



Der Fundamenterder



5. Auflage

Impressum

Herausgeber:

GED Gesellschaft für
Energiedienstleistungen GmbH & Co. KG
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin

In Zusammenarbeit mit dem
Zentralverband der Deutschen Elektro- und
Informationstechnischen Handwerke (ZVEH)
Lilienthalallee 4
60487 Frankfurt am Main

Autorenschaft:

Fachausschuss „Elektroinstallation und Gebäude-
systemtechnik“ der Fachgemeinschaft für effiziente
Energieanwendung e.V. (HEA) in Berlin

Redaktion:

Arbeitskreis „Kommunikation“ der Initiative ELEKTRO+

Bildquellen:

DEHN + SÖHNE, OBO Bettermann, Wettingfeld,
HEA-Fachgemeinschaft

Copyright:

GED Gesellschaft für
Energiedienstleistungen GmbH & Co. KG

5. Auflage September 2014

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--|---|----|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Erdung und Potentialausgleich | 5 |
| 3 | Arten und Einsatz von Erdern | 6 |
| 4 | Fundamenterder | 7 |
| 4.1 | Allgemeines | 7 |
| 4.2 | Werkstoffe | 9 |
| 5 | Ringerder | 10 |
| 5.1 | Allgemeines | 10 |
| 5.2 | Werkstoffe | 11 |
| 5.3 | Nachträgliche Verlegung eines Ringerders | 11 |
| 6 | Funktionspotentialausgleichsleiter | 12 |
| 6.1 | Allgemeines | 12 |
| 6.2 | Werkstoffe | 12 |
| 7 | Bauteile | 13 |
| 7.1 | Anschlussteile | 13 |
| 7.1.1 | Anschlussfahnen | 13 |
| 7.1.2 | Erdungsfestpunkte | 14 |
| 7.2 | Verbindungsteile | 15 |
| 8 | Ausführung des Fundamenterders | 16 |
| 8.1 | Fundamenterder im unbewehrten Fundament | 16 |
| 8.1.1 | Fundamentplatte mit Frostschutz-Schürze | 16 |
| 8.1.2 | Fundamente aus Faserbeton | 17 |
| 8.2 | Fundamenterder im bewehrten Fundament | 17 |
| 8.3 | Fundamenterder in Einzelfundamenten | 18 |
| 8.4 | Fundamenterder in Fundamenten mit erhöhtem Erdübergangswiderstand | 18 |
| 8.4.1 | Fundamente in Gebäuden mit Wannendichtungen | 19 |
| 8.4.1.1 | Fundamente aus wasserundurchlässigem Beton (weiße Wanne) | 19 |
| 8.4.1.2 | Fundamente mit Bitumenabdichtung (schwarze Wanne) | 19 |
| 8.4.1.3 | Fundamente mit Bentonitabdichtung (braune Wanne) | 21 |
| 8.4.2 | Fundamente auf schlagzähen Kunststoffbahnen | 21 |
| 8.4.3 | Fundamente mit Wärmedämmung (Perimeterdämmung) | 22 |
| 8.4.4 | Fundamente auf kapillarbrechenden Schichten | 22 |
| 9 | Zuständigkeit für die Errichtung | 23 |
| 10 | Dokumentation und Durchgangsmessung | 23 |
| Anhang 1: Beispiel für die Dokumentation der Erdungsanlage nach DIN 18014 | | 24 |
| Anhang 2: Entscheidungshilfe zur Ausführung des Fundamenterders | | 27 |

1 Einleitung

Isolationsfehler oder andere Mängel in einer Elektroinstallation können sich ungünstig auf andere leitfähige Systeme auswirken, z. B. auf die Gas- und Wasserinstallation, das Zentralheizungssystem, die Antennenanlage sowie die Telekommunikations- und Hauskommunikationsanlage. Diese leitfähigen Systeme sind teils getrennt, teils mittelbar oder unmittelbar miteinander verbunden.

Auch die große Zahl der Elektrogeräte, z. B. Elektrohaushaltsgeräte, TV-, Video- und Audiogeräte, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass bei Fehlern in der Elektroinstallation Spannungsverschleppungen und somit gefährliche Berührungsspannungen auftreten. Die dadurch für Menschen und Tieren entstehenden Gefahren werden durch einen Potentialausgleich und durch eine Erdungsanlage deutlich verringert.

2 Erdung und Potentialausgleich

Die Verbindung eines Punktes der elektrischen Anlage mit dem Erdreich wird „Erdung“ genannt. Diese kann bestimmte Aufgaben erfüllen, z. B. für den Schutz gegen elektrischen Schlag, für den Blitzschutz, für die Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) sowie für die Schutz- oder Funktionserdung von bestimmten Betriebsmitteln, z. B. für die Antennenanlage.

Werden Punkte unterschiedlichen Potentials leitend miteinander verbunden, so wird die zwischen ihnen bestehende Potentialdifferenz ausgeglichen. Eine elektrische Spannung lässt sich zwischen diesen Punkten dann nicht mehr messen. Es ist ein „Potentialausgleich“ hergestellt.

In DIN VDE 0100-410 ist ein Potentialausgleich nach DIN VDE 0100-540 vorgeschrieben, der alle vorhandenen metallenen Systeme des Gebäudes sowie die Schutzleiter, Schutz-, Funktions- und Potentialausgleichsleiter sowie den Erdungsleiter der elektrischen Anlage über die Haupterdungsschiene miteinander verbindet (Bild 1).

Potentialausgleich und Erdungsanlage ergänzen sich zu einem wirksamen Schutzsystem.



Bild 1: Haupterdungsschiene und Potentialausgleich

3 Arten und Einsatz von Erdern

Es gibt verschiedene Arten von Erdern:

- **Natürliche Erder** sind Gebäudeteile oder metallene, elektrisch leitende Körper, die großflächig mit dem Erdreich in Verbindung stehen, z.B. Gebäudefundamente, Konstruktionsteile aus Stahl, Rohrleitungen.
- **Oberflächenerder** sind Erder, die strahlen-, ring- oder maschenförmig, aus Rund- oder Bandstahl bestehend, im Allgemeinen in einer Tiefe von 0,5 m bis 1,0 m (je nach örtlicher Frosttiefe) im Erdreich eingebracht werden z.B. Ringerder gemäß Abschnitt 5.
- **Tiefenerder** sind Erder aus Rundstahl, die im Allgemeinen senkrecht in größere Tiefen in das Erdreich eingebracht werden.
- **Fundamenterder** werden in das Betonfundament eingebettet und stehen deshalb mit der Erde großflächig in Berührung. Sie bestehen aus Rund- oder Bandstahl. Nach DIN VDE 0100-540 kann der Fundamenterder bei bestimmten baulichen Gegebenheiten auch außerhalb des Gebäudefundamentes angeordnet sein. Dieser Erder wird in DIN 18014 als Ringerder (siehe Abschnitt 5) bezeichnet.

Die Zuverlässigkeit der Erdungsanlage darf nicht von anderen Systemen im Gebäude abhängen. Metallene Wasser- und Gasversorgungssysteme sind deshalb als Erder nicht zugelassen.

Bei felsigem oder steinigem Untergrund kann der Einsatz von Tiefenerdern problematisch sein. Hier werden dann Oberflächenerder oder Fundamenterder eingesetzt.

Oberflächenerder aus Rund- oder Bandstahl können im sogenannten Arbeitsraum rund um das Gebäude direkt in die Erde eingebracht werden. Selbst bei Verwendung von feuerverzinktem Stahl unterliegt dieser dann jedoch, je nach Erdreich und Bebauung, einer mehr oder

weniger starken Korrosion. Deshalb ist für die direkte Einbettung von Erdern aus Stahl im Erdreich ausnahmslos nichtrostender Stahl zu verwenden (z. B. V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404).

Für Neubauten ist ein Fundamenterder hervorragend geeignet, da für ihn praktisch keine zusätzlichen Erdarbeiten notwendig sind. Außerdem ist der Fundamenterder aufgrund seiner Einbettung in Beton sehr gut gegen Korrosion geschützt. Seine Anwendung ist deshalb sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht vorteilhaft. In den DIN-Planungsnormen, den Technischen Anschlussbedingungen der Netzbetreiber und der DIN VDE 0100-540 ist er für Neubauten gefordert. Seine Ausführung ist in DIN 18014 genormt.

Der Fundamenterder kann für mehrere Erdungsaufgaben herangezogen werden, und zwar als

- Anlagenerder für die Schutzmaßnahme gegen elektrischen Schlag (im Netzsystem TT),
- Erder für den Blitz- und Überspannungsschutz,
- Erder für die Kommunikationsanlage,
- Erder für die Antennenanlage.

Aufgrund der Verschiedenheit dieser Aufgaben muss die Planung des Fundamenterders frühzeitig erfolgen. Nur so können die verschiedenen Anforderungen für das Blitzschutzsystem, für die Abschirmung informationstechnischer Anlagen und für den Potentialausgleich abgestimmt und berücksichtigt werden.

Wird in einem Gebäude eine Transformatorstation errichtet, müssen die Querschnitte der Erder an die möglicherweise zu erwartenden hohen Erdfehlerströme angepasst werden. Die Dimensionierung der Erdungsanlage ist dann nach DIN VDE 0101 vorzunehmen.

4 Fundamenterder

4.1 Allgemeines

Der Fundamenterder gilt als Bestandteil der elektrischen Anlage und erfüllt wesentliche Sicherheitsfunktionen. Er verbindet einen Punkt der elektrischen Anlage mit Erde und stellt gleichzeitig in der von ihm umspannten Fläche einen Potentialausgleich her. Seine Errichtung und Prüfung soll deshalb durch eine Elektro- oder durch eine Blitzschutzfachkraft oder unter deren Aufsicht erfolgen. Der Anschluss des Fundamenterders an die elektrische Anlage darf nur durchgeführt werden durch einen Elektrofachbetrieb, der für die Errichtung elektrischer Anlagen bei einem Netzbetreiber eingetragen ist.

