

Gutachten zur Hochspannungsbeeinflussung Rohrleitungstrasse DN 600 parallel zu einer 110-kV-Ltg.

IWB, Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH

Referenz: 22.07.2019 – N-Ergie - Trinkwasserleitung Nürnberg

Dokumenten-Nr.: 10165621-001

Datum: 28.08.2019

Datum der letzten Revision: 30.01.2020

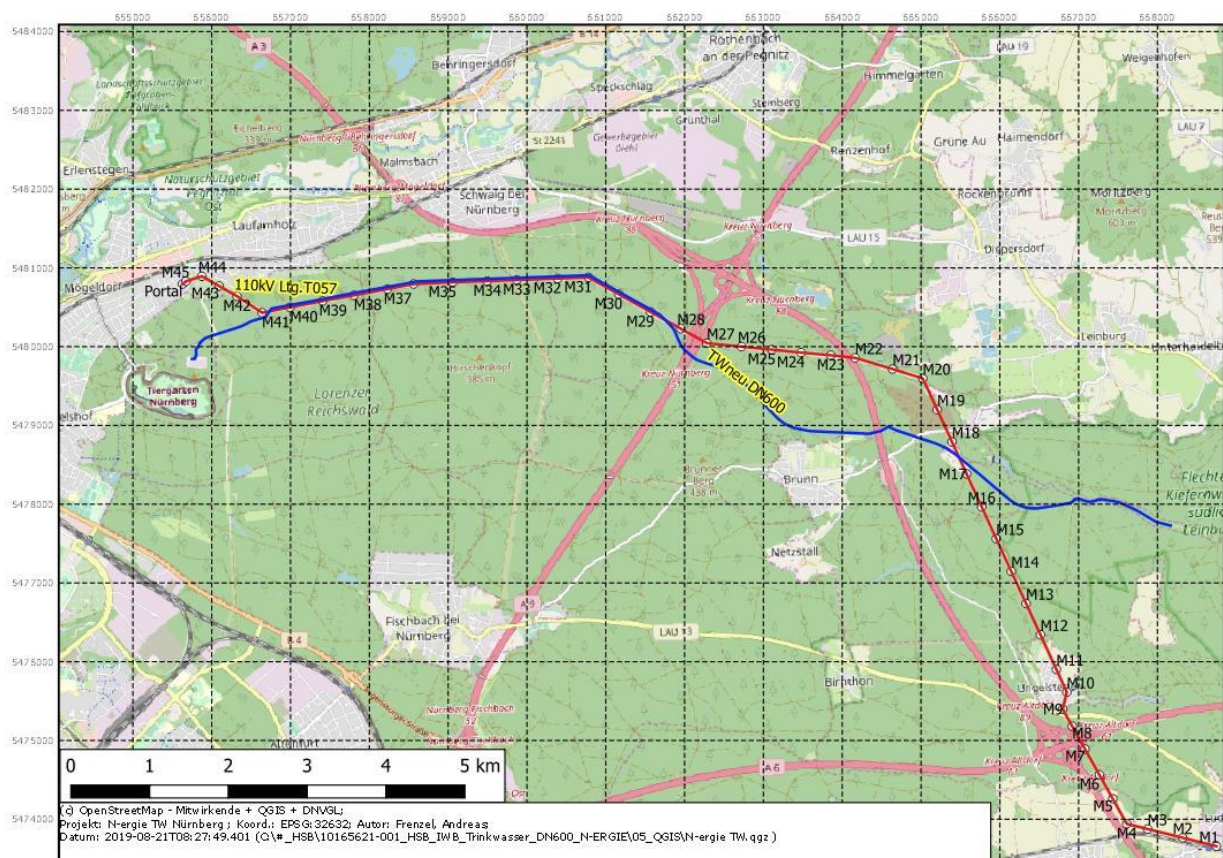


Abbildung 1: Trinkwasserleitung vs. 110-kV-Leitung; Karte: OpenStreet Map; Trassen georef.

Kundeninformationen

Kundenname:	IWB Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH
Adresse:	Turnerweg 6, 01728 Bannewitz, Deutschland
Kundenreferenz:	2018-22-07 Auftr. Beeinfl.ber. / Mo
Kontaktperson:	Michel Monse

DNV GL Unternehmensinformationen

DNV GL-Legalentität:	DNV GL Energy Advisory GmbH
DNV GL-Organisationseinheit:	OPE-TAS (Dresden)

Dokumenteninformationen

Projekttitel:	Hochspannungsbeeinflussung
Projektnummer:	10165621
Berichtstitel:	HSB Rohrleitung DN600 vs. 110-kV-Ltg.
Berichtsnummer:	10165621-001
Datum:	28.08.2019
Datum der letzten Revision:	30.01.2020
Autor(en):	Dr.-Ing. Andreas Frenzel;

Bearbeiter:

Geprüft:

Freigegeben:

Dr. Andreas Frenzel
Principal Specialist

Johannes Grüneberger
Engineer

Gunnar Groß
Senior Engineer

DNV GL Energy Advisory GmbH, Gostritzer Str. 67, 01217 Dresden, Deutschland. Tel: +49 351 871-9200.
www.dnvgl.com

Sitz: Dresden. Geschäftsführer: Dr. Andreas Schröter, Dr. Thomas Werner, Eingetragen: Dresden HRB 9187.

Ust-IdNr.: DE 161410895, Deutsche Bank AG Filiale Dresden, IBAN DE43 8707 0000 0519 9047 00, SWIFT Code (BIC): DEUTDE8CXXX.



Inhaltsverzeichnis

1	PROJEKTGEGENSTAND UND ZUSAMMENFASSUNG	1
2	BERECHNUNGSMETHODE	3
2.1	110-kV-Ltg.	4
2.2	Umwelt- und Mastreduktionsfaktoren	6
2.3	Trinkwasserleitung	6
2.4	Beeinflussungsrechnung und Zusatzmaßnahmen	8
3	BERECHNUNGSERGEBNISSE	9
3.1	Näherungsfindung	9
3.2	Kurzzeitbeeinflussung	10
3.3	AWE-Zeit	10
3.4	Langzeitbeeinflussung	12
3.5	Zusatzmaßnahmen	14
4	QUELLENVERZEICHNIS.....	15
Anhang A: VEREINBARUNG ZUR BEHANDLUNG VON BEEINFLUSSUNGEN ZWISCHEN ELEKTRISCHEN ENERGIEANLAGEN UND ANLAGEN DER INFORMATIONEN- UND TELEKOMMUNIKATIONSTECHNIK		16
Anhang B: 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) - Standard-Masttypen mit Aufhängehöhe der Seile und Erdseil-Reduktionsfaktor		18
Anhang C: Modell: 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) (UTM 32N).....		19
Anhang D: Modell: TWL (UTM 32 N).....		20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Trinkwasserleitung vs. 110-kV-Leitung; Karte: OpenStreet Map; Trassen georef.	1
Abbildung 2:	Verlauf TWL und 110-kV-Leitung	3
Abbildung 3:	Verlauf einpoliger Erdkurzschlussstrom (Abschätzung)	5
Abbildung 4:	Beispiele für Abspann- (links) und Tragmast (rechts)	5
Abbildung 5:	Näherungen (grüne Linien) zwischen Freileitung und TWL	9
Abbildung 6:	Berührungsspannung bei Kurzzeitbeeinflussung, mit Zusatzerder	10
Abbildung 7:	Berührungsspannungen TWL während AWE auf Ltg. 057	11
Abbildung 8:	Berührungsspannungen bei Langzeitbeeinflussung ohne Erder	12
Abbildung 9:	Berührungsspannung entlang der TWL bei Langzeitbeeinflussung	13
Abbildung 10:	Erderstandorte entlang der TWL	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Standardmasttypen der Freileitung	4
Tabelle 2:	Umweltreduktionsfaktor nach TE 1, Tab 2-4 [4]	6
Tabelle 3:	Technische Eckwerte der TWL	7
Tabelle 4:	Abschnittstypen	7
Tabelle 5:	Ersatzwiderstände der TWL bei 50 Hz	7
Tabelle 6:	Ableitströme an den Zusatzerdern bei Kurzzeitbeeinflussung	10
Tabelle 7:	Ableitströme an den Zusatzerdern bei AWE	11
Tabelle 8:	Ableitströme bei Langzeitbeeinflussung	13
Tabelle 9:	Position und Ausbreitungswiderstand der Erder	14

Abkürzungsverzeichnis

AfK	Arbeitsgemeinschaft für Korrosionsfragen
AWE	Automatische Wiedereinschaltung eines Leiters in einem Drehstromsystem nach einem einpoligen Erdkurzschluss
DNV GL	Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd
DVGW	DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. - Technisch-wissenschaftlicher Verein -
EMK	Elektromotorische Kraft bzw. induzierte Längsspannung
GIS	Geoinformationssystem
HVIC	High Voltage Interference Calculation (Berechnung induktiver Hochspannungsbeeinflussungen)
IWB	Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH (Bannewitz / Possendorf)
KSR	Kabelschutz Rohr
KKS	Kathodischer Korrosionsschutz
LTG	Leitung, hier Freileitungen mit Spannungen von 110 kV, 220 kV und 380 kV
MDN	Main-Donau Netzgesellschaft mbH, ein Unternehmen der N-ERGIE Aktiengesellschaft
R _A	Ausbreitungswiderstand eines Erders
SfB	Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen
TE	Technische Empfehlung
TWL	Trinkwasserleitung, hier DN 600 von Leinburg nach Schmausenbuck
U _B	Berührungsspannung
UTM	Universal Transverse Mercator (globales kartesisches Koordinatensystem)

1 PROJEKTGEGENSTAND UND ZUSAMMENFASSUNG

Dieses Update wurde notwendig, weil im ersten Bauabschnitt der Ersatzerneuerung vom km 0+000 bis km 3+238 die Trinkwasserleitung aus PE 100 vorgesehen ist. Der Übergang vom Rohrmaterial PE 100 auf Stahl erfolgt am Auskreuzungsschacht Krämersweiher (km 3+237.5) auf dem Gelände des WW Forsthaus. Im diesem Bereich ist außerdem die Schutzstromanlage vorgesehen.

Im Rahmen des Projektes für die N-Ergie AG in Nürnberg soll eine Trinkwasserleitung in einer Freileitungstrasse verlegt werden. Es ist mit Beeinflussungen zu rechnen. Um die Rodung von Waldflächen zu vermeiden soll für das Projekt eine mögliche Neuverlegung einer Trinkwasserleitung DN 600 (Stahl) in einer vorhandenen 110-kV-Freileitungstrasse verlegt werden. Die Freileitungsschneise ist durchschnittlich etwa 60 m breit. Mindestabstände zu den Leiterseilen und zu den evtl. vorhandenen Zusatzerdern der Freileitungsmaste sind einzuhalten. Zu den ruhenden Leiterseilen ist ein projizierter Abstand von 10 m und von den Zusatzerdern ein lichter Abstand von 20 m einzuhalten. Dies darf in Abstimmung mit dem Netzbetreiber durch den Einbau technischer Schutzeinrichtungen an Zwangspunkten auch unterschritten werden.¹

Die Technischen Daten, der Höhenplan und der Trassenverlauf der beeinflussenden 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) wurden durch MDN übergeben und von DNVGL für die Beeinflussungsrechnung übernommen. Analog wurde die technischen Daten und der Trassenverlauf der neuen Trinkwasserleitung übernommen. In der ANLAGE zu diesem Bericht sind die übernommenen Daten zusammengefasst wiedergegeben. Per Mail vom 07.01.2020 wurde wir von IWB darüber informiert, dass die Stahlleitung erst ab Km 3+237.5 verlaufen soll. Diese im Sinne der Hochspannungsbeeinflussung verkürzte Ausführung wird hier nachgerechnet und die sich ergebenden Änderungen dokumentiert.

