, in der unterschiedliche Nennspannungen verwendet werden, sind die Anforderungen für jede Spannungsebene zu erfüllen. Gleichzeitige Fehler in galvanisch getrennten Netzen brauchen nicht betrachtet zu werden.

Der Neutral- oder PEN-Leiter des Niederspannungsnetzes kann dann mit der Erdungsanlage des Mittelspannungsnetzes verbunden werden, wenn während eines Erdfehlers in der Mittelspannungsanlage folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Im Niederspannungsnetz oder in den angeschlossenen Verbraucheranlagen treten keine gefährlichen Berührungsspannungen auf.
- Die Höhe der Spannungsbeanspruchung der Niederspannungsgeräte in den Verbraucheranlagen überschreitet nicht die in DIN VDE 0100-410 angegebenen möglichen Werte als Folge eines Potentialanstiegs am Niederspannungssternpunkt.

Die Mittelspannungs-Erdungsanlage sollte auch für den Blitzschutz verwendet werden.

WPX024/D/0719 © 2019 DEHN SE + Co KG

Erdungsanlagen für Onshore-Windkraftanlagen

Schutzvorschlag

Fundamenterder 1
– Runddraht, Ø 10 mm oder Band 30 x 3,5 mm, St/tZn
– min. 5 cm Betondeckung
– geschlossener Ring
– alle 2 m mittels einer Klemme mit Armierung verbinden 4

Anschlussfahne 2 zur **Haupterdungsschiene** 6 und

Anschlussfahnen 3 für die Turmerdung

mit SV-Klemme 5 min. 1,5 m lang, auffällig gekennzeichnet
– Runddraht, NIRO, z. B. Werkstoff-Nr. 1.4571 (V4A), Ø 10 mm
– Band, NIRO, z. B. Werkstoff-Nr. 1.4571 (V4A), 30 x 3,5 mm
– Runddraht, St/tZn, Ø 10 mm mit Kunststoffmantel
– Erdungsfestpunkt

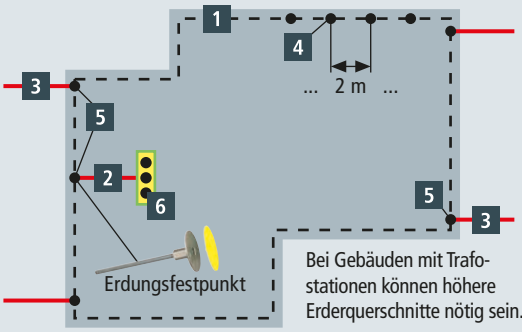


Bild 1 Fundamenterder mit Anschlussteil zum Blitzschutz und HES

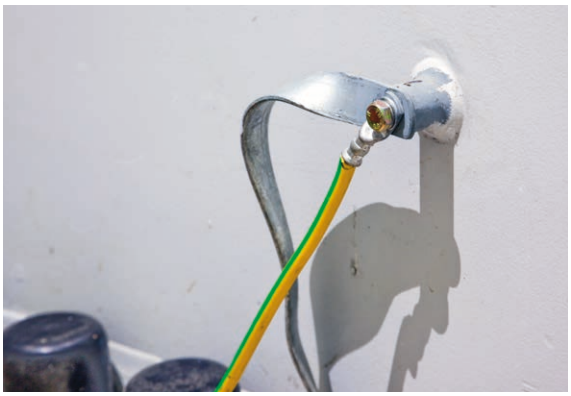


Bild 2 Anschlussfahne – Anschluss der Turmerdung an die Erdungsanlage

Es sollte ein Lageplan des Erdungsnetzes erstellt werden, in dem das Material, die Lage der Erder, ihre Verzweigungspunkte und die Verlegungstiefe eingetragen sind.
Vor der Inbetriebnahme sollte ein Prüfprotokoll erstellt werden, in dem nachgewiesen wird, dass alle Anforderungen der zu beachtenden Normen erfüllt wurden.

Der in der Blitzschutznorm DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) geforderte Erdungswiderstand liegt bei ≤ 10 Ω.