Der Fundamenterder ist als geschlossener Ring in die Fundamente der Außenwände des Gebäudes einzubringen (Bild 2). In einer Fundamentplatte muss die Anordnung entsprechend erfolgen, das heißt, der Fundamenterder ist als geschlossener Ring im äußeren Randbereich der Fundamentplatte, anzuordnen.

Durch die zusätzliche Verbindung des Fundamenterders mit der Bewehrung in Abständen von max. 2 m werden die Erderwirkung und der Potentialausgleich wesentlich wirksamer gestaltet.

Als Verbindungen sind Schweiß-, Klemm- oder Pressverbindungen anzuwenden. Rödelerbindungen sind nach DIN 18014 nicht zugelassen. Wird der Beton maschinell verdichtet (z. B. mittels Rüttler), so dürfen Keilverbinder nicht verwendet werden, weil diese sich durch den Verdichtungsvorgang lösen können. Reihenhäuser erhalten für jede Hauseinheit einen eigenen Fundamenterder (Bild 3).

Bei Gebäuden mit größerer Grundfläche ist der Fundamenterder durch Querverbindungen aufzuteilen. Die Maschenweite darf nicht größer als 20 m x 20 m sein (Bild 4).

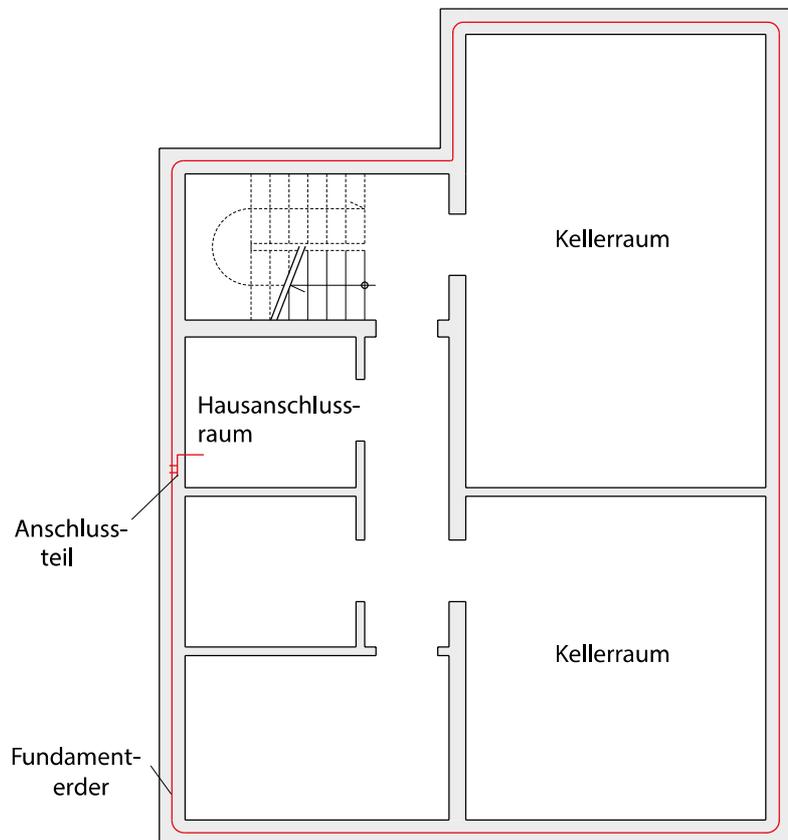


Bild 2: Anordnung des Fundamenterders in den Fundamenten bzw. der Fundamentplatte

Bei Nutzung des Fundamenterders bzw. Ring- erders für ein Blitzschutzsystem können je nach Schutzbedürftigkeit des Gebäudes auch Maschenweiten von 10 m x 10 m oder geringer erforderlich sein. Festlegungen über die Ma- schenweite des Fundamenterders und die Anzahl der Anschlussfahnen/Erdungsfestpunkte für die Ableitungen des Blitzschutzsystems sind in DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) „Blitzschutz; Schutz von baulichen Anlagen und Personen“ und DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) „Blitzschutz; Schutz von elektronischen Systemen in baulichen Anla-

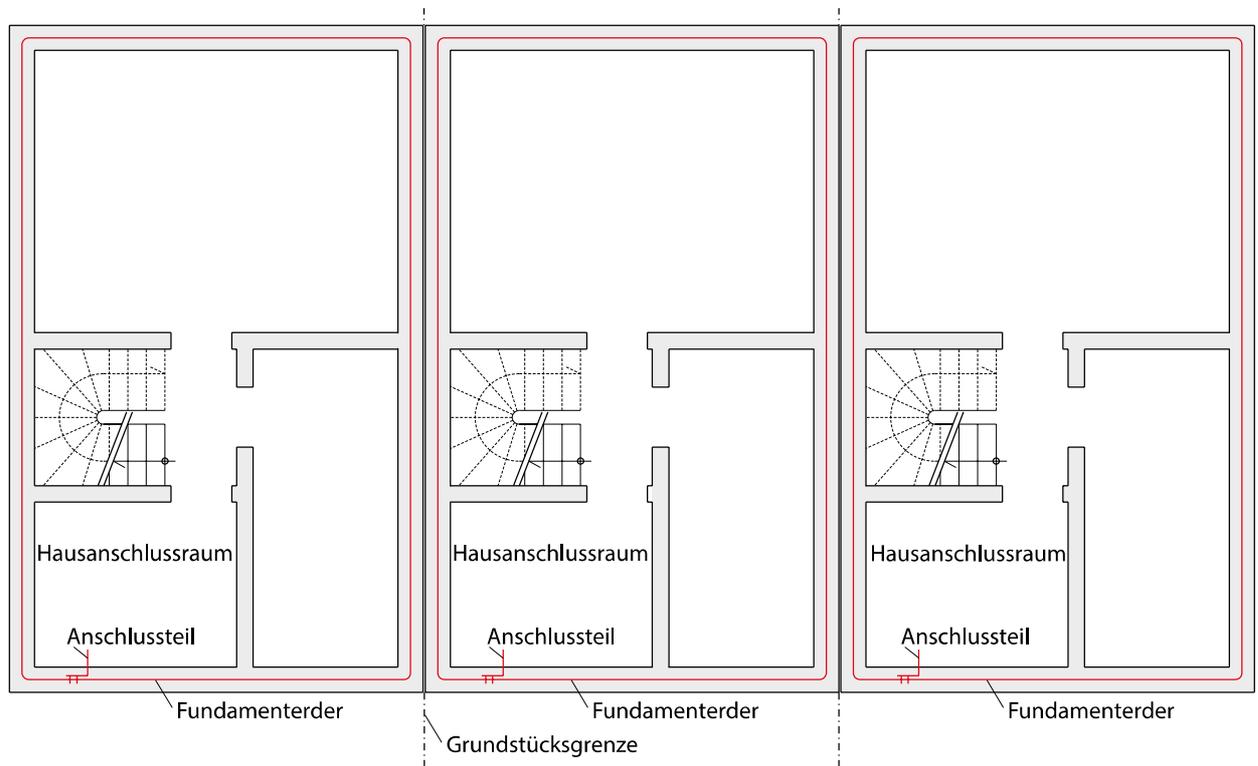


Bild 3: Anordnung eines Fundamenterders bei Reihenhäusern

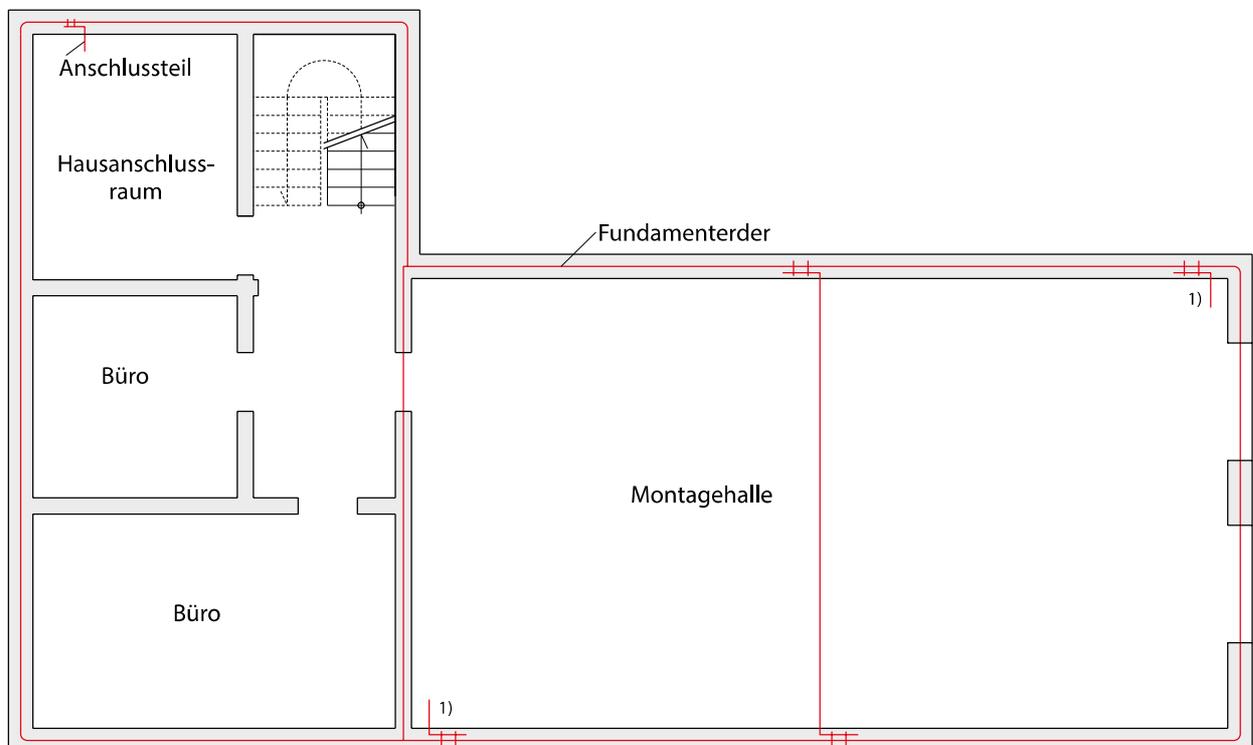


Bild 4: Anordnung des Fundamenterders in einem größeren Gebäude
 1) Anschlusssteil zum Zweck des Potentialausgleichs

gen“ enthalten. Zusätzliche Anforderungen zur Einhaltung der EMV können in DIN VDE 0100-444 und DIN VDE 0800-2-310 enthalten sein. Deshalb ist bei der Planung ein entsprechender Blitzschutzfachmann hinzuzuziehen.

