

Bericht-Hochspannungsbeeinflussung

Berechnung der induktiven Beeinflussung der von der RMR betriebenen Mineralölproduktenleitung Dinslaken – Köln-Godorf (Trasse 011) durch die Elektrifizierung der Regio Bahnstrecke S28 im Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Version, Stand: 00, 21.08.2018

Autor: Maik Rickert

Auftraggeber: Regiobahn GmbH, Mettmann

Dokument-Informationen

Version	Bearbeiter	Art der Änderung	Status	Freigabe / Datum
00	Rickert, Maik	Erstellung	aktiv	13.09.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	4
2	Induktive Hochspannungsbeeinflussung	6
2.1	Langzeitbeeinflussung	6
2.2	Rohrleitungspotential	6
2.3	Grundlagen der Berechnungen	6
2.3.1	Umhüllungswiderstand	7
2.3.2	Spezifischer Bodenwiderstand	7
2.3.3	Reduktionsfaktoren	7
3	Ergebnisse der Beeinflussungsrechnungen	8
3.1	Induktive Dauerbeeinflussung	8
3.2	Induktive Kurzzeitbeeinflussung.....	8
4	Ohmsche Beeinflussung durch den Schienenspannungstrichter	9
5	<u>Anhang 1:</u> Darstellung der berechneten Spannungsverläufe für die Dauerbeeinflussung auf der RMR Mineralölproduktenleitung	11
6	<u>Anhang 2:</u> Darstellung des berechneten Spannungsverlaufes für die Kurzzeitbeeinflussung auf der RMR Mineralölproduktenleitung.....	13

1 Zusammenfassung

Durch die geplante Elektrifizierung der S-Bahnlinie S28 wird es im Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann-Stadtwald zu einer Hochspannungsbeeinflussung der Mineralölproduktenleitung „Dinslaken – Köln-Godorf“ (Trasse 011) der RMR durch Fahr-, Speise- und Fehlerströme kommen.

Um die Beeinflussung der Rohrleitung zu verringern, wurde in Vorgesprächen mit der Open Grid Europe GmbH die Verlegung eines Reduktionsleiters (oft auch als Rückleiter bezeichnet) auf den Masten festgelegt.

Die zur Berechnung notwendigen Daten der Oberleitungsanlage und Betriebsweise, wie zum Beispiel Seilaufhängungen, Stromaufteilungen und Schienenpotential wurden dem „Erläuterungsbericht zur Ermittlung der Stromverteilung und Gleis-Erde-Spannung für die Elektrifizierung der REGIOBAHN-Infrastruktur Bauabschnitt Ostast-Bestandsstrecke und Verlängerung“ (Erstellt durch Vössing Ingenieurgesellschaft mbH mit Stand vom 08.03.18) entnommen.

Entsprechend dem gültigen DVGW Arbeitsblatt GW-22 von Februar 2014 und dessen Beiblatt B1 von April 2017 liegen die – unter dem Gesichtspunkt "Berührungsschutz" - zulässigen Spannungsbereiche

- bei Dauerbeeinflussung unter Berücksichtigung der maximal möglichen Betriebsströme bei $U_{L, \max} \leq 60 \text{ V}$ und
- bei Kurzzeitbeeinflussung im einpoligen Erdfehlerfall bei $U_{K, \max} \leq 1000 \text{ V}$.

Bei den durchgeführten Berechnungen zeigt sich, dass die maximal zu erwartende Dauerbeeinflussungsspannung, welche allein durch die Elektrifizierung der S-Bahnlinie S28 hervorgerufen wird, bei $U_{L, \max} = 16 \text{ V}$ liegen wird.

Da die Mineralölproduktenleitung noch vor Erreichen der doppelten Kennlänge¹ im südlichen Verlauf erneuten Beeinflussungen von Drehstrom-Hochspannungsfreileitungen und einer weiteren Bahnstrecke unterliegt, kommt es zu einer Überlagerung der einzelnen Beeinflussungsspannungen.

