

# **H2ercules Nordsee-Ruhr-Link (NRL III) / Bunde – Wettringen, Ltg. Nr. 503**

## **Antragsunterlagen für das Planfeststel- lungsverfahren in Niedersachsen**

### **Kapitel 13**

#### **Korrosionsschutz und Hochspannungsbeeinflussung**

---

Projekt:	H2ercules Nordsee-Ruhr-Link (NRL III) / Bunde – Wettringen, Ltg. Nr. 503		
Unterlagentitel:	Korrosionsschutz und Hochspannungsbeeinflussung		
Erstellt	Patrick Krzyzak / Dominik Konieczny	Datum	24.01.2025
Revision	00	Datum	11.04.2025

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Korrosionsschutz</b>	<b>3</b>
1.1	Passiver Korrosionsschutz	3
1.1.1	Werksumhüllung	3
1.1.2	Nachumhüllung	3
1.1.3	Grabenlose Verlegungen	3
1.2	Kathodischer Korrosionsschutz	4
1.2.1	Schutzstrombedarf	4
1.2.2	Positionierung der KKS- Messeinrichtungen und Schutzgehäusen	4
1.2.3	Kabelverbindungen und Rohrleitungsanschlüsse	4
1.2.4	Isoliertrennstellen	5
1.3	Baubegleitende Messungen	6
1.3.1	Einspeisemessung an Druckprüfungsabschnitten	6
1.3.2	Einspeisemessung an grabenlos verlegten Produktenrohren	6
1.3.3	Elektrolytische Porenprüfung	6
<b>2</b>	<b>Hochspannungsbeeinflussung (elektrische und magnetische Felder)</b>	<b>7</b>
2.1	Errichtung von Erdungsanlagen	7
2.2	Ausführungsarten von Erdern	10
2.2.1	Einrichtung von Horizontalertern (Variante 1)	14
2.2.2	Einrichtung von geschlagenen Tiefenerdern (Variante 2)	14
2.2.3	Einrichtung von gebohrten Tiefenerdern (Variante 3)	14
<b>3</b>	<b>Literatur und Bezugsdokumente</b>	<b>16</b>

# **1 Korrosionsschutz**

Gashochdruckleitungen (inkl. aller zugehörigen metallischen Einbauteile oder Ausrüstungsteile) müssen gemäß dem DVGW Arbeitsblatt G 463 einen dauerhaft wirksamen Korrosionsschutz erhalten, der den zu erwartenden mechanischen oder anderen korrosionsverursachenden Beanspruchungen entspricht. Dieser besteht aus einer Rohrumhüllung (passiver Schutz) und zusätzlich bei erdverlegten Leitungen einem kathodischen Korrosionsschutz. Für die Wasserstoffleitung Nr. 503 NRL III Bunde-Wettringen wird die Planung des Korrosionsschutzes in Anlehnung an das DVGW Arbeitsblatt G 463 durchgeführt.

## **1.1 Passiver Korrosionsschutz**

### **1.1.1 Werksumhüllung**

Die Wasserstoffleitung NRL III (DN 1200) wird werksseitig mit einer 3-Lagen Polyethylen-Umhüllung nach DIN EN ISO 21809-1 (bzw. DIN 30670) umhüllt. Werksseitig umhüllte Formteile und Armaturen werden mit einer Polyurethanbeschichtung nach DIN EN 10290 beschichtet.

### **1.1.2 Nachumhüllung**

Die baustellenseitigen Umhüllungen erfolgen nach DIN EN ISO 21809-3 und DIN 30672-1 und werden dem Stand der Technik appliziert.

### **1.1.3 Grabenlose Verlegungen**

Für grabenlos verlegte Rohre wird eine Polyethylenumhüllung mit einer zusätzlichen GFK-Werksbeschichtung nach DIN EN ISO 21809-1 und DIN EN 10289 eingesetzt und dem Stand der Technik appliziert.