Kurzzeitbeeinflussung

Die Kurzzeitbeeinflussung wird zuerst untersucht, da hier mit der höchsten Anzahl von Zusatzmaßnahmen gerechnet wird, die notwendig sind, um die Grenzwerte einzuhalten. Die 110-kV-Freileitung besitzt eine niederohmige Sternpunktterdung und weist deshalb bei einem einpoligen Erdkurzschluss einen Kurzschlussstrom bis zu 15 kA² auf. Aufgrund fehlender Daten wurde ein Diagramm des Kurzschlussstromes abgeschätzt und darauf aufbauend die Berechnung durchgeführt. Es wird der Kurzschlussort entlang der Trasse mit der höchsten induktiven Beeinflussung ermittelt. Für diesen ungünstigsten Fall werden die Ergebnisse nach dem Grenzwert für 150 ms Fehlerdauer von 1000 V nach TE 7 [1] bewertet. Die anderen Phasenströme werden als im Dauerbetrieb befindlich angenommen. Es werden vier Zusatzerder inkl. Abgrenzeinheiten benötigt, um die Berührungsspannung einhalten zu können.

Beeinflussung während Automatischer Wiedereinschaltungen (AWE)

Nach einpoligen Erdkurzschlüssen schließt sich eine AWE an, während der die fehlerbehaftete Phase ausgeschaltet bleibt und die beiden anderen Phasen voll in Betrieb sind. Die fehlerfreien Leiterseile werden als im Dauerbetrieb befindlich berücksichtigt. Die AWE-Pausenzeit an dieser 110-kV-Leitung beträgt 0,5 s³. Die auf der Rohrleitung resultierenden Berührungsspannungen werden entsprechend DIN EN 50433 (VDE 0845-8): 2012-08; EN 59443: 2011, Tabelle 3 bewertet. Der Grenzwert für die Berührungsspannung, bezogen auf die Gefährdung von elektrotechnisch unterwiesenen Personen, liegt bei der genannten Fehlerdauern bei 430 V (effektiv). Es werden AWE auf allen sechs Seilen der Freileitung berechnet und so das Seil mit der höchsten Beeinflussung ermittelt. Die zwei Erdungsanlagen für Langzeit sind ausreichend, um den Grenzwert einhalten zu können. Die Abgrenzeinheiten müssen für diese Mehrbelastung ausgelegt sein! Die Abgrenzeinheiten Kurzzeit werden als sind angenommen.

¹ IWB, Monse: E-Mail vom 12.Okt. 2018: Projektbeschreibung

² MDN, Ehmann: E-Mail vom 2. Nov. 2018: Technische Daten 110-kV-Leitung

³ MDN, Baume: E-Mail vom 2. Aug 2019: AWE

Langzeitbeeinflussungen

Der Beitrag der 110-kV-Ltg. Ludersheim (Krämersweiher) - Rehhof (T057) wird bei der Langzeitbeeinflussung ohne Berücksichtigung weiterer Vorbelastungen berechnet. Die Berechnung basiert auf den maximalen Dauerbetriebsströmen aller Seile und Systeme. Derzeit sind an der geplanten Freileitung keine Monitoringmaßnahmen vorgesehen. Die Phasen der Systeme sind gleichmäßig belastet, Phasenverschiebungen gibt es nicht. Mit den Zusatzmaßnahmen unterschreitet die resultierende Berührungsspannung den Grenzwert der Berührungsspannung 60 V auf der gesamten Länge der Stahlrohrleitung.

Daten der TWL

Der Verlauf der TWL wurde aus den übergebenen CAD-Dateien entnommen. Die Trassen werden in UTM-Koordinaten (Zone 32N) erfasst. Die übernommenen Daten sind ebenfalls im Anhang des Berichtes wiedergegeben.

Isolationstrennstellen besitzen trotz ihrer Länge von 1,8 m, wegen der elektrischen Eigenschaften des Trinkwassers ($250 - 450 \mu\text{S}/\text{cm}$)⁴, einen endlichen Übergangswiderstand von ca. $130 - 255 \Omega$. Damit wirken diese ISO-Stellen als „schwache Zusatzerder“ und werden hier außer Betracht gelassen. Zusatzerder haben üblicherweise Ausbreitungswiderstände zwischen 1Ω und 10Ω .

Sämtliche technischen Daten zur Ausführung der Trinkwasserleitung wurden als PDF ⁵ bereitgestellt. Das Rohr der TWL hat eine Abmessung von 610 mm x 6,3 mm. Das Rohr ist außen mit einer Kunststoffumhüllung gem. DIN 30670 (04/12) , HDPE versehen. Das Umhüllungsprofil ist: Standard , schwarz , Umhüllungstyp: S, n , min. Schichtdicke: 2,50 mm. Bei den Berechnungen wird von einer fehlerfreien Verlegung ausgegangen, so dass ein Umhüllungswiderstand von $1\text{E}8 \Omega\text{m}^2$ im Bericht angenommen wird. Dieser Wert entspricht dem besten Stand der Technik wird jedoch praktisch selten erreicht. Insofern sind die berechneten Berührungsspannungen wahrscheinlich höher als in Praxis dann erreicht. Der Umhüllungswiderstand hat einen sehr großen Einfluss auf die entstehende Berührungsspannung.

Daten der beeinflussenden Freileitungen und Bahntrassen

Die Daten der beeinflussenden Freileitung wurden durch MDN zur Verfügung gestellt, siehe ANLAGE. Der Trassenverlauf (Standorte der Masten der 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057)) wurde direkt aus den Trassenplänen des Bauprojektes übernommen und mit frei zugänglichen Angaben aus OpenStreetMap verifiziert.

Außer der unmittelbar neben der TWL verlaufenden 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) werden keine weiteren Freileitungen oder elektrische Bahntrassen berücksichtigt, da diese aufgrund der Entfernung einen sehr geringen Einfluss haben.

Alle Trassen werden in das einheitliche UTM-Koordinatensystem, Zone 32U, mit ETRS 89, überführt. Der Rechtswert (EASTING) wird ohne Zonenangabe erfasst.

Zusatzmaßnahmen

Wegen der induktiven Beeinflussung durch die neue 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) sind insgesamt vier Zusatzerder nötig. Die Grenzwerte der Berührungsspannungen bei Langzeitbeeinflussung, während der AWE-Zeit und der Kurzzeitbeeinflussung werden damit generell nicht überschritten!

⁴ IWB Berthold: E-Mail vom 29.07.2019: Trinkwasserqualität

⁵ IWB Monse: Rohrleitungsdaten.pdf

2 BERECHNUNGSMETHODE

Entsprechend DVGW-Arbeitsblatt GW 22 [2] und den gleichlautenden Empfehlungen der AfK Nr. 3 und SfB TE 7 [1] wird für die genannte Rohrleitung eine Analyse zur induktiven Kurz- und Langzeit-Hochspannungsbeeinflussung sowie während der AWE-Zeit durchgeführt, siehe dazu auch GW 22 Beiblatt 1 [3]. Die Berechnungen erfolgen unter Berücksichtigung der übergebenen technischen Daten der TWL, den beeinflussenden Hochspannungsanlagen, ihren technischen Eigenschaften und ihrer Lage zueinander. Die Näherungen, siehe SfB TE 1 [4], zu den Rohrleitungen und den daraus resultierenden Berührungsspannungen erfolgt mit Hilfe des „HVIC-Tools“ der DNV GL (Version 21).

Sollten die genannten Grenzwerte für die Berührungsspannungen auf den Pipelines überschritten werden, werden Gegenmaßnahmen empfohlen und deren Parameter bestimmt. Die Wirksamkeit der empfohlenen Maßnahmen wird rechnerisch nachgewiesen.

In Abbildung 2 ist der Verlauf der TWL und der 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) mit den Mastnummern dargestellt.

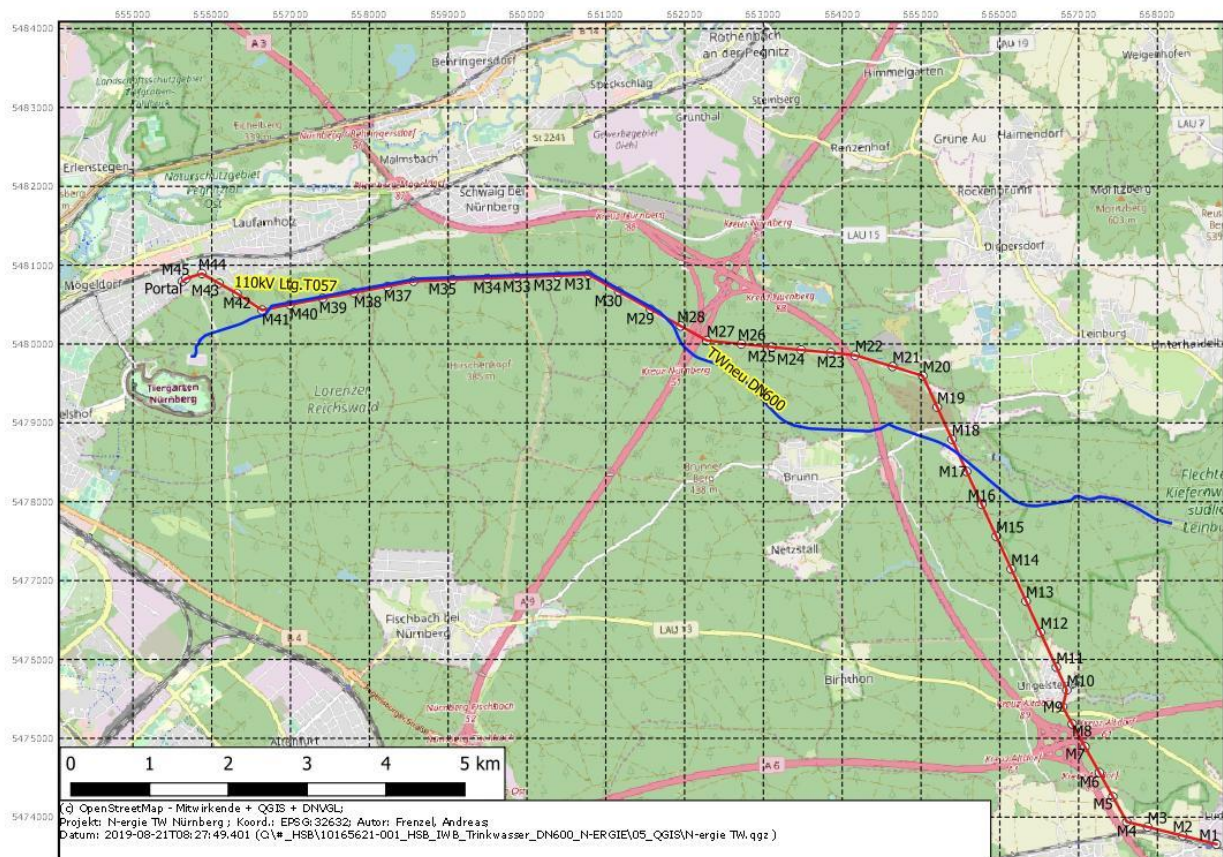


Abbildung 2: Verlauf TWL und 110-kV-Leitung

2.1 110-kV-Ltg.

Hauptbeeinflusser ist hier die 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057). Deren Kurz-, AWE- und Langzeitbeeinflussung auf die TWL werden nacheinander bestimmt. Bei der Langzeitbeeinflussung werden keine weiteren im Bereich der TWL befindlichen Freileitungen und Bahnstrecken als Vorbelastungen berücksichtigt.

Die Daten der Freileitung, die Standorte der Masten, die Phasenfolge wurden aus den übergebenen Unterlagen entnommen⁶. Eine Kontrolle des Trassenverlaufs erfolgte über den Vergleich mit Daten aus OpenStreetMap (© OpenStreetMap – Mitwirkende).

Die Eckwerte der 110-kV-Ltg. T057 sind:

<u>Beseilung:</u>	2 Systeme x 3 Phasen Al/St 340/30 Zweierbündel
<u>Zulässige Dauerstrombelastung:</u>	1580 A
<u>Erdseil:</u>	1 x 1 Al/St – 120/70 (analog 122-AL3i 71 – ST 1A)
<u>Erdschlussstrom:</u>	starre Sternpunktterdung, siehe Diagramm Abbildung 3
<u>Gestänge:</u>	100(220)kV – Doppelleitung, Gestänge A(B) 2/75 ⁷

Der Trassenverlauf und die Höhenpläne werden aus den übergebenen Unterlagen⁸, mit Stand vom 23.07.2019, entnommen und in das HVIC-Tool importiert. Gemeinsam mit den oben angegebenen technischen Eckwerten sind diese Daten die Grundlage für die Berechnung der Hochspannungsbeeinflussung.