Fundamenterder

Der Fundamenterder ist sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht vorteilhaft. Fundamenterder sind nach DIN 18014 auszulegen und auszuführen.
Gefordert wird der Fundamenterder in den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) der Verteilungsnetzbetreiber (VNB).
Der Fundamenterder gilt als Bestandteil der elektrischen Anlage (DIN 18014, Abs. 4) und erfüllt wesentliche Sicherheitsfunktionen. Seine Errichtung muss deshalb durch eine Elektrofachkraft oder unter Aufsicht einer Elektrofachkraft erfolgen.
Der Fundamenterder ist als geschlossener Ring auszuführen und in den Fundamenten der Außenwände des Gebäudes oder in der Fundamentplatte entsprechend DIN 18014 anzuordnen.
Der Fundamenterder muss so angeordnet werden, dass er allseitig von mindestens 5 cm Beton umschlossen wird.
Als Werkstoff für den Fundamenterder ist Stahl zu verwenden. Der Stahl kann sowohl verzinkt als auch unverzinkt ausgeführt sein. Es kann Rund- oder Bandstahl verwendet werden.

➡ Rundstahl mit mindestens 10 mm Durchmesser

➡ Bandstahl mit Mindestabmessungen von 30 mm x 3,5 mm

Es ist eine Verbindung über ein Anschlussteil zwischen Fundamenterder und Haupterdungsschiene (HES) in der WEA (**Bild 1**) herzustellen.
Nach der Blitzschutznorm DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) muss ein Fundamenterder Anschlussfahnen für den Anschluss der Ableitungen des äußeren Blitzschutzes an die Erdungsanlage erhalten (**Bild 1 und 2**).

Bei bewehrten Fundamenten, wie sie bei WEA verwendet werden, wird der Rund- oder Bandstahl auf der unteren Beweh-

Bild 3 WEA-Bewehrung mit Fundamenterder

 © 2019 DEHN SE + Co KG

Erdungsanlagen für Onshore-Windkraftanlagen

Schutzvorschlag

Bild 4 WEA-Bewehrung mit Verbindern

Bild 5 Bewehrung alle 2 m verbunden

rungslage eingebracht (**Bild 3 bis 5**). Er ist mit der Bewehrung in Abständen von 2 m sicher elektrisch leitend zu verbinden. Als Verbindungen sind Schweiß-, Klemm- oder Pressverbindungen zulässig. Wird der Beton maschinell verdichtet (z. B. mittels Rüttler), dürfen keine Keilverbinder verwendet werden.

Schweißarbeiten

Schweißverbindungen sind nach DIN 1910-100 und DIN 1910-11 herzustellen. Die Schweißarbeiten dürfen nur von Betrieben ausgeführt werden, die einen entsprechenden Eignungsnachweis (Herstellerqualifikation nach DIN EN ISO 17660-1 oder DIN EN ISO 17660-2) besitzen. Die Schweißarbeiten dürfen nur von geprüften Schweißern durchgeführt werden.

Schweißverbindungen mit Bewehrungsstäben sind nur mit Zustimmung des Bauingenieurs zulässig. Die Bewehrungsstäbe sollten über eine Länge von mindestens 30 mm miteinander verschweißt werden.

Bild 6 Verbindung des Erders mit der Bewehrung

Bild 7 Ringerder mit Verbindung zum Fundamenterder

Blitzschutzsystem

Wird der Fundamenterder als Teil des Blitzschutzsystems verwendet, sind Verbindungsteile nach DIN EN 50164-1 zu verwenden.

Für den Potentialausgleich bei Blitzschutzanlagen und für EMV-Zwecke ist im Fundament ein Rund- oder Bandstahl zu verlegen, der mit der Bewehrung und der Potentialausgleichsschiene zu verbinden ist.

Im Fall eines Blitzeinschlags dürfen keine Überschläge vom Fundament durch die Isolierung zur Erdungsanlage stattfinden. Dies wird nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) durch

WPX024/D/0719 © 2019 DEHN SE + Co KG

Erdungsanlagen für Onshore-Windkraftanlagen

Schutzvorschlag

Bild 8 WEA-Bewehrung mit erdfühlig verlegtem Ringerder

eine maximale Maschenweite von 10 m x 10 m des Ringerders erreicht.
Der Ringerder und die Anschlussfahnen müssen in korrosionsgeschützter Ausführung (hochlegierter Edelstahl V4A, Werkstoffnummer 1.4571) erstellt werden.