## 1.2 Kathodischer Korrosionsschutz

Die Einrichtung des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) erfolgt nach DIN EN 15589-1. Hierfür wird die neue KKS-Anlage LAF 1054 der Leitung Nr. 503 auf der Station Haren Wesuwe WSEA NRL errichtet.

Zur elektrischen Trennung der Leitung Nr. 503 zu anderen einbindenden Rohrleitungssystemen und zu geerdeten Anlageteilen, werden Isoliertrennstellen eingebaut.

### 1.2.1 Schutzstrombedarf

Bei der Abschätzung des Schutzstrombedarfs für den NRL III wurden folgende Werte zu Grunde gelegt:

- Leitungslänge Bunde-Wettringen: ca. 121,5 km (Niedersachsen: ca. 117,5 km / NRW: ca. 4,0 km)
- Durchmesser: DN 1200
- Zu schützende Gesamtoberfläche: ca. 459.900 m<sup>2</sup>

Hieraus ergibt sich ein maximaler Schutzstrombedarf von 460 mA, wenn von einer angenommenen mittleren Schutzstromdichte von  $I_p = 1 \mu\text{A}/\text{m}^2$  ausgegangen wird. Der tatsächlich benötigte Schutzstrombedarf gegenüber dem projektierten Wert wird jedoch erheblich geringer ausfallen, da ein Umhüllungswiderstand von  $r_u \geq 10^8 \Omega\text{m}^2$  projektiert wird.

### 1.2.2 Positionierung der KKS- Messeinrichtungen und Schutzgehäusen

Zur Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes sind KKS-Messstellen entlang der Trasse geplant, die in Messpfählen aufgelegt werden. Aus Gründen einer vorliegenden Hochspannungsbeeinflussung, gemäß Ziffer 2, ist in Niedersachsen die Aufstellung von 22 Schutzgehäusen entlang der Trasse vorgesehen.

### 1.2.3 Kabelverbindungen und Rohrleitungsanschlüsse

Die erforderlichen Kabelverbindungen von der Rohrleitung zur Messstelle erfolgt nach OGE interner Werknorm RN 718-050 und RN 718-070. Die Kabelanschlüsse zur KKS-Anlage auf der Station Haren Wesuwe WSEA NRL werden nach der OGE internen Werknorm RN 718-005 ausgeführt.

#### **1.2.4 Isoliertrennstellen**

Der NRL III wird über Isoliertrennstellen von den einbindenden Rohrleitungssystemen und zu niederohmig geerdeten Anlagenteilen elektrisch getrennt.

Die Isolierkupplungen werden mit externen Trennfunkestrecken ausgerüstet. Zur Vermeidung einer unerwünschten Verschleppung von Beeinflussungswechselspannungen haben alle eingesetzten Trennfunkestrecken eine Wechselspannungs-Ansprechspannung von  $U_{AW} > 1000 \text{ V}$ .

Für die erforderliche Installation von Transmitterleitungen auf den Stationen, wird der Einbau von Trennfunkestrecken nach OGE interner Werknorm RN 718-080 realisiert. Zur Überprüfung der elektrischen Trennungen, zwischen niederohmig geerdeten Anlagenteilen und der KKS-geschützten Rohrleitung, werden auf den Stationen jeweils Messstellen nach OGE interner Werknorm RN 718-050 eingerichtet und in einem Messpfahl aufgelegt.

### **1.3 Baubegleitende Messungen**

Ziel der baubegleitenden Messungen ist die Gewährleistung einer unversehrten Umhüllung, die im Rahmen der Bauausführung realisiert werden. Diese gilt als erfüllt, wenn bei den baubegleitenden Messungen ein spezifischer Umhüllungswiderstand von  $r_U \geq 10^8 \Omega\text{m}^2$  nachgewiesen wird. Auswirkung dieser technischen Forderung ist, dass eine Minimierung des Aufwandes für Tiefbau und Reparaturarbeiten im Rahmen der Gewährleistung und Haftung anfällt.