Bei der Kurzzeitbeeinflussung muss der einpolige Erdkurzschlussstrom auf der 110-kV-Ltg. T057 berücksichtigt werden. Dazu konnte durch MDN kein Kurzschluss-Strom-Diagramm übergeben werden. Bekannt ist nur der einpolige Erdkurzschlussstrom am UW Rehhof von 15 kA⁹. Deshalb wurde ein solches Diagramm durch DNVGL abgeschätzt und in das HVIC-Tool übernommen, siehe Abbildung 3.

In der Tabelle 1 sind die Standardmasttypen der 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) wiedergegeben, ein Tragmasttyp und zwei Winkelabspanner. Mit den Koordinaten $\{x_{ij}; y_{ij}\}$ die Höhen der Seile für das System i (0..Erd- und Luftseile, 1.. linke Traverse, 2.. rechte Traverse) und die Traversenposition j (1.. außen, 2.. mittig, 3 innen) wiedergegeben. Aus diesen geometrischen Angaben und dem Typ des Erdseiles wird der sogenannte Erdseil-Reduktionsfaktor nach SfB TE8 bestimmt.

Tabelle 1: Standardmasttypen der Freileitung

Masttypen				Erd- und Luftseile														50 Dm	
				System 1 (linke Traverse)								System 2 (rechte Traverse)							
				GW1		außen		mitte		innen		innen		mitte		außen			
Source Type ID	Type	U/ V	f/Hz	x0.1 /m	y0.1 /m	x1.1 /m	y1.1 /m	x1.2 /m	y1.2 /m	x1.3 /m	y1.3 /m	x2.3 /m	y2.3 /m	x2.2 /m	y2.2 /m	x2.1 /m	y2.1 /m	Red.Fa ktor	Erdseilttyp
S048	110-kV T1/27	110	50.0	0.00	41.30	-9.60	25.60	-7.20	31.90	-4.80	25.60	4.80	25.60	7.20	31.90	9.60	25.60	0.72	122-AL3i71-ST1A
S049	110-kV-WA1/20 140/180	110	50.0	0.00	35.10	-10.00	20.00	-7.40	26.50	-4.90	20.00	4.90	20.00	7.50	26.50	10.00	20.00	0.72	122-AL3i71-ST1A
S050	110-kV-WA2/20 120/180	110	50.0	0.00	35.10	-10.80	20.00	-8.00	26.50	-5.30	20.00	5.30	20.00	8.00	26.50	10.80	20.00	0.72	122-AL3i71-ST1A

Abweichungen bei der Masthöhe werden durch die Angabe der Höhen von Zwischenstücken im Trassenverlauf wiedergegeben, siehe ANLAGE C

⁶ Siehe Fußnoten 7 bis 9

⁷ IWB, Monse: E-Mail vom 06.11.2018: Mastgestänge-Abmessungen (T); (WA) T057 UW Rehhof - UW Ludersheim - FWL-Ursprung

⁸ IWB, Monse: E-Mail vom 23.07.2019: USL_EP_Übergabe_ Unterlagen_ Beeinflussungsrechnung.zip inkl. MDN-Unterlagen Freileitung

⁹ MDN Ehmann: E-Mail vom 02.11.2018: Hochspannungsbeeinflussung: T057 - 110-kV-Ltg. UW Rehhof - UW Ludersheim

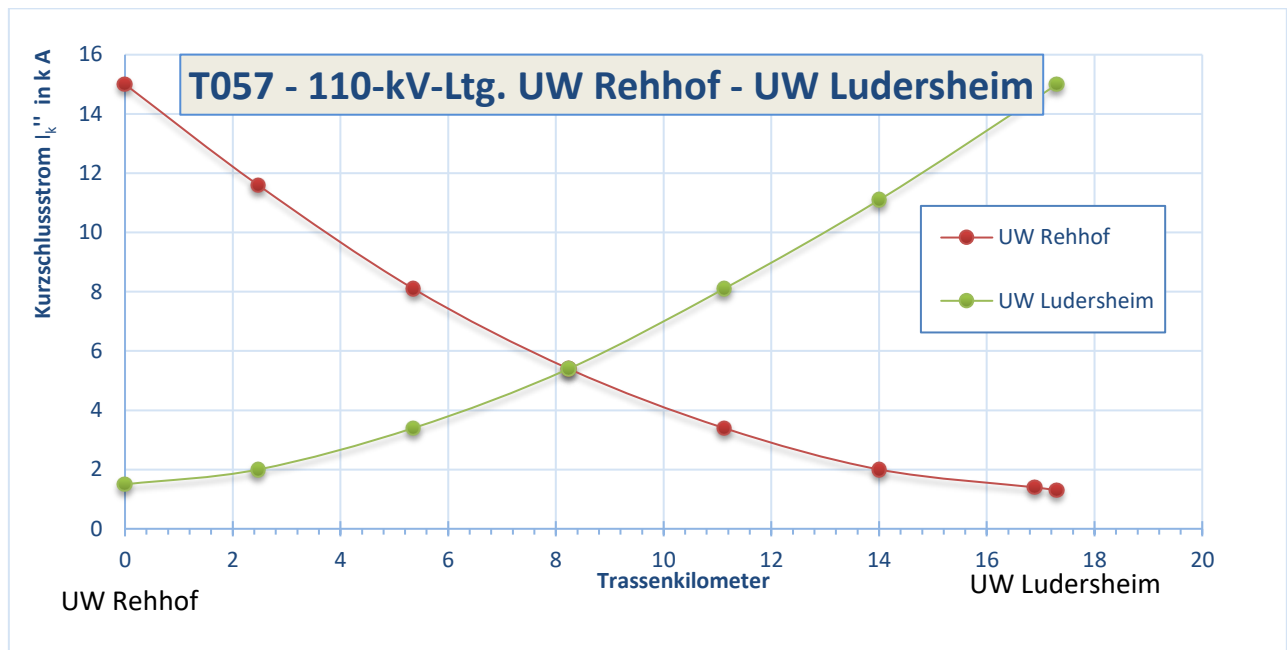


Abbildung 3: Verlauf einpoliger Erdkurzschlussstrom (Abschätzung)

Zur Dokumentation der aus den elektronisch übernommenen und in das HVIC-Tool importierten Daten sind für diese Leitung in Anhang B bzw. C die Masttypen inkl. Reduktionsfaktoren, die Trasse mit Phasenfolge, Masttypen, Orientierung der Traversen usw. aufgeführt.

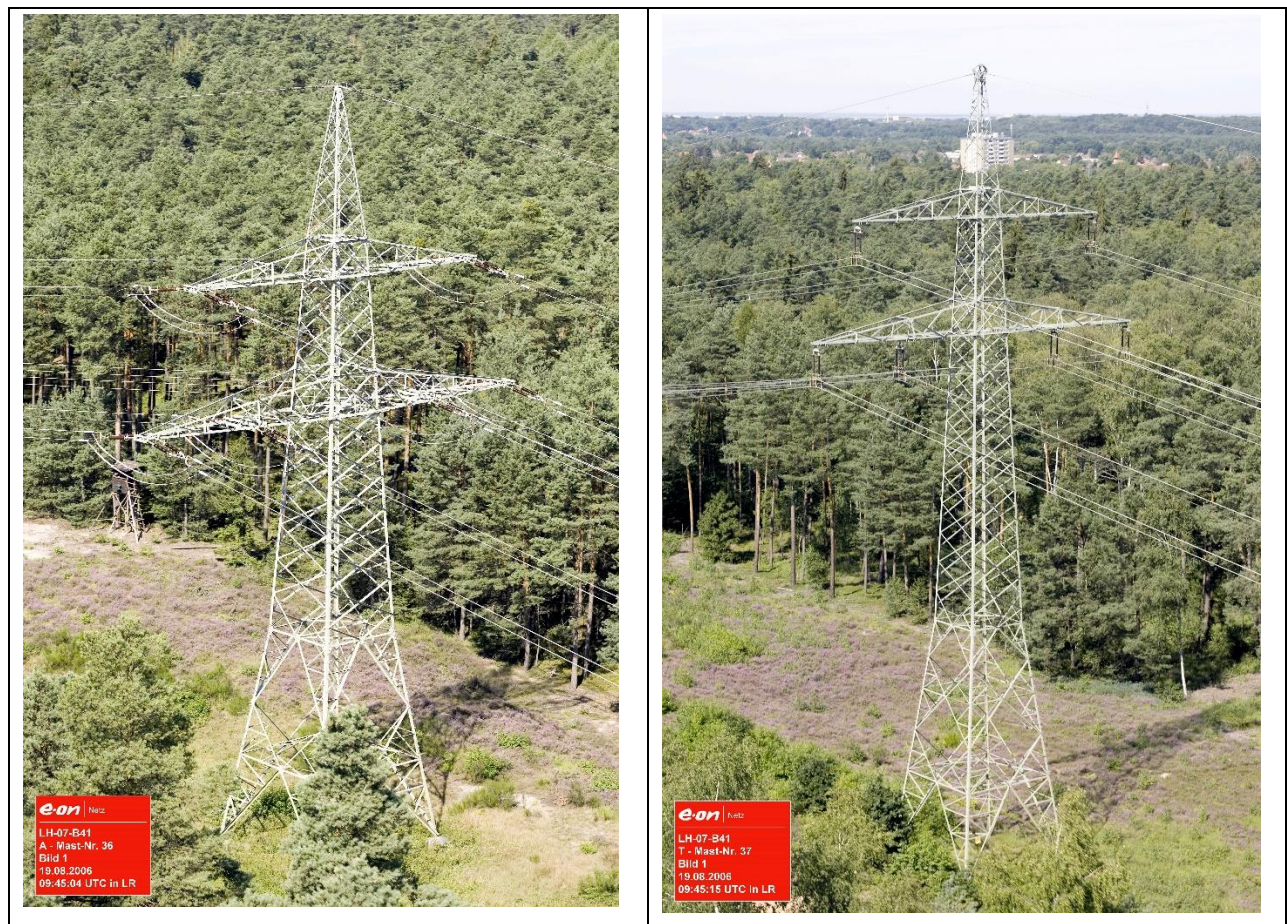


Abbildung 4: Beispiele für Abspann- (links) und Tragmast (rechts)

2.2 Umwelt- und Mastreduktionsfaktoren

Die **Umweltreduktionsfaktoren** entlang der TWL wurden vereinfachend einheitlich mit 0,8 festgelegt, da mit geringen Beeinflussungsspannungen gerechnet wird. Insofern ergeben sich hier tendenziell zu hohe Beeinflussungsspannungen, man befindet sich somit auf der „sicheren Seite“. Normalerweise erfolgt die Festlegung nach der Lage der TWL zu anderen Infrastrukturanlagen, parallellaufenden Freileitungen bzw. Pipelines, Siedlungen oder Verkehrstrassen. Die Auswahl basiert auf den Empfehlungen der TE 1 [4], Tabelle 2-4, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Umweltreduktionsfaktor nach TE 1, Tab 2-4 [4]

Art des Geländes bzw. der Bebauung	Umweltreduktionsfaktor r_x
Bereich von S- oder U-Bahnen in Tunnelstrecken im Stadtbereich	$\leq 0,05$
Stadtkern	$\leq 0,15$
engerer Stadtbereich	$\leq 0,25$
weiterer Stadtbereich	$\leq 0,35$
Vororte	$\leq 0,40$
Stadtrand (halboffene Bebauung)	$\leq 0,50$
Stadtrand (offene Bebauung)	$\leq 0,60$
freies Gelände mit Straßen	$\leq 0,80$
freies Gelände ohne Straßen	$\leq 1,00$

Die Bestimmung der **Mastreduktionsfaktoren** für die einzelnen Masttypen erfolgte nach den Angaben der Leitungsbetreiber und, falls diese nicht vorlagen, auf Basis der Vorgaben in der TE 8 [5]. Damit wird die reduzierende Wirkung der Mastgeometrie, Erdseile und LWL-Seile berücksichtigt.

