

Bericht-Hochspannungsbeeinflussung

Berechnung der induktiven Beeinflussung der von der Open Grid Europe GmbH betriebenen Ferngashochdruckleitungen durch die Elektrifizierung der Regio Bahnstrecke S28 im Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Version, Stand: 00, 03.08.2018

Autor: Maik Rickert

Auftraggeber: Regiobahn GmbH, Mettmann

Dokument-Informationen

Version	Bearbeiter	Art der Änderung	Status	Freigabe / Datum
00	Rickert, Maik	Erstellung	aktiv	08.08.2018

Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	4
2	Induktive Hochspannungsbeeinflussung	5
2.1	Langzeitbeeinflussung	5
2.2	Rohrleitungspotential	5
2.3	Grundlagen der Berechnungen	6
2.3.1	Umhüllungswiderstand	6
2.3.2	Spezifischer Bodenwiderstand	6
2.3.3	Reduktionsfaktoren	6
3	Ergebnisse der Beeinflussungsrechnungen	7
3.1	Induktive Dauerbeeinflussung	7
3.2	Induktive Kurzzeitbeeinflussung.....	7
4	Ohmsche Beeinflussung durch den Schienenspannungstrichter	8
5	<u>Anhang 1:</u> Darstellung der berechneten Spannungsverläufe für die Dauerbeeinflussung auf den OGE-Leitungssystemen	9
6	<u>Anhang 2:</u> Darstellung der berechneten Spannungsverläufe für die Kurzzeitbeeinflussung auf den OGE-Leitungssystemen	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 nachfolgend genannten von der Open Grid Europe GmbH (OGE) betriebenen Gashochdruckleitungen durch Fahr-, Speise- und Fehlerströme kommen.

1. Ltg. 12/4 „Anschluss Mettmann“
2. Ltg. 12/4/1 „Fischer GmbH Mettmann“
3. Ltg. 202/3/4 „Kalkwerke Neandertal“
4. Ltg. 202/3/7 „Erdgasanschluss Regler Mettmann“

Um die Beeinflussung der Rohrleitungen zu verringern, wurde in Vorgesprächen 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.

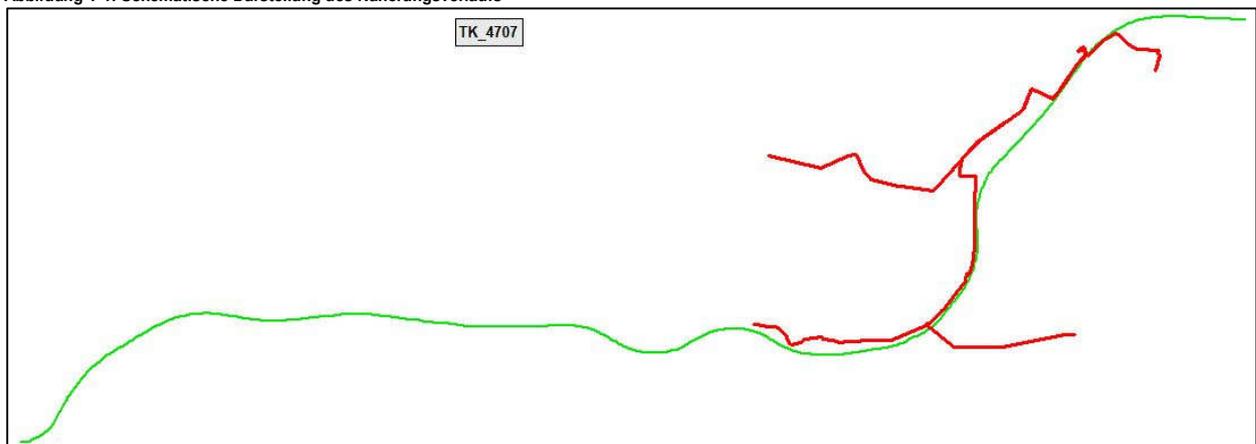
Entsprechend dem gültigen DVGW Arbeitsblatt GW-22 von Februar 2014 und dessen Beiblatt B1 von April 2017 liegen die – unter dem Gesichtspunkt "Berührungsschutz" - zulässigen Spannungsbereiche

- 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 liegt die maximal zu erwartende Dauerbeeinflussungsspannung ohne Erderanlagen mit $U_{L,max} = 21 \text{ V}$ unterhalb des gemäß GW-22 zulässigen Grenzwertes.

Auch im Falle eines Erdkurzschlusses liegt die berechnete maximal zu erwartende Kurzzeitbeeinflussungsspannung mit $U_{K,max} = 570 \text{ V}$ unterhalb des zulässigen Grenzwertes für die Kurzzeitbeeinflussung.

Abbildung 1-1: Schematische Darstellung des Näherungsverlaufs



Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-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 Beeinflussungswchselspannungen 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:

2.3.1 Umhüllungswiderstand

Der Umhüllungswiderstand wurde vom zuständigen KKS-Fachteam zuvor messtechnisch ermittelt und in den Berechnungen wie folgt berücksichtigt:

1. Ltg. 12/4 $r_u = 1,5 \text{ k}\Omega\text{m}^2$
2. Ltg. 12/4/1 $r_u = 1,0 \text{ k}\Omega\text{m}^2$
3. Ltg. 202/3/4 $r_u = 10,0 \text{ k}\Omega\text{m}^2$
4. Ltg. 202/3/7 $r_u = 10,0 \text{ k}\Omega\text{m}^2$

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.

Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

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 den Abbildungen im Anhang 1 ist der Verlauf der zu erwartenden Dauerbeeinflussungsspannung auf den Gashochdruckleitungen der OGE dargestellt.

Wie aus den Abbildungen und der Tabelle 3-1 zu ersehen ist, liegen die zu erwartenden maximalen Dauerbeeinflussungsspannungen auf den Rohrleitungen ohne zusätzliche Erdungsmaßnahmen unterhalb des gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW-22 zulässigen Grenzwertes für die Dauerbeeinflussung.

Tabelle 3-1: Dauerbeeinflussung

Gashochdruckleitung	Errechnete maximale Dauerbeeinflussungsspannung
Ltg. 12/4	8 V
Ltg. 12/4/1	13 V
Ltg. 202/3/4	18 V
Ltg. 202/3/7 West	21 V
Ltg. 202/3/7 Ost	7 V

3.2 Induktive Kurzzeitbeeinflussung

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

Die Berechnung zeigt, dass der Grenzwert von $U_{K \max} \leq 1000 \text{ V}$ auch ohne Erdungsmaßnahmen eingehalten wird.

Tabelle 3-2: Kurzzeitbeeinflussung

Gashochdruckleitung	Errechnete maximale Dauerbeeinflussungsspannung
Ltg. 12/4	205 V
Ltg. 12/4/1	350 V
Ltg. 202/3/4	470 V
Ltg. 202/3/7 West	570 V
Ltg. 202/3/7 Ost	180 V

Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

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 beiden Leitungskreuzungen

- Krzng. Ltg.202/3/4 mit S28 zwischen Mast 12-16n und 12-18n und
- Krzng. Ltg. 12/4/1 mit S28 zwischen Mast 14-24n und 14-25n,

sowie für die beiden engeren Parallelführungsbereiche

- Krzng. Ltg.202/3/7 mit S28 von Mast 12-18n bis 13-21n und
- Krzng. Ltg. 12/4 mit S28 von Mast 14-14n bis 14-25n

der prozentuale Anteil des Schienenspotentials ermittelt.

Bei den beiden Leitungskreuzungen wurde die Überdeckung der Mantelrohre als Abstand zwischen Gleiskörper und Rohrleitung verwendet. 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 in beiden Fällen die berechnete resultierende Beeinflussungsspannung bereits unterhalb des zulässigen Grenzwertes von $U_{L,max} = 60 \text{ V}$ liegt, wurde hier auf eine Ermittlung des Querabstandes verzichtet. Die resultierende Beeinflussungsspannung wurde mittels quadratischer Addition der ohmschen und der induktiven Beeinflussungsspannung errechnet.

Der prozentuale Anteil vom Schienenspotential wurde dem Bild 21 des DVGW-Arbeitsblattes GW-22 entnommen. Das Schienenspotential 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.

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

Kreuzung mit	Überdeckung lt. Betriebsplanblatt	%tualer Anteil vom Schienenspotential	Schienenspotential	U_{ohmsch}	U_{induktiv}	$U_{\text{ohmsch-induktiv}}$
Ltg.202/3/4	3,5 m	ca. 36 %	ca. 55,5 V	ca. 20 V	ca. 1,5 V	ca. 20 V
Ltg. 12/4/1	4,5 m	ca. 31 %	ca. 58,5 V	ca. 18 V	ca. 7 V	ca. 19,5 V

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

Näherung mit	Geringster Abstand lt. GIS	%tualer Anteil vom Schienenspotential	Schienenspotential	U_{ohmsch}	$U_{\text{induktiv, max}}$	$U_{\text{ohmsch-induktiv}}$
Ltg.202/3/7	13 m	ca. 19 %	ca. 57 V	ca. 11 V	ca. 21 V	ca. 24 V
Ltg. 12/4/1	4 m	ca. 34 %	ca. 60 V	ca. 20,5 V	ca. 13 V	ca. 24,5 V

Der gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW-22 zulässigen Grenzwertes für die Dauerbeeinflussung mit $U_{L,max} \leq 60 \text{ V}$ wird somit auch im Falle einer Überlagerung der ohmschen und induktiven Beeinflussungsspannung unterschritten, so dass keine weiteren Maßnahmen erforderlich sind.

Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

5 Anhang 1: Darstellung der berechneten Spannungsverläufe für die Dauerbeeinflussung auf den OGE-Leitungssystemen

Abbildung 5-1: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 5-2: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4/1 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 5-3: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 5-4: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 West ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 5-5: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 Ost ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 5-1: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

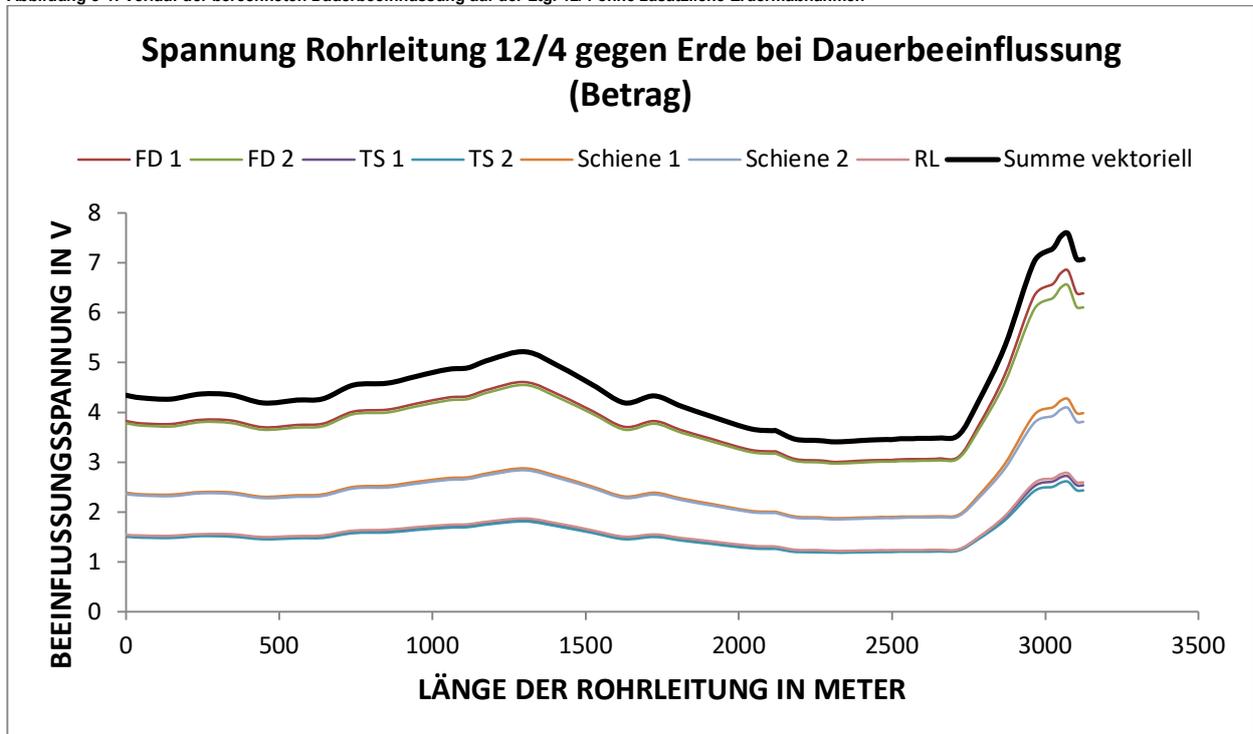
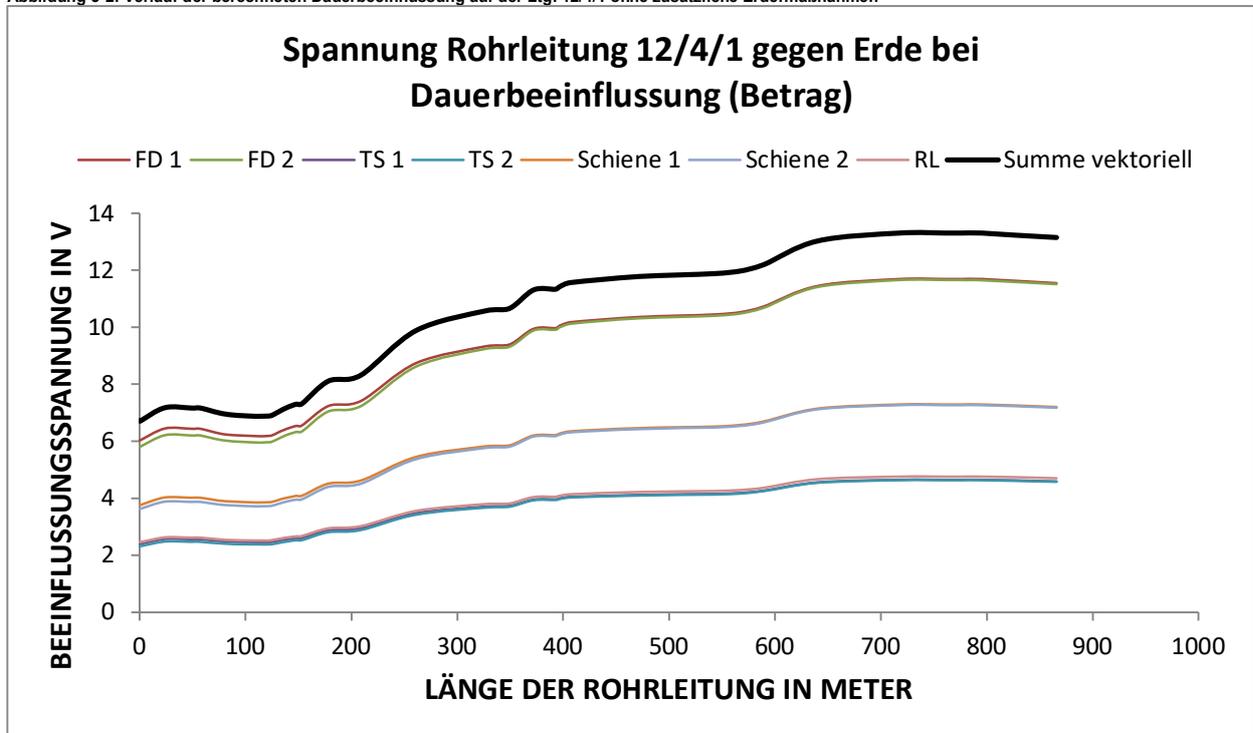