#### **1.3.1 Einspeisemessung an Druckprüfungsabschnitten**

Nach Verfüllung einzelner Rohrleitungsabschnitte und für den gesamten Rohrleitungsstrang wird eine Stromeinspeisemessung gemäß DVGW Arbeitsblatt GW 20 und OGE interner Werknorm RN 723-010 durchgeführt.

#### **1.3.2 Einspeisemessung an grabenlos verlegten Produktenrohren**

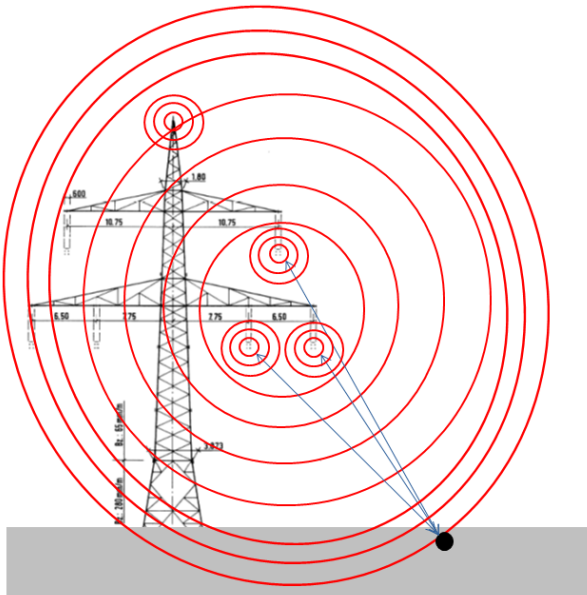
Wenn im Rahmen des Leitungsbaus eine grabenlose Verlegung erfolgt, wird vor Einbindung solcher Leitungsbereiche gemäß DVGW Arbeitsblätter G 463 und GW 20 ebenfalls eine Einspeisemessung durchgeführt.

#### **1.3.3 Elektrolytische Porenprüfung**

Für alle Rohrleitungsbereiche, die grabenlos verlegt oder in Microtunneln bzw. in Mantelrohren eingezogen werden sollen, ist für die nachumhüllten Rundschweißnähte eine elektrolytische Porenprüfung nach OGE interner Werknorm RN 723-014 vorgesehen.

## 2 Hochspannungsbeeinflussung (elektrische und magnetische Felder)

In Teilen des Trassenverlaufs des NRL III kommt es zu Parallelführungen mit Drehstromfreileitungen. Ab einem Parallelverlauf in weniger als 1 km Achsabstand der Rohrleitungstrasse zu den Hochspannungsfreileitungen, wird nach dem Transformatorprinzip, durch das elektromagnetische Feld der Hochspannungsleitung, eine relevante elektrische Energie in die längsleitfähig verschweißte Rohrleitung übertragen.



**Abbildung 1: Prinzip der induktiven Beeinflussung durch Hochspannungsfreileitungen**

Ab Spannungen von  $U_L > 60 \text{ V}$  sind nach DVGW Arbeitsblatt GW-22 Maßnahmen zum sicheren Betrieb von Stahlrohrleitungen für den Gastransport erforderlich. Zur Sicherstellung des Berührungsschutzes, sowie des kathodischen Korrosionsschutzes nach G 463, sind Erdungsanlagen zu errichten und über geeignete Abgrenzeinheiten mit der Rohrleitung zu verbinden.