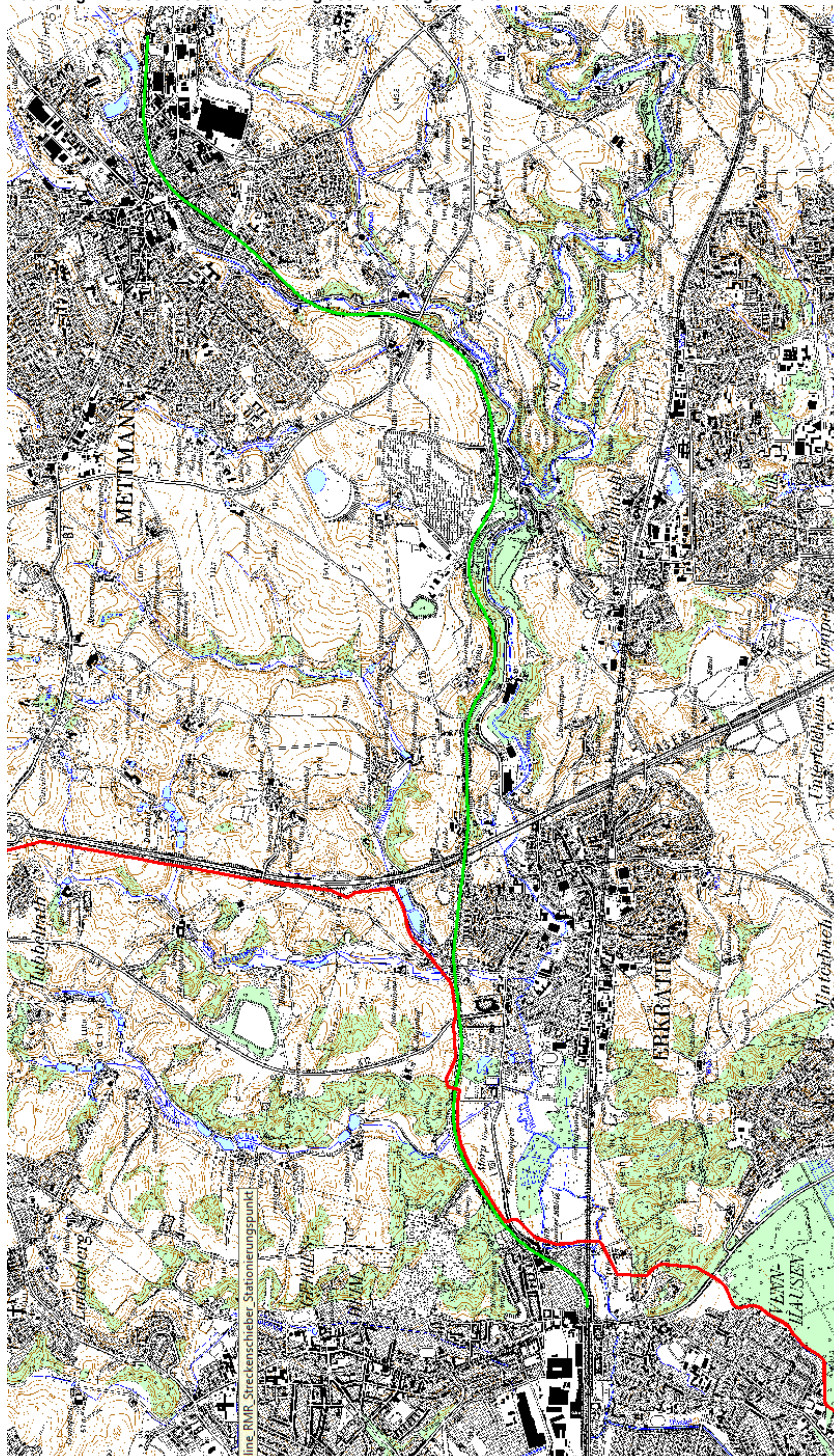
Eine genaue Berechnung der maximal zu erwartenden Beeinflussungsspannung aller relevanten Beeinflussungssysteme, sowie Betrachtungen zur Wechselstromkorrosionsgefährdung und zur Beeinflussung des Fernmeldebegleitkabels sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Da im Hause OGE Berechnungen bzgl. eines Freileitungsneubaus im weiter südlichen Bereich stattfinden, wurden für eine Abschätzung der zu erwartenden Gesamtbeeinflussungsspannung diese Daten und Daten aus historischen Berechnungen zusammengespielt. Nicht enthalten ist der Parallelverlauf zur Bahnstrecke am Elbsee, da dieser noch nicht in digitaler Form vorlag. Diese Berechnung lieferte ein Ergebnis für die zu erwartenden Dauerbeeinflussungsspannung von $U_{L, \max} = 40 \text{ V}$. Doch wie zuvor bereits dargelegt, beruht dieser Wert auf einer unvollständigen und Teils älteren Datenlage, so dass eine Berechnung mit allen beteiligten Beeinflussungssystemen und aktuellen Daten auch einen Wert oberhalb von 40 V liefern kann.