Abbildung 5-2: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4/1 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen



Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Abbildung 5-3: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

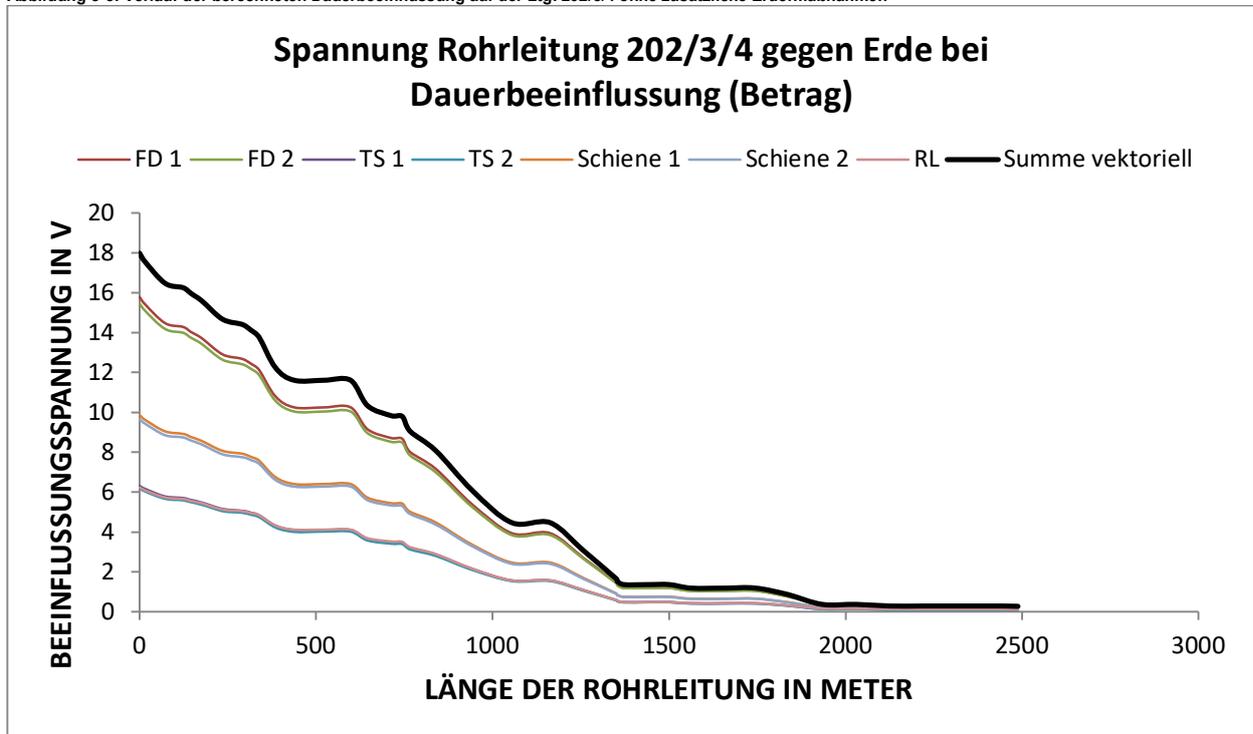
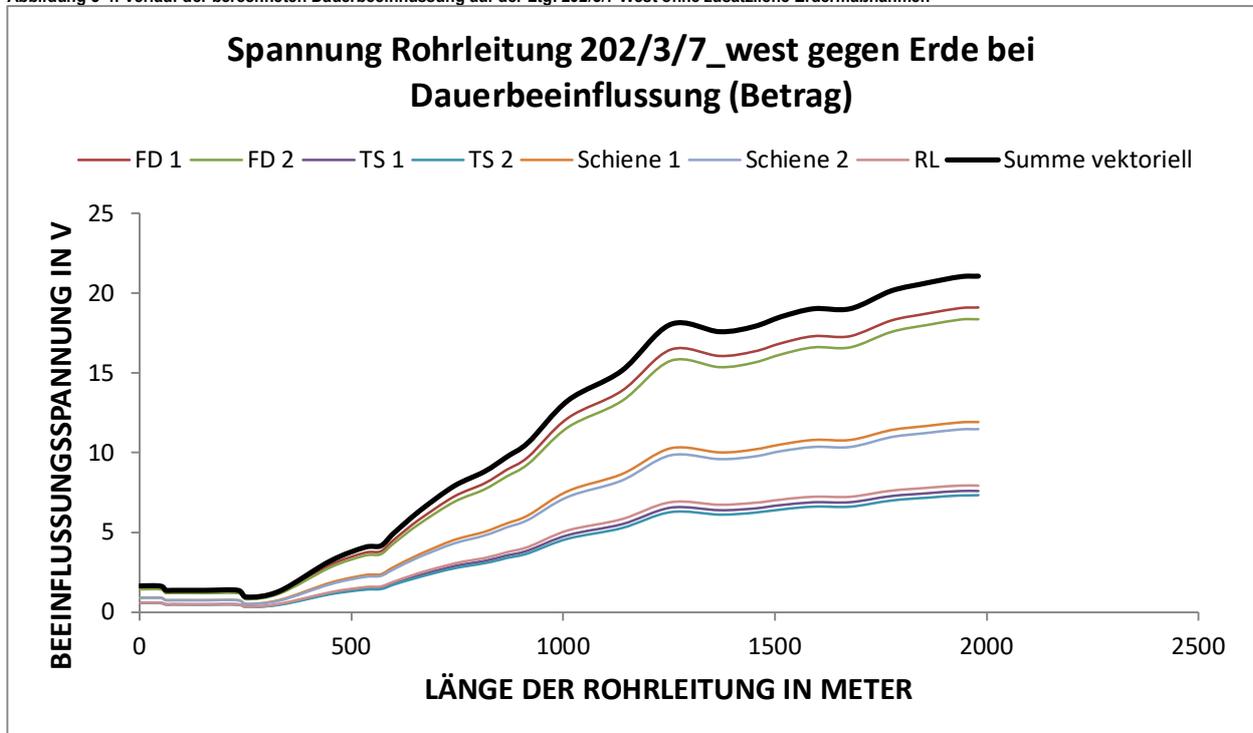