Dokumentation

Für die Ausführung des Fundamenterders ist ein Verlegeplan notwendig. Zur Dokumentation dienen Fotografien, Pläne und Messungsprotokolle.
Ein Beispiel für die Dokumentation der Erdungsanlage ist im Anhang A der DIN 18014 enthalten sowie zum Download auf *http://www.dehn.de/de/pruefprotokolle*.

Beispiel: Erdungsanlage einer WEA

Nach dem vorliegenden Beispiel: Für die WEA wird das Fundament als Kreisring mit einem äußeren Durchmesser von 21,00 m und einem inneren Durchmesser von 10,00 m errichtet. Es wird im Fundament ein Fundamenterder aus 30 mm x 3,5 mm verzinktem Flachband und außerhalb des Fundaments ein Ringerder aus 10 mm Edelstahl-Runddraht (V4A 1.4571) installiert (**Bild 7 bis 10**).

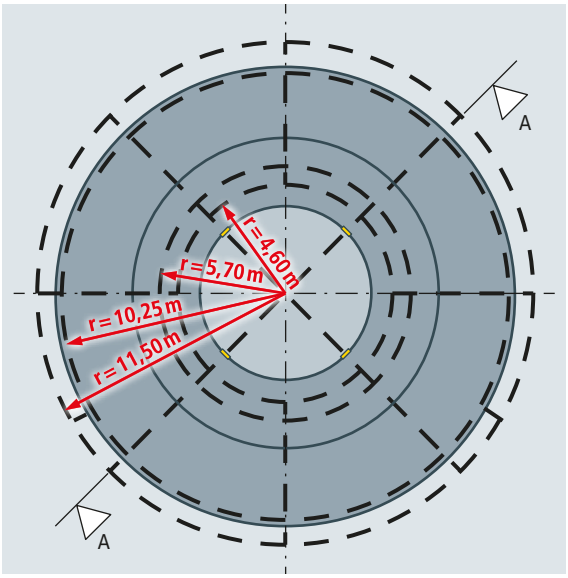


Bild 9 Draufsicht eines Fundaments

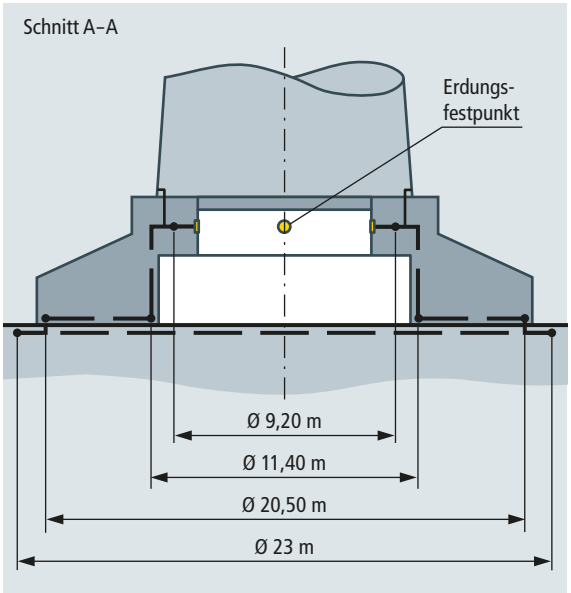


Bild 10 Schnitt eines Fundaments mit Erdungsanlage

Folgende Anforderungen gelten für die im Beispiel gezeigte Erdungsanlage:

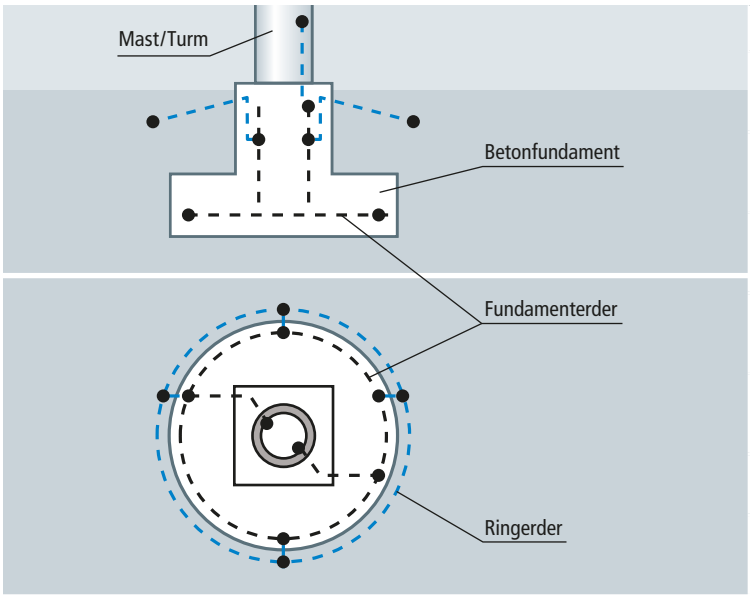
➡ Ein Fundamenterder, bestehend aus 30 mm x 3,5 mm feuerverzinktem Bandstahl, wird mit einem Radius von r = 10,25 m im Fundament verlegt.

Erdungsanlagen für Onshore-Windkraftanlagen

Schutzvorschlag

- Der Fundamenterder ist von 25 cm Beton umgeben.
- Ein Innenring mit einem Radius von r = 5,70 m und ein weiterer Ring mit r = 4,60 m wird im Fundament verlegt.
- Die feuerverzinkten Bandstähle werden alle 2 m mittels Klemmverbindungen mit der Bewehrung verbunden (**Bild 5**).
- Vom Fundamenterder r = 10,25 m verlaufen, jeweils um 120 ° versetzt, drei Verbindungsleitungen auf den Innenring r = 5,70 m und weiter auf den Innenring r = 4,60 m.
- Die Verbindungsleitungen sind gleichfalls mittels Klemmverbindungen mit der Bewehrung verbunden.
- Vom Innenring r = 4,60 m werden zwei Anschlussfahnen auf jeweils einen Erdungsfestpunkt geführt (Potentialausgleich).
- Vom Innenring r = 4,60 m werden vier Anschlussfahnen zur Verbindung mit den Ableitungen des Turms geführt.
- Im Abstand von 1,0 m zur Außenkante des Fundaments wird ein aus V4A, Werkstoff-Nr. 1.4571, Ø 10 mm Rundstahl, bestehender Ringerder verlegt.
- Vom Ringerder r = 11,50 m verlaufen acht V4A Verbindungsleitungen auf den Innenring r = 4,60 m, mit dem sie über Klemmverbindungen verbunden sind.
- Vier der acht V4A Verbindungsleitungen werden weitergeführt zum Kreismittelpunkt auf eine Kreuzklemme.
- An drei jeweils um 120 ° versetzten Punkten des Ringerders ist optional der Anschluss von V4A-Tiefenerder vorgesehen.

Zusätzlich ist eine Verbindung der Erdungsanlage mit einer Potentialausgleichschiene im Turm herzustellen.



		Art.-Nr.
1	Potentialausgleichsschiene Industrie	472 209
2	Edelstahldraht NIRO (V4A)	860 010
3	Erdungsfestpunkt NIRO (V4A)	478 011
4	Kreuzstück NIRO (V4A)	319 209
5	Band, 30 mm x 3,5 mm St/tZn	810 335
6	Druckbügelklemme	308 031
7	MAXI-MV-Klemme Zulassung UL467B	308 040