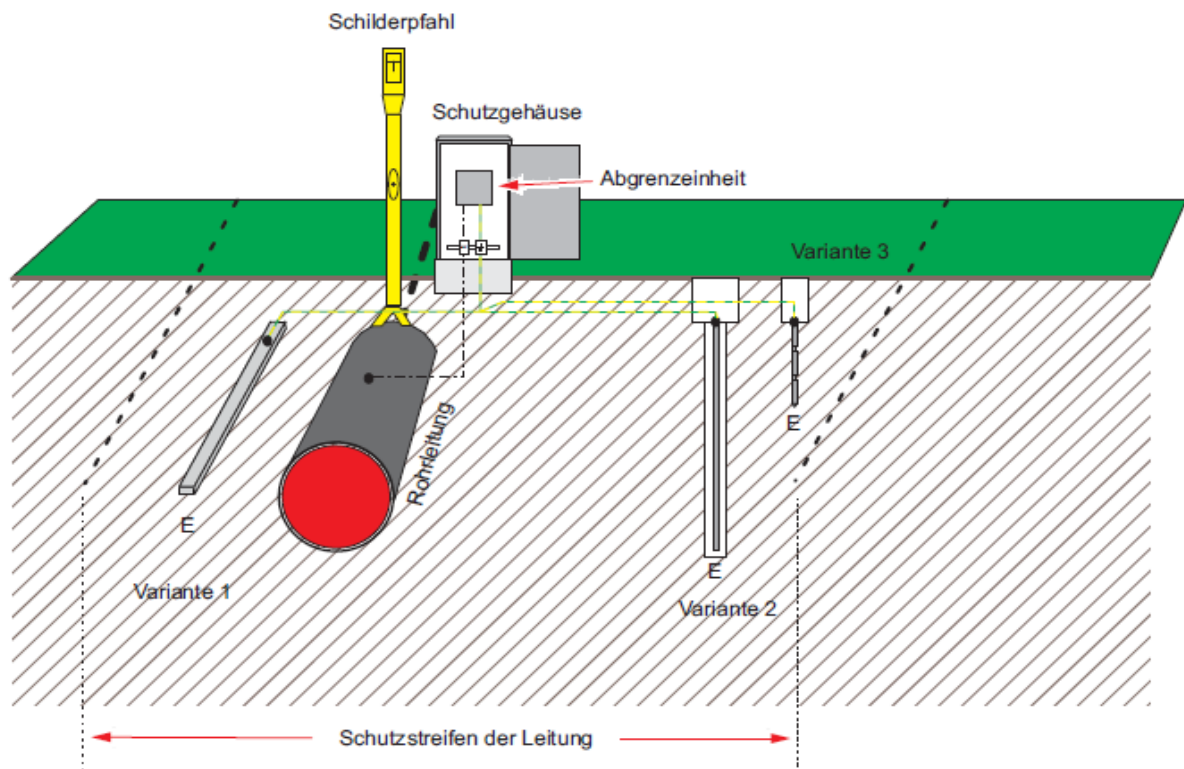
### 2.1 Errichtung von Erdungsanlagen

Die Anzahl und Ausführungsform der Erdungsanlagen ist maßgeblich von der Größe der Beeinflussungen durch die Hochspannungsfreileitungssysteme abhängig. Die Berechnung und Bestimmung der genauen Parameter erfolgten immer nach Bestimmung der endgültigen Trassenverläufe. An den folgenden, in Tabelle 1 aufgelisteten Standorten, sind Erdungsanlagen vorgesehen.

**Tabelle 1: Auflistung der vorgesehenen Erdungsanlagen**

<b>Planblatt</b>	<b>Örtlichkeit</b>
G068	Neurheder Moorweg
G105 / G106	Hasselbergstraße
G164	Langenberg
G166 / G167	Segberg K242
G167	Segberg K242
G169	Asph. Weg Gemarkung Haren
G178	Schotterweg Gemarkung Wesuwe
G180	2. Hauptweg
G209	Hauptstraße L47
G266	Ruipingdiek
G277	Pferdebahn/ Lohner Bach
G308	Moorweg
G310	Keienvenn-Straße
G311	Berger-Moor-Weg
G312	Auf dem Hörter
G322	Haverlandweg
G323	Drievordener Diek
G351	Alter Postweg
G351 / G352	Alter Postweg
G356 / G357	unbef. Weg Gemarkung Samern
G359	Salzbergener Weg
G360	Weg Gemarkung Ohne





**Abbildung 2: Prinzipieller Aufbau einer Erdungsanlage**

Abbildung 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Erdungsanlage. Um Nutzungseinschränkungen zu vermeiden, beschränken sich die Bereiche der Erdererrichtung im Regelfall auf den Schutzstreifen der Leitungstrasse.