Der Fundamenterder darf nicht über Bewegungsfugen geführt werden. Er ist an diesen Stellen aus dem Fundament herauszuführen und mit Dehnungsbändern zu verbinden (Bild 5). Alternativ können bei Betonwänden Erdungsfestpunkte eingebracht werden, die dann miteinander verbunden werden. Neuerdings sind auch Dehnungsbänder zum Einbau in die Bodenplatte erhältlich.

Die Wirkung des im Fundament eingebrachten Erders wird durch dünne Kunststofffolien zwischen Streifenfundament bzw. Fundamentplatte und Erdreich negativ beeinflusst. Messungen haben ergeben, dass diese Kunststofffolien die als Trennlage zwischen Fundament und Sauberkeitsschicht eingebracht werden, die Fundamenterderwirkung zwar beeinträchtigen, der Erdungswiderstand in der Regel aber immer noch ausreichend ist. Der Fundamenterder kann somit in das Streifenfundament bzw. in die Fundamentplatte eingebaut werden.

4.2 Werkstoffe

Damit der Fundamenterder gegen Korrosion geschützt ist, muss er von mindestens 5 cm Beton allseitig umschlossen sein. Dadurch hat er eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer. Als Werkstoff für den Fundamenterder ist vorzugsweise Stahl zu verwenden. Der Stahl kann sowohl verzinkt als auch unverzinkt ausgeführt sein. Üblicherweise wird Rund- oder Bandmaterial verwendet. Rundmaterial muss einen Durchmesser von mindestens 10 mm haben. Bei Bandmaterial müssen die Abmessungen mindestens 30 mm x 3,5 mm betragen.

Sind hohe Erdfehlerströme zu erwarten, so darf als Werkstoff für den Fundamenterder auch Kupfer verwendet werden, z. B. in Transformatorstationen. Kupfer besitzt eine gegenüber Stahl höhere zulässige Stromdichte und ist damit bei gleichen oder geringeren Querschnitten mit höheren Strömen belastbar. Für den Fundamenterder darf Kupferseil (blank oder verzinkt) mit einem Querschnitt von mindestens 50 mm² und für Anschlussfahnen auch isoliertes Kupferkabel NYY mit einem Querschnitt von mindestens 50 mm² verwendet werden.

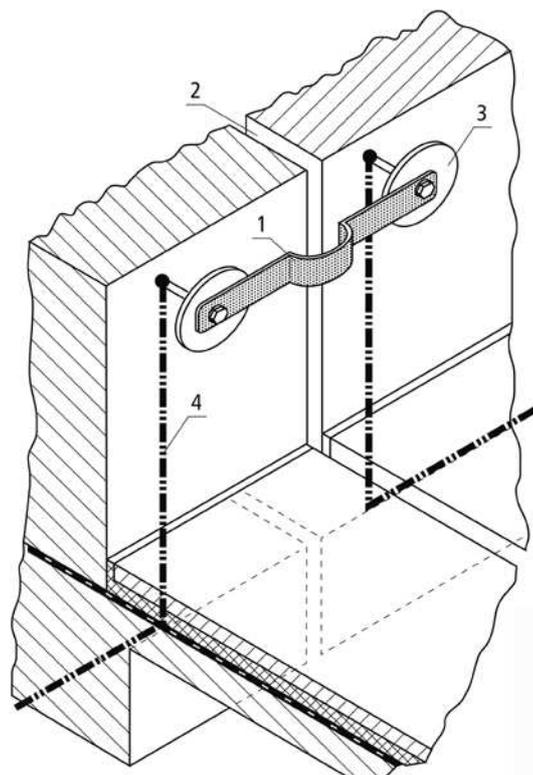


Bild 5: Überbrückung von Dehnungsfugen mittels Erdungsfestpunkten und Dehnungsbändern

- 1 Dehnungsband
50 mm² Cu/Al
- 2 Bewegungsfuge
- 3 Erdungsfestpunkt
- 4 Rundstahl 10 mm oder
Bandstahl 30 x 3,5 mm

5 Ringerder¹⁾

5.1 Allgemeines

In bestimmten Fällen kann das Gebäudefundament für den Erder nicht genutzt werden. Dies ist dann der Fall, wenn ein Fundament mit erhöhtem Erdübergangswiderstand vorhanden ist. Diese Fälle werden im Abschnitt 8.4 detailliert beschrieben. Wird der Erder außerhalb der Gebäudefundamente eingebracht, handelt es sich nach DIN 18014 um einen Ringerder, für den – bis auf das Material – die gleichen Anforderungen wie für den Fundamenterder gelten.

Der Ringerder wird ebenfalls als geschlossener Ring unterhalb bzw. seitlich der Gebäudefundamente in einer Tiefe von mindestens 0,8 m

(übliche Frosttiefe in Deutschland) eingebracht (Bild 6). Bei solchen geringen Einbringtiefen sollte wegen der möglichen Austrocknung des Erdreichs ein Abstand des Ringerders von 1 m zur Gebäudeaußenkante eingehalten werden. Bei großen Dachüberständen ist dieser Abstand zu vergrößern. Wird der Ringerder bei unterkellerten Gebäuden auf dem Niveau der Kellersohle eingebracht, so ist aufgrund der in dieser Tiefe ausreichenden Erdfeuchte kein besonderer Abstand zum Gebäudefundament notwendig. Bei Gebäuden mit größerer Grundfläche ist der Ringerder durch Querverbindungen aufzuteilen. Die Maschenweite darf nicht größer als 20 m x 20 m sein (siehe Bild 4).

Bild 6: Beispiel für die Ausführung eines Ringerders



¹⁾ In DIN VDE 0100-540 wird dieser Erder auch als „Fundamenterder, in Erde verlegt“ bezeichnet.

Wird der Ringerder für ein Blitzschutzsystem verwendet, darf die Maschenweite nicht mehr als 10 m x 10 m betragen. Damit soll verhindert werden, dass ein Blitzeinschlag zur Zerstörung der Abdichtung auf der Unterseite der Fundamentplatte bzw. zur Absprengung von Betonteilen an der Fundamentplatte führt.

5.2 Werkstoffe

Da der Ringerder im Erdreich verlegt wird und über den Funktionspotentialausgleichsleiter (siehe Abschnitt 6.1) mit den Bewehrungsstählen der Betonfundamente verbunden ist, kann es aufgrund elektrochemischer Prozesse zu Korrosion kommen. Deshalb muss vorzugsweise Rundmaterial mit einem Mindestdurchmesser von 10 mm oder Bandmaterial mit den Abmessungen mindestens 30 mm x 3,5 mm aus nichtrostendem Stahl (z. B. V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404) verwendet werden.

Alternativ kann auch Kupferseil verwendet werden. Dabei ist jedoch auf die elektrochemische Wirkung in Verbindung mit metallenen Teilen (z. B. Rohre, Träger, usw.) im Erdreich zu achten, sofern diese Teile über den Potentialausgleich oder über andere leitfähige Teile oder Gebäudekonstruktionen elektrisch leitend miteinander verbunden sind.

5.3 Nachträgliche Verlegung eines Ringerders

Ist ein Fundamenterder nicht vorhanden oder unwirksam, so bleibt nur die nachträgliche Verlegung eines Ringerders um das gesamte Gebäude. Ist der Arbeitsraum um das Gebäude noch nicht verfüllt, kann nichtrostender Stahl mit einem Abstand von ca. 1 m um das Gebäude verlegt werden. Ist das nicht möglich, so muss um das Gebäude herum aufgegraben werden (ca. 0,8 m tief). Die Anschlussfahne wird in den Hausanschlussraum geführt, wobei der Abdichtung bei der Gebäudeeinführung besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist.

Da bei einer nachträglichen Verlegung eines Ringerders die Maschenbildung in der Regel nicht mehr möglich ist, empfiehlt es sich, zusätzliche Tiefenerder mit einer Mindestlänge von 3 m einzubringen. Diese werden an den Gebäudeecken und nötigenfalls auch dazwischen so gesetzt, dass der Abstand zwischen ihnen nicht mehr als 20 m beträgt. Ist die Erdungsanlage für ein Blitzschutzsystem vorgesehen, so darf der Abstand der Tiefenerder nicht mehr als 10 m betragen. Die Tiefenerder müssen untereinander mit Ringerdermaterial verbunden werden, soweit das möglich ist.

6 Funktionspotentialausgleichsleiter

6.1 Allgemeines

Wird ein Ringerder um das Gebäude im Erdreich installiert, so ist zusätzlich ein separater Potentialausgleichsleiter als geschlossener Ring in der Fundamentfläche bzw. Bodenplatte des Gebäudes zu verlegen. Dieser verbessert die Wirksamkeit des Schutzpotentialausgleichs im Gebäude, reduziert elektromagnetische Störungen und vermeidet bei Vorhandensein einer Blitzschutzanlage hohe Schritt- und Berührungsspannungen im Falle eines Blitzeinschlages. In DIN 18014 ist dieser Potentialausgleichsleiter als „Funktionspotentialausgleichsleiter“ bezeichnet. Er wird mit dem Schutzpotentialausgleich und dem Ringerder an der Haupterdungsschiene des Gebäudes verbunden (siehe Bild 1).

Der Funktionspotentialausgleichsleiter muss außerdem in Abständen von ca. 2 m mit der Fundamentbewehrung kontaktiert werden (Bild 7). Als elektrisch leitfähige Kontaktverbindungen gelten Klemm-, Press- oder Schweißverbindungen. Auch für den Funktionspotentialausgleichsleiter ist eine Maschenweite von höchstens 20 m x 20 m einzuhalten.