2.3 Trinkwasserleitung

Die Daten der Trinkwasserleitung wurden durch IWB übergeben¹⁰. Der Trassenverlauf ist in Abbildung 2 dargestellt.

Die durch IWB bereitgestellten Daten stellen die Grundlage der Berechnung dar. Der Umhüllungswiderstand der PE umhüllten TWL wird mit $1 \cdot 10^{+8} \Omega \text{m}^2$ angenommen. Die technischen Eckwerte der TWL sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Trassenverlauf der TWL wurde aus übergebenen CAD-Dateien¹¹ in UTM-Koordinaten übernommen. In den Berechnungen wird einheitlich mit einer Nennweite der TWL von DN 600 gerechnet! Im vorliegenden Gutachten werden die Trassenkilometer der TWL ab Leinburg beginnend gezählt.

¹⁰ IWB Monse: Rohrleitungsdaten.pdf

¹¹ 180205_flu_trassenverlauf m.koordinaten v.g.doser.dwg; 17234-URL_VP_Lage Verm 04.dwg; 1_5_Forsthaus-IWB.dwg

Tabelle 3: Technische Eckwerte der TWL

Leitungs- name	Streckenführung	Inbetrieb- nahme	Nenn- weite	Werkstoff	Rohrabmessungen
TWL DN 600	Krämersweiher - Schmausenbuck	Im Bau	DN 600	ZSK-Stahlleitungsrohr , maschinell HFW-HFI- längsnahtgeschweißt	620 mm x 6,3 mm

Der spezifische Bodenwiderstand entlang der TWL konnte durch den Auftraggeber nicht bereitgestellt werden. Deshalb wurde ein durchschnittlicher spezifischer Bodenwiderstand von 50 Ωm (bei 50 Hz) angenommen. Eine Übersicht der Eckdaten der TWL findet sich in Tabelle 4. Zur Berechnung der Berührungsspannung auf den TWL werden die elektrischen Ersatzwiderstände bzw. Kenngrößen entsprechend TE 7, Abschnitt 12.1.2 ff [1] bestimmt, siehe Tabelle 5.

Tabelle 4: Abschnittstypen

Drain Type ID	classi- fication	Label	Pipe material	Sheath material	diameter / mm	sheath thickness / mm	conductivity / $\text{m}/(\Omega\text{mm}^2)$	sheath resistance / $\text{k}\Omega\text{m}^2$	μr rel permeability	rel permittivity	frequency / Hz	earth resistance / Ωm
M001	PIPE	TW DN600	St 610 x 6,3	PE	620	2.5	6.25	10000	200	5.7	50	50

Tabelle 5: Ersatzwiderstände der TWL bei 50 Hz

Drain Type ID	f	spezif earth-resistance ρ_E	R_{\sim}'	$\omega L'$	G'	$\omega C'$
M001	50.00 Hz	50 Ωm	0.09012 Ω/km	0.28136 Ω/km	0.00019 S/km	0.01235 S/km

2.4 Beeinflussungsrechnung und Zusatzmaßnahmen

Aufgrund der Beeinflussung der TWL durch die Freileitung sind weitere Maßnahmen gemäß den gültigen Normen und technischen Empfehlungen notwendig. Basis ist die Berechnung der Hochspannungsbeeinflussung. Die hier benutzte Berechnungsmethode basiert auf den Angaben in folgenden Dokumenten:

- Technische Empfehlung TE 7 der SfB [1],
- AfK-Empfehlung Nr. 11 [6],
- Technische Empfehlung TE 1 der SfB [4],
- Technische Empfehlung TE 3 [7] der SfB,
- DIN VDE 0845 ff [8] und [9].

Der aktuelle Stand der Normung wird berücksichtigt. Die induzierten Spannungen auf der TWL bei maximalen Betriebsspannungen und Betriebsströmen der Freileitungen werden berechnet (HVIC®-Tool).

Durch eine Platzierung von Zusatzerdern oder Verbesserung vorhandener Erdungswiderstände kann die maximale Berührungsspannung gesenkt werden. Der Grenzwert bei Langzeitbeeinflussung liegt bei 60 V, nach TE7 [1]. Bei der Kurzzeitbeeinflussung, d. h. einpoliger Erdkurzschluss auf der Freileitung mit einer Fehlerdauer von bis zu 150 ms, wird von den Vorgaben der TE7 [1] ausgegangen. Daraus ergibt sich ein Grenzwert von 1000 V. Bei der anschließenden AWE mit 0,5 s Pausendauer wird der Grenzwert nach DIN EN 50443 (VDE 0845-8):2012-08 [10] von 430 V herangezogen.

Auftretenden Ableitströme werden getrennt nach 50 Hz und 16,7 Hz aufgelistet. Bei den Zusatzerdern werden die benötigten Erdungswiderstände und die zu erwartenden Ableitströme frequenzselektiv ausgewiesen.

Die Realisierung der Zusatzmaßnahmen hat entsprechend den Prinzipien der „Vereinbarung zur Behandlung von Beeinflussungen zwischen elektrischen Energieanlagen...“ und Anlagen Dritter zu erfolgen, die in ANLAGE A dem Gutachten angefügt ist. Diese Vereinbarung ist allgemein anerkannt, auch bei Beeinflussungen von TWL.

3 BERECHNUNGSERGEBNISSE

Mit Hilfe des DNV GL-Berechnungsprogramms HVIC-Tool® werden die von der Freileitung in die TWL induzierten Spannungen für die Lang- sowie Kurzzeit und während einer AWE berechnet. Anschließend werden durch eine Lastflussrechnung die resultierenden Berührungsspannungen entlang der Pipeline bestimmt. Die Berechnungen erfolgen, sofern erforderlich, für 16,7 Hz und 50 Hz separat. Bei Kurzzeiteinflussung werden nur einpolige Erdkurzschlüsse auf der 110-kV-Ltg. betrachtet, siehe Diagramm in Abbildung 3. Dabei wird zuerst der Kurzschlussort ermittelt, bei dem die höchste Beeinflussungsspannung auftritt. Mit diesem Fall wird dann weiter gerechnet. Für die AWE-Zeit werden alle sechs Phasen betrachtet und die mit der höchsten Beeinflussung ermittelt.

In der ANLAGEN C und D sind die Eingabedaten für das Berechnungsmodell tabellarisch wiedergegeben. Dabei handelt es sich um die Zusammenfassung der übergebenen Daten in einer einheitlichen und normierten Form, so wie sie zur Beeinflussungsrechnung durch das HVIC-Tool benutzt wird.

3.1 Näherungsfindung

Zur Berechnung der Längsspannungen (EMK) werden zuerst sogenannte Näherungen ermittelt, siehe SfB TE 1 [4]. In Abbildung 5 sind die gefundenen Näherungen mit grünen Linien eingezeichnet. Für jede Näherung wird die resultierende Längsspannung (EMK) ermittelt. Aus einer Lastflussrechnung (Ersatzschaltbild der TWL) ergeben sich dann die Berührungsspannungen.

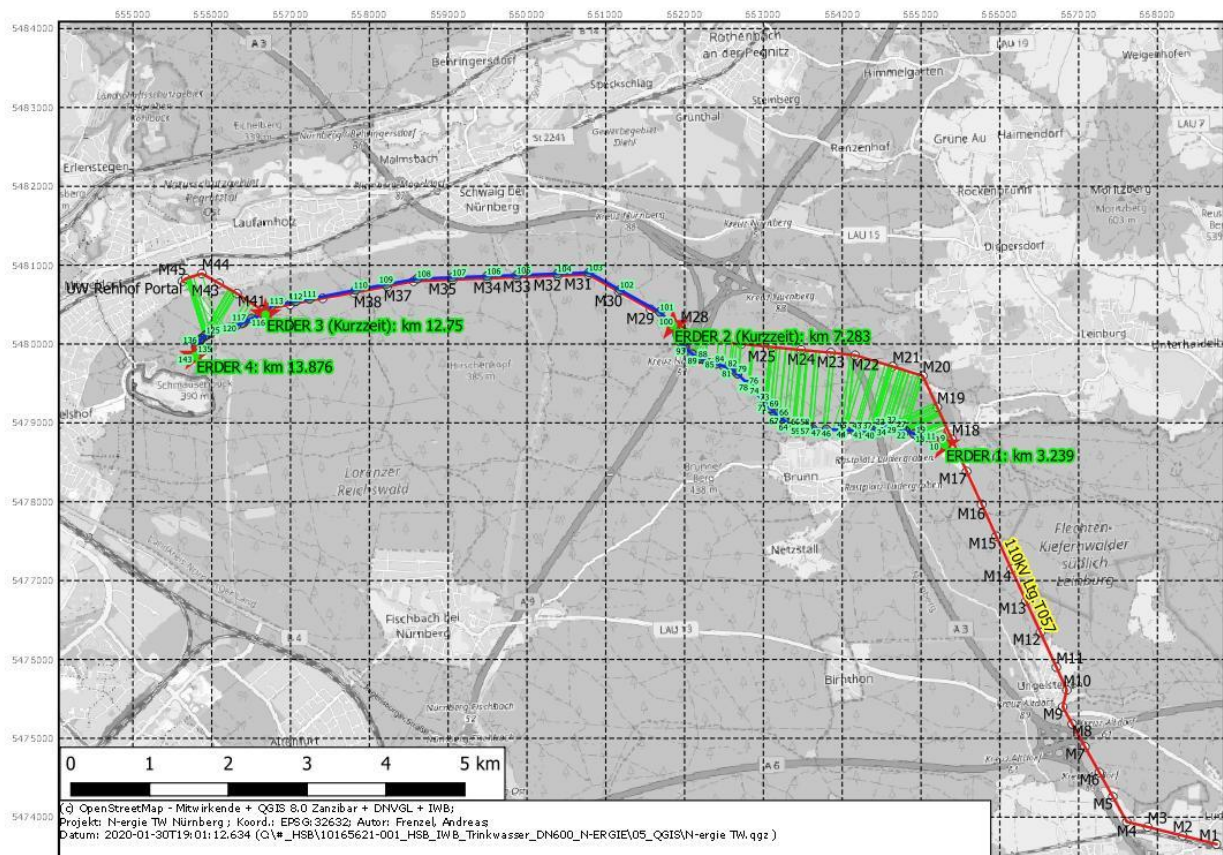


Abbildung 5: Näherungen (grüne Linien) zwischen Freileitung und TWL

3.2 Kurzzeitbeeinflussung

Den Verlauf der Berührungsspannung auf der TWL mit vier Zusatzerdern, bei einem einpoligem Erdfehler am Mast 30 der 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehlf (T057), zeigt Abbildung 6. Der Grenzwert von 1000 V nach Sfb TE7 [1] wird dabei an keinem Punkt überschritten. Die maximale Berührungsspannung erreicht auf der TWL rechnerisch einen Wert von maximal 859,1 V.