Im Falle eines Erdkurzschlusses auf der S-Bahnlinie S28 liegt die berechnete maximal zu erwartende Kurzzeitbeeinflussungsspannung mit $U_{K, \max} = 553 \text{ V}$ unterhalb des zulässigen Grenzwertes für die Kurzzeitbeeinflussung.

¹ Die Kennlänge ist ein Maß für die Länge bis eine Beeinflussungsspannung auf der Rohrleitung nach dem Ende eines Beeinflussungsabschnittes / einer Näherung auf null abgeklungen ist.

Abbildung 1-1: Schematische Darstellung des N herungsverlaufs



Elektrifizierung RB-S28_RMR_Mineral lproduktenleitung_DIN-GOD
 Bereich Bf D sseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

2 Induktive Hochspannungsbeeinflussung

2.1 Langzeitbeeinflussung

Bedingt durch die Betriebsströme von elektrifizierten Bahnstrecken wird durch das von diesen hervorgerufene elektromagnetische Feld eine Spannung in parallel verlaufende Rohrleitungen induziert (Beeinflussungsspannung). Der Betrag der induzierten Spannung ist u. a. abhängig vom Abstand Bahnanlage - Rohrleitung, von der Lage der Fahr und Speiseleitungen, deren Betriebsströmen, der Lage eventueller Reduktionsleiter (Rückleiter), der Anzahl der Gleise, der Frequenz, der Länge der Parallelführung, sowie dem Umhüllungswiderstand der Rohrleitung. Entsprechend dem DVGW Arbeitsblatt GW-22 darf dabei ein Rohrleitungspotential von $U_{L \max} = 60 \text{ V}$ nicht überschritten werden.

2.2 Rohrleitungspotential

Nach dem DVGW Arbeitsblatt GW-22 errechnet sich der Betrag der in die Rohrleitung induzierten Spannung bei einer Parallelführung mit einer an beiden Enden weit über die Näherung hinausführenden Rohrleitung nach der Beziehung:

$$|U_{R(X)}| = \frac{|E|}{2|\gamma|} \cdot \frac{|e^{\gamma x}|}{|e^{\gamma L/2}|} \cdot |1 - e^{-\gamma L}|$$

Darin bedeutet:

$ E $	=	Betrag der in einem ideal isolierten Leiter induzierten Längsfeldstärke
$ \gamma $	=	Betrag des Übertragungsmaßes der Rohrleitung
γ	=	Komplexer Wert des Übertragungsmaßes der Rohrleitung
L	=	Länge der Parallelführung

Das an den Enden der Näherung auftretende maximale Rohrleitungspotential errechnet sich nach:

$$|U_{R \max}| = \frac{|E|}{2|\gamma|} \cdot |1 - e^{-\gamma L}|$$

2.3 Grundlagen der Berechnungen

Die Berechnung der induzierten Beeinflussungswechselspannungen zwischen Rohrleitung und Bezugserde ("ferne Erde") erfolgte gemäß dem gültigen DVGW Arbeitsblatt GW-22 und mit Hilfe eines DV-Programms unter Zugrundelegung der folgenden Daten:

Elektrifizierung RB-S28_RMR_Mineralölproduktenleitung_DIN-GOD

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

2.3.1 Umhüllungswiderstand

Für den Umhüllungswiderstand wurde in den Berechnungen unter Berücksichtigung der Überwachungsmessungen aus den Jahren 2011, 2013, 2014 und 2015 ein Wert von $r_u = 10,0 \text{ k}\Omega\text{m}^2$ angesetzt.