Bild 7: Beispiel für die Ausführung des Funktionspotentialausgleichsleiters



Der Funktionspotentialausgleichsleiter wird mit der Haupterdungsschiene und allen weiteren Potentialausgleichsschienen im Gebäude verbunden. Außerdem sind Verbindungen des Funktionspotentialausgleichsleiters mit dem Ringerder jeweils einmal je 20 m Gebäudeumfang notwendig.

Bei Vorhandensein eines äußeren Blitzschutzes werden eine Verbindung mit dem Funktionspotentialausgleichsleiter sowie eine Verbindung zwischen Ringerder und Funktionspotentialausgleichsleiter für jede Ableitung des Blitzschutzsystems hergestellt.

Auch wenn zunächst ein äußer Blitzschutz für das Gebäude nicht vorgesehen ist, soll diese Maßnahme doch grundsätzlich für alle Gebäude angewendet werden, damit künftige diesbezügliche Anforderungen erfüllt werden können.

6.2 Werkstoffe

Damit der Funktionspotentialausgleichsleiter gegen Korrosion geschützt ist, muss er von mindestens 5 cm Beton allseitig umschlossen sein. Dadurch hat er eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer. Als Werkstoff ist vorzugsweise Stahl zu verwenden. Der Stahl kann sowohl verzinkt als auch unverzinkt ausgeführt sein. Es kann Rund- oder Bandmaterial eingesetzt werden. Rundmaterial muss einen Durchmesser von mindestens 10 mm haben. Bei Bandmaterial müssen die Abmessungen mindestens 30 mm x 3,5 mm betragen.

7 Bauteile

7.1 Anschlusssteile

Ein Erder ohne Verbindung zur Haupterdungsschiene ist nutzlos. Diese Verbindung ist nur möglich, wenn die notwendigen Anschlusssteile für den Anschluss des Fundament- oder Ringerders und den Funktionspotentialausgleich aus dem Fundament oder dem Erdreich herausgeführt sind. Anschlusssteile können Anschlussfahnen oder Erdungsfestpunkte sein. Sofern Konstruktionsteile aus Metall, z.B. Führungsschienen von Aufzügen,

sind zusätzliche Anschlusssteile einzuplanen. Diese sind nach außen zu führen. Nur bei rechtzeitiger Planung können die für das Blitzschutzsystem benötigten Anschlusssteile nach Anzahl und Lage objektbezogen durch Blitzschutzfachkräfte festgelegt werden. Bei Verwaltungs- und Industriegebäuden ist im Allgemeinen je 10 m Gebäudeumfang ein Anschlusssteil vorzusehen. Damit ist die Anwendung jeder Blitzschutzklasse für das Gebäude möglich.

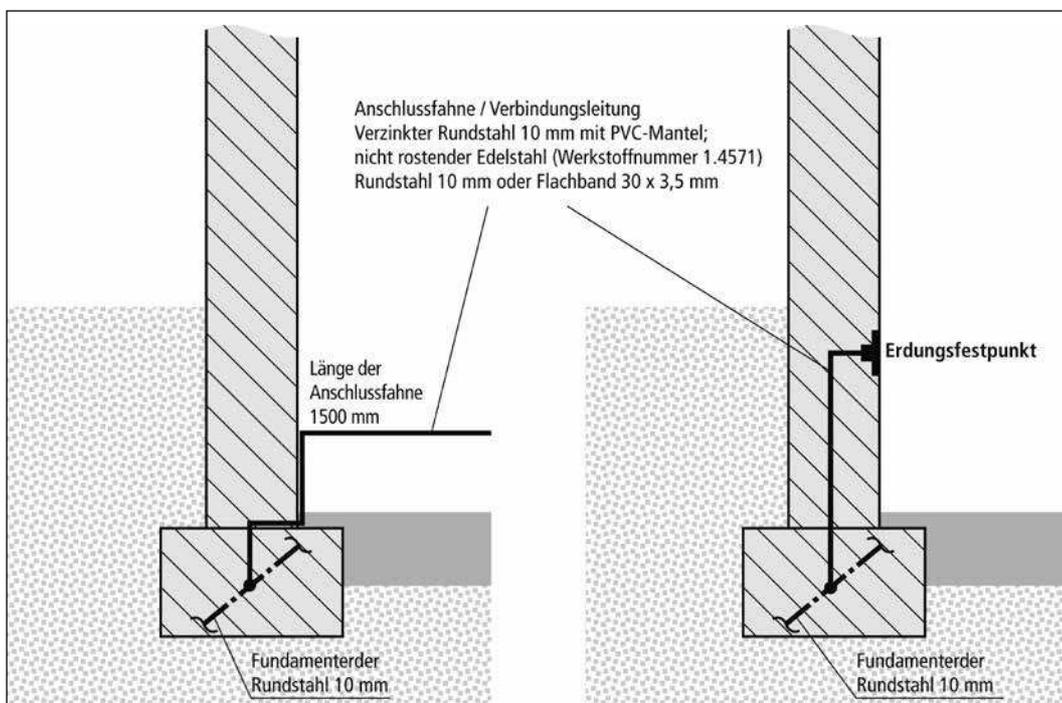


Bild 8: Beispiel für die Anordnung der nach innen geführten Anschlussfahne bzw. des nach innen geführten Anschlusssteils (Erdungsfestpunkt)

direkt mit dem Fundamenterder verbunden werden sollen, sind zusätzliche Anschlusssteile an den dafür erforderlichen Stellen zu berücksichtigen.

Das Anschlusssteil für den Anschluss an die Haupterdungsschiene ist in der Nähe des Hausanschlusskastens bzw. der elektrischen Gebäudeeinspeisung vorzusehen (siehe Bild 1).

Für die Verbindung der Ableitungen eines äußeren Blitzschutzsystems mit dem Fundament- oder Ringerder und dem Funktionspotentialausgleich

7.1.1 Anschlussfahnen

Anschlussfahnen ermöglichen den Anschluss des Fundament- oder Ringerders an die elektrische Anlage des Gebäudes, das Blitzschutzsystem sowie den Funktionspotentialausgleichsleiter. Die Länge der Anschlussfahne soll vor ihrem Anschluss ab der Eintrittsstelle in den Raum mindestens 1,5 m betragen.

Anschlussfahnen, die nach innen geführt werden (Bild 8) sind gegen Korrosion zu schützen. Sie können aus verzinktem Material mit Kunst-

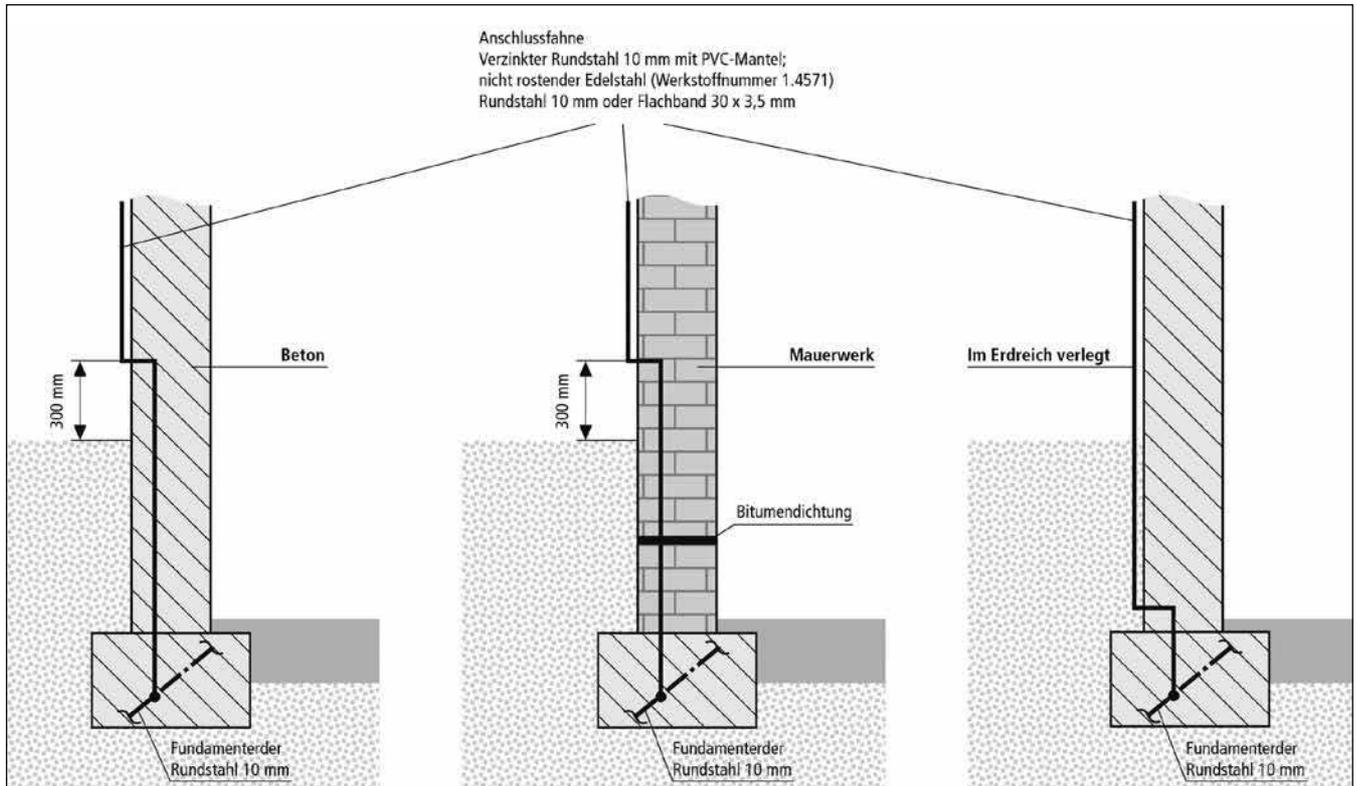


Bild 9: Beispiele für die Anordnung der nach außen geführten Anschlussfahnen

stoffummantelung oder vorzugsweise aus nichtrostendem Stahl (V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404) bestehen. Die Verwendung von V4A-Stahl hat sich in der Praxis bestens bewährt. Anschlussfahnen, die nach außen geführt werden (Bilder 9 und 10), sollen aufgrund der Korrosionsgefahr im Beton oder im Mauerwerk bis oberhalb der Erdoberfläche verlegt werden. Die Anschlussfahnen sind im gesamten Verlauf gegen Korrosion zu schützen. Anschlussfahnen, die ins Erdreich geführt werden, benötigen ebenfalls einen besonderen Korrosionsschutz.