Eine Rohrleitungs-Erderanlage besteht aus:

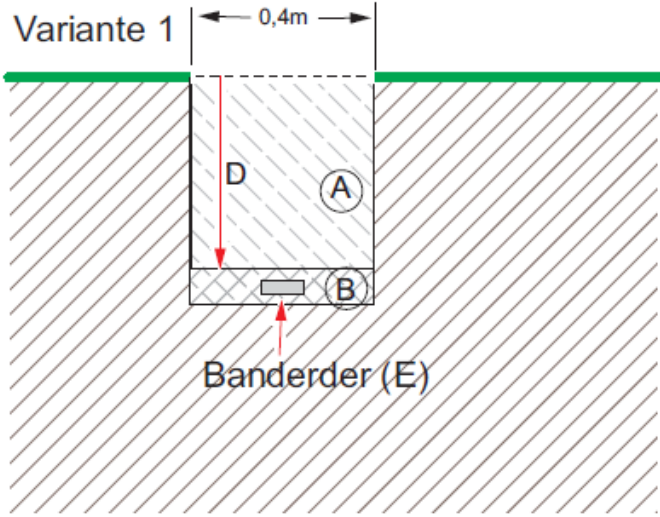
- dem eigentlichen Erder, welcher die natürliche Erdung der Rohrleitung durch eine zusätzliche Ableitung von induzierten Wechselströmen verbessert / unterstützt,
- den äußerlich isolierten Kabeln zur Verbindung der hochspannungsbeeinflussten Rohrleitung mit dem Erder,
- ggf. einer Anschalteinrichtung (Abgrenzeinheit) in einem oberirdischen Kunststoff-Schutzgehäuse, welche in den Kabelweg Rohrleitung → Erder geschaltet ist und ermöglicht, dass die notwendige Wechselstromableitung nicht konträr zu den Anforderungen des kathodischen Korrosionsschutzes der Rohrleitung ist und
- ggf. einem kurzen Mess- und Steuererder (Hilfserder), welcher abhängig vom elektrischen Aufbau der Abgrenzeinheit zu deren sicherer Funktion erforderlich ist.