Die kapazitive Wechselstromableitung wird durch das verwendete DV-Programm berücksichtigt.

2.3.2 Spezifischer Bodenwiderstand

Entsprechend der Eindringtiefe der induzierten Ströme wurde ein spezifischer Bodenwiderstand von $\rho = 30 \text{ }\Omega\text{m}$ für 16,7 Hz zugrunde gelegt.

Hinweis: Dieser Wert kann von dem spezifischen Bodenwiderstand des oberflächennahen Bodens – welcher auch die Rohrleitung unmittelbar umgibt – erheblich differieren.

2.3.3 Reduktionsfaktoren

- In den Berechnungen wurden für die Umwelt Reduktionsfaktoren gem. TE-1 der SfB wie folgt zugrunde gelegt:

Tabelle 2-1: Richtwerte für Umweltreduktionsfaktoren Auszug aus Tabelle 2-4 der TE-1 der SfB

Art des Geländes bzw. der Bebauung	Faktor r_u
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	$\leq 1,00$

- Bei der Berechnung der Kurzzeitbeeinflussung wurde gem. DVGW-Arbeitsblatt GW-22 Kap. 12.1.4.3 ein Erwartungsfaktor von $w=0,7$ zugrunde gelegt.

3 Ergebnisse der Beeinflussungsrechnungen

Wir möchten darauf hinweisen, dass entsprechend den gültigen technischen Regeln die Berechnungen der Beeinflussungsspannungen unter Zugrundelegung der maximalen Betriebsströme bzw. des ungünstigsten Erdkurzschlussortes erfolgen muss. Nach unseren Erfahrungen werden diese Beeinflussungszustände – abhängig von der Lage der Hochspannungsfreileitung im Netz und der Lage des Erdkurzschlussortes – mehr oder weniger selten erreicht. Die an der Rohrleitung gemessenen Wechsellspannungen Rohrleitung – Erde werden demnach die hier im Folgenden aufgeführten (errechneten) Beeinflussungsspannungen in der Regel deutlich unterschreiten.

3.1 Induktive Dauerbeeinflussung

In der Abbildung 5-1 im Anhang 1 ist der Verlauf der zu erwartenden Dauerbeeinflussungsspannung, welche allein durch die Elektrifizierung der S-Bahnlinie S28 hervorgerufen wird, auf die Mineralölproduktenleitung der RMR dargestellt.

Die durch die Elektrifizierung der S-Bahnlinie S28 hervorgerufene, maximale Dauerbeeinflussungsspannung liegt demnach bei $U_{L, \max} = 16 \text{ V}$.

Da die Mineralölproduktenleitung noch vor Erreichen der doppelten Kennlänge im südlichen Verlauf erneuten Beeinflussungen von Drehstrom-Hochspannungsfreileitungen und einer weiteren Bahnstrecke unterliegt, kommt es zu einer Überlagerung der einzelnen Beeinflussungsspannungen.

Eine genaue Berechnung der maximal zu erwartenden Beeinflussungsspannung aller relevanten Beeinflussungssysteme, sowie Betrachtungen zur Wechselstromkorrosionsgefährdung und zur Beeinflussung des Fernmeldebegleitkabels sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Da im Hause OGE Berechnungen bzgl. eines Freileitungsneubaus im weiter südlichen Bereich stattfinden, wurden für eine Abschätzung der zu erwartenden Gesamtbeeinflussungsspannung diese Daten und Daten aus historischen Berechnungen zusammengespielt. Nicht enthalten ist der Parallelverlauf zur Bahnstrecke am Elbsee, da dieser noch nicht in digitaler Form vorlag.

Diese Berechnung lieferte ein Ergebnis für die zu erwartenden Dauerbeeinflussungsspannung von $U_{L, \max} = 40 \text{ V}$ und ist in Abbildung 5-2 im Anhang 1 dargestellt. Doch wie zuvor bereits dargelegt, beruht dieser Wert auf einer unvollständigen und Teils älteren Datenlage, so dass eine Berechnung mit allen beteiligten Beeinflussungssystemen und aktuellen Daten auch einen Wert oberhalb von 40 V liefern kann.