Anschlussfahnen an Ringerder werden aus dem gleichen Material wie der Ringerder ausgeführt (vorzugsweise nichtrostender Edelstahl; V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404).

Für die Anschlussfahnen kann Rundmaterial mit einem Durchmesser von mindestens 10 mm oder Bandmaterial in den Abmessungen mindestens 30 mm x 3,5 mm verwendet werden.

Anschlussfahnen sind während der Bauzeit auffällig zu kennzeichnen, damit sie nicht versehentlich abgeschnitten werden.

7.1.2 Erdungsfestpunkte

Bei Betonbauten eignen sich Erdungsfestpunkte als Anschlusssteile besonders (Bild 11). Diese haben den Vorteil, dass die Betonschalung nicht durchdrungen wird und während der Bauphase Anschlussfahnen die Bauarbeiten nicht stören.



Bild 10: Ausführungsbeispiel einer Anschlussfahne aus Edelstahl (V4A)



Bild 11: Erdungsfestpunkt

7.2 Verbindungsteile

Die Verbindung von Teilen des Fundament- oder Ringerders mit dem Funktionspotentialausgleichsleiter sowie die Verbindung mit den Anschlussteilen ist mit Hilfe geeigneter Schraub-, oder Kreuzverbinder herzustellen (Bilder 12 und 13). Wird das Fundament mechanisch verdichtet, dürfen Keilverbinder nicht verwendet werden. Diese könnten sich durch Vibrationen im Verdichtungsprozess lockern.

Möglich ist auch die Verbindung unter Anwendung eines geeigneten Schweißverfahrens. Der Schweißer muss hierfür jedoch eine spezielle

Ausbildung zum Schweißen an Armierungen besitzen. Rödelverbindungen mit Hilfe von Bindedraht gelten nicht als Verbindungen im elektrotechnischen Sinn und sind deshalb hierfür nicht geeignet.

Werden Verbindungsteile in Gebäuden mit einem äußeren Blitzschutzsystem eingesetzt, so müssen diese für die auftretenden Blitzstoßströme (Teilströme) geeignet sein.

Verbindungsteile im Erdreich (Ringerder) müssen mit geeigneten Maßnahmen z. B. Korrosionsschutzbinden, gegen Korrosion geschützt sein.



Bild 12: Schraubverbinder für Bandstahl

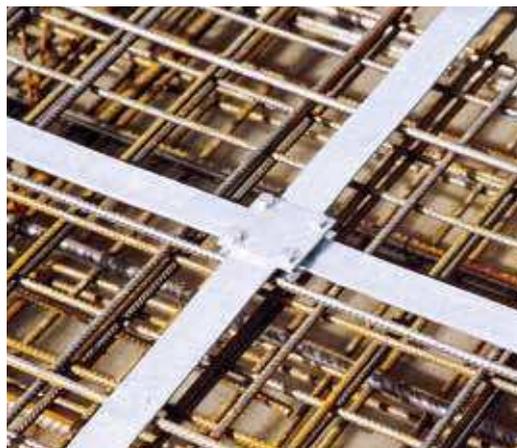


Bild 13: Kreuzverbinder für Rundstahl

8 Ausführung des Fundamenterders

8.1 Fundamenterder im unbewehrten Fundament

Bei Verwendung von Bandstahl ist dieser hochkant zu verlegen. Dadurch wird der Bandstahl allseits dicht von Beton umschlossen und gegen Korrosion geschützt (Bild 14).

Der Stahl muss so fixiert werden, dass er beim Einbringen des Betons seine ursprüngliche Lage beibehält und somit gegen seitliches Verschieben und Absacken auf das natürliche Erdreich gesichert ist. Zur Lagefixierung sind daher Abstandhalter (Bild 15) zu verwenden. Diese sollen im Abstand von 1 bis 2 m angeordnet werden und sicherstellen, dass der Fundamenterderstahl nach dem Betonieren allseitig von Beton mit einer Dicke von mindestens 5 cm umgeben ist.

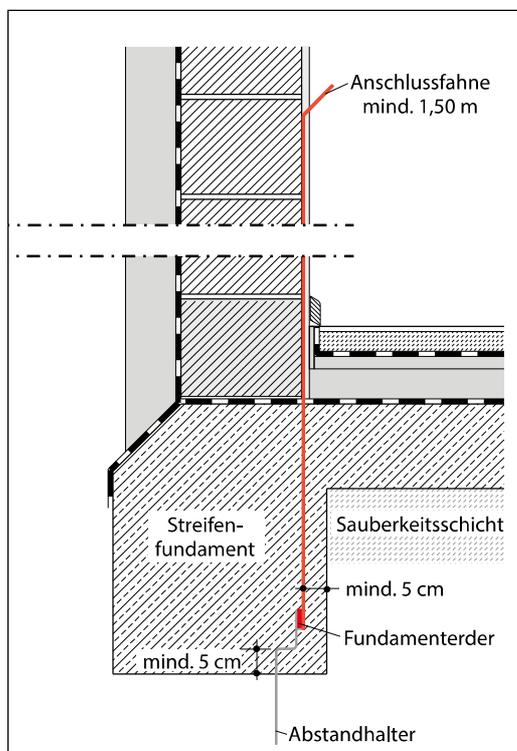


Bild 14: Ausführung eines Fundamenterders im unbewehrten Fundament



Bild 15: Abstandhalter montiert in der Fundamentsohle

8.1.1 Fundamentplatte mit Frostschutz-Schürze

Eine Fundamentplatte kann unter Umständen mit sogenannten Frostschürzen versehen werden, die seitlich an die Fundamentplatte angrenzen und das Eindringen von Frost in dieselbe verhindern. Diese Frostschürzen werden im Allgemeinen nicht armiert. Das Einlegen eines Fundamenterders in diese Frostschürzen ist grundsätzlich möglich, wenn diese das gesamte Gebäude umschließen und erdfühlig sind. Der in der Frostschürze verlegte Fundamenterder wird ausgeführt wie der Fundamenterder im unbewehrten Fundament. Zur Herstellung des Funktionspotentialausgleichs muss er jedoch mehrfach mit der Bewehrung der Bodenplatte leitfähig verbunden werden.

Ist das bautechnisch nicht machbar, so ist zur Sicherstellung des Potentialausgleichs der Funktionspotentialausgleichsleiter im Randbereich der Bodenplatte in die Bewehrung einzulegen und mit dieser jeweils in Abständen von 2 m leitfähig zu verbinden. Außerdem sind Verbindungen des Funktionspotentialausgleichsleiters mit dem Fundamenterder in der Frostschürze jeweils einmal je 20 m Gebäudeumfang herzustellen.

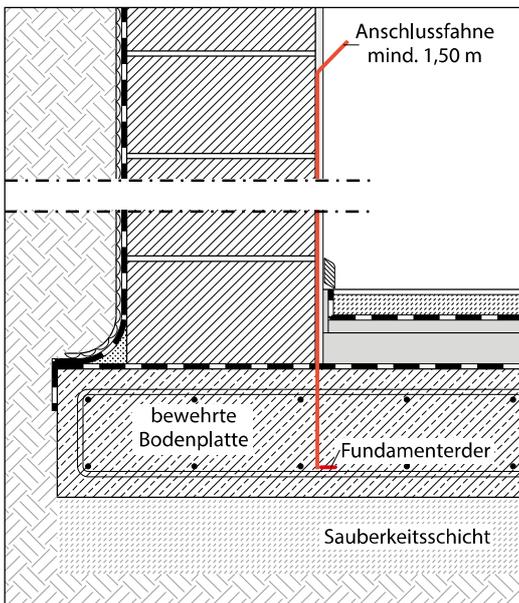


Bild 16: Ausführung des Fundamenterders im bewehrten Fundament

Ist auch das bautechnisch nicht ausführbar, oder ist die Frostschräge wie die Bodenplatte mit einer Perimeterdämmung versehen oder gar aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) ausgeführt, so ist anstelle des Fundamenterders der Ringerder (siehe Abschnitt 5) zu errichten. In diesem Fall ist auch der separate Funktionspotentialausgleichleiter nach Abschnitt 6 erforderlich.

8.1.2 Fundamente aus Faserbeton

Ein Betonstreifenfundament, bei dem der Beton durch Stahlfasern verstärkt ist – sogenannter Faserbeton – ist einem Fundament ohne Bewehrung gleichzusetzen, da die einzelnen Stahlfasern nicht kontaktiert werden können. Sie tragen daher nicht zu einer Erderwirkung bei. Der Fundamenterder ist deshalb wie im unbewehrten Fundament zu errichten (Abschnitt 8.1).

Faserbeton wird auch für Fundamentplatten, meist bei großen Flächen z. B. für Werkhallen, verwendet. Mit Hilfe von Betonmischern und Betonpumpen wird der Faserbeton in die zu betonierende Fläche eingebracht. Das vorherige Auslegen des Erders ist deshalb kaum möglich. Daher ist vor dem Betonieren, unterhalb der späteren Bodenplatte, vorzugsweise unter der Sauberkeitsschicht, ein vermaschter Ringerder aus nicht rostendem Stahl (z. B. V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404) zu verlegen.