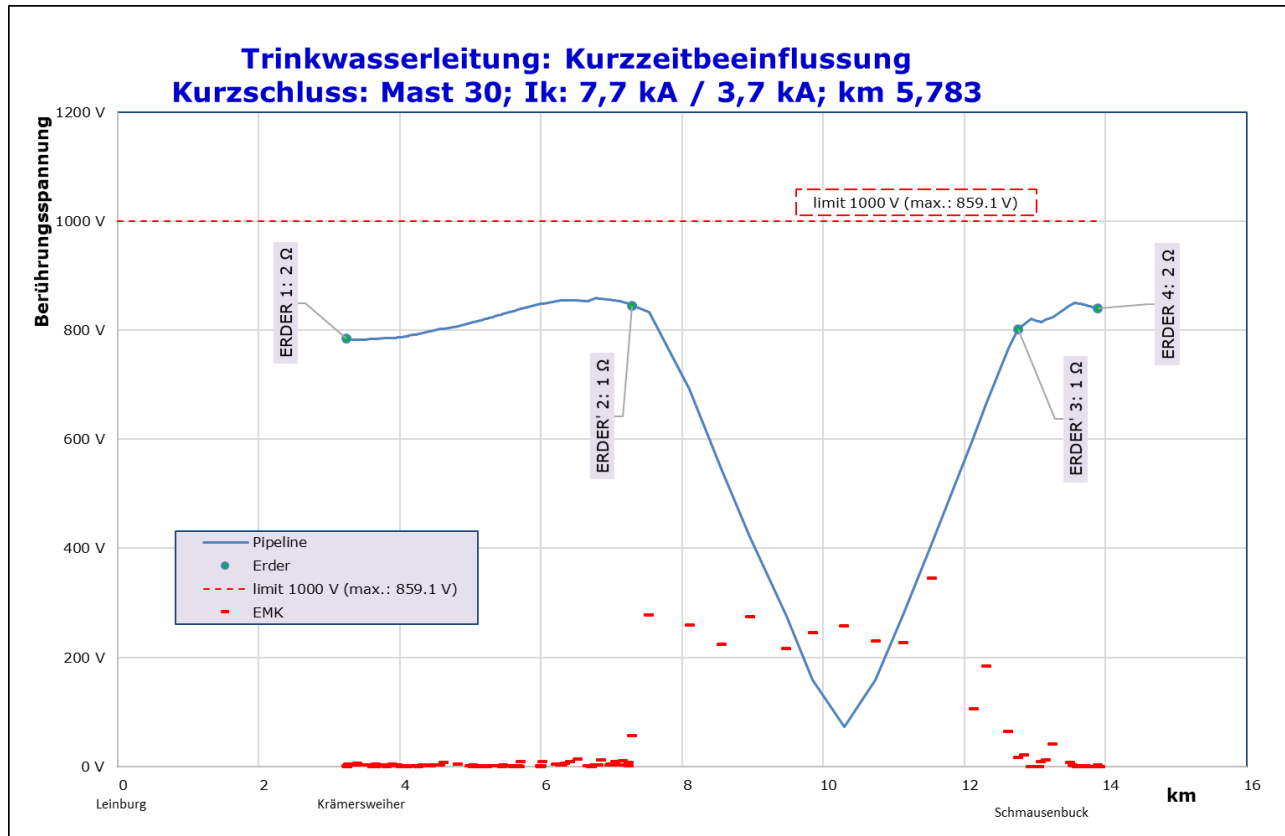


Abbildung 6: Berührungsspannung bei Kurzzeitbeeinflussung, mit Zusatzerder

Die an den Zusatzerdern auftretenden Ableitströme sind in Tabelle 6 gelistet.

Tabelle 6: Ableitströme an den Zusatzerdern bei Kurzzeitbeeinflussung

ERDER	R_A	U_B	Ableitstrom
			50 Hz
ERDER 1	2.0 Ω	784.7 V	392.4 A
ERDER 2 (Kurzzeit)	1.0 Ω	845.6 V	845.6 A
ERDER 3 (Kurzzeit)	1.0 Ω	801.3 V	801.3 A
ERDER 4	2.0 Ω	839.8 V	419.9 A

3.3 AWE-Zeit

Nach einem einpoligen Erdfehler schließt sich immer eine automatische Wiedereinschaltung (AWE) an, damit die Ladungsträger aus der durchgeschlagenen Lichtbodenstrecke verweht werden und die Phase

wieder ihre Isolationsfestigkeit erreicht. Die AWE-Pausenzeit liegt hier unter 1 s. In dieser Zeit bleibt die fehlerbehaftete Phase außer Betrieb und die anderen Phasen führen weiterhin den Betriebsstrom. Hier werden diese Ströme mit den maximalen Dauerbetriebsströmen angesetzt, auch an evtl. vorhandenen, vorbelastenden Freileitungen und Bahntrassen.

Die höchste Beeinflussung während der AWE-Zeit zeigt Abbildung 7.

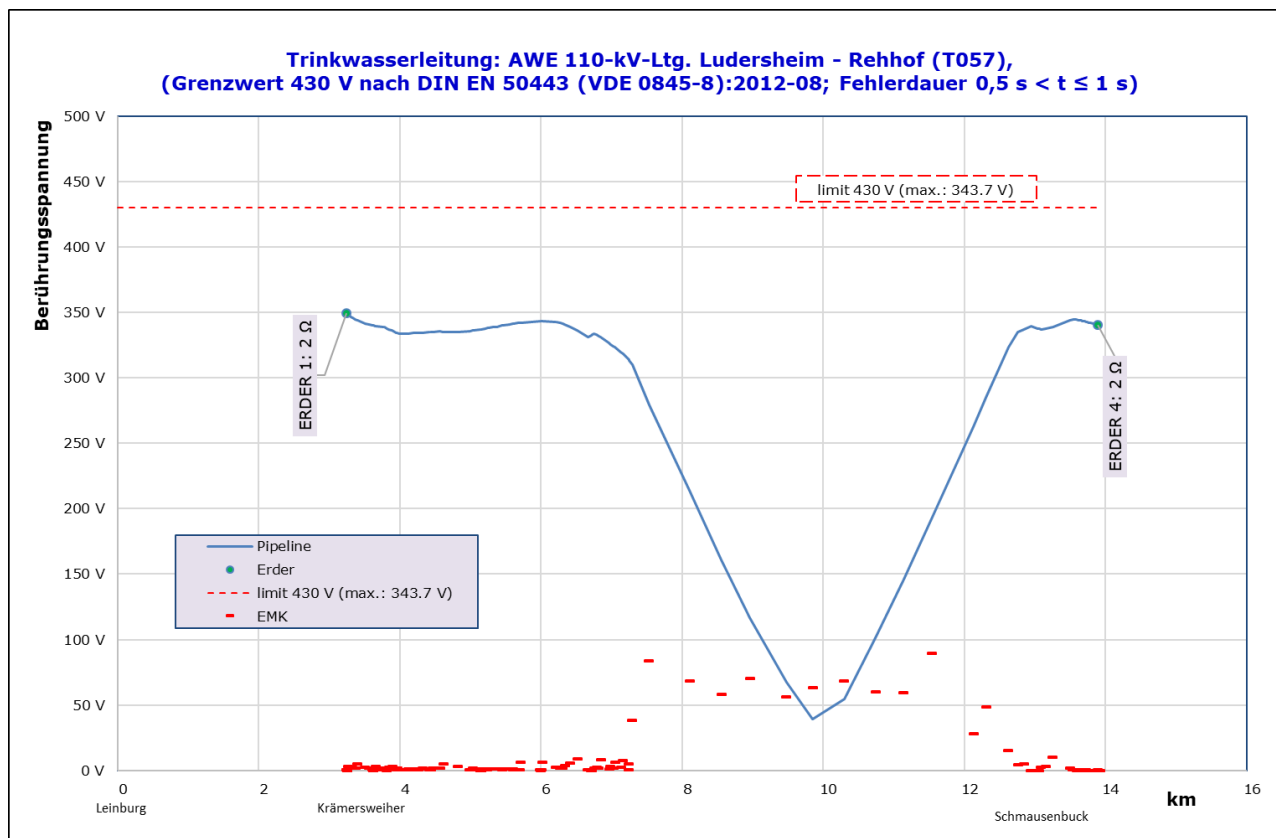


Abbildung 7: Berührungsspannungen TWL während AWE auf Ltg. 057

Aus diesen Berechnungen folgt die höchste Berührungsspannung U_B bei einer AWE in Phase R (rechtes System in Trassenrichtung). In Tabelle 7 sind die dabei auftretenden Ableitströme wiedergegeben. Generell liegen die Berührungsspannungen unter dem Grenzwert von 343,7 V. Weitere Zusatzmaßnahmen aufgrund von AWE sind nicht nötig. Die vorhandenen Langzeitabgrenzeinheiten müssen so dimensioniert werden, dass sie den erhöhte Ableitströme während der AWE-Zeit stand halten. Die Kurzzeitableiter werden während der AWE als nicht wirksam angenommen.

Tabelle 7: Ableitströme an den Zusatzerdern bei AWE

			Ableitstrom
ERDER	R_A	U_B	50 Hz
ERDER 1	2.0 Ω	349.2 V	174.6 A
ERDER 4	2.0 Ω	340.5 V	170.2 A

3.4 Langzeitbeeinflussung

Abbildung 8 gibt für die Langzeitbeeinflussung die effektive Berührungsspannungen an der TWL ohne Zusatzmaßnahmen wieder. Der Grenzwert für 60 V wird bei Schmausebuck überschritten.

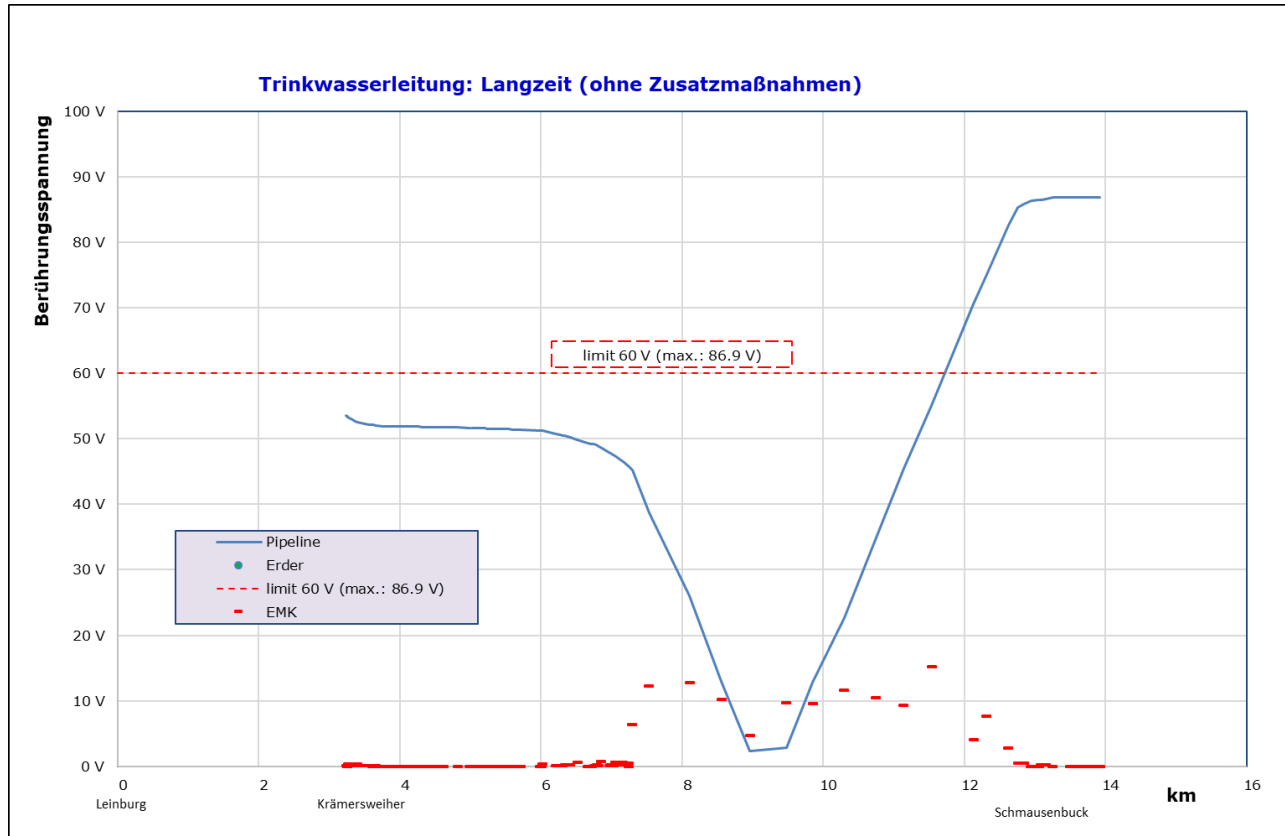


Abbildung 8: Berührungsspannungen bei Langzeitbeeinflussung ohne Erder

Durch Zusatzerder kann auch hier die Berührungsspannung unter 60 V gedrückt werden. Dabei reicht es aus, die Erder 1 und 4 zu benutzen. Somit sind Erder 2 und 3 nur für die Kurzzeitbeeinflussung nötig. Entsprechend können die Abgrenzeinheiten ausgewählt werden. In Abbildung 9 ist der resultierende Verlauf der Berührungsspannung dargestellt. Die maximale Berührungsspannung liegt rechnerisch bei 57 V.