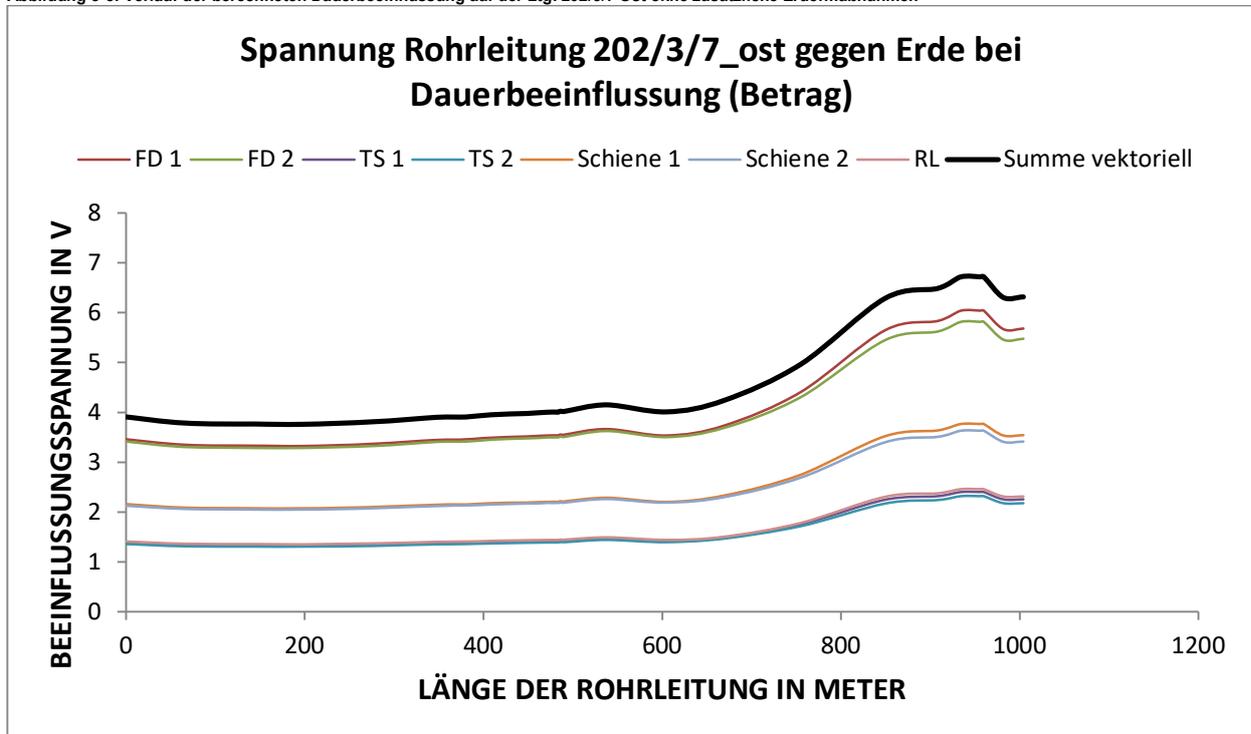
Abbildung 5-4: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 West ohne zusätzliche Erdermaßnahmen



Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Abbildung 5-5: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 Ost ohne zusätzliche Erdermaßnahmen



6 Anhang 2: Darstellung der berechneten Spannungsverläufe für die Kurzzeitbeeinflussung auf den OGE-Leitungssystemen

Abbildung 6-1: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 6-2: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4/1 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 6-3: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 6-4: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 West ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 6-5: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 Ost ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