8.2 Fundamenterder im bewehrten Fundament

In bewehrten Fundamenten kann der Rund- oder Bandstahl auf der Bewehrung eingebracht werden (Bilder 16 und 17). Der Bandstahl darf hier auch waagrecht montiert werden (Bild 18). Das Absacken des Stahls wird durch die Bewehrungseisen vermieden. Auch bei waagrechter Einbringung des Bandstahls muss darauf geachtet werden, dass der Bandstahl allseits dicht von Beton umschlossen und von diesem mindestens 5 cm überdeckt wird.



Bild 17: Ausführungsbeispiel für Fundamenterder in der unteren Bewehrungslage



Bild 18: Waagrecht verlegter Fundamenterder in der Fundamentbewehrung

Im bewehrten Fundament ist der Fundamenterder mit der Bewehrung in Abständen von max. 2 m zu verbinden. Es sind Schweiß-, Klemm- oder Pressverbindungen anzuwenden. Wird der Beton maschinell verdichtet (z. B. mittels Rüttler), dürfen Keilverbinder nicht verwendet werden.

8.3 Fundamenterder in Einzelfundamenten

Bei Bauwerken mit Einzelfundamenten für Bauwerkstützen sind diese Fundamente jeweils mit einem Fundamenterder, dessen Länge im Fundament mindestens 2,5 m betragen muss, zu versehen (Bild 19). Die Verbindung der Fundamenterder dieser Einzelfundamente zu einem geschlossenen Ring (Potentialausgleich) sollte im Kellergeschoss, mindestens jedoch im ersten Geschoss oberhalb der Gründung erfolgen.

Die Verbindungsleitungen müssen korrosionsgeschützt verlegt sein, sofern sie im Erdreich geführt werden. Als Werkstoff eignet sich vorzugsweise nichtrostender Stahl (z. B. V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404). Es kann Rund- oder

Bandmaterial verwendet werden. Rundmaterial muss einen Durchmesser von mindestens 10 mm haben. Bei Bandmaterial müssen die Abmessungen mindestens 30 mm x 3,5 mm betragen.

8.4 Fundamenterder in Fundamenten mit erhöhtem Erdübergangswiderstand

Werden Fundamente z.B. mit Wannendichtung, Wärmedämmung oder auf kapillarbrechenden Schichten erbaut, so muss mit erhöhtem Erdübergangswiderstand gerechnet werden. Die „Erdfähigkeit“ des Erders ist dann nicht mehr gegeben. Deshalb sind in diesem Fall die im „normalen“ Fundamenterder vereinten Funktionen „Erdung“ und „Potentialausgleich“ zu trennen. Das heißt, es sind ein erdfühler Ringerder gemäß Abschnitt 5 sowie die Potentialausgleichsanlage mit dem Funktionspotentialausgleichsleiter gemäß Abschnitt 6 zu errichten.

Bild 19: Fundamenterder und Anschlussfahne bei einem Einzelfundament



8.4.1 Fundamente in Gebäuden mit Wannendichtungen

Bei Wannendichtungen ist die Erdfähigkeit der Erders im Fundament nicht gewährleistet. Deshalb ist ein Ringerder außerhalb der Wannendichtung einzubringen (Bild 20). Ein dauerhafter Korrosionsschutz ist zu beachten. Die vorzugsweise Verwendung von nicht rostendem Stahl, (V4A, Werkstoffnummer 1.4571 oder 1.4404) ist notwendig. Feuerverzinkter Stahl ist nicht geeignet.

seine gesamte Dicke durchdrungen, das heißt, auf der Wandinnenseite tritt keine Feuchtigkeit auf. Nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2 darf die größte Wassereindringtiefe von 5 cm bei wasserundurchlässigem Beton nicht überschritten werden.

Anstelle des Fundamenterders ist deshalb ein Ringerder zu errichten (siehe Abschnitt 5). Daraus folgt, dass in der Bodenplatte des Gebäudes der separate Funktionspotentialausgleichsleiter zu verlegen ist (siehe Abschnitt 6).

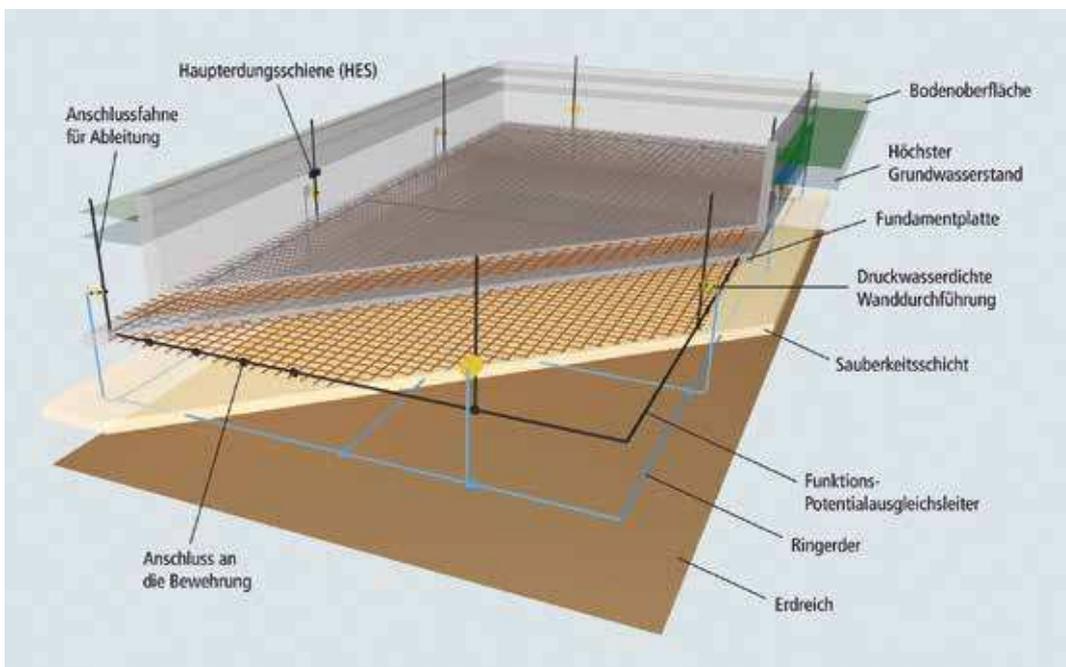


Bild 20: Schematische Darstellung der Ausführung von Ringerder und Funktionspotentialausgleich bei Wannendichtung

In der Bautechnik gibt es mehrere Verfahren, um gegen eindringendes Wasser abzudichten. Die gebräuchlichsten sind:

- die weiße Wanne,
- die schwarze Wanne und
- die braune Wanne.

Wird der Ringerder zusätzlich für Blitzschutz und EMV-Zwecke verwendet, sind weitere Anforderungen zu erfüllen (siehe Abschnitt 4).

8.4.1.1 Fundamente aus wasserundurchlässigem Beton (weiße Wanne)

Die weiße Wanne wird aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) hergestellt. Der Beton kann zwar Wasser aufnehmen, dennoch wird trotz langzeitigem Einwirken des Wassers auf den Beton nicht

Es wird empfohlen, die Anschlusssteile des Ringerders oberhalb des höchsten Grundwasserstandes in das Gebäude einzuführen (Bild 21). Ist dies nicht möglich, sind druckwasserfeste Durchführungen zu verwenden.

8.4.1.2 Fundamente mit Bitumenabdichtungen (schwarze Wanne)

Es handelt sich hierbei um wasserdruckhaltende Abdichtungen des Gebäudes aus unterschiedlichen, mehrlagigen Kunststoff- bzw. Bitumenbahnen (schwarzes Material, siehe Bild 22). Der Kontakt eines Fundamenterders zum Erdreich wird durch diese Maßnahme behindert. Deshalb sind ein Ringerder sowie der separate Funktionspotentialausgleichsleiter zu errichten (siehe Abschnitte 5 und 6).

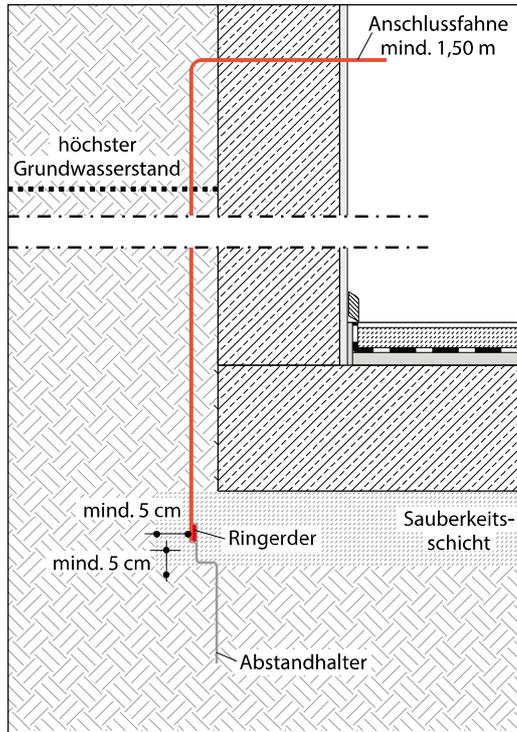


Bild 21: Ausführung des Ringerders bei Wannenabdichtung in der Ausführung „weiße Wanne“

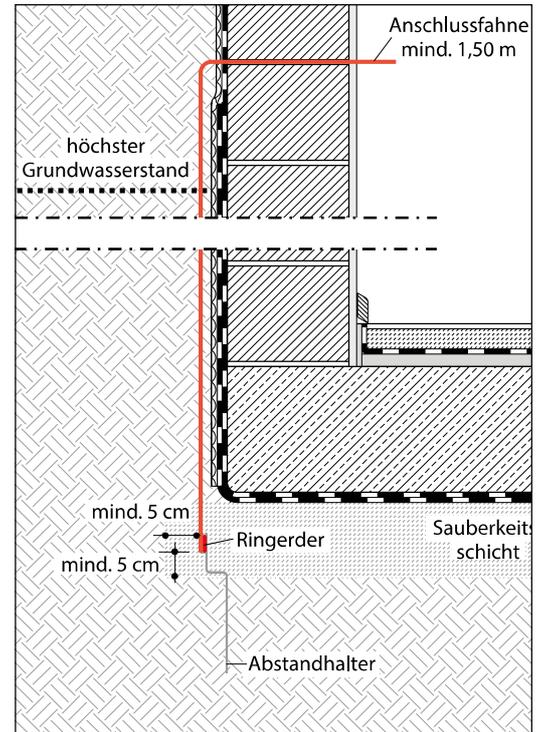


Bild 23: Ausführung des Ringerders bei Wannenabdichtung in der Ausführung „schwarze Wanne“

Bild 22: Ausführungsbeispiel einer „schwarzen Wanne“ mit Bitumen-Schweißbahnen



Es wird empfohlen, die Anschlusssteile oberhalb des höchsten Grundwasserstandes in das Gebäude einzuführen. Ist dies nicht möglich, sind druckwasserfeste Durchführungen zu verwenden.