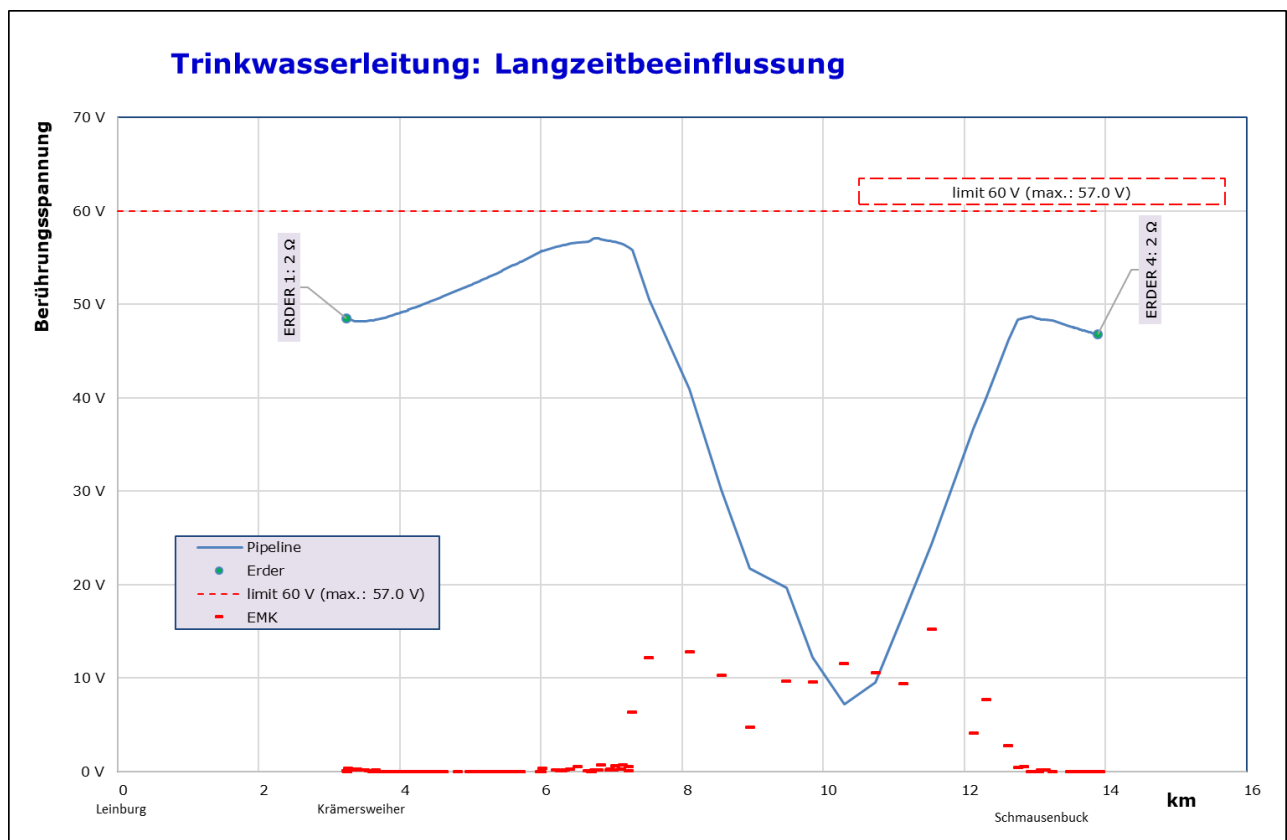


Abbildung 9: Berührungsspannung entlang der TWL bei Langzeitbeeinflussung

Die resultierenden Ableitströme sind in Tabelle 8 wiedergegeben.

Tabelle 8: Ableitströme bei Langzeitbeeinflussung

			Ableitstrom
ERDER	R_A	U_B	50 Hz
ERDER 1	2.0 Ω	48.5 V	24.3 A
ERDER 4	2.0 Ω	46.7 V	23.4 A

4 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen, *SfB TE 7 - Technische Empfehlung Nr. 7*, 2014.
- [2] DVGW, „GW 22: Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen,“ DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V., Köln, 2014 Februar.
- [3] DVGW, „GW 22-B1 (A) Beiblatt 1: Ergänzende Hinweise zu Betriebszuständen von Hochspannungsfreileitungen und Maßnahmen,“ *DVGW Technische Regeln - Arbeitsblatt*, April 2017.
- [4] Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen, *SfB TE 1 - Technische Empfehlung Nr. 1*, 2006.
- [5] Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen, *SfB TE 8 - Technische Empfehlung Nr. 8*, Frankfurt/M.: VWEW, 1980.
- [6] AfK Empfehlung Nr. 11, „Beurteilung der Korrosionsgefährdung durch Wechselstrom bei kathodisch geschützten Stahlrohrleitungen und Schutzmaßnahmen; zurückgezogen Februar 2014,“ 2012.
- [7] Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen, *SfB TE 3 - Technische Empfehlung Nr. 3*, 2005.
- [8] DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), „Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen; Teil 1: Grundlagen, Grenzwerte, Berechnungs- und Messverfahren,“ 2013.
- [9] DIN VDE 0845-6-2 (VDE 0845-6-2), „Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen; Teil 2: Beeinflussung durch Drehstromanlagen,“ 2014-09.
- [10] DIN EN 50443 (VDE 0845-8):2012-08; EN 50443:2011, „Auswirkungen elektromagnetischer Beeinflussungen von Hochspannungswechselstrombahnen und/oder Hochspannungsanlagen auf Rohrleitungen,“ DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Berlin, 2012.

ANHANG A: VEREINBARUNG ZUR BEHANDLUNG VON BEEINFLUSSUNGEN ZWISCHEN ELEKTRISCHEN ENERGIEANLAGEN UND ANLAGEN DER INFORMATIONEN- UND TELEKOMMUNIKATIONSTECHNIK

Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen
der Deutschen Bundesbahn,
der Deutschen Bundespost Telekom
und der Vereinigung Deutscher
Elektrizitätswerke e.V.

Vereinbarung zur Behandlung von Beeinflussungen zwischen elektrischen Energieanlagen und Anlagen der Informations- und Telekommunikationstechnik

Die Deutsche Bundesbahn (DB)¹, die Deutsche Bundespost Telekom (DBPT) und die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) e.V. – im folgenden „Partner“ genannt – schließen folgende Vereinbarung:

1. Gegenstand der Vereinbarung

Gegenstand der Vereinbarung ist die Zusammenarbeit der Partner auf dem Gebiet der elektrischen, magnetischen, elektromagnetischen und elektrochemischen Beeinflussung. Eingeschlossen sind die Beeinflussungen

- zwischen Anlagen der Energietechnik und Anlagen der Informations- und Telekommunikationstechnik
- sowie zwischen Anlagen der Informations- und Telekommunikationstechnik untereinander.

Die Zusammenarbeit umfaßt nicht andere technische, wirtschaftliche, rechtliche und organisatorische Fragen des räumlichen Zusammentreffens von Bahn-, Energieversorgungs- und Telekommunikationsanlagen.

2. Ziele und Grundsätze der Zusammenarbeit

Die Vereinbarung dient der Fortsetzung und Weiterentwicklung der langjährigen und bewährten Zusammenarbeit zwischen den Partnern.

Ziel der Zusammenarbeit ist, Beeinflussungsfragen zwischen den Partnern einvernehmlich auf der Grundlage der Gleichberechtigung zu regeln und Rechtsstreitigkeiten hierüber möglichst zu vermeiden.

Bei der Behandlung von Beeinflussungsfragen werden Energie-, Informations- und Telekommunikationsanlagen aufgrund ihrer außerordentlichen öffentlichen Bedeutung gleichrangig behandelt. Diskriminierende Beurteilungen sind auszuschließen.

Die Zusammenarbeit erfolgt auf der Grundlage der anerkannten Regeln der Technik unter Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Erfahrungen sowie der geltenden Rechtsvorschriften.

Die Partner verpflichten sich zu wechselseitigem kontinuierlichem Informationsaustausch über den Stand von Wissenschaft und Technik, praktische Erfahrungen und Angelegenheiten von gemeinsamem Interesse.

3. Beziehungen zu anderen Beteiligten

Träger öffentlicher Interessen:

Die Partner beachten bei der Regelung von Beeinflussungsfragen die öffentlichen Interessen und ge-

setzlichen Vorschriften. Dabei setzen sie sich mit den zuständigen Trägern der öffentlichen Interessen nach Bedarf ins Benehmen.

Nationale und Internationale Normungsorganisationen:

Die Partner bringen ihre im Rahmen der Zusammenarbeit erworbenen Kenntnisse und Erfahrungen in nationale und internationale Normungsorganisationen ein. Sie beziehen Arbeitsergebnisse und Empfehlungen dieser Normungsorganisationen in ihre Arbeit ein.

Andere Betreiber sowie Hersteller von Geräten und Systemen:

Die Partner stellen ihre Erkenntnisse und Erfahrungen anderen Betreibern beeinflussbarer oder beeinflussender Anlagen sowie Herstellern von Geräten und Systemen zur Verfügung. Sie bieten diesen einen Informationsaustausch an.

4. Institutionelle Organisation

Die Organe der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen sind das Komitee und die Geschäftsstelle.

Komitee:

Die Partner benennen jeweils drei in Beeinflussungsfragen erfahrene Ingenieure und einen im Kollisionsrecht erfahrenen Juristen als Mitglieder des Komitees.

Das Komitee wählt einen Vorsitzenden. Der Vorsitz soll im Turnus von drei Jahren zwischen den Partnern wechseln.

Der Vorsitzende wird jeweils auf Vorschlag des Partners gewählt, der ihn stellt.

Geschäftsstelle:

Die Schiedsstelle richtet eine Geschäftsstelle ein. Die Geschäftsstelle wird von einem Sekretär geführt. Der Sekretär wird im Einvernehmen mit den anderen Partnern von dem Partner benannt, der den Vorsitzenden stellt.

5. Organisation und Beschlußfassung des Komitees

Der Sekretär lädt im Einvernehmen mit dem Vorsitzenden schriftlich unter Mitteilung der Tagesordnung zu den Sitzungen ein. Die Sitzungen finden nach Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich statt.

Jeder Partner kann die Einberufung einer Sitzung verlangen.

Jedes Mitglied hat eine Stimme; schriftliche Stimmabgabe und Vertretung sind ausgeschlossen.

Das Komitee ist beschlußfähig, wenn jeder Partner vertreten ist. Beschlüsse bedürfen der 3/4-Mehrheit der anwesenden Mitglieder. Einstimmigkeit ist anzustreben. Bei Meinungsverschiedenheiten zwischen zwei Partnern übernimmt der dritte Partner den Vorsitz. Er ist zur Objektivität verpflichtet.

Dem von dem jeweiligen Beeinflussungsfall betroffenen Unternehmen ist Gelegenheit zur Anhörung zu geben.

¹ künftig „Deutsche Bahn AG“

Zur Lösung von Einzelproblemen kann das Komitee Ausschüsse bilden oder Sachkenner mit der Klärung von Einzelfragen beauftragen.

Das Komitee kann Sachkenner aus Wissenschaft und Technik als Gäste an Sitzungen teilnehmen lassen.

Über die Sitzung des Komitees ist eine Niederschrift anzufertigen, die vom Vorsitzenden zu unterschreiben und dem Komitee zur Genehmigung vorzulegen ist.

6. Aufgaben des Komitees

Das Komitee hat die Aufgabe, Beeinflussungsfragen zu klären, zu beurteilen und Lösungsvorschläge aufzuzeigen.

Das Komitee erarbeitet nach Bedarf Richtlinien und Empfehlungen, wie die gegenseitige Beeinflussung von Anlagen zu vermeiden, zu reduzieren oder zu beseitigen ist.

7. Wirkung der Beschlüsse des Komitees

Die Beschlüsse des Komitees sind für alle Partner verbindlich.

8. Aufgaben der Geschäftsstelle

Die Geschäftsstelle übernimmt die laufende Information der Partner.