Abbildung 6-1: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

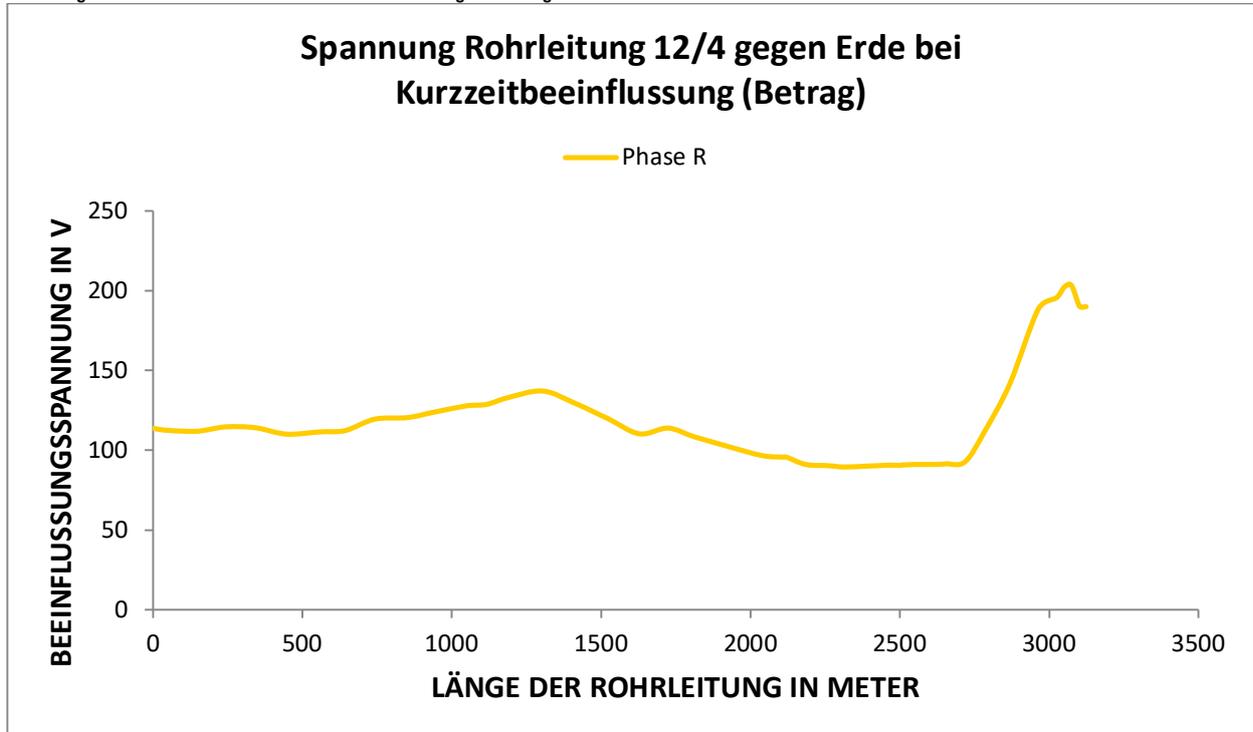
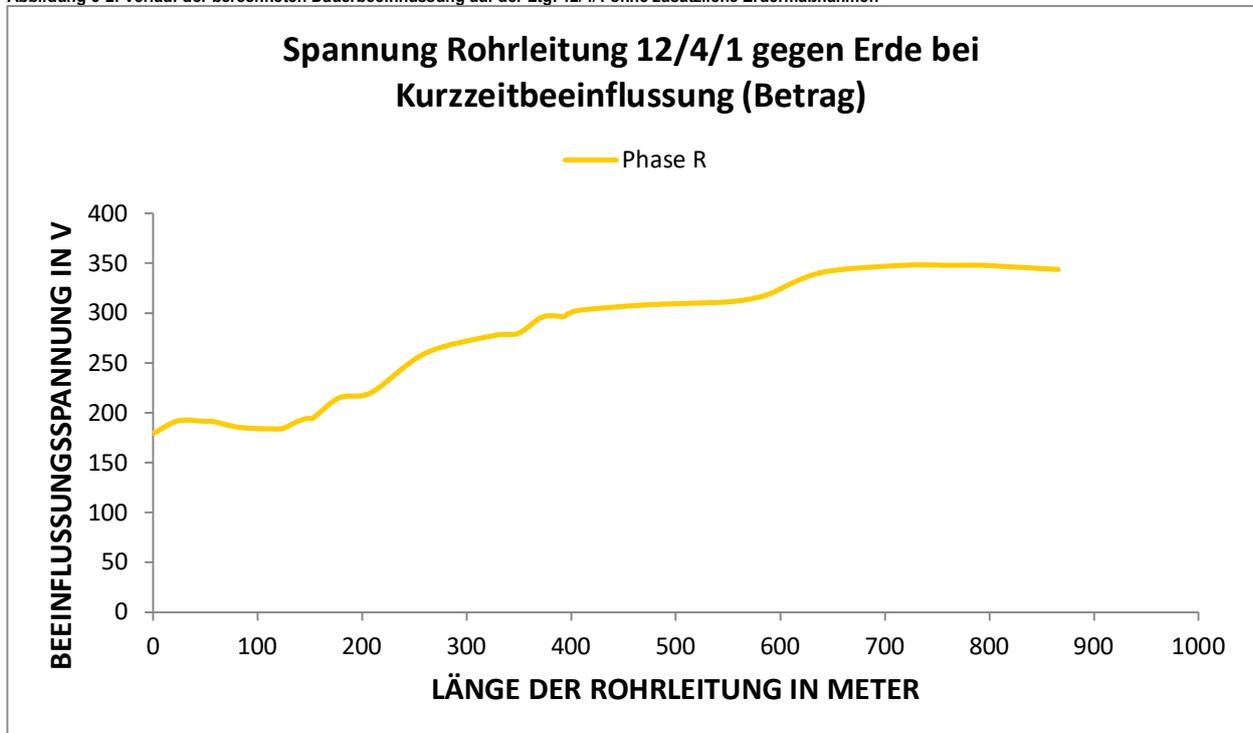