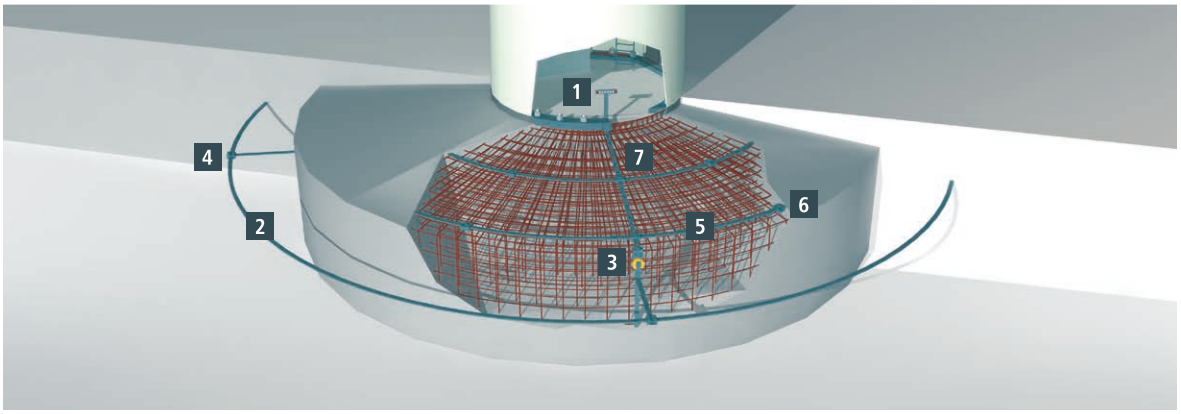


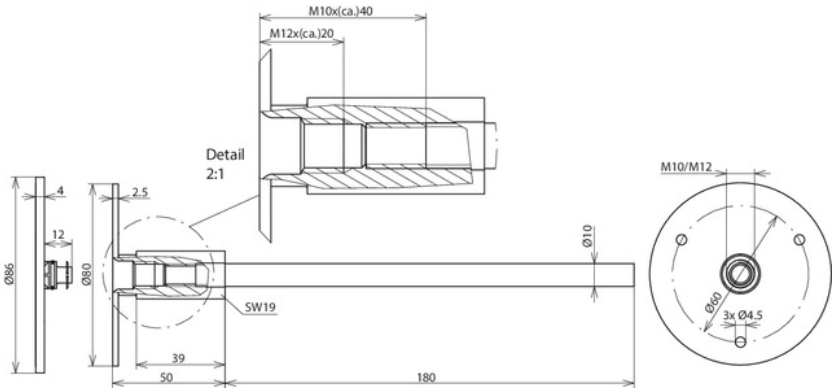
Bild 11 Empfohlene Produkte für ein Erdungssystem

WPX024/D/0719 © 2019 DEHN SE + Co KG

Erdungsfestpunkt

EFPM M10 12 V4A L230 STTZN (478 011)

Abbildung unverbindlich



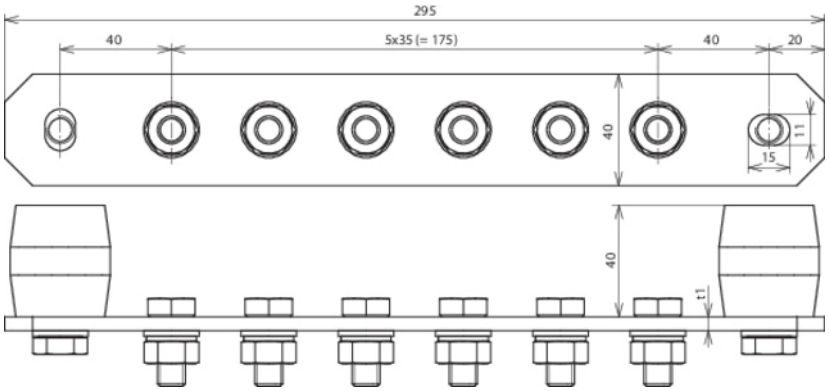
Typ Art.-Nr.	EFPM M10 12 V4A L230 STTZN 478 011
Anschlussgewinde	M10 / M12
Werkstoff Platte	NIRO (V4A)
Werkstoff-Nr.	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
ASTM / AISI:	316Ti / 316L / 316
Werkstoff Achse	St/tZn
Anschlussplatte Ø	80 mm
Abmessung Anschlussachse (Ø / Länge)	10 / 180 mm
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	6,5 kA
Normenbezug	DIN EN 62561-1
UL-Zulassung	UL467
Mindestlängen der Schrauben M10	35 mm (Gewindelänge 40 mm)
Mindestlängen der Schrauben M12	15 mm (Gewindelänge 20 mm)
Gewicht	301 g
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364033054
VPE	10 Stk.