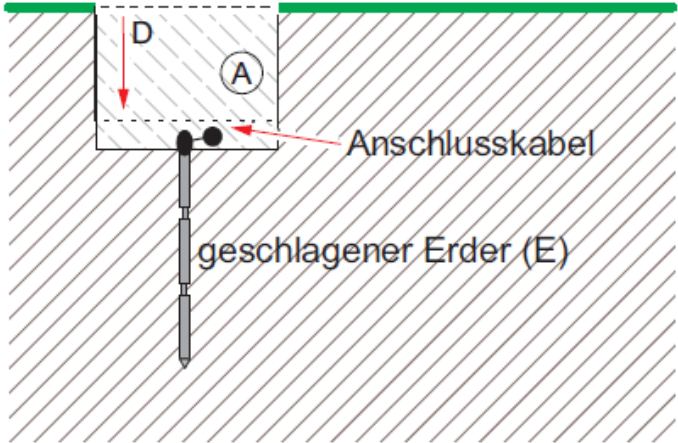
## 2.2 Ausführungsarten von Erdern

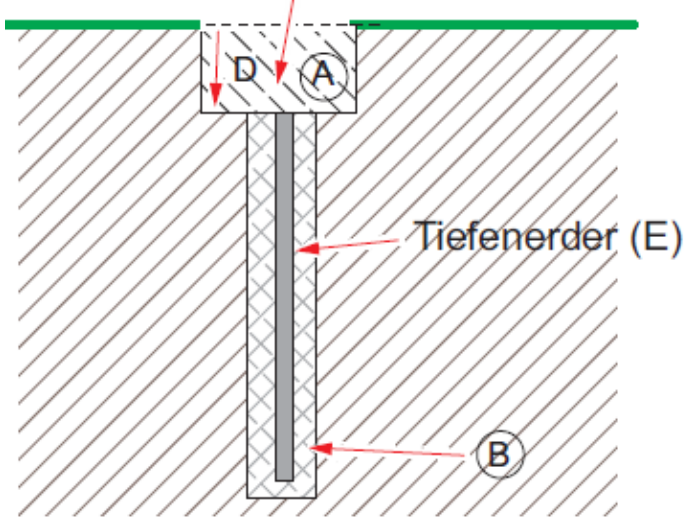
Bestimmend für die Ausführungsart des Erders sind neben erdoberflächenbezogenen Gegebenheiten (Nähe zu Bebauungen sowie Abstand zu Kreuzungen mit anderen Infrastruktureinrichtungen, Gewässer, Schutz oder möglichen Kontaminationsflächen/“Boden-Altlasten“) auch die Bodenstruktur, die Bodenwiderstandsverhältnisse sowie Hinweise auf die chemische Zusammensetzung des Bodens (u. a. Hinweise auf die Konzentration von Erdalkali-Metallen).

Üblich für Erder im Trassenbereich sind drei Grundformen – einschließlich deren Aufbau als Gruppe (mehrere Erder bilden eine Gruppe).

- Variante 1: Horizontalerder als verzinkter Bandeisen oder Edelstahlbandeisen verlegt.
- Variante 2: Geschlagener Tiefenerder, eingetriebene verzinkte Stahlstangen, max. 15 m tief.
- Variante 3: Gebohrter Tiefenerder mit verzinkten Stahlstangen, bis zu 99 m Tiefe.

Erderbauart:	<b>Horizontalerder (Variante 1)</b>		
Ausführung	Parallel zur Achse der Rohrleitung wird innerhalb des Rohrleitungs-Schutzstreifens ein blankes Metallband verlegt		
Darstellung			
Überdeckung „D“ = (vertikaler Abstand zwischen der Erdoberfläche und dem Erder („E“) bzw. der Oberkante des Bettungsmaterials („B“))	1 m – 1,2 m		
Verfüllmaterial des Erdergrabens Schicht „A“	Bodenaushub entsprechend der Bodenschichtung von „A“		
Bettungsmaterial der Schicht „B“ (Bodenschicht in einem Bereich von 1 dm über und unter dem Erder)	Im Regelfall	Bei hochohmigen, sandigen Oberböden und spez. Bodenwiderstand $\rho > 150 \Omega\text{m}$ und räumlichen Begrenzungen	Bei Hinweisen auf höheren Gehalt von Erdalkali-Metallen (Deckschichtbildner) im Erdboden zur Vermeidung des Aufbaus isolierender Deckschichten
	Örtliches Aushubmaterial entsprechend der betreffenden Bodenschichtung	ggf. niederohmiger Humus / Mutterboden	ggf. Sand – Bentonit-Mischung:
Erdermaterial	Verzinkter Bandstahl, A = 30 mm x 3,5 mm oder Edelstahlband (V4A), A = 30 x 3,5 mm		
Ausdehnung (Länge)	Abhängig vom Bodenwiderstand und dem zu erreichenden Erderausbreitungswiderstand üblicherweise ca. 20 m – 150 m		
Anteil der an der Erdoberfläche noch messbaren Erdungsspannung	$\leq 40 \%$ (durch Messungen empirisch ermittelt)		
Erstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Erstellung eines Erdergrabens, Breite: 0,4 m, Tiefe 1 m – 1,2 m, incl. fachgerechter Trennung der Bodenhorizonte</li> <li>➔ Einbau des Erders im Bettungsmaterial / Schicht „B“</li> <li>➔ Fachgerechte Wiederverfüllung der Schicht „A“ entsprechend der gewachsenen Bodenschichtung</li> </ul>		