Der Geschäftsstelle obliegen insbesondere

- die Vorbereitung der Sitzungen des Komitees
- die Anfertigung von Niederschriften und
- die Vorbereitung von Veranstaltungen der Schiedsstelle.

9. Förderung der Schiedsstellenarbeit durch die Partner

Die Partner verpflichten sich, das Komitee und die Geschäftsstelle über grundsätzliche und aktuelle Beeinflussungsprobleme zu unterrichten.

Die Partner fördern die Arbeit des Komitees und der Geschäftsstelle durch die Bekanntgabe von Messungen und Berechnungen von besonderem Interesse und durch die Bereitstellung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Erfahrungen.

10. Schutzmaßnahmen

Im Beeinflussungsfall ist zwischen den Betreibern der beeinflussten und der beeinflussenden Anlage die erforderliche Schutzmaßnahme abzustimmen. Dabei soll die jeweils beste Gesamtlösung erreicht werden, die das technisch Erforderliche mit der geringsten wirtschaftlichen Belastung gewährleistet.

11. Kosten von Schutzmaßnahmen

Die Kosten für Schutzmaßnahmen zur Vermeidung, Reduzierung oder Beseitigung von Beeinflussungen hat der Betreiber der beeinflussenden Anlage zu tragen, soweit seine Anlage die spätere ist. Hiervon abweichende vertragliche Vereinbarungen oder zwingende gesetzliche Vorschriften bleiben unberührt. Eine spätere beeinflussungserhebliche Änderung einer Anlage ist wie eine spätere Errichtung der Anlage zu behandeln.

Die Kosten nicht erforderlicher oder unverhältnismäßiger Schutzmaßnahmen sind dem Betreiber der beeinflussenden Anlage nicht anzulasten.

Stellt der Betreiber der beeinflussenden Anlage dem Betreiber der beeinflussten Anlage die Schutzeinrichtung zur Verfügung, so soll er ihm das Eigentum daran übertragen.

Für die Kosten des Betriebs, der Instandhaltung und Erneuerung der Schutzeinrichtungen ist dem Eigentümer im Zeitpunkt der Errichtung ein einmaliger Pauschbetrag zu zahlen.

12. Bereitstellung von Plan- und Berechnungsunterlagen

Die Partner informieren sich rechtzeitig über alle Vorhaben, die Beeinflussungen verursachen oder verändern können. Sie stellen sich wechselseitig die erforderlichen Plan- und Berechnungsunterlagen kostenlos zur Verfügung. Die Verantwortung für die Richtigkeit der Unterlagen übernimmt der Partner, der sie erstellt hat.

13. Kosten und Auslagen der Schiedsstelle

Die Kosten und Auslagen der Schiedsstelle trägt jeder Partner für seinen Teil selbst. Mitgliedsbeiträge werden nicht erhoben. Die Kosten und Auslagen der Geschäftsstelle trägt der Partner in der Zeit, in der er die Geschäftsstelle innehat.

14. Veröffentlichungen der Schiedsstelle

Die Schiedsstelle veröffentlicht von ihr erarbeitete Richtlinien, Berichte und wissenschaftliche Beiträge nach eigenem Ermessen. Dabei berücksichtigt sie das öffentliche Interesse an ihren Arbeitsergebnissen.

Kosten der Veröffentlichung werden unter den Partnern zu gleichen Teilen aufgeteilt.

15. Dauer und Kündigung der Vereinbarung

Diese Vereinbarung ersetzt die Vereinbarung über Beeinflussungsfragen vom 1. Mai 1952 und die Richtlinien für Beeinflussungsfragen vom 6. November 1968. Sie tritt mit der Unterzeichnung in Kraft.

Die Vereinbarung ist auf unbestimmte Zeit geschlossen. Sie kann unter Angabe von Gründen mit einer Frist von sechs Monaten zum Jahresende gekündigt werden.

Für die Deutsche Bundesbahn

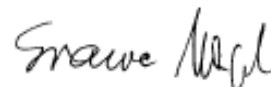
Frankfurt, den
24. September 1993



Für die Deutsche
Bundespost Telekom
Bonn, den 26. 10. 93



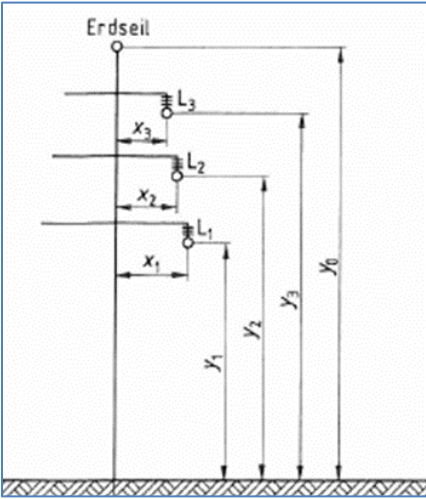
Für die
Vereinigung Deutscher
Elektrizitätswerke e.V.



Frankfurt, den 10. August 1993

ANHANG B:
110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) - Standard-Masttypen mit Aufhängehöhe der Seile und Erdseil-Reduktionsfaktor

Masttypen				Erd- und Luftseile						System 1 (linke Traverse)						System 2 (rechte Traverse)						50 Ωm	
				GW1		GW2		GW3		außen		mitte		innen		innen		mitte		außen			
Source Type ID	Type	U/ V	f/Hz	x0.1 /m	y0.1 /m	x0.2 /m	y0.2 /m	x0.3 /m	y0.3 /m	x1.1 /m	y1.1 /m	x1.2 /m	y1.2 /m	x1.3 /m	y1.3 /m	x2.3 /m	y2.3 /m	x2.2 /m	y2.2 /m	x2.1 /m	y2.1 /m	Red.Fak- tor	Erdseiltyp
S048	110-kV T1/27	110	50.0	0.00	41.30					-9.60	25.60	-7.20	31.90	-4.80	25.60	4.80	25.60	7.20	31.90	9.60	25.60	0.72	122-AL3i71-ST1A
S049	110-kV-WA1/20 140/180	110	50.0	0.00	35.10					-10.00	20.00	-7.40	26.50	-4.90	20.00	4.90	20.00	7.50	26.50	10.00	20.00	0.72	122-AL3i71-ST1A
S050	110-kV-WA2/20 120/180	110	50.0	0.00	35.10					-10.80	20.00	-8.00	26.50	-5.30	20.00	5.30	20.00	8.00	26.50	10.80	20.00	0.72	122-AL3i71-ST1A



ANHANG C: Modell: 110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057) (UTM 32N)

T057		110-kV-Ltg. Ludersheim - Rehhof (T057)										30.08.2019 09:17									
voltage		110,00	kV	value of max. operational voltage										phase sequences e.t.c.							
frequency		50,00	Hz											phases R S T R S T							
max nominal current		1580,00	A	diagramm (#oc) or value of max. operational current										current allocation 100% 100% 100% 100% 100% 100%							
short		#cc1	A	diagramm (#sc) or part from nominal current during short										phase angles 0° 120° 240° 0° 120° 240°							
number of systems		2		max. 2 pc.										names of the systems							
cable per system		3		min 1, max 3 pc.																	
max. influence range		1500	m	a range between 500m and 3000m										load flow 1 1							
				Cartesian coordinates tower centre meter			additional properties source types (OHL, cable) angle = winkel(C12:C14;D12:D14) linke Traverse zu Easting					rechte Traverse		linke Traverse							
Point label	Easting	Northing	Altitude	source type ID	transition piece /m	next sag /m	angle crossbar to EASTING	rF; rK	2,1	2,2	2,3	1,2	1,1	source type description							
UW Rehhof Portal	655 622,2	5 480 792,9		S048	-15,0	0,7	118,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M45	655 666,2	5 480 828,6		S050	-0,2	1,6	118,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA2/20 120/180						
M44	655 868,4	5 480 891,4		S050	-0,2	2,0	83,8°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA2/20 120/180						
M43	656 087,1	5 480 767,2		S048	-0,2	2,2	60,4°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M42	656 314,3	5 480 637,9		S049	7,8	4,2	58,5°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA1/20 140/180						
M41	656 632,5	5 480 428,1		S050	-0,2	3,8	78,8°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA2/20 120/180						
M40	656 987,5	5 480 497,3		S048	-0,2	5,3	101,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M39	657 401,1	5 480 577,4		S048	1,8	4,8	100,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M38	657 798,0	5 480 649,7		S048	-0,2	5,6	100,5°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M37	658 222,0	5 480 728,3		S048	1,8	3,4	101,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M36	658 555,7	5 480 793,2		S049	1,8	8,1	96,8°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA1/20 140/180						
M35	659 052,4	5 480 815,2		S048	7,8	5,8	92,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M34	659 490,1	5 480 830,0		S048	1,8	4,1	92,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M33	659 866,8	5 480 844,6		S048	17,8	9,1	92,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M32	660 385,5	5 480 862,8		S048	3,8	4,5	92,1°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M31	660 776,9	5 480 877,1		S049	1,8	5,9	76,5°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA1/20 140/180						
M30	661 161,6	5 480 663,2		S048	9,8	6,6	60,9°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M29	661 564,7	5 480 438,4		S048	-2,2	5,8	61,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M28	661 947,7	5 480 226,3		S048	9,8	4,2	61,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M27	662 279,5	5 480 042,1		S049	1,8	5,9	72,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA1/20 140/180						
M26	662 717,5	5 479 998,0		S048	7,8	4,4	84,3°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M25	663 105,5	5 479 959,2		S048	-2,2	4,0	84,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M24	663 476,1	5 479 921,8		S048	-2,2	4,2	84,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M23	663 853,5	5 479 888,5		S048	-2,2	2,8	84,4°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M22	664 161,4	5 479 854,8		S049	-0,2	8,1	78,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA1/20 140/180						
M21	664 637,8	5 479 712,9		S048	13,8	4,7	73,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M20	665 020,8	5 479 593,2		S050	0,2	5,8	48,8°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA2/20 120/180						
M19	665 204,5	5 479 197,4		S048	5,8	6,2	24,5°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M18	665 391,5	5 478 787,8		S048	5,8	6,1	24,5°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M17	665 576,9	5 478 381,0		S048	5,8	6,6	24,7°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M16	665 768,7	5 477 963,2		S048	7,8	6,1	24,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M15	665 953,9	5 477 558,1		S048	3,8	6,5	24,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M14	666 144,2	5 477 142,8		S048	3,8	6,2	24,8°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M13	666 332,6	5 476 734,5		S048	3,8	5,8	24,7°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M12	666 514,6	5 476 338,0		S048	3,8	7,6	24,7°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M11	666 717,1	5 475 897,1		S048	11,8	3,0	24,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M10	666 849,5	5 475 608,5		S049	3,8	1,7	5,5°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV-WA1/20 140/180						
M9	666 797,3	5 475 393,4		S048		2,0	7,7°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M8	666 918,3	5 475 176,3		S048		3,2	29,1°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M7	667 080,2	5 474 886,0		S048		4,0	29,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M6	667 262,1	5 474 559,9		S048		3,6	29,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M5	667 433,4	5 474 252,8		S048		3,8	29,2°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M4	667 610,8	5 473 934,8		S048		2,3	52,6°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M3	667 875,8	5 473 869,3		S048		6,5	76,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M2	668 320,8	5 473 758,3		S048		5,9	75,9°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						
M1	668 748,6	5 473 650,9		S048		0,5	75,0°	0,72	R	S	T	R	S	T	110-kV T1/27						

ANHANG D: MODELL: TWL (UTM 32 N)