 © 2019 DEHN SE + Co KG

Potentialausgleichsschiene Industrie

PAS I 6AP M10 V2A (472 209)

Abbildung unverbindlich



Typ Art.-Nr.	PAS I 6AP M10 V2A 472 209
Anzahl Anschlüsse	6
Werkstoff	NIRO
Werkstoff-Nr.	1.4301 / 1.4303
Abmessung (l x b x t1)	295 x 40 x 6 mm
Querschnitt	240 mm^2
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	8,9 kA
Schraube	M10 x 25 mm
Werkstoff Schraube / Mutter	NIRO
Ausführung	mit Federring
Werkstoff Isolator	UP
Farbe Isolator	rot
Normenbezug	DIN EN 62561-1
Gewicht	1,01 kg
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364090934
VPE	1 Stk.

 © 2019 DEHN SE + Co KG

Verbindungsklemme für Fundamenterder

VK DB 6.20 8.10 FL30 BSB STBL (308 031)

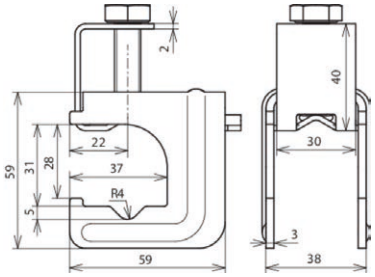


Abbildung unverbindlich

Typ Art.-Nr.	VK DB 6.20 8.10 FL30 BSB STBL 308 031
Werkstoff	St/blank
Klemmbereich Rd / Rd	(+/II) 6-20 / 8-10 mm
Klemmbereich Rd / Fl	(+/II) 6-20 / 30 x 3-4 mm
Klemmbereich Fl / Fl	(+/II) 30 x 3-4 / 30 x 3-4 mm
Schraube	M10 x 35 mm
Werkstoff Schraube	St/blank
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	8,4 kA
Normenbezug	DIN EN 62561-1
Gewicht	230 g
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364136571
VPE	25 Stk.

MAXI-MV-Klemme

MAMVK 8.16 15.25 STBL (308 040)

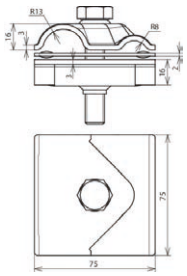


Abbildung unverbindlich

Typ Art.-Nr.	MAMVK 8.16 15.25 STBL 308 040
Werkstoff Klemme	St/blank
Klemmbereich Rd	8-16 / 15-25 mm
Materialstärke	3,0 / 2,0 mm
Schraube	M12 x 65 mm
Werkstoff Schraube	St/blank
Normenbezug	DIN EN 62561-1
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	10,2 kA
Zulassung	UL467B
Gewicht	450 g
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364055902
VPE	20 Stk.

 © 2019 DEHN SE + Co KG

Kreuzstück

KS 8.10 8.10 FL30 ZP V4A (319 209)

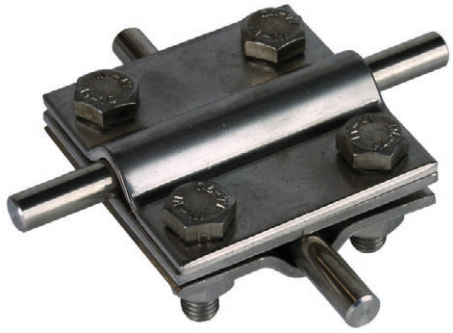
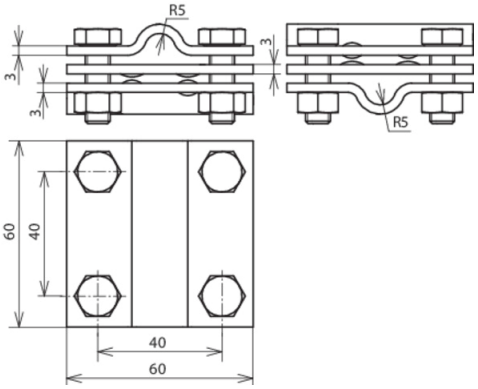