Erderbauart:	<b>Geschlagener Tiefererder (Variante 2)</b>
Ausführung	Innerhalb des Rohrleitungs-Schutzstreifens werden Tiefererdersegmente mittels Vibrationshämmern vertikal in den Boden eingetrieben
Darstellung	
Überdeckung „D“ = (vertikaler Abstand zwischen der Erdoberfläche und dem oberen Ende des Erders „E“)	1 m – 1,2 m
Verfüllmaterial des Erdergrabens Schicht „A“	Örtlicher Bodenaushub entsprechend der Bodenschichtung von „A“
Bettungsmaterial der Schicht „B“ (Bodenschicht in einem Bereich von ca. 1 dm um die Längsachse des Erders)	Ausschließlich der gewachsene Boden
Erdermaterial	Verzinkte Stahl-Erderstäbe, D = 20 mm oder Edelstahl-Erderstäbe mit Kupplungen, D = 20 mm
Ausdehnung (Länge)	Abhängig vom Bodenwiderstand und dem zu erreichenden Erderausbreitungswiderstand üblicherweise ca. 3 m – 12,5 m
Anteil der an der Erdoberfläche noch messbaren Erdungsspannung	$\leq 20 \%$ (durch Messungen empirisch ermittelt)
Erstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Erstellung eines Kopfloches mit fachgerechter Trennung der Bodenhorizonte</li> <li>➔ Sukzessives Eintreiben der Staberder-Segmente bis zum Erreichen der vorgesehenen Tiefe.</li> <li>➔ Erstellung des Erderanschlusses</li> <li>➔ Wiederverfüllung des Aushubbereiches „A“ entsprechend der gewachsenen Bodenschichtung</li> </ul>

Erderbauart:	<b>Gebodrter Tiefenerder (Variante 3)</b>
Ausführung	Innerhalb des Rohrleitungs-Schutzstreifens wird in einer Tiefenbohrung ein blanker Stab aus Metallsegmenten erstellt
Darstellung	
Überdeckung „D“ = (vertikaler Abstand zwischen der Erdoberfläche und dem oberen Ende des Erders („E“))	1 m – 1,2 m
Verfüllmaterial des Erdergrabens Schicht „A“	Örtlicher Bodenaushub entsprechend der Bodenschichtung von „A“
Bettungsmaterial der Schicht „B“ (Bodenschicht in einem Bereich von ca. 1 dm um die Längsachse des Erders)	Ausschließlich Brunnen-Dämmen, welche gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 347 die Anforderungen für den Einsatz im Trinkwasserbereich erfüllen (z. B. Brunnen-Dämmen Typ 1 oder Typ 2, Fa. HeidelbergCement AG)
Erdermaterial	Verzinkte Rundstahlsegmente mit Schraubmuffen, $D_{\min} = 20 \text{ mm}$
Ausdehnung (Länge)	Abhängig vom Bodenwiderstand und dem zu erreichenden Erderausbreitungswiderstand üblicherweise ca. 25 m – 99 m
Anteil der an der Erdoberfläche noch messbaren Erdungsspannung	$\leq 20 \%$ (durch Messungen empirisch ermittelt)
Erstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>➔ Erstellung eines Kopfloches mit fachgerechter Trennung der Bodenhorizonte</li> <li>➔ Erstellung einer Tiefenbohrung (entsprechend einer Brunnenbohrung) durch ein nach DVGW W 120 zertifiziertes Fachunternehmen.</li> <li>➔ Bohrdurchmesser 120 mm (245 mm im oberen Bereich zur Durchteufung der lockeren Sedimente)</li> <li>➔ Einbau und Zusammenstellung der Erdersegmente</li> <li>➔ Verpressen des Ringraums mit Brunnendämmen (Abdichtung der Grundwasserhorizonte)</li> <li>➔ Erstellung des Erderanschlusses</li> <li>➔ Wiederverfüllung des Aushubbereiches „A“ entsprechend der gewachsenen Bodenschichtung</li> </ul>

### **2.2.1 Einrichtung von Horizontalerdern (Variante 1)**

Die Einrichtung von Horizontalerdern erfolgt im Zuge des Rohrleitungsbaus. Hierfür wird neben dem Rohrgraben ein verzinkter Bandstahl oder Edelstahlband im Schutzstreifen der Leitung verlegt.