Abbildung 6-2: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 12/4/1 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen



Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Abbildung 6-3: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/4 ohne zusätzliche Erdermaßnahmen

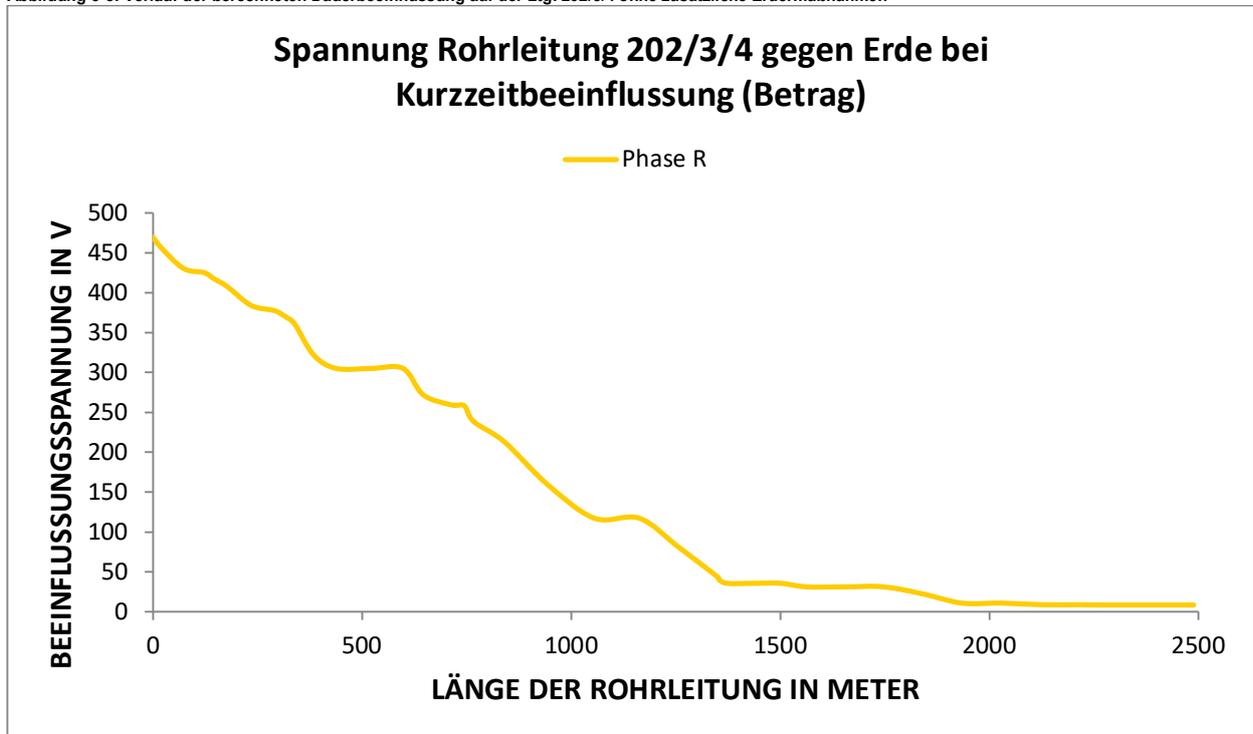
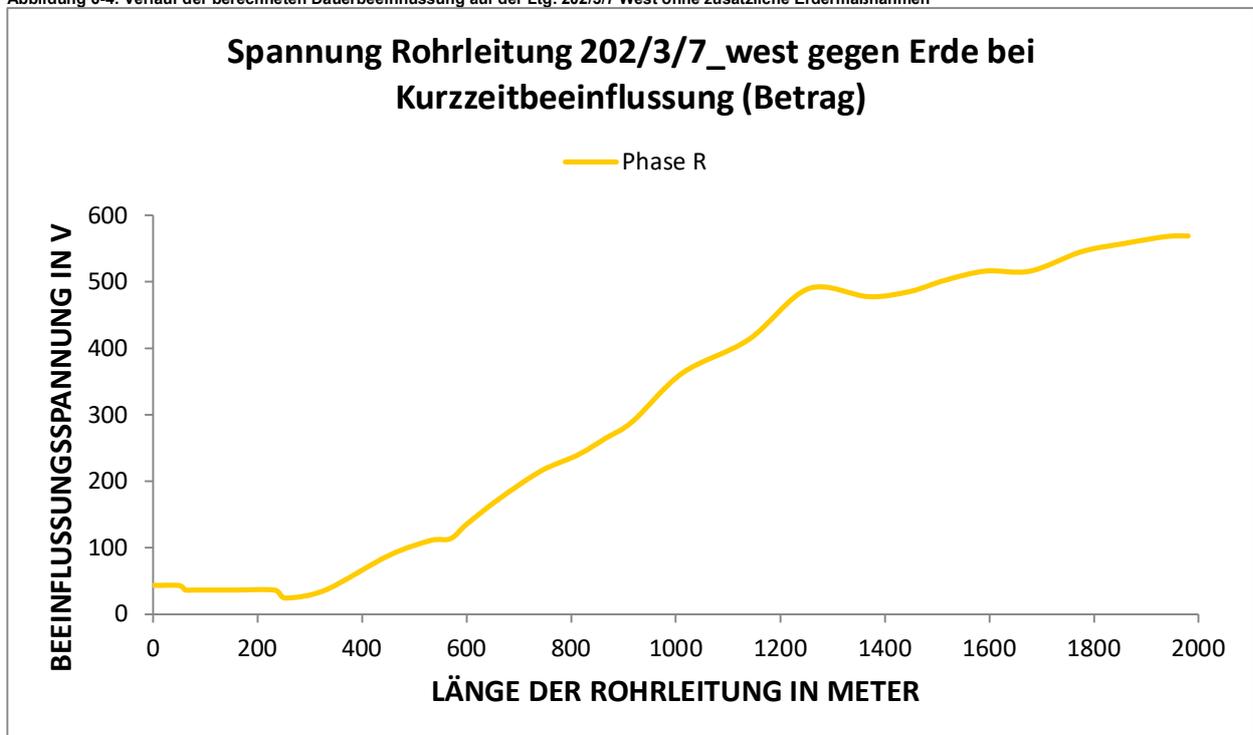