8.4.1.3 Fundamente mit Bentonitabdichtung (braune Wanne)

Die braune Wanne ist ein Abdichtungssystem, das bei aufstauendem Sickerwasser und drückendem Wasser eingesetzt wird. Die abdichtende Funktion übernimmt das Bentonitgranulat, das in geotextilen Trägerbahnen eingewebt ist. Die Dichtwirkung des Bentonits beruht auf seiner hohen Quellfähigkeit. Erfolgt diese Quellung, so entsteht ein Quelldruck, der einen Wert von mehreren bar erreichen kann und der ein weiteres Durchdringen des Wassers verhindert. Diese hohe Dichtfähigkeit kann zu einem hohen Übergangswiderstand des Erders ins Erdreich führen.

Deshalb sind Ringerder und Funktionspotentialausgleichsleiter, wie in den Abschnitten 5 und 6 beschrieben, zu errichten.



Bild 25: Perimetergedämmte Fundamente mit Erdfähigkeit

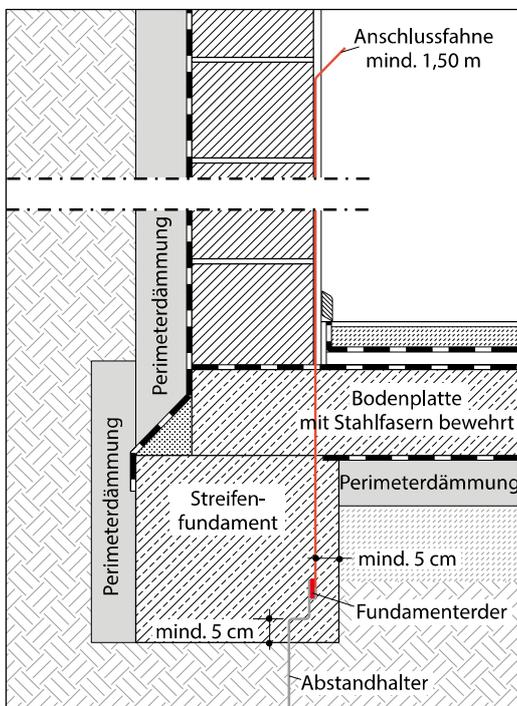


Bild 24: Ausführung des Fundamenterdes bei einseitiger Anordnung der Perimeterdämmung an einem Streifenfundament

8.4.2 Fundamente auf schlagzähen

Kunststoffnoppenbahnen

Werden Kunststoffnoppenbahnen aus Spezial-Polyäthylen hoher Dichte mit 20 cm Überlappung unter der Fundamentplatte verwendet, verschlechtert sich die Erderwirkung. Eine weitere Verwendung der Noppenbahnen an den Außenwänden ergibt eine sehr hohe elektrische Isolationswirkung. Damit kann der Erder die geforderten Erdungsaufgaben für die Blitzschutz-, Kommunikations- und Antennenanlagen nicht mehr erfüllen.

In diesem Fall ist ein Ringerder (siehe Abschnitt 5) unterhalb der Noppenbahnen einzubringen. Der separate Funktionspotentialausgleichsleiter ist damit ebenfalls notwendig (siehe Abschnitt 6).

8.4.3 Fundamente mit Wärmedämmung (Perimeterdämmung)

Wird die Perimeterdämmung nur an den Umfassungswänden der Fundamente verwendet, ist eine ausreichende Erdfähigkeit des Fundamentbetons und damit des Fundamenterders noch vorhanden. Er kann deshalb wie im Abschnitt 8.2. „Fundament erder im bewehrten Fundament“ beschrieben, ausgeführt werden (Bilder 24, 25 und 26).

Bei einer Perimeterdämmung sowohl an den Umfassungswänden als auch unter den Fundamenten (Sohle) bzw. unter der Bodenplatte ist die Erdfähigkeit des Fundamenterders nicht mehr gegeben. Deshalb ist dieser, wie in den Abschnitten 8.4 angegeben, zu errichten.

Sind die im Erdreich liegenden Außenwände und auch die Fundamentplatte mit einer Perimeterdämmung versehen, ist der Erder in der Bodenplatte wirkungslos. Deshalb ist es notwendig, einen Ringerder mit Funktionspotentialausgleichsleiter, wie in den Abschnitten 5 und 6 beschrieben, zu positionieren (Bild 27).

Wird der Ringerder zusätzlich für Blitzschutz und EMV-Zwecke verwendet, sind weitere Anforderungen zu erfüllen (siehe Abschnitt 4.1).

8.4.4 Fundamente auf kapillarbrechenden Schichten

Bei diesen Materialien, z. B. Glassschotter, die allseitig die Bodenplatte und die Kellerwände umschließen, ist die Erdfähigkeit nicht mehr gewährleistet. Deshalb ist in diesem Fall ein Ringerder und Funktionspotentialausgleichsleiter, wie in den Abschnitten 5 und 6 beschrieben, zu errichten.

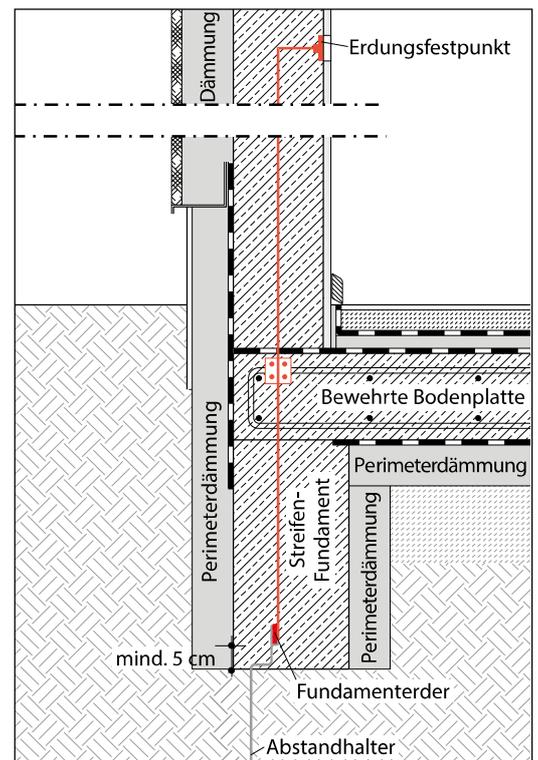


Bild 26: Ausführung des Fundamenterders bei beidseitiger Anordnung der Perimeterdämmung an einem Streifenfundament

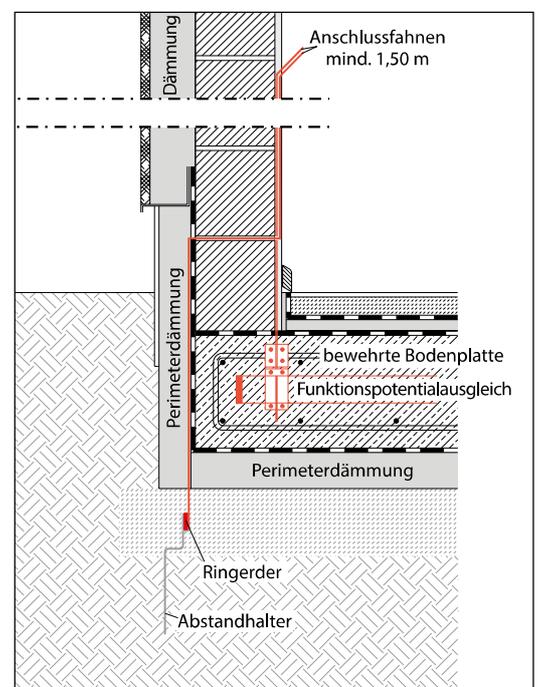


Bild 27: Ausführung eines Ringerders bei Anordnung der Perimeterdämmung seitlich und unterhalb der Fundamentplatte

9 Zuständigkeit für die Errichtung

Der Fundamenterder ist Bestandteil der elektrischen Anlage des Gebäudes. Bauherr, Architekt oder Fachplaner haben die Installation des Fundamenterders zu veranlassen. Bereits bei der Ausschreibung der Rohbauarbeiten muss der Fundamenterder berücksichtigt werden, wobei eine gesonderte Ausschreibung hierfür vorteilhaft ist.

Da beim Errichten des Fundamenterders gravierende Fehler gemacht werden können, sind diese Arbeiten durch einen beim Netzbetreiber eingetragenen Elektrofachbetrieb oder durch eine Blitzschutzfachkraft auszuführen. Unter Aufsicht einer Elektro- oder einer Blitzschutzfachkraft darf die Installation auch durch eine Baufachkraft

erfolgen. Das Anschließen des Fundamenterders an die Haupterdungsschiene sowie das Herstellen des Potentialausgleichs muss jedoch durch eine Elektrofachkraft erfolgen. Der Anschluss der anderen Anlagen, z. B. Antennenanlage, Telekommunikationsanlage, an die Haupterdungsschiene erfolgt durch den Errichter der jeweiligen Anlage.

Soll der Fundamenterder auch für andere Erdungsaufgaben z.B. für ein Blitzschutzsystem genutzt werden, muss die Planung hierfür frühzeitig erfolgen, damit die verschiedenen Funktionen der Erdungsanlage ausreichend berücksichtigt werden können. Nur so sind die notwendigen Anschlussteile rechtzeitig und richtig einzuplanen.