### **2.2.2 Einrichtung von geschlagenen Tiefenerdern (Variante 2)**

Geschlagene Tiefenerder werden im Schutzstreifen der Leitung mit einem Rammverfahren vertikal in den Boden eingetrieben. Hierfür werden verzinkte Stahlstangen gemäß Abbildung 4 eingesetzt.

### **2.2.3 Einrichtung von gebohrten Tiefenerdern (Variante 3)**

Die Errichtung von Erdungsanlagen wird oftmals als gebohrter Tiefenerder ausgeführt. Die Bohrungen können in Abhängigkeit von den gegebenen Bodeneigenschaften und den erforderlichen Erderausbreitungswiderständen bis zu einer Tiefe von 99 m erfolgen. Hierzu sind keine gesonderten Genehmigungen des zuständigen Bergamtes notwendig. Gemäß Abbildung 3 wird hierzu ein Bohrgerät eingesetzt, dass die oberen lockeren Sedimente mit einem Durchmesser von ca. 245 mm im Trockenbohrverfahren durchteuft. Nach dem Setzen eines Standrohrs wird auf ein Bohr- Spülverfahren umgestellt und mit einem Durchmesser von ca. 120 mm weitergebohrt. Wenn die gewünschte Bohrtiefe erreicht ist, erfolgt der Einbau von Erderstangen gemäß Abbildung 4, die über Gewindemuffen miteinander verbunden sind. Für die Abdichtung der Grundwasserhorizonte wird ein Brunnendämmer gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 347 eingesetzt. Die Ausführung der Bohrungen erfolgt durch ein zertifiziertes Fachunternehmen nach dem DVGW Regelwerk W 120.





**Abbildung 3 Bohrgerät für Tiefenbohrung**



**Abbildung 4 Erderstahlstangen für Tiefenerder**

### 3 Literatur und Bezugsdokumente

DIN EN 15589-1 „Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie - Kathodischer Korrosionsschutz für Rohrleitungssysteme - Teil 1: Rohrleitungen an Land“

DIN EN 10290 „Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen - Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Polyurethan und polyurethan- modifizierten Materialien“

DIN EN ISO 21809-1 „Polyolefinumhüllungen (3-Lagen-PE und 3-Lagen-PP)“

DIN EN ISO 21809-3 „Umhüllungen für erd- und wasserverlegte Rohrleitungen in Transportsystemen, Teil 3: Nachumhüllung der Schweißverbindungen“

DIN EN 10289 „Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen - Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Epoxi- und epoxi-modifizierten Materialien“

DIN 30670 „Polyethylen-Umhüllungen von Rohren und Formstücken aus Stahl“

DIN 30672-1 „Nachumhüllungsmaterialien für den Korrosionsschutz von erdüberdeckten Rohrleitungen – Teil 1: Anforderungen und Produktprüfungen“

DVGW G 463 „Gashochdruckleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Errichtung“

DVGW GW 20 „Kathodischer Korrosionsschutz in Mantelrohren im Kreuzungsbereich mit Verkehrswegen“

DVGW GW 22 „Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlage“

DVGW W 120-1 „Qualifikationsanforderungen für die Bereiche Bohrtechnik, Brunnenbau, -regenerierung, -sanierung und -rückbau“

DVGW W 347 „Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung“

GL 722-502 „Technische Bedingungen für die werksseitige Umhüllung von Stahlrohren, Formstücken und Armaturen für Sonderanwendungen“

GL 723-501 „Allgemeine und technische Bedingungen für die Baustellenumhüllung von Stahlrohren, Formstücken und Armaturen“

RN 718-005 „Kathodischer Korrosionsschutz Fremdstromschutzanlagen“

RN 718-050 „Kathodischer Korrosionsschutz, Errichten von Messstellen“

RN 718-080 „Elektrische Trennungen von Transmitterleitungen“

RN 723-010 „Bewertung der Umhüllungsqualität“

RN 723-014 „Elektrolytische Porenprüfung an Rundschweißnähten“