3.2 Induktive Kurzzeitbeeinflussung

Die Berechnung der elektromagnetisch eingekoppelten Kurzzeitbeeinflussungsspannung ist, entsprechend DVGW Arbeitsblatt GW-22 berechnet worden.

Im Falle eines Erdkurzschlusses auf der S-Bahnlinie S28 liegt die berechnete maximal zu erwartende Kurzzeitbeeinflussungsspannung mit $U_{K, \max} = 553 \text{ V}$ unterhalb des zulässigen Grenzwertes für die Kurzzeitbeeinflussung von $U_{K, \max} \leq 1000 \text{ V}$.

Elektrifizierung RB-S28_RMR_Mineralölproduktenleitung_DIN-GOD

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

4 Ohmsche Beeinflussung durch den Schienenspannungstrichter

Im Bereich von Leitungskreuzungen, wie auch im Bereich von Parallelführungen, kann es zu einer ohmschen Beeinflussung von Rohrleitungen durch den Schienenspannungstrichter kommen, welche sich mit der induktiven Beeinflussung überlagert.

Daher wurde für die Leitungskreuzung zwischen Mast 7-1n und 7-3n, sowie für die beiden Näherungsbereiche vor und hinter der Leitungskreuzung

- Näherungsbereich von Mast 5-29n bis 7-1n und
- Näherungsbereich von Mast 7-1n bis 7-25n

der prozentuale Anteil des Schienenpotentials ermittelt.

Der prozentuale Anteil vom Schienenpotential wurde dem Bild 21 des DVGW-Arbeitsblattes GW-22 entnommen. Das Schienenpotential wurde der Tabelle 6 aus dem Kapitel 3 „Gleis-Erde-Spannung“ des unter Punkt 1 genannten Erläuterungsberichtes von Vössing entnommen. Hierbei wurden die Spannungswerte für 5 V / 100A Traktionsstrom berücksichtigt. Es wird seitens Vössing zwar davon ausgegangen, dass die tatsächliche Berührungsspannung im Bereich zwischen 2 V bis 3 V liegen wird, jedoch können 5 V auch nicht ausgeschlossen werden und Vössing lagen zum Zeitpunkt der Berechnung keine Angaben zum Erdwiderstand vor.

Wie von der RMR mitgeteilt, liegt im Bereich der Kreuzung, der geringste lichte Abstand bei 7,5 m.

In der Realität ist jedoch kaum mit Arbeiten unterhalb des Gleiskörpers zu rechnen, wodurch noch ein Querabstand zu berücksichtigen wäre, welcher den ohmschen Anteil an der resultierenden Beeinflussungsspannung senken würde.

Da die berechnete resultierende Beeinflussungsspannung bereits unterhalb des zulässigen Grenzwertes von $U_{L\ max} = 60\ V$ liegt, wurde hier auf eine Ermittlung des Querabstandes verzichtet. Die resultierende Beeinflussungsspannung wurde mittels quadratischer Addition der ohmschen und der induktiven Beeinflussungsspannung errechnet.

Die Spannungswerte zur induktiven Beeinflussung in den Tabellen Tabelle 4-1 und Tabelle 4-2 beruhen auf den Berechnungsergebnissen zu Abbildung 5-1, also einer reinen Beeinflussung welche allein durch die Elektrifizierung der S-Bahnlinie S28 hervorgerufen wird.

Tabelle 4-1: ohmsch-induktive Beeinflussung nur durch S28 im Bereich der Leitungskreuzungen

Kreuzung mit	Überdeckung	%tualer Anteil vom Schienenpotential	Schienenpotential	U_{ohmsch}	$U_{induktiv}$	$U_{ohmsch-induktiv}$
RMR	7,5 m	ca. 23 %	ca. 49 V	ca. 11,5 V	ca. 3,6 V	ca. 12 V

Tabelle 4-2: ohmsch-induktive Beeinflussung nur durch S28 im Bereich der engeren Parallelführungen

Näherung	Geringster Abstand lt. GIS	%tualer Anteil vom Schienenpotential	Schienenpotential	U_{ohmsch}	$U_{induktiv, max}$	$U_{ohmsch-induktiv}$
5-29n – 7-1n	19 m	ca. 16 %	ca. 47,5 V	ca. 8 V	ca. 12 V	ca. 14,5 V
7-1n – 7-25n	22 m	ca. 15 %	ca. 50 V	ca. 8 V	ca. 13 V	ca. 15,5 V