Abbildung unverbindlich



Typ Art.-Nr.	KS 8.10 8.10 FL30 ZP V4A 319 209
Werkstoff Klemme	NIRO (V4A)
Klemmbereich Rd / Rd	8-10 / 8-10 mm
Klemmbereich Rd / Fl	8-10 / 30 mm
Klemmbereich Fl / Fl	30 / 30 mm
Klemmbereich (mehrdrähtig / Seil)	50-70 mm^2
Schraube	M8 x 25 mm
Werkstoff Schraube / Mutter	NIRO (V4A)
Werkstoff-Nr.	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
ASTM / AISI:	316Ti / 316L / 316
Abmessung	60 x 60 x 3 mm
Zwischenplatte	ja
Normenbezug	DIN EN 62561-1
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	7 kA
Gewicht	313 g
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364035980
VPE	25 Stk.

WPX024/D/0719 © 2019 DEHN SE + Co KG

Flachband

BA 30X3.5 STTZN R50M (810 335)

Abbildung unverbindlich

Stahlband nach DIN EN 62561-2 (VVDE 0185-561-2) mit Zinküberzug ≥ 70 µm Mittelwert (rd. 500 g/m2), für den Einsatz bei Blitzschutz- und Erdungsanlagen.

Typ Art.-Nr.	BA 30X3.5 STTZN R50M 810 335 ✔
Breite	30 mm
Dicke	3,5 mm
Querschnitt	105 mm^2
Werkstoff	St/tZn
Normenbezug	DIN EN 62561-2
Zinküberzug	≥ 70 µm Mittelwert (rd. 500 g/m^2)
Spezifischer Leitwert	≥ 6,66 m / Ohm mm^2
Spezifischer Widerstand	≤ 0,15 Ohm mm^2 / m
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	7,3 kA
Gewicht	840 g/m
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	72123000
GTIN (EAN)	4013364032880
VPE	50 m

Runddraht

RD 10 V4A R80M (860 010)

Abbildung unverbindlich

Edelstahldraht nach DIN EN 62561-2 (VDE 0185-561-2), für den Einsatz bei Blitzschutz-, Erdungsanlagen oder Potentialausgleich.

Wird Edelstahldraht (Rd 10 mm) im Erdreich eingesetzt, so ist nach DIN EN 62561-2 (VDE 0185-561-2), DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) und DIN VDE 0151 der Werkstoff NIRO (V4A) mit einem Molybdän-Anteil > 2 % z. B. 1.4571, 1.4404 zu verwenden.

Typ Art.-Nr.	RD 10 V4A R80M 860 010 ✔
Durchmesser Ø Leiter	10 mm
Querschnitt	78 mm^2
Werkstoff	NIRO (V4A)
Werkstoff-Nr.	1.4571 / 1.4404
ASTM / AISI:	316Ti / 316L
Normenbezug	in Anlehnung an DIN EN 62561-2
Spezifischer Leitwert	≥ 1,25 m / Ohm mm^2
Spezifischer Widerstand	≤ 0,8 Ohm mm^2 / m
Kurzschlussstrom (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	2,9 kA
Gewicht	617 g/m
Zolltarifnummer (Komb. Nomenklatur EU)	72210010
GTIN (EAN)	4013364019997
VPE	80 m

 © 2019 DEHN SE + Co KG

www.dehn.de/vertrieb-de

Überspannungsschutz
Blitzschutz/Erdung
Arbeitsschutz
DEHN schützt.

DEHN SE + Co KG
Hans-Dehn-Str. 1
Postfach 1640
92306 Neumarkt, Germany

Tel. +49 9181 906-0
Fax +49 9181 906-1100
info@dehn.de
www.dehn.de

www.dehn.de/vertrieb-de

Diejenigen Bezeichnungen von im Schutzvorschlag genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Marken sind, wurden nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierung ™ oder ® nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente, Gebrauchsmuster oder sonstige intellektuelle und gewerbliche Schutzrechte vorliegen. Änderungen in Form und Technik, bei Maßen, Gewichten und Werkstoffen behalten wir uns im Sinne des Fortschrittes der Technik vor. Die Abbildungen sind unverbindlich. Druckfehler, Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

Informationen zu unseren eingetragenen Marken („Registered Trademarks") finden Sie im Internet unter de.hn/uem.

WPX024/D/0719 © 2019 DEHN SE + Co KG