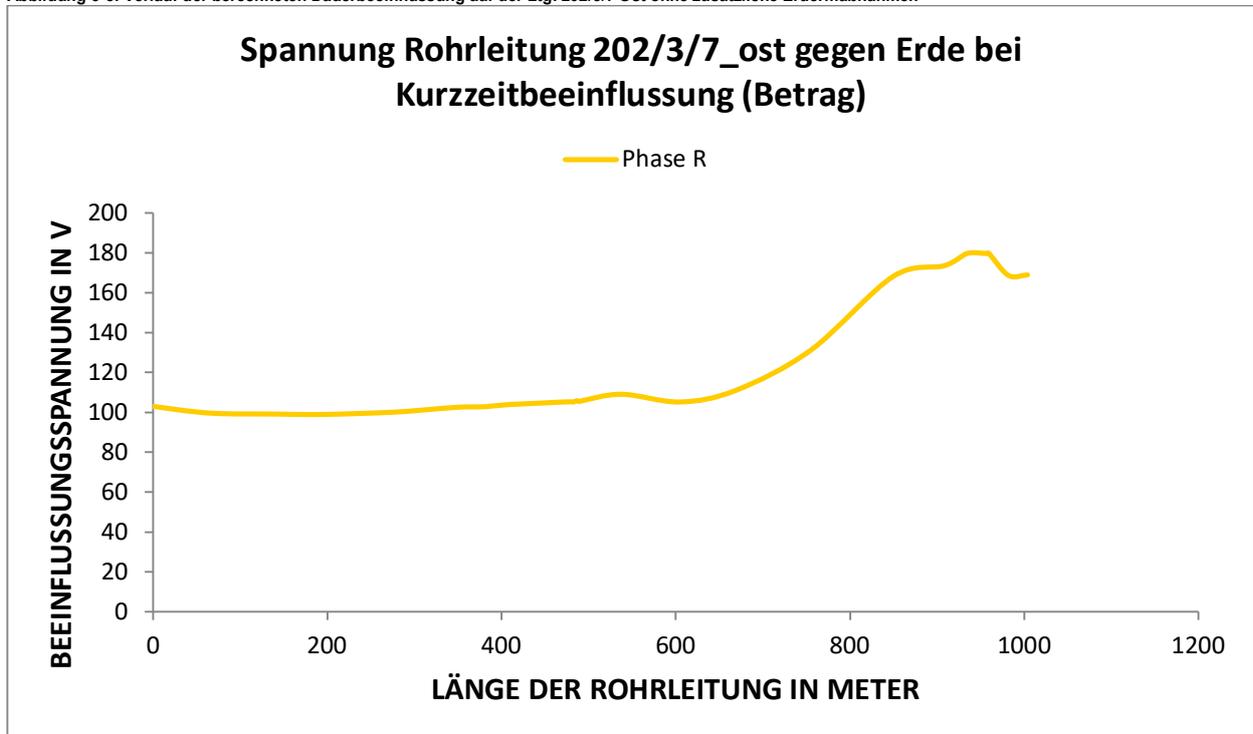
Abbildung 6-4: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 West ohne zusätzliche Erdermaßnahmen



Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald

Abbildung 6-5: Verlauf der berechneten Dauerbeeinflussung auf der Ltg. 202/3/7 Ost ohne zusätzliche Erdermaßnahmen



Elektrifizierung RB-S28_OGE-Leitungen

Bereich Bf Düsseldorf-Gerresheim – Bf Mettmann Stadtwald