Elektrifizierung RB-S28_RMR_Mineralölproduktenleitung_DIN-GOD

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Wie unter 3.1 bereits beschrieben, ist auch hier eine genaue Aussage erst möglich, wenn eine Berechnung der maximal zu erwartenden Beeinflussungsspannung unter Einbeziehung aller relevanten Beeinflussungssysteme durchgeführt wurde. In den Tabellen Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 wurde, beruhend auf den Berechnungsergebnissen zu Abbildung 5-2, eine Abschätzung durchgeführt.

Tabelle 4-3: Abschätzung ohmsch-induktive Beeinflussung im Bereich der Leitungskreuzungen

Kreuzung mit	Überdeckung	%tualer Anteil vom Schienenpotential	Schienenpotential	U_{ohmsch}	U_{induktiv}	$U_{\text{ohmsch-induktiv}}$
RMR	7,5 m	ca. 23 %	ca. 49 V	ca. 11,5 V	ca. 9 V	ca. 15 V

Tabelle 4-4: Abschätzung ohmsch-induktive Beeinflussung im Bereich der engeren Parallelführungen

Näherung	Geringster Abstand lt. GIS	%tualer Anteil vom Schienenpotential	Schienenpotential	U_{ohmsch}	$U_{\text{induktiv, max}}$	$U_{\text{ohmsch-induktiv}}$
5-29n – 7-1n	19 m	ca. 16 %	ca. 47,5 V	ca. 8 V	ca. 12 V	ca. 14,5 V
7-1n – 7-25n	22 m	ca. 15 %	ca. 50 V	ca. 8 V	ca. 16 V	ca. 18 V

Der gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW-22 zulässige Grenzwert für die Dauerbeeinflussung mit $U_{L \text{ max}} \leq 60 \text{ V}$ wird in allen betrachteten Fällen bei einer Überlagerung der ohmschen und induktiven Beeinflussungsspannung unterschritten.

Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass die Werte für die induktive Beeinflussungsspannung in den Tabellen Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 nur der Orientierung dienen, da diese Werte auf einer Berechnung mit einer unvollständigen und Teils älteren Datenlage beruhen.

5 Anhang 1: Darstellung der berechneten Spannungsverläufe für die Dauerbeeinflussung auf der RMR Mineralölproduktenleitung

Abbildung 5-1: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung

Abbildung 5-2: Abschätzung der Überlagerung der Dauerbeeinflussung

Abbildung 5-1: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung durch die Elektrifizierung der S28