10 Dokumentation und Durchgangsmessung

Nach DIN 18014 ist zur Erdungsanlage eine Dokumentation anzufertigen und eine Durchgangsmessung durchzuführen. Diese Dokumentation enthält die Ausführungspläne und Fotografien der gesamten Erdungsanlage oder wenn dieses nicht möglich ist, Teile der Erdungsanlage sowie ihrer wichtigsten Anschluss- und Verbindungsstellen z. B. Haupterdungsschiene, Anschlussteile für das Blitzschutzsystem und das Ergebnis der Durchgangsmessung.

Mit der Durchgangsmessung soll die Niederohmigkeit (Messung des ausreichend niedrigen elektrischen Widerstandes) aller Verbindungen des Fundament- oder Ringerders und des Funktionspotentialausgleichleiters festgestellt werden. Diese Messung hat deshalb vor dem Einbringen des Betons zu erfolgen. Der elektrische Widerstand ist zwischen den Anschlussteilen zu messen. Dieser darf nicht höher sein als 0,2 Ohm,

gemessen mit einem Messstrom von mindestens 0,2 A bei Messspannungen zwischen 4 und 20 V. Messgeräte zur Überprüfung des Widerstands von Erdungsleitern (Messgeräte nach DIN EN 61557-4 VDE 0413-4) sind für diese Messung geeignet.

Da es bei kleineren Gebäuden ohne Blitzschutzsystem meist nur ein Anschlussteil gibt, ist in diesem Fall zwischen dem Anschlussteil für die Haupterdungsschiene und dem entferntesten Teil der Erdungsanlage zu messen. Die Durchgangsmessung ist durch eine Elektro- oder Blitzschutzfachkraft durchzuführen.

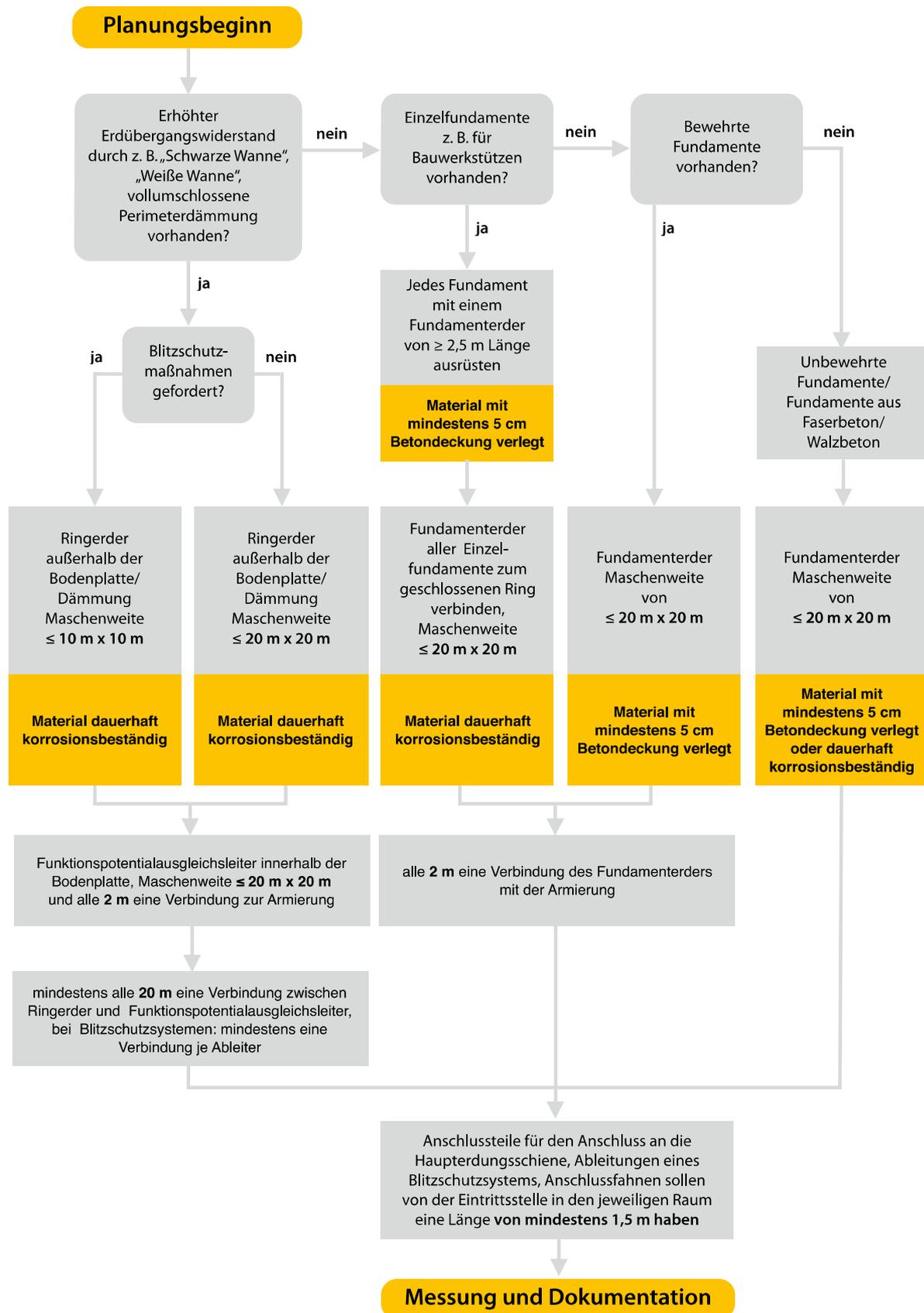
Für die Dokumentation der Erdungsanlage einschließlich der Messergebnisse ist ein Musterformular im Anhang 1 enthalten. Dieses steht auch im Internet unter www.elektro-plus.com kostenfrei zur Verfügung. Es kann online ausgefüllt und dann heruntergeladen werden.

Anhang 1: Beispiel für die Dokumentation der Erdungsanlage nach DIN 18014

| | |
|--|--|
| 1. Ersteller der Dokumentation | Name: Datum: Bericht-Nr.: |
| 2. Eigentümer des Gebäudes | Name: Straße: PLZ, Ort: |
| 3. Angaben zum Gebäude | Standort: Nutzung: Bauart: Art des Fundaments: Bauunternehmer: Baujahr: |
| 4. Planer der Erdungsanlage | Name: Straße: PLZ, Ort: |
| 5. Errichter der Erdungsanlage | Art: <input type="checkbox"/> Elektro-Fachbetrieb <input type="checkbox"/> Blitzschutz-Fachbetrieb <input type="checkbox"/> Bauunternehmen unter Aufsicht einer Elektro-/Blitzschutzfachkraft Firma, Name Straße: PLZ, Ort: |
| 6. Verwendung der Erdungsanlage | <input type="checkbox"/> Schutzerdung für die elektrische Sicherheit (im Netzsystem TT) <input type="checkbox"/> Funktionserdung und Art: <input type="checkbox"/> Antennenanlage <input type="checkbox"/> Blitzschutzsystem <input type="checkbox"/> sonstige: |

| | |
|---|--|
| <p>7. Ausführung der Erdungsanlage</p> | <p>Art der Erdungsanlage: <input type="checkbox"/> Fundamenterder <input type="checkbox"/> Ringerder mit Funktionspotentialausgleichsleiter</p> <p>Werkstoff des Fundamenterders: <input type="checkbox"/> Stahl blank <input type="checkbox"/> Stahl verzinkt <input type="checkbox"/> Kupfer</p> <p>Werkstoff des Funktionspotentialausgleichsleiters: <input type="checkbox"/> Stahl blank <input type="checkbox"/> Stahl verzinkt</p> <p>Werkstoff des Ringerders <input type="checkbox"/> nicht rostender Stahl (V4A) <input type="checkbox"/> Kupferseil</p> <p>Form des Werkstoffs <input type="checkbox"/> Rundmaterial 10 mm <input type="checkbox"/> Seil 50 mm² <input type="checkbox"/> Bandmaterial 30 mm x 3,5 mm</p> <p>Anschlusssteile innen: <input type="checkbox"/> Stahl verzinkt mit Kunststoffummantelung <input type="checkbox"/> nicht rostender Stahl (V4A) <input type="checkbox"/> Kupferseil <input type="checkbox"/> Kabel NYY (Kupfer 50 mm²) <input type="checkbox"/> Erdungsfestpunkt</p> <p>Anschlusssteile außen <input type="checkbox"/> Stahl verzinkt mit Kunststoffummantelung <input type="checkbox"/> nicht rostender Stahl (V4A) <input type="checkbox"/> Kupferseil <input type="checkbox"/> Kabel NYY (Kupfer 50 mm²) <input type="checkbox"/> Erdungsfestpunkt</p> |
| <p>8. Beschreibung</p> | <p><input type="checkbox"/> Erdungsanlage <input type="checkbox"/> äußeres Blitzschutzsystem</p> |
| <p>9. Zeichnungen, Bilder</p> | <p><input type="checkbox"/> Zeichnungs-Nr.: <input type="checkbox"/> Bild-Nr.:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> |
| <p>10. Zweck der Dokumentation</p> | <p><input type="checkbox"/> Abnahme / Übergabe <input type="checkbox"/> Wiederholungsprüfung</p> <p><input type="checkbox"/> anderes:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> |
| <p>11. Prüfergebnis</p> | <p>Die Erdungsanlage stimmt mit den vorliegenden Plänen überein? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Die Erdungsanlage ist ohne Mängel in Bezug auf die Anforderungen der DIN 18014? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Zwischen den Anschlusssteilen ist der Durchgangswiderstand $\leq 0,2 \Omega$? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> |

Anhang 2: Entscheidungshilfe zur Ausführung des Fundamenterders





Initiativkreis ELEKTRO⁺
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin
Fon +49 (30) 300 199-0
Fax +49 (30) 300 199-4390
info@elektro-plus.com



Weitere Informationen unter www.elektro-plus.com