Point label	Easting	Northing	Altitude	drain-type ID	reduction factor
Kraemersweiher WW Forsthaus km 3.238	665 304.6	5 478 716.1	- 2.7	M001	0.80
km 3.239	665 298.3	5 478 719.4	- 2.7	M001	0.80
km 3.244	665 293.9	5 478 721.7	- 2.7	M001	0.80
km 3.246	665 292.0	5 478 722.6	- 2.7	M001	0.80
km 3.251	665 287.9	5 478 721.3	- 2.7	M001	0.80
km 3.253	665 285.8	5 478 722.5	- 2.7	M001	0.80
km 3.253	665 285.7	5 478 722.5	- 2.7	M001	0.80
km 3.254	665 284.7	5 478 723.1	- 2.7	M001	0.80
km 3.297	665 246.8	5 478 741.8	- 2.7	M001	0.80
km 3.32	665 225.3	5 478 751.0	- 2.7	M001	0.80
km 3.363	665 185.9	5 478 766.9	- 2.7	M001	0.80
km 3.395	665 155.2	5 478 778.0	- 2.7	M001	0.80
km 3.502	665 053.8	5 478 810.9	- 2.7	M001	0.80
km 3.562	664 997.1	5 478 829.5	- 2.7	M001	0.80
km 3.609	664 951.7	5 478 844.0	- 2.7	M001	0.80
km 3.614	664 947.6	5 478 845.6	- 2.7	M001	0.80
km 3.619	664 942.8	5 478 847.1	- 2.7	M001	0.80
km 3.62	664 941.8	5 478 847.5	- 2.7	M001	0.80
km 3.623	664 938.2	5 478 848.6	- 2.7	M001	0.80
km 3.647	664 915.6	5 478 856.0	- 2.7	M001	0.80
km 3.651	664 913.7	5 478 859.8	- 2.7	M001	0.80
km 3.764	664 806.8	5 478 894.4	- 2.7	M001	0.80
km 3.776	664 795.4	5 478 898.1	- 2.7	M001	0.80
km 3.809	664 763.4	5 478 908.6	- 2.7	M001	0.80
km 3.812	664 761.2	5 478 909.3	- 2.7	M001	0.80
km 3.841	664 733.3	5 478 918.0	- 2.7	M001	0.80
km 3.888	664 689.1	5 478 933.1	- 2.7	M001	0.80
km 3.947	664 635.6	5 478 957.5	- 2.7	M001	0.80
km 3.956	664 626.7	5 478 961.5	- 2.7	M001	0.80
km 3.993	664 593.6	5 478 976.3	- 2.7	M001	0.80
km 4.006	664 580.3	5 478 980.2	- 2.7	M001	0.80
km 4.019	664 569.2	5 478 973.7	- 2.7	M001	0.80
km 4.069	664 526.9	5 478 947.5	- 2.7	M001	0.80
km 4.103	664 497.2	5 478 931.2	- 2.7	M001	0.80
km 4.114	664 487.6	5 478 925.4	- 2.7	M001	0.80
km 4.184	664 419.4	5 478 909.8	- 2.7	M001	0.80
km 4.228	664 377.0	5 478 899.6	- 2.7	M001	0.80
km 4.253	664 352.7	5 478 893.7	- 2.7	M001	0.80
km 4.264	664 341.5	5 478 890.9	- 2.7	M001	0.80
km 4.315	664 290.3	5 478 892.1	- 2.7	M001	0.80
km 4.409	664 196.6	5 478 896.9	- 2.7	M001	0.80

Point label	Easting	Northing	Altitude	drain-type ID	reduction factor
km 4.431	664 174.6	5 478 897.5	- 2.7	M001	0.80
km 4.463	664 142.5	5 478 899.3	- 2.7	M001	0.80
km 4.561	664 045.2	5 478 903.7	- 2.7	M001	0.80
km 4.609	663 996.7	5 478 906.2	- 2.7	M001	0.80
km 4.809	663 797.2	5 478 914.9	- 2.7	M001	0.80
km 4.984	663 622.1	5 478 923.3	- 2.7	M001	0.80
km 5.024	663 582.6	5 478 926.5	- 2.7	M001	0.80
km 5.034	663 572.7	5 478 927.2	- 2.7	M001	0.80
km 5.128	663 480.1	5 478 945.6	- 2.7	M001	0.80
km 5.14	663 468.9	5 478 947.8	- 2.7	M001	0.80
km 5.14	663 468.7	5 478 947.8	- 2.7	M001	0.80
km 5.141	663 467.9	5 478 948.0	- 2.7	M001	0.80
km 5.141	663 467.7	5 478 948.1	- 2.7	M001	0.80
km 5.142	663 467.1	5 478 948.2	- 2.7	M001	0.80
km 5.142	663 466.4	5 478 948.3	- 2.7	M001	0.80
km 5.143	663 465.8	5 478 948.4	- 2.7	M001	0.80
km 5.144	663 465.1	5 478 948.6	- 2.7	M001	0.80
km 5.144	663 464.9	5 478 948.7	- 2.7	M001	0.80
km 5.144	663 464.4	5 478 948.8	- 2.7	M001	0.80
km 5.204	663 406.3	5 478 960.9	- 2.7	M001	0.80
km 5.23	663 381.1	5 478 967.8	- 2.7	M001	0.80
km 5.243	663 368.9	5 478 971.6	- 2.7	M001	0.80
km 5.306	663 310.5	5 478 995.9	- 2.7	M001	0.80
km 5.362	663 261.3	5 479 022.6	- 2.7	M001	0.80
km 5.438	663 199.9	5 479 067.9	- 2.7	M001	0.80
km 5.45	663 190.7	5 479 075.4	- 2.7	M001	0.80
km 5.541	663 127.1	5 479 139.7	- 2.7	M001	0.80
km 5.593	663 090.9	5 479 177.3	- 2.7	M001	0.80
km 5.603	663 083.4	5 479 184.5	- 2.7	M001	0.80
km 5.663	663 041.8	5 479 227.8	- 2.7	M001	0.80
km 5.698	663 019.8	5 479 255.3	- 2.7	M001	0.80
km 5.708	663 013.3	5 479 262.0	- 2.7	M001	0.80
km 5.98	662 824.6	5 479 458.2	- 2.7	M001	0.80
km 5.99	662 817.9	5 479 465.5	- 2.7	M001	0.80
km 5.994	662 818.0	5 479 469.6	- 2.7	M001	0.80
km 5.999	662 814.8	5 479 473.4	- 2.7	M001	0.80
km 6.016	662 802.9	5 479 486.3	- 2.7	M001	0.80
km 6.205	662 669.9	5 479 620.2	- 2.7	M001	0.80
km 6.266	662 621.2	5 479 656.1	- 2.7	M001	0.80
km 6.304	662 588.7	5 479 675.7	- 2.7	M001	0.80
km 6.333	662 563.0	5 479 688.9	- 2.7	M001	0.80
km 6.407	662 494.1	5 479 716.2	- 2.7	M001	0.80
km 6.507	662 398.3	5 479 746.7	- 2.7	M001	0.80

Point label	Easting	Northing	Altitude	drain-type ID	reduction factor
km 6.654	662 258.2	5 479 791.9	- 2.7	M001	0.80
km 6.706	662 209.2	5 479 807.8	- 2.7	M001	0.80
km 6.718	662 197.6	5 479 812.5	- 2.7	M001	0.80
km 6.745	662 172.5	5 479 822.4	- 2.7	M001	0.80
km 6.782	662 140.0	5 479 838.3	- 2.7	M001	0.80
km 6.813	662 112.7	5 479 854.7	- 2.7	M001	0.80
km 6.839	662 093.8	5 479 871.6	- 2.7	M001	0.80
km 6.957	662 005.1	5 479 949.9	- 2.7	M001	0.80
km 6.976	661 991.1	5 479 962.5	- 2.7	M001	0.80
km 7.018	661 964.5	5 479 995.4	- 2.7	M001	0.80
km 7.041	661 952.6	5 480 014.9	- 2.7	M001	0.80
km 7.126	661 914.1	5 480 091.0	- 2.7	M001	0.80
km 7.154	661 903.8	5 480 116.4	- 2.7	M001	0.80
km 7.238	661 871.8	5 480 193.8	- 2.7	M001	0.80
km 7.24	661 870.9	5 480 195.6	- 2.7	M001	0.80
km 7.283	661 850.3	5 480 234.0	- 2.7	M001	0.80
km 7.521	661 683.4	5 480 403.6	- 2.7	M001	0.80
km 8.1	661 177.4	5 480 685.1	- 2.7	M001	0.80
km 8.551	660 782.9	5 480 903.9	- 2.7	M001	0.80
km 8.951	660 383.2	5 480 889.7	- 2.7	M001	0.80
km 9.467	659 867.3	5 480 871.4	- 2.7	M001	0.80
km 9.846	659 488.9	5 480 858.2	- 2.7	M001	0.80
km 10.287	659 047.8	5 480 842.3	- 2.7	M001	0.80
km 10.733	658 602.5	5 480 826.4	- 2.7	M001	0.80
km 11.134	658 208.1	5 480 753.4	- 2.7	M001	0.80
km 11.528	657 820.1	5 480 683.0	- 2.7	M001	0.80
km 12.123	657 236.6	5 480 570.0	- 2.7	M001	0.80
km 12.302	657 060.3	5 480 539.2	- 2.7	M001	0.80
km 12.616	656 751.7	5 480 481.4	- 2.7	M001	0.80
km 12.75	656 675.0	5 480 371.0	- 2.7	M001	0.80
km 12.832	656 595.4	5 480 351.1	- 2.7	M001	0.80
km 12.933	656 498.8	5 480 322.1	- 2.7	M001	0.80
km 13.038	656 405.3	5 480 273.8	- 2.7	M001	0.80
km 13.056	656 389.3	5 480 266.5	- 2.7	M001	0.80
km 13.076	656 370.8	5 480 257.5	- 2.7	M001	0.80
km 13.144	656 306.9	5 480 235.4	- 2.7	M001	0.80
km 13.247	656 209.0	5 480 204.3	- 2.7	M001	0.80
km 13.485	655 981.8	5 480 132.0	- 2.7	M001	0.80
km 13.527	655 941.9	5 480 118.0	- 2.7	M001	0.80
km 13.539	655 930.8	5 480 113.9	- 2.7	M001	0.80
km 13.547	655 924.1	5 480 111.1	- 2.7	M001	0.80
km 13.561	655 911.0	5 480 104.2	- 2.7	M001	0.80
km 13.567	655 905.9	5 480 101.2	- 2.7	M001	0.80

Point label	Easting	Northing	Altitude	drain-type ID	reduction factor
km 13.58	655 895.6	5 480 094.0	- 2.7	M001	0.80
km 13.619	655 866.0	5 480 068.3	- 2.7	M001	0.80
km 13.622	655 863.7	5 480 065.9	- 2.7	M001	0.80
km 13.646	655 847.7	5 480 048.1	- 2.7	M001	0.80
km 13.653	655 840.8	5 480 047.9	- 2.7	M001	0.80
km 13.665	655 841.3	5 480 036.6	- 2.7	M001	0.80
km 13.693	655 828.0	5 480 011.4	- 2.7	M001	0.80
km 13.718	655 817.2	5 479 988.5	- 2.7	M001	0.80
km 13.729	655 806.8	5 479 984.7	- 2.7	M001	0.80
km 13.755	655 792.9	5 479 963.3	- 2.7	M001	0.80
km 13.777	655 794.4	5 479 941.4	- 2.7	M001	0.80
km 13.831	655 796.4	5 479 886.9	- 2.7	M001	0.80
km 13.863	655 781.9	5 479 859.1	- 2.7	M001	0.80
km 13.876	655 782.2	5 479 845.4	- 2.7	M001	0.80
km 13.881	655 779.0	5 479 842.2	- 2.7	M001	0.80
Schmausenbuck	655 743.4	5 479 841.5	- 2.7	M001	0.80



ÜBER DNV GL

DNV GL - Energy gehört zur DNV GL Group, die mit ihrem Geschäftszweck zum Schutz von Leben, Eigentum sowie der Umwelt in bedeutenden industriellen Bereichen beiträgt. Im Vordergrund stehen unabhängige wirtschaftliche und technische Dienstleistungen in den Bereichen Risikomanagement, Klassifizierung, Zertifizierung und Testung für die Schiffs-, Öl- und Gasindustrie sowie die Energiebranche. Darüber hinaus erbringen wir auch Zertifizierungsleistungen für Kunden aus vielen weiteren Branchen. Das Unternehmen wurde 1864 gegründet und ist mit 13.000 Beschäftigten in mehr als 100 Ländern unter dem Leitmotto 'safer, smarter, greener' aktiv.