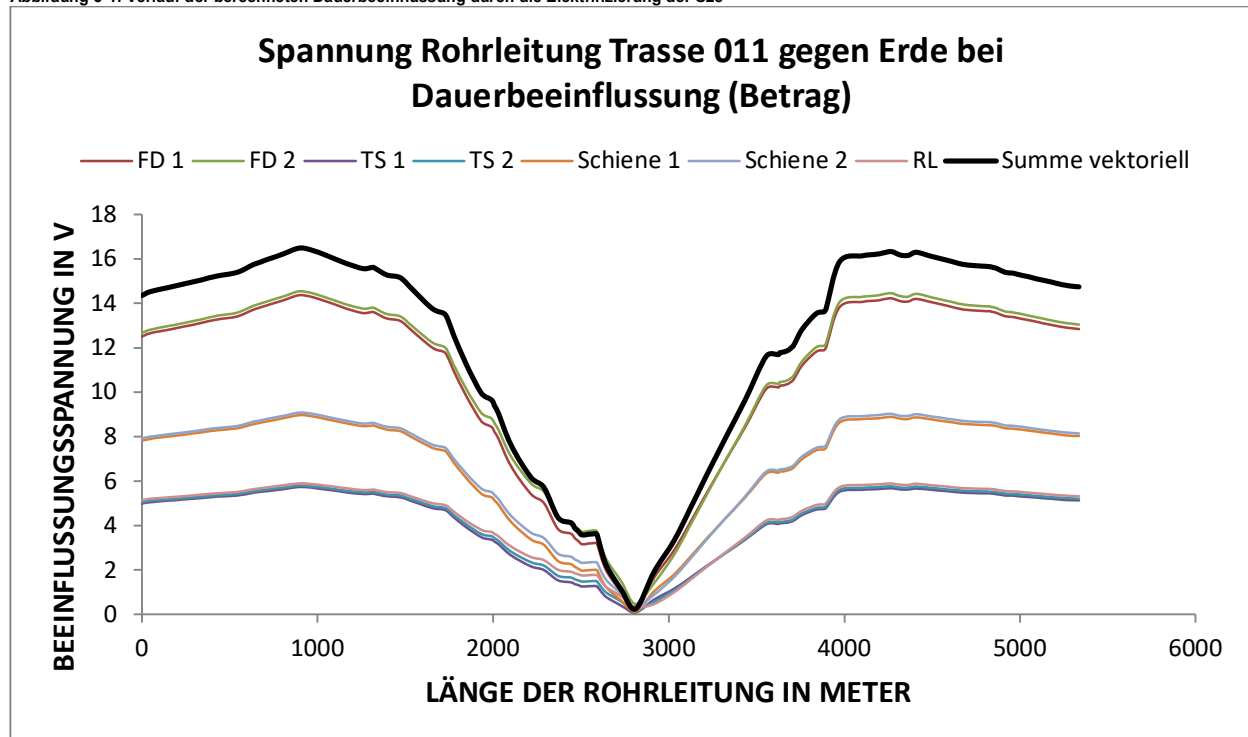
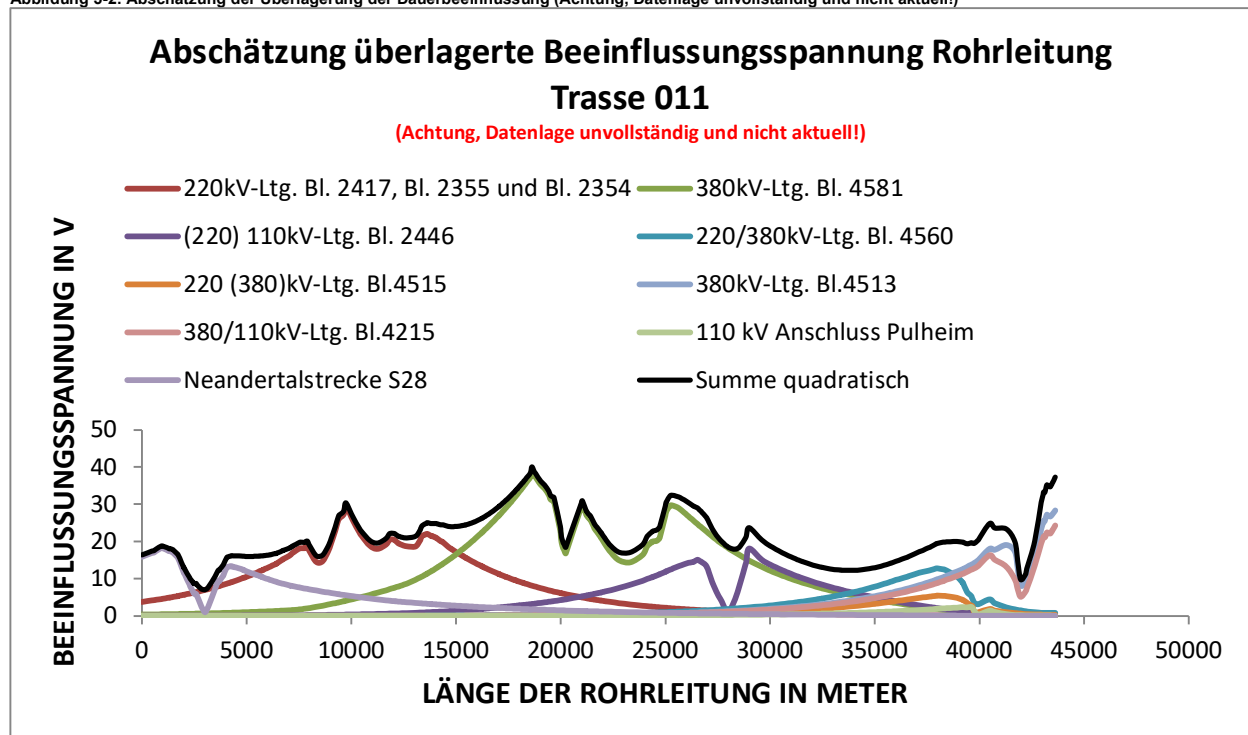


Abbildung 5-2: Abschätzung der Überlagerung der Dauerbeeinflussung (Achtung, Datenlage unvollständig und nicht aktuell!!)



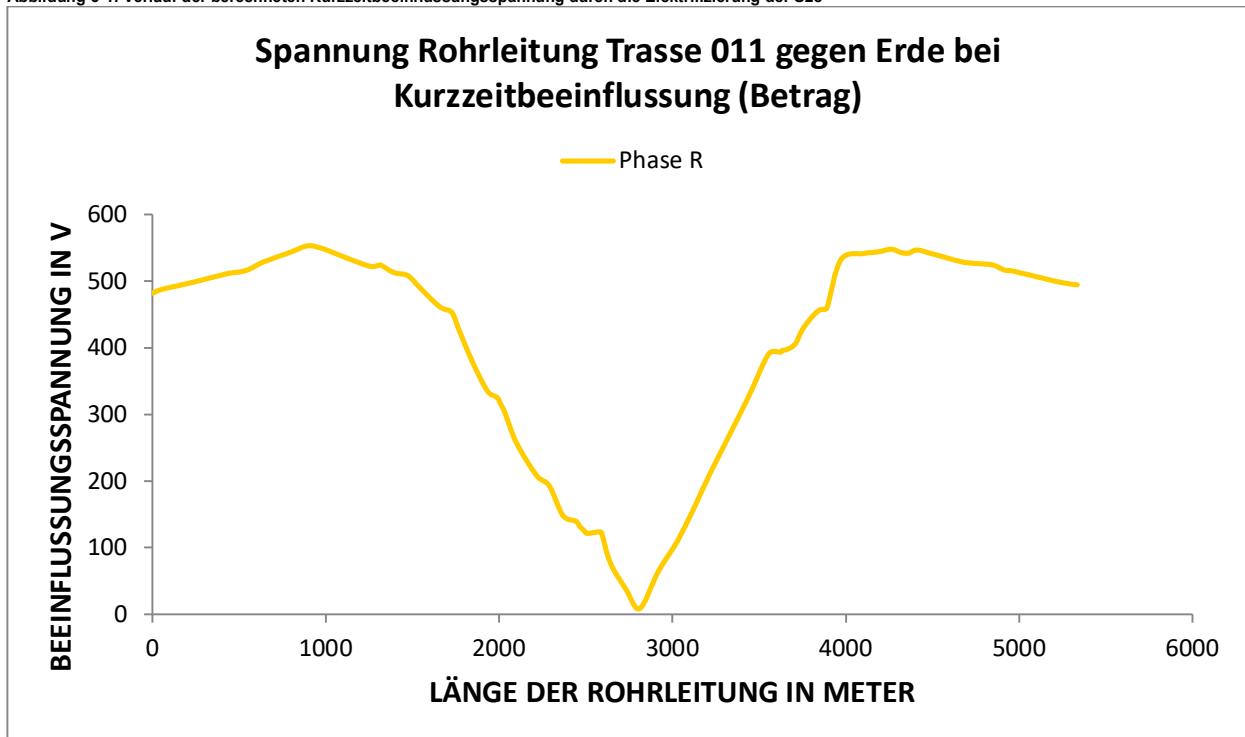
Elektrifizierung RB-S28_RMR_Mineralölproduktenleitung_DIN-GOD

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

6 Anhang 2:
Darstellung des berechneten Spannungsverlaufes für die
Kurzzeitbeeinflussung auf der RMR Mineralölproduktenleitung

Abbildung 6-1: Verlauf der berechneten Kurzzeitbeeinflussungsspannung durch die Elektrifizierung der S28

Abbildung 6-1: Verlauf der berechneten Kurzzeitbeeinflussungsspannung durch die Elektrifizierung der S28



Elektrifizierung RB-S28_RMR_Mineralölproduktenleitung_DIN-GOD

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald