

Fachbereich
Kathodischer Korrosionsschutz
Betrieb Delitzsch
Friedrich-Ebert-Straße 30
04509 Delitzsch



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen auf der Neubau Gasanschlussleitung AL Zo8

(Revision 01)

Auftrag- Nr. des AN: K-2112036-DZ

Auftrag- Nr. des AG: 9300059290

Auftraggeber: Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA
Leininger Straße 1
85406 Zolling

Projektleitung / Bearbeitung

Dr.-Ing. Maher Bakka

Prüfung:

Dipl.-Ing. Jürgen Barthel

Freigabe:

Dr.-Ing. Maher Bakka

Delitzsch, 19.04.2022

Urheberrecht / Nutzungsrecht

Weitergabe des Berichtes und/oder der Ergebnisse an Dritte, nur mit Einverständnis des Autors.

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	2
2.	Symbole und Abkürzungen.....	3
3.	Zusammenfassung und abschließende Empfehlungen.....	6
4.	Projektgegenstand.....	8
4.1	Projektbeschreibung	8
4.2	Wirkungsweise der Beeinflussung	8
5.	Anforderungen aus den technischen Regelwerken	10
5.1	Erfordernisse für Untersuchungen	10
5.2	Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen von Rohrleitungen im Hinblick auf Personengefährdung	11
6.	Erforderliche Angaben für die Untersuchungen	12
6.1	Technische Angaben zu den Rohrleitungssystemen (beeinflusste Ferngasleitungen) [30]	12
6.2	Technische und elektrische Angaben der Hoch- und Höchstspannungssysteme (beeinflussenden Hochspannungsanlagen)	12
6.3	Spezifische Bodenwiderstände im Bereich der Näherung.....	12
7.	Randbedingungen.....	13
8.	Simulation der Beeinflussungssituation	13
9.	Berechnungen, Ergebnisse und Auswertung	14
9.1	Berechnung der Impedanzen.....	14
9.2	Ohm'sche Kurzzeitbeeinflussungen	15
9.3	induktive Langzeitbeeinflussungen.....	16
10.	Sicherheitskonzept für die Bauphase der Gasanschlussleitung AL Zo8	17
10.1	Grundsätzliche Festlegungen für den Personenschutz während der Bauphase	17
10.2	Detailfestlegungen für den Personenschutz in der Bauphase	18
11.	Anhänge.....	19
12.	Literaturverzeichnis	51
13.	Abbildungsverzeichnis:.....	55
14.	Tabellenverzeichnis:	56

2. Symbole und Abkürzungen

Kurzzeichen	Einheit	Begriff
A	m^2	Querschnitt, Fläche
a	m	Abstand zwischen den Achsen einer Rohrleitung und einer Hochspannungsfreileitung bei Parallelführung
C'	$\mu F m$	Kapazitätsbelag einer Rohrleitung (auf die Länge bezogene Kapazität)
D	mm	Durchmesser einer Rohrleitung
d_E	mm	Durchmesser eines Erders
E	V/m	allgemeine induzierte Längsfeldstärke im ideal isolierten Leiter (Spannung pro Längeneinheit)
E_B	V/m	induzierte Längsfeldstärke im ideal isolierten Leiter durch den Betriebsstrom in 50-Hz-Drehstromfreileitungen
E_F	V/m	induzierte Längsfeldstärke im ideal isolierten Leiter durch den Fahrstrom in Fahrleitungen von Wechselstrombahnen
E_K	V/m	induzierte Längsfeldstärke im ideal isolierten Leiter durch den Erdkurzschlussstrom in 50-Hz-Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung und durch den Kurzschlussstrom in Fahrleitungen von Wechselstrombahnen
f	Hz	Grundfrequenz des beeinflussenden Systems
G'		Ableitungsbelag einer Rohrleitung (auf die Länge bezogene Ableitung)
I	A	induzierter Strom
I_b	A	Betriebsstrom
$I_{b \max}$	A	maximaler Betriebsstrom in 50-Hz-Drehstromfreileitungen (Strom je System)
I_E	A	Erdungsstrom
I_{ED}	A	Dauererdungsstrom
I_{EK}	A	Kurzzeiterdungsstrom
I_{Ezul}	A	zulässiger Erdungsstrom
I_F	A	Fahrstrom bei Wechselstrombahnen
I_K	A	Erdkurzschlussstrom in 50-Hz-Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung und Kurzschlussstrom in Fahr- und Speiseleitungen von Wechselstrombahnen
I_{KO}	A	Erdkurzschlussstrom am Einspeisepunkt (z. B. der Umspannanlage)
I_{KL}	A	Erdkurzschlussstrom am zu betrachtenden Erdkurzschlussort
I_R	A	Strom in einer Rohrleitung
J	A/m^2	Gleichstromdichte
K_L		Kenngroße einer Hochspannungs-Drehstromfreileitung
L	m	Länge einer Parallelführung
L_E	m	wirksame Länge eines Band- oder Tiefenerders
L_{Gr}	m	Grenzlänge
L_H	m	Länge der induzierenden Hochspannungsfreileitung bei einer schrägen Näherung
L_K	m	Kennlänge (charakteristische Länge) einer Rohrleitung
L_M	m	Länge der Messleitung
L_R	m	Näherungslänge
M	H	Gegeninduktivität zwischen den Schleifen Hochspannungsfreileitung – Erde und Rohrleitung – Erde

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

M'	H	auf die Längeneinheit bezogene Gegeninduktivität zwischen den Schleifen Hochspannungsfreileitung – Erde und Rohrleitung – Erde
n		Anzahl der an einer Rohrleitung angeschlossenen Erder
n'		Anzahl der an eine Rohrleitung angeschlossenen Erder, bezogen auf einen Längenabschnitt der Rohrleitung
r		Reduktionsfaktor, allgemein
R'_{\sim}	Ω	ohmscher Widerstandsbelag einer Rohrleitung (auf die Länge bezogene ohmsche Komponente des Wechselstromwiderstandes)
R_E	Ω	Erdungswiderstand, allgemein
r_E		Erdseilreduktionsfaktor
r_e	Ω	äquivalente Verringerung des spezifischen Umhüllungswiderstandes durch Anschluss von Erdern an eine Rohrleitung
R_R	Ω/m	Erdungswiderstand einer Rohrleitung (=Umhüllungswiderstand)
r_s		Schienenreduktionsfaktor
r_{co}	Ωm^2	Spezifischer Umhüllungswiderstand
r_{uG}	Ωm^2	äquivalenter spezifischer Umhüllungswiderstand einer Rohrleitung mit angeschlossenen Erdern
t_A	s	Abschaltzeit, Zeit bis zur Abschaltung des Fehlerstromes gemäß Schutzkonzept
U	V	Rohrleitungspotential
U_E	V	Erdungsspannung
U_N	V	Nennspannung
U_R	V	Rohrleitungspotential
\dot{U}_{Res}		Resonanzüberhöhung
U_{Rmax}	V	größter Wert des Rohrleitungspotentials
U_T	V	Berührungsspannung
U_{Tmax}	V	größter Wert der Berührungsspannung an einer Rohrleitung
w		Erwartungsfaktor
x	m	Entfernung von der Mitte einer Parallelführung in Trassenrichtung
x_K	m	Entfernung des Erdkurzschlussortes vom Einspeisepunkt
y	m	Entfernung vom Ende einer Näherungslänge nach außen
Z_E	Ω	Erdungsimpedanz
$Z_{E, ges}$	Ω	Gesamt-Erdungsimpedanz
ϵ_0	F/m	Elektrische Feldkonstante ($8,85942 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$)
ϵ_r		(relative) Dielektrizitätszahl
μ		Gesamtpermeabilität
μ_0	Vs/Am	Permeabilitätskonstante ($1,26 \times 10^{-6} \text{ VsA}^{-1} \text{ m}^{-1}$)
μ_r		relative Permeabilitätszahl
ω	1/s	Kreisfrequenz ($\omega = 2 \pi f$)
$\omega C'$		Kehrwert des kapazitiven Widerstandsbelages einer Rohrleitung
$\omega L'$		induktiver Widerstandsbelag einer Rohrleitung
ρ_E	Ωm^2	spezifischer elektrischer Widerstand des Erdreiches
ρ	Ωm^2	spezifischer elektrischer Widerstand, allgemein
φ_γ	°	Phasenwinkel des Übertragungsmaßes einer Rohrleitung
φ_{Zw}	°	Phasenwinkel des Wellenwiderstandes einer Rohrleitung
δ		Stärke der Rohrumhüllung
γ		Übertragungsmaß einer Rohrleitung

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

AGE		Abgrenzeinheit
AL/St		Aluminium/Stahl
AWE		Automatische Widereinschaltung
Ay		Aldrey-Drähte
BS		Bahnstrecke
bzw.		beziehungsweise
ca.		circa
DB		Deutsche Bahn
DIN		Deutsches Institut für Normung e. V
DN		Diameter nominal (Nennweite der Rohrleitung)
FGL, FL		Ferngasleitung
HS		Hochspannung
KKS		kathodischer Korrosionsschutz
IS		Isolier-Trennstelle (I-Stück)
KNOSPE		Kurzzeitig niederohmige Sternpunktterdung
KW		Kraftwerk
KZB		Kurzzeitbeeinflussung
KZE		Kurzzeit Erder
LEAG		Lausitz Energie Kraftwerke AG
Ltg.		Leitung
LWL		Lichtwellenleiter
LZB		Langzeitbeeinflussung
LZE		Langzeit Erder
M		Mast einer Freileitung
MT		Mikrotunnel
NOSPE		Niederohmige Sternpunktterdung
o.g.		Oben genannt
P		Position
PE		Polyethylen
RESPE		Resonanzsternpunktterdung
PSA		Personenschutz ausrüstung
St./Stat		Station
TS		Tiefensondierung
UW		Umspannwerk oder Unterwerk
VDE		Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnologie e. V.

3. Zusammenfassung und abschließende Empfehlungen

➤ Festlegung und Zusammenfassung des HS-Gutachtens für die Gasanschlussleitung AL Zo8

Für den Endzustand der Pipeline nach Errichtung können die Untersuchungen wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Schritt- und Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund des maximalen 1-poligen Fehlerstroms (ohmsche Beeinflussung) im Kraftwerk Zolling und am Freileitungsmast 77 wird den Grenzwert von 1000 V ohne Maßnahmen nicht überschreiten (**ANHANG D**, **BILD 13** bis **BILD 32**).
- Die maximale entstehende Isolationsspannung an der Gasanschlussleitung AL Zo8 kann bis ca. 400 V erreichen. Damit wird der Grenzwert von 5 kV weit unterschritten (**BILD 19**, **BILD 26**, **BILD 33**, **BILD 34**).
- Die Schritt- und Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund der induktiven Langzeitbeeinflussung wurde trotz Nichterforderlichkeit (kurze Parallelführung) überprüft und ein Wert von maximal 6,5 V ermittelt (**BILD 35**). Der Grenzwert von 60 V wird ohne Maßnahmen eingehalten.
- Bezüglich einer AC-Korrosionsgefährdung ist ein Wert von 3,5 V (bei 50 % Betriebsströmen) anzunehmen. Damit sollte bei Einhaltung realistischer KKS- Einschaltpotentiale (z.B. -1,5 V) keine Gefährdung durch AC-Ströme zu erwarten sein.

Dem Betreiber der Gasanschlussleitung wird empfohlen, trotz der hier nachgewiesenen Einhaltung der Grenzwerte, das Tragen einer persönlichen Schutzausrüstung für sein Betriebspersonal und ggf. beauftragte Fremdunternehmen bei Arbeiten in diesem Bereich zu fordern.

Die obigen Ergebnisse gelten nur für den Fall, dass die Gasanschlussleitung AL Zo8 und die bestehende Gasleitung FF01 elektrisch getrennt sind.

➤ Festlegung und Zusammenfassung des Sicherheitskonzepts für die Bauphase der Gasanschlussleitung AL Zo8

1. Grundsätzliche Festlegungen für den Personenschutz während der Bauphase

Zum Schutz des Errichtungspersonals vor unzulässigen Beeinflussungs- und Berührungsspannungen werden folgende Sicherheitsmaßnahmen vor Beginn und während der gesamten Bauphase gefordert:

- Gegenseitiges Verständigung zwischen dem Errichter der Gasanschlussleitung AL Zo8 und den entsprechenden Hochspannungsnetzbetreibern.

Die zuständigen Betreiber der betroffenen Hochspannungsanlage müssen rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten im Bereich der Parallelführung bzw. Kreuzung informiert werden.

Um bei Unfällen sofort reagieren zu können, muss während der gesamten Bauzeit eine regelmäßige gegenseitige Kommunikation vereinbart werden.

- Sicherheitsbelehrung für Mitarbeiter, die am Bau der Gasleitung am Standort beteiligt sind.

Es wird empfohlen, dass dem Baupersonal vor Beginn der Arbeiten die erforderlichen Anweisungen gegeben werden. Es ist sicherzustellen, dass das Baupersonal diese Anweisungen versteht. In den Anweisungen ist auch über die Gefahren beim Arbeiten mit Baumaschinen (LKWs, Kräne, Bagger, Gabelstapler, Hebebühnen, Muldenkipper usw.) in unmittelbarer Nähe von Hochspannungsfreileitungen zu informieren. Insbesondere müssen die folgenden Mindestabstände laut Normen (DIN VDE 0105-100 und DGUV Vorschrift 3) in jedem Fall eingehalten werden:

- U_n von 1 kV bis 110 kV beträgt der Schutzabstand mindestens 3 m
- U_n von 110 kV bis 220 kV beträgt der Schutzabstand mindestens 4 m
- U_n von 220 kV bis 380 kV beträgt der Schutzabstand mindestens 5 m

Bei Zweifeln und Unsicherheiten über die Spannungsebene einer Hochspannungsanlage sind 5 m Sicherheitsabstand einzuhalten.

- **Tragen der persönlichen Schutzausrüstung (PSA)**

Beim Betreten der Baustelle ist das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung (Arbeitsschutzkleidung, Sicherheitsschuhe der Kategorie S3, ggf. zusätzlich Schutzhelm und Schutzhandschuhe) zu empfehlen. Bei Nassgrabungen müssen zusätzlich Sicherheitsschuhe der Kategorie S5 (Gummistiefel) und wasserabweisende Schutzkleidung getragen werden.

- **Arbeiten in besonderen wetterbedingten Situationen**

Bei Gewitter sind die Arbeiten einzustellen, da in dieser Situation die Wirksamkeit der persönlichen Schutzausrüstung und anderer Sicherheitsmaßnahmen eingeschränkt ist.

2. Detailfestlegungen für den Personenschutz in der Bauphase

Die Untersuchungen zu den verschiedenen HS-Beeinflussungsarten für den Leitungsverlauf der AL Zo8 während der Bauphase können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Ohm'schen Beeinflussungen**

Die Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund des maximalen 1-poligen Fehlerstroms (ohmsch Beeinflussung) im Kraftwerk Zolling und am Freileitungsmast 77 für die Bauphase wird den Grenzwert von 1000 V, wie im [ABSCHNITT 9.2](#) beschrieben, ohne Maßnahmen nicht überschreiten.

- **Langzeitbeeinflussung (LZB)**

Die Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund der kapazitiven- und induktiven Langzeitbeeinflussung an der obertätig vorgestreckten Rohrleitung wurde trotz Nichterforderlichkeit (kurze Parallelführung) überprüft und ein Wert von maximal 30 V ermittelt ([BILD 36](#)). Der Grenzwert von 60 V wird ohne Maßnahmen eingehalten.

- **Kurzzeitbeeinflussung (KZB)**

Da es keine signifikanten Parallelführungen zu Hoch-/Höchstspannungsfreileitungen gibt, entfällt die Betrachtung der induktiven Beeinflussung für den kapazitiven Kurzzeitfall

4. Projektgegenstand

4.1 Projektbeschreibung

Gegenstand des Projektes ist die Erstellung eines Gutachtens über die Hochspannungsbeeinflussung auf der Gasanschlussleitung AL Zo8.

Die bayernets GmbH plant die Verlegung einer ca. 0,85 km langen Gasanschlussleitung AL Zo8 (DN 500, MOP67,5) zur Versorgung eines neuen Gaskraftwerks Zolling in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem Kohlekraftwerk. Die Anschlussleitung soll an die bestehende Gas-HD-Leitung Forchheim-Finsing FF01 (DN700, MOP67,5) gastechnisch angebunden werden.

Da die Neubau-Gasanschlussleitung AL Zo8 von der bestehenden Gas-HD-Leitung elektrisch durch ein Isolierstück getrennt ist und keine Daten von der Hochspannungsbeeinflussung auf der Gasleitung FF01 vorliegen, wird die Einwirkung der bestehenden Gasleitung FF01 auf die Neubau-Gasanschlussleitung nicht berücksichtigt.

Die Gasanschlussleitung führt in das Kraftwerk Zolling und nähert sich dabei einem 380/220-kV-HS-Freileitungsmast, deshalb kann die entstehende elektrische Beeinflussungen von diesen Anlagen zu unzulässigen Berührungsspannungen führen. Zur Bewertung der Zulässigkeit der elektrischen Beeinflussungen in Bezug auf den Berührungsschutz müssen alle Beeinflussungsarten überprüft und ggf. berechnet werden.

Die Untersuchung erfolgte auf der Grundlage der aktuell geltenden Normen, Vorschriften und Regeln der Technik u. a. in Gestalt der Normenreihen DIN VDE 0228 [14] und DIN VDE 0101 [17] sowie den technischen Empfehlungen [6][7].

4.2 Wirkungsweise der Beeinflussung

4.2.1 ohmschen Beeinflussung

Beim Kurzschluss in einem Kraftwerk/Umspannwerk oder zwischen einer Phase und einem Hochspannungsfreileitungsmast fließt ein Teil des Kurzschlussstroms über das Erdseil zurück zu den einspeisenden Hochspannungsstationen. Der andere Teil des Stroms fließt über die Masterdungen und den Boden zurück zu den Erdern der Hochspannungsstationen. Bei jedem Mast, bei dem der Strom über den Boden zurückfließt, entsteht ein Spannungstrichter. Das Bodenpotential ist am Fundament/Masterder und am Erdungssystem des Kraftwerks/Umspannwerks am größten und nimmt mit zunehmender Entfernung ab. Bei Objekten innerhalb des Spannungstrichters können durch ohmsche Beeinflussung unzulässige Berührungsspannungen entstehen. Über leitfähige Objekte mit einer großen Längsausdehnung (wie Zäune, Brücken, Rohrleitungen oder Kabel) können Potentiale zu einer Stelle mit einem anderen Bodenpotential verschleppt werden. Wenn ein Mensch oder Tier das Objekt berührt, fließt aufgrund der Potentialdifferenz zwischen dem Objekt und dem Potential des Bodens am Standpunkt ein Strom durch den Körper. Alleinstehende Objekte, wie beispielsweise Verkehrsschilder, können keine Potentiale „verschleppen“ und sind daher ungefährlich.

4.2.2 Induktive Beeinflussung

Die induktive Beeinflussung ist stromabhängig und gilt für Lang- und Kurzzeitbeeinflussung. Fließt Wechselstrom durch einen Leiter (Beeinflusser wie Hochspannungsfreileitung oder -kabel), wird durch den Stromfluss ein magnetisches Wechselfeld verursacht. Dieses Feld wird wiederum in einem benachbarten Leiter (Beeinflusster wie Pipeline) einen Strom induzieren. So entsteht eine induktive Kopplung der beiden Stromkreise.

Damit eine hohe induktive Beeinflussung und damit ein hohes Pipelinepotential entstehen kann, ist eine Annäherung von Hochspannungsanlage und Pipeline über eine längere Strecke erforderlich ([TABELLE 1](#)). Neben hohen Lastströmen ist zusätzlich die Verdrehung bzw. Phasenbelegung der Freileitung zu beachten, da eine ungünstige Phasenbelegung das induktive Drehfeld und damit die induktive Beeinflussung verstärkt.

4.2.3 Kapazitive Beeinflussung (spannungsabhängig, gilt für Langzeitbeeinflussung und während der Bauphase)

Die kapazitive Beeinflussung von Rohrleitungen ist für den normalen Pipelinebetrieb von untergeordneter Bedeutung. Sie tritt nur in unmittelbarer Nähe von Hochspannungs-Freileitungen oder Fahrleitungen von Bahnen beim Bau von Rohrleitung auf, solange die Rohre auf Unterlagen liegen, die gut gegen Erde isolieren. Die Rohrleitung nimmt eine Spannung gegen Erde an, deren Wert abhängig ist von der jeweiligen Spannung der beeinflussenden Leiter sowie der Kapazität zwischen dieser und der beeinflussten Rohrleitung.

Bei oberirdisch, gegenüber dem Erdboden isoliert gelagerten, verschweißten Rohrsträngen mit Abständen von einigen 10 m zu Hochspannungsfreileitung sind Maßnahmen gegen unzulässige kapazitive Beeinflussung erforderlich, wenn die zulässigen Grenzwerte überschritten werden [5].

5. Anforderungen aus den technischen Regelwerken

5.1 Erfordernisse für Untersuchungen

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Kriterien zusammengefasst, ab wann Beeinflussungen von Rohrleitungen durch Hochspannungsanlagen untersucht werden müssen. Diese Kriterien stammen aus GW 22 [1][2], TE 7 [6], AfK 3 [10] sowie DIN EN 50443 [21].

„Das gleichzeitige Auftreten von zwei oder mehreren voneinander unabhängigen Fehlern sowie Erdschlüsse und Doppelerdschlüsse in Netzen mit Erdschlusskompensation werden nicht berücksichtigt [...], Grenzabstände sind hinsichtlich ohmscher Beeinflussungen auch in HS-Netzen mit Nennspannungen < 110 kV zu beachten.“ [6]

Tabelle 1: Kriterien für die Erfordernisse zur Untersuchung des Trassenverlaufes von Rohrleitungen im Hinblick auf die HS-Beeinflussungsart durch Hochspannungsanlagen.

Beeinflussungsart	Beeinflusser	Erforderlichkeit zur Untersuchung bei
Induktive Beeinflussung	Hochspannungsfreileitung (50 Hz) mit $U_n \geq 110$ kV, Fahr- oder Speiseleitungen von Wechselstrombahnen (16,7 Hz)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Länge der Parallelführung ≥ 400 m ➤ Abstand zw. Rohrleitung und Hochspannungsanlage ≤ 1.000 m ➤ Kreuzung der Rohrleitung mit einer HS-Leitung in einem Winkel von $\leq 55^\circ$ (Hinweis: diese Kriterien gelten nur bei einem einzigen Beeinflusser!)
	Hochspannungskabel (50 Hz)	lichten Abständen < 0,4 m und Parallelführungslängen > 2 km, wenn der Erdkurzschlussstrom ≥ 5 kA
Ohm'sche Beeinflussung	Hochspannungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Abstand der Rohrleitungsachse vom äußeren Rand der Erdungsanlage von Umspannwerken, Schaltanlagen und Kraftwerken: <ul style="list-style-type: none"> • < 300 m (220 kV und 380 kV) • < 100 m (110 kV NOSPE) • < 50 m (110 kV isoliert / RSPE, Bahnstromnetze) • < 10 m (< 110 kV) ➤ Abstand zu Fundamenten, Eckstielen und Potenzialsteuerungen von Freileitungsmasten <ul style="list-style-type: none"> • < 20 m (≥ 110 kV und NOSPE sowie starre SPE) • < 10 m (≥ 110 kV und RSPE sowie Bahnstromnetze) • < 5 m (< 110 kV, Fahr- und Speiseleitungen von 16,7Hz-Wechselstrombahnen).
Kapazitive Beeinflussung (Bauphase, oberirdisch)	Hochspannungsanlage	Parallelführung im Abstand von ≤ 1000 m und Parallellänge ≥ 100 m

5.2 Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen von Rohrleitungen im Hinblick auf Personen-gefährdung

Im Hinblick auf Personengefährdung durch Beeinflussungsspannungen an Rohrleitungen infolge von Beeinflussungen durch HS-Leitungen bzw. HS-Anlagen gilt die folgende Festlegung:

Bei Kurzzeitbeeinflussung von Rohrleitungen ist die höchstzulässige Berührungsspannung von der Fehlerdauer abhängig. Im Hinblick auf die höchstzulässigen Rohr-Potenziale gelten die Grenzwerte in [TABELLE 2](#).

Tabelle 2: Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen hinsichtlich Personengefährdung an Rohrleitungen infolge einer Beeinflussung durch Hochspannungsleitungen bzw. Hochspannungsanlagen

Beeinflussungsart	Berührungsspannung [V]	Zeit [s]	Regeln und Normen
Kurzzeitbeeinflussung (KZB) Beeinflussung durch kurzzeitige Fehlerströme längerer Dauer ($t_F < 3$ s)	1000	$t_F < 0,2$	DVGW 22, TE 7, AfK 3
	2000	$t_F \leq 0,2$	DIN EN 50443, gilt für elektrotechnisch unterwiesene Personen
	1500	$0,1 < t_F \leq 0,2$	
	1000	$0,2 < t_F \leq 0,35$	

6. Erforderliche Angaben für die Untersuchungen

6.1 Technische Angaben zu den Rohrleitungssystemen (beeinflusste Ferngasleitungen) [30]

○ Leitung: Gasanschlussleitung AL Zo8

- DN 500 (508 x 11,0)
- Material: Stahl
- Isolierung: Polyethylen
- Spezifische Umhüllungswiderstand: $r_u = 10^8 \Omega \text{ m}^2$
- Länge: ca. 0.85 km
- Umweltreduktionsfaktor: 0,9 (DIN VDE 845-6-1, TE 3) [12]

6.2 Technische und elektrische Angaben der Hoch- und Höchstspannungssysteme (beeinflussenden Hochspannungsanlagen)

Im (ANHANG A) befinden sich die für die Beeinflussungsuntersuchungen wesentlichen Daten der beeinflussenden Hochspannungsanlagen. Sie wurden im Rahmen einer Datenerfassung ermittelt [31][35]. Diese Parameter entstammen den zur Verfügung gestellten Unterlagen und Dokumentationen [36] bis [38]. Darüber hinaus beinhalten die erläuternden Übersichtspläne die Darstellung der Näherung- bzw. Beeinflussungssituation (ANHANG B).

Verwendete Faktoren:

Bezüglich der Erdseile wurden keine Reduktionsfaktoren eingesetzt, da alle Erdseile im Berechnungsmodell direkt simuliert wurden.

6.3 Spezifische Bodenwiderstände im Bereich der Näherung

Einer der Parameter, der sich auf die Hochspannungsbeeinflussung besonders bei einer ohmschen Beeinflussung deutlich auswirken kann, ist der spezifische Bodenwiderstand.

Um diesen Wert ermitteln zu können, wurden mehrere Messungen nach der Wenner-Methode (Vierpunktverfahren) [27][28] im betroffenen Abschnitt durchgeführt.

Es wurden Messungen an 3 Stellen im Bereich der geplanten Leitung durchgeführt (0 BILD 3).

Pro Messabstand a wurden die beiden Werte der senkrechten und parallelen Messungen gemittelt und für die Modellierung der spezifischen Bodenwiderstände der einzelnen Schichten verwendet ANHANG C.

Die Ergebnisse wurden mithilfe des Programms IPI2win [29] analysiert und bewertet (BILD 10, BILD 11, BILD 12).

Die Ergebnisse zeigen, dass die oberste Schicht 0,5 m dick ist und einen spezifischen Bodenwiderstand von $\rho_{s1} = 75 \Omega \cdot \text{m}$ besitzt. Ab einer Tiefe von 0,5 m bis zu einer Tiefe von 1,8 m beträgt der spezifische Bodenwiderstand $\rho_{s2} = 85 \Omega \cdot \text{m}$.

Da es keine großen Unterschiede zwischen der ersten und zweiten Schicht gibt, wurde für die HS-Berechnungen ein Ein-Schicht-Modell mit einem spezifischen Bodenwiderstand von $\rho_{s1} = 80 \Omega \cdot \text{m}$ verwendet.

7. Randbedingungen

Unter Berücksichtigung der Kriterien für die Erforderlichkeit von Beeinflussungsuntersuchungen ergeben sich die folgenden potenziellen Beeinflussungsfälle auf der AL Zo8 (**ANHANG B**), die im Rahmen des vorliegenden Beeinflussungsgutachtens zu untersuchen sind:

- Ohmsch und ohmsch-induktive Langzeitbeeinflussungen durch:
 - den maximalen 1poligen Erdfehlerstrom im KW Zolling-Gasmotorenkraftwerk (geplant)
 - den maximalen 1poligen Erdfehlerstrom im KW Zolling-Sammelschiene BBB/BHB
 - den maximalen 1poligen 380 kV-Erdfehlerstrom am Freileitungsmast 77

Der Abstand von der AL Zo8 zum nächstgelegenen Erdungspunkt einer Hochspannungsanlage (Kraftwerk, HS-Freileitungsmast) ist kleiner als der Sicherheitsabstand (Kraftwerk <300 m, Freileitungsmast < 20 m), daher ist die Berechnung der ohmschen und ohmsch-induktiven Beeinflussungen erforderlich.

Die folgenden potenziellen Beeinflussungsfälle sind unter Berücksichtigung der Kriterien (Tabelle 1) im Hinblick auf Personenschutz nicht zu untersuchen:

- Induktive Langzeitbeeinflussungen (Parallelführung < 400 m und Kreuzwinkel > 55°)
Induktive Langzeitbeeinflussungen durch die maximalen Betriebsströme von sich nähernden Hochspannungsfreileitungen ((110 kV, 220 kV und 380 kV)
- Kapazitive Beeinflussung (Parallelführung < 100 m und Kreuzwinkel > 55°)
kapazitive Langzeitbeeinflussungen durch die maximalen Betriebsspannungen von sich nähernden Hochspannungsfreileitungen (110 kV, 220 kV und 380 kV)

Die Berührungsspannung auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund der induktiven Langzeitbeeinflussung wurde trotz Nichterforderlichkeit wegen einer möglichen AC-Korrosionsgefährdung überprüft.

8. Simulation der Beeinflussungssituation

Um die Hochspannungsbeeinflussungen durch das Kraftwerk und die benachbarten HS-Leitungen auf die AL Zo8 genau ermitteln zu können, wurden die Rohrleitung und die beeinflussenden Hochspannungsanlagen mit ihren beeinflussungs- und erdungstechnisch relevanten Parametern geometrisch und elektrisch auf dem Computer simuliert und berechnet. Zuerst wurden alle geometrischen Parameter erfasst und eine AutoCAD-Datei mit einem Koordinatensystem ETRS89 / UTM Zone 33N erstellt (wie in Übersichtplan **ANHANG A** dargestellt). Anschließend kam das 3D-Feldberechnungsprogramm XGSA-Lab_FD V 10.0.16 (over and underground system analysis in the frequency domain [26]) der Firma SINT Ingegneria zur exakten mathematischen Simulation der Beeinflussungssituationen unter Berücksichtigung der Normen und Vorschriften sowie dem Stand der Technik zum Einsatz.

Die Grundlagen für die geometrische und elektrische Modellierung der beeinflussten Gasanschlussleitung und der beeinflussenden Hochspannungsanlagen bilden das Datenmaterial [30] bis [38].

Die Stellen, an denen der Kurzschlussstrom in die Erdungsanlage fließt, werden bei den Berechnungen berücksichtigt. Die Verteilung des Kurzschlussstroms im Maschennetz der Erdungsanlage wird durch das Programm XGSLab mit berechnet.

9. Berechnungen, Ergebnisse und Auswertung

9.1 Berechnung der Impedanzen

Die ohmsche Beeinflussung ist maßgeblich von den Erdbodeneigenschaften sowie der Erdungsimpedanz des zu betrachtenden Erdungssystems abhängig. Die Erdungsimpedanz des Kraftwerks berechnet sich durch Parallelschaltung des Erdungswiderstandes des Kraftwerks Zolling mit den Erdungsimpedanzen der benachbarten HS-Anlagen (**ANHANG B**).

Die Erdungssysteme des Kraftwerks Zolling und des benachbarten Umspannwerks sind mit den Erdseilen der HS-Leitungen (4 x 110-kV und 2x 380/220-kV Leitungen) verbunden. Daraus ergibt sich ein sogenanntes Globales Erdungssystem. Eine Modellierung eines solchen Erdungssystems wäre sehr aufwändig. Im Sinne einer Abschätzung der wirksamen Gesamtimpedanz wird der Kettenleiter je HS-Leitung bis zu einer Entfernung von der zu betrachtenden Anlage von max. 13 km berechnet (**BILD 1, BILD 2**). Da keine Angaben für die Ausbreitungswiderstände der entsprechenden Freileitungsmasten vorhanden sind, wurde für die Berechnungen ein Ausbreitungswiderstand jedes einzelnen Hochspannungsfreileitung-Masterders von 10 Ω angenommen. Diese Werte sind eine sichere Abschätzung.

Die Erdungsimpedanz wird gemäß folgender Formel berechnet:

$$\frac{1}{Z_{E,ges}} = \frac{1}{Z_{E1}} + \frac{1}{Z_{E2}} + \frac{1}{Z_{E3}} + \dots + \frac{1}{Z_{E,n}}$$

Zur Lösung wurde die Software XGSLAB verwendet.

Somit ergeben sich folgende wirksamen Erdungsimpedanzen an drei relevanten Fehlerorten:

Nr.	Örtlichkeit	Erdungsimpedanz [mΩ]
1	Gasmotorenkraftwerk	140 m Ω
2	Kraftwerk- Sammelschiene BBB/BHB	104 m Ω
3	Freileitungsmast 77	233 mΩ

9.2 Ohm'sche Kurzzeitbeeinflussungen

9.2.1 Fehlerfall im Gasmotorenkraftwerk (1poligen Erdfehlerstrom: 12 kA):

Bei einem Fehlerstrom in Kraftwerk-Bereich Gasmotorenkraftwerk von 12 kA ergibt sich bei einer Erdungsimpedanz $Z_E \approx 140 \text{ m}\Omega$ eine Spannung von:

$$(U_E = I_K \cdot Z_{E,ges})$$
$$U_E \approx 12000 \text{ A} * 0,14 \Omega \approx 1680 \text{ V}$$

Durch den 1-poligen Fehler im Kraftwerk/Gasmotorenkraftwerk wird das Erdoberflächenpotential entlang der Gasanschlussleitung AL Zo8, wie in **BILD 13** und **BILD 14** dargestellt, auf ca. 1000 V angehoben.

Die Schritt- und Berührungsspannung wird wie in **BILD 15**, **BILD 16**, **BILD 17** und **BILD 18** in Bezug zum Referenzpunkt Ferngasleitung (rote Fahne) dargestellt. In den grünen Bereichen wird die zulässige Berührungsspannung eingehalten, in den gelben Bereichen wird sie überschritten.

Bei einer Fehlerdauer von 0,15 s gilt der Grenzwert von ca. 1000 V gemäß DIN 50522 [18]. Dieser Grenzwert wird innerhalb der Prüfbereiche **ohne** Maßnahmen eingehalten.

Die Isolationsspannung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Erdpotential und dem Rohrleitungspotential. Die Ergebnisse zeigen, dass die maximale entstehende Isolationsspannung an der Ferngasleitung ca. 410 V erreichen kann. Damit wird der Grenzwert von 5 kV weit unterschritten (**BILD 19**, **BILD 34**).

9.2.2 Fehlerfall im Kraftwerk Zolling (1poligen Erdfehlerstrom: 32,7 kA):

Bei einem Fehlerstrom im Kraftwerk-Bereich Gasmotorenkraftwerk von 32,7 kA ergibt sich bei einer Erdungsimpedanz $Z_E \approx 104 \text{ m}\Omega$ eine Spannung von:

$$U_E \approx 32700 \text{ A} * 0,104 \Omega \approx 3401 \text{ V}$$

Durch den 1-poligen Fehler im Kraftwerk/Sammelschiene BBB wird das Erdoberflächenpotential neben der Gasanschlussleitung AL Zo8, wie in **BILD 20** und **BILD 21** dargestellt, auf ca. 1400 V angehoben.

Die Schritt- und Berührungsspannung wird wie in **BILD 22**, **BILD 23**, **BILD 24** und **BILD 25** in Bezug zum Referenzpunkt Ferngasleitung (rote Fahne) dargestellt. In den grünen Bereichen wird die zulässige Berührungsspannung eingehalten, in den gelben Bereichen wird sie überschritten.

Bei einer Fehlerdauer von 0,15 s gilt der Grenzwert von ca. 1000 V gemäß DIN 50522 [18]. Dieser Grenzwert wird innerhalb der Prüfbereiche **ohne** Maßnahmen eingehalten.

Die Isolationsspannung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Erdpotential und dem Rohrleitungspotential. Die Ergebnisse zeigen, dass die maximale entstehende Isolationsspannung an der Ferngasleitung ca. 260 V erreichen kann. Damit wird der Grenzwert von 5 kV weit unterschritten (**BILD 26**, **BILD 34**).

9.2.3 Fehlerfall am Freileitungsmast 77 (1poligen Erdfehlerstrom):

Bei einem Fehlerstrom im Kraftwerk-Bereich Gasmotorenkraft von 32,7 k A ergibt sich bei einer Erdungsimpedanz $Z_E \approx 233 \text{ m}\Omega$ eine Spannung von:

$$U_E \approx 9750 \text{ A} * 0,233 \Omega \approx 2270 \text{ V}$$

Durch den 1-poligen Fehler im Kraftwerk/Sammelschiene BBB wird das Erdoberflächenpotential neben der Gasanschlussleitung AL Zo8, wie in **BILD 27** und **BILD 28** dargestellt, auf ca. 740 V angehoben.

Die Schritt- und Berührungsspannung wird wie in **FEHLER! VERWEISQUELLE KONNTE NICHT GEFUNDEN WERDEN., BILD 30, BILD 31, und BILD 32** in Bezug zum Referenzpunkt Ferngasleitung (rote Fahne) dargestellt. In den grünen Bereichen wird die zulässige Berührungsspannung eingehalten, in den gelben Bereichen wird sie überschritten.

Bei einer Fehlerdauer von 0,15 s gilt der Grenzwert von ca. 1000 V gemäß DIN 50522 [18]. Dieser Grenzwert wird innerhalb der Prüfbereiche **ohne** Maßnahmen eingehalten.

Die Isolationsspannung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Erdpotential und dem Rohrleitungspotential. Die Ergebnisse zeigen, dass die maximale entstehende Isolationsspannung an der Ferngasleitung ca.280 V erreichen kann. Damit wird der Grenzwert von 5 kV weit unterschritten (**BILD 33, BILD 34**).

Feststellung:

Die Ergebnisse zeigen,

- dass die Schritt- und Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 (Referenzpunkt) aufgrund eines maximalen 1-poligen Fehlerstroms (ohmsch Beeinflussung) im Kraftwerk und am Freileitungsmast 77 den Grenzwert von 1000 V ohne Maßnahmen nicht überschreitet (von **BILD 13** bis **BILD 32**).
- dass die maximal entstehende Isolationsspannung an der AL Zo8 ca. 410 V erreichen kann. Damit wird der Grenzwert von 5 kV weit unterschritten (**BILD 19, BILD 26, BILD 33, BILD 34**).

9.3 induktive Langzeitbeeinflussungen

Die zulässige Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund der induktiven Langzeitbeeinflussung wurde trotz Nichterfordernis (kurze Parallelführung) mit maximalen Betriebsströmen überprüft und ein Wert von maximal 6,5 V ermittelt (**BILD 35**).

Für AC-Korrosion ist ein Wert von 3,5 V (bei 50 % Betriebsströme) anzunehmen. Somit ist eine Gefährdung durch AC-Korrosion bei Einhaltung realistischer Einschaltpotentiale (z.B. -1,5 V) auszuschließen.

10. Sicherheitskonzept für die Bauphase der Gasanschlussleitung AL Zo8

10.1 Grundsätzliche Festlegungen für den Personenschutz während der Bauphase

Zum Schutz des Errichtungspersonals vor unzulässigen Beeinflussungs- und Berührungsspannungen werden folgende Sicherheitsmaßnahmen vor Beginn und während der gesamten Bauphase gefordert:

- Gegenseitige Verständigung zwischen dem Errichter der Gasanschlussleitung AL Zo8 und den entsprechenden Hochspannungsnetzbetreibern,

Die zuständigen Betreiber der betroffenen Hochspannungsanlage müssen rechtzeitig vor Beginn der Arbeiten im Bereich der Parallelführung bzw. Kreuzung informiert werden.

Um bei Unfällen sofort reagieren zu können, muss während der gesamten Bauzeit eine regelmäßige gegenseitige Kommunikation vereinbart werden.

- Sicherheitsbelehrung für Mitarbeiter, die am Bau der Gasleitung am Standort beteiligt sind.

Es wird empfohlen, dass dem Baupersonal vor Beginn der Arbeiten die erforderlichen Anweisungen gegeben werden. Es ist sicherzustellen, dass das Baupersonal diese Anweisungen versteht. In den Anweisungen ist auch über die Gefahren beim Arbeiten mit Baumaschinen (LKWs, Kräne, Bagger, Gabelstapler, Hebebühnen, Muldenkipper usw.) in unmittelbarer Nähe von Hochspannungsfreileitungen zu informieren. Insbesondere müssen die folgenden Mindestabstände laut Normen (DIN VDE 0105-100 und DGUV Vorschrift 3) in jedem Fall eingehalten werden:

- U_n von 1 kV bis 110 kV beträgt der Schutzabstand mindestens 3 m
- U_n von 110 kV bis 220 kV beträgt der Schutzabstand mindestens 4 m
- U_n von 220 kV bis 380 kV beträgt der Schutzabstand mindestens 5 m

Bei Zweifeln und Unsicherheiten über die Spannungsebene einer Hochspannungsanlage sind 5 m Sicherheitsabstand einzuhalten.

- Tragen der persönlichen Schutzausrüstung (PSA)

Beim Betreten der Baustelle ist das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung (Arbeitsschutzkleidung, Sicherheitsschuhe der Kategorie S3, ggf. zusätzlich Schutzhelm und Schutzhandschuhe) zu empfehlen. Bei Nassgrabungen müssen zusätzlich Sicherheitsschuhe der Kategorie S5 (Gummistiefel) und wasserabweisende Schutzkleidung getragen werden.

- Arbeiten in besonderen wetterbedingten Situationen

Bei Gewitter sind die Arbeiten einzustellen, da in dieser Situation die Wirksamkeit der persönlichen Schutzausrüstung und anderer Sicherheitsmaßnahmen eingeschränkt ist.

10.2 Detailfestlegungen für den Personenschutz in der Bauphase

Die Untersuchungen zu den verschiedenen HS-Beeinflussungsarten für den Gasanschlussleitungsverlauf AL Zo8 während der Bauphase können wie folgt zusammengefasst werden:

- **Ohm'schen Beeinflussungen**

Die Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund eines maximalen 1-poligen Fehlerstroms (ohmsch Beeinflussung) im Kraftwerk Zolling und am Freileitungsmast 77 für die Bauphase wird den Grenzwert von 1000 V, wie im Abschnitt 9.2 beschrieben, ohne Maßnahmen nicht überschreiten.

- **Langzeitbeeinflussung (LZB)**

Die Berührungsspannung im Hinblick auf Personenschutz auf der Gasanschlussleitung AL Zo8 aufgrund der kapazitiv/induktiven Langzeitbeeinflussung an der obertägig vorgestreckten Rohrleitung wurde trotz Nichterfordernis (kurze Parallelführung) überprüft und ein Wert von maximal 30 V für den worst case einer über die gesamte Länge (ca. 850 m) obertägig gelagerte Rohrleitung ermittelt (**BILD 36**).

- **Kurzzeitbeeinflussung (KZB)**

Da es keine signifikanten Parallelführungen zu Hoch-/Höchstspannungsfreileitungen gibt, entfällt die Betrachtung der induktiven Beeinflussung für den kapazitiven Kurzzeitfall.

11. Anhänge

Anhang A (Parameter der beeinflussenden Hochspannungsanlagen)

- **220/380 kV Leitung**
 - Nennspannung: 220/380 kV, 50 Hz
 - Erdungswiderstände der Freileitungsmasten: $R_A \approx 10 \Omega$ (angenommen)
 - Erdseil: 1x 240/ 30 Al/St
 - maximale 1polige 110-kV-Erdkurzschlussströme ca. 10 kA, Fehlerdauer: 0,15 s
 - Sternpunktbehandlung: NOSPE
 - Netzbetreiber: TenneT TSO GmbH

- **4 x 110 kV Leitungen (angenommen)**
 - Nennspannung: 110 kV / 50 Hz
 - Erdungswiderstände der Freileitungsmasten: $R_A \approx 10 \Omega$ (angenommen)
 - Erdseil: 1x 185/ 30 Al/St
 - maximale 1polige 110-kV-Erdkurzschlussströme ca. 130 A, Fehlerdauer > 2 h
 - Sternpunktbehandlung: RESPE
 - Netzbetreiber: E.ON Netz GmbH

- **Erdungsanlage des Kraftwerks Zolling**
 - Die Erdungsimpedanz des KW Zolling beträgt $Z_{E, ges} \approx 100 \text{ m}\Omega$ (ermittelt durch Software XGSLab)
 - Maximaler 1-polig Kurzschlussstrom $I_k = 32,7 \text{ kA}$ bei Dauerfehler von 0,15 s
 - Das Erdungssystem des Kraftwerks ist mit der Erdungsanlage des benachbarten Umspannwerks verbunden
 - Erdleitung 95 mm² Cu, verzinkt, Maschenerder-Fundamente (Struktur geschätzt)
 - Verlegetiefe Erdleitung: 0,7 m
 - Netzbetreiber: Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA

Anhang B (Übersichtplan)

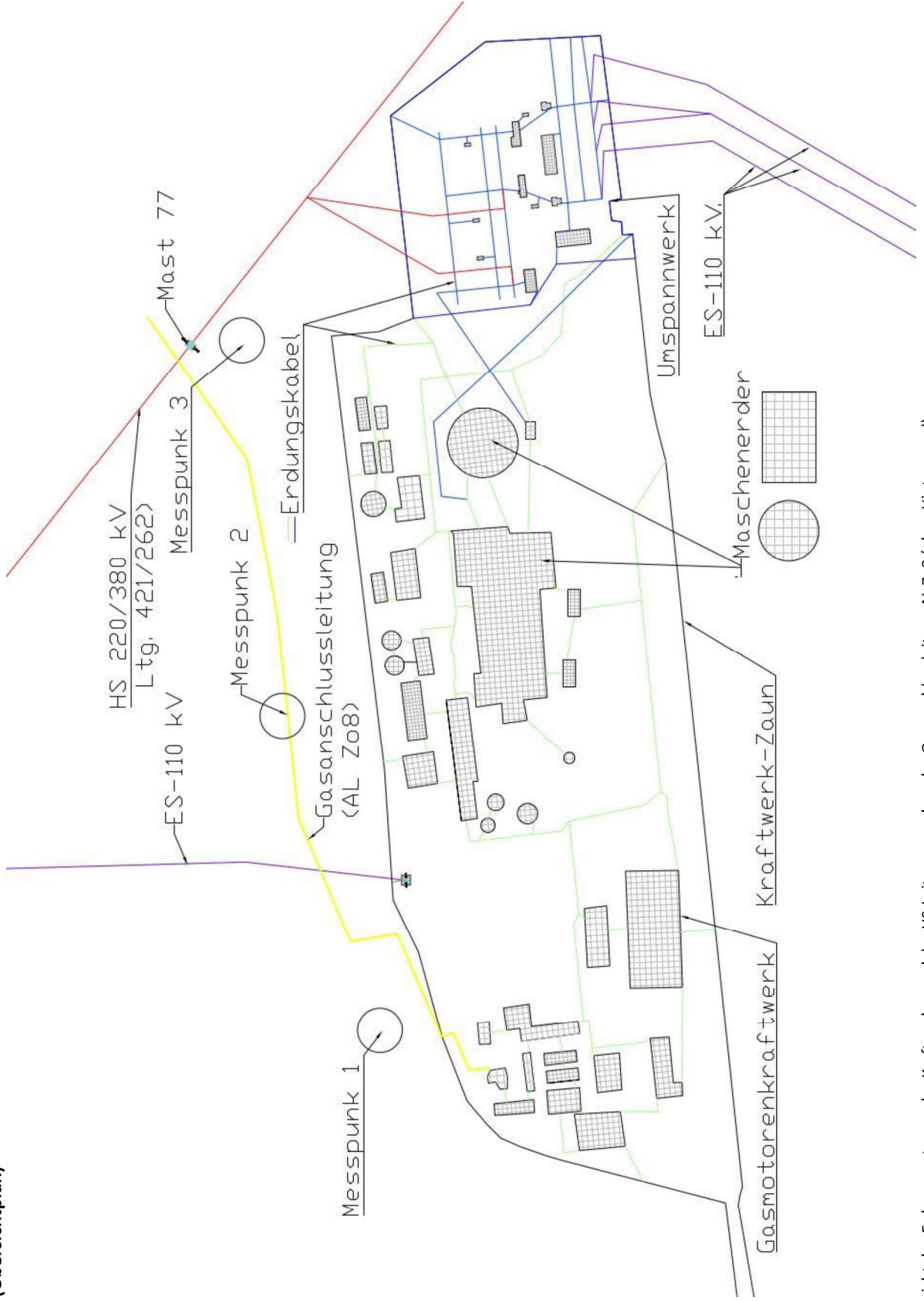


Bild 1: Übersicht des Erdungssystems des Kraftwerkes und der HS-Leitungen neben der Gasanschlussleitung AL Zo8 (ohne Hintergrund)

Hochspannungsbeeinflussungen
 der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

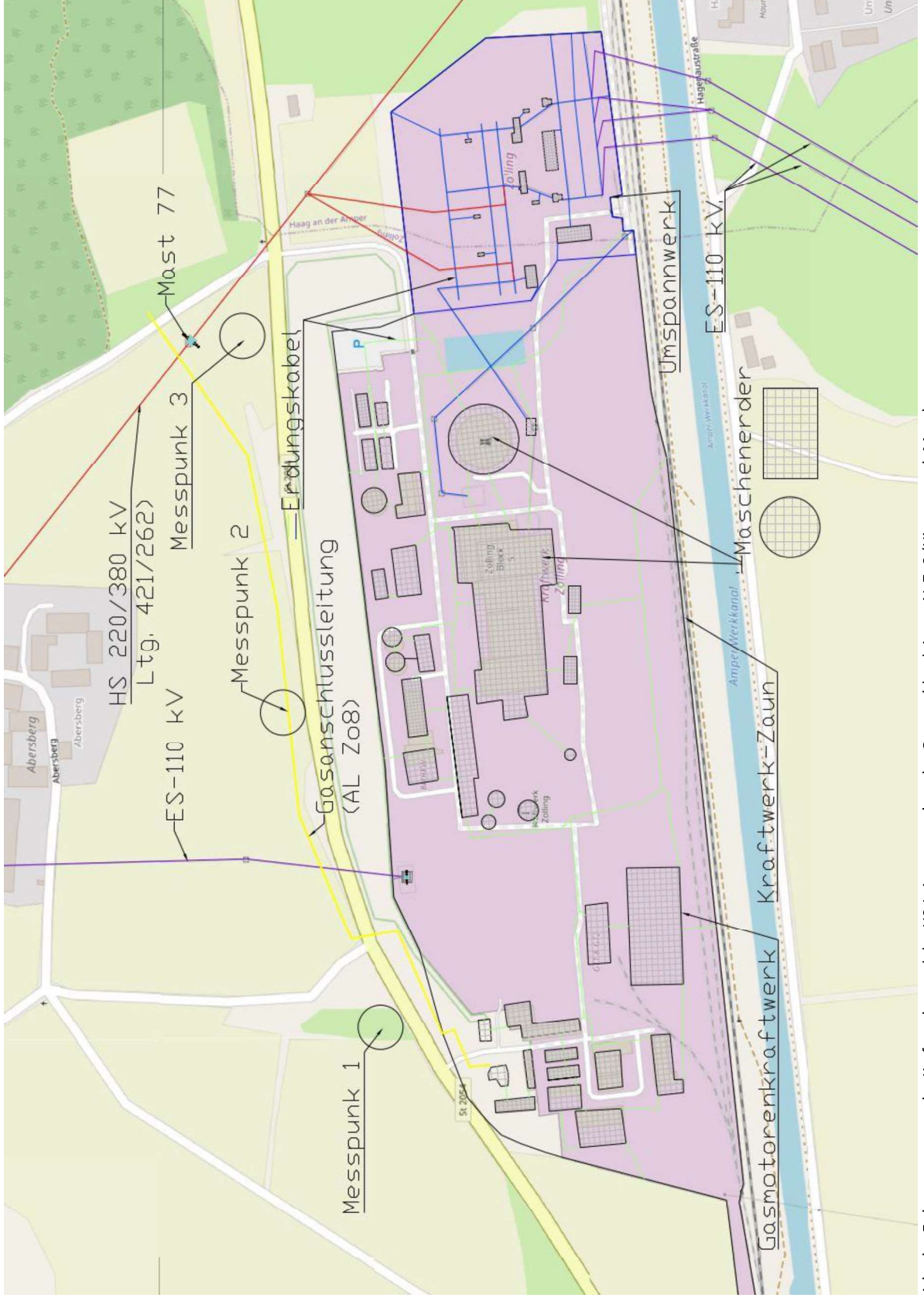


Bild 2: Übersicht des Erdungssystems des Kraftwerkes und der HS-Leitungen neben der Gasanschlussleitung AL Zo8 (Hintergrund: Maps)

<p>Hochspannungsgutachten</p>	 <p>MAX STREICHER GmbH & Co. Kommanditgesellschaft auf Aktien</p>	<p>Seite: 22</p>
<p>Titel: HS-Gutachten</p>	<p>Hochspannungsbeeinflussungen der Gasanschlussleitung AL Zo8</p>	

Anhang C: Messungen des spezifischen Bodenwiderstandes entlang der Gasanschlussleitung AL Zo8

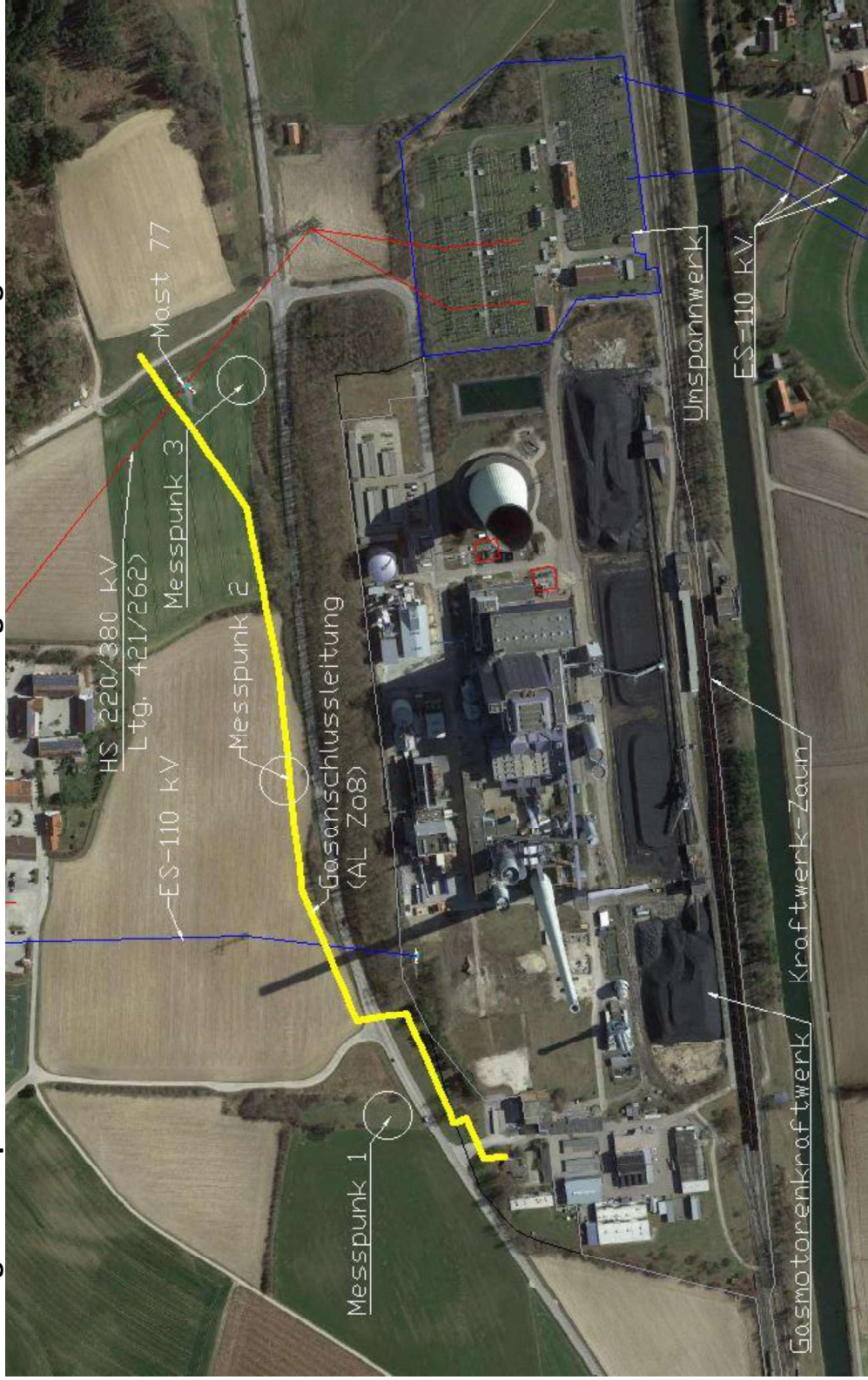


Bild 3: Planübersicht (Messungen des spezifischen Bodenwiderstands)

Messprotokoll Geoelektrische Bodensondierung

Messung des spezifischen Bodenwiderstands Position 01

Punkt Erder 01
Messdatum: 17.02.2022
Leitung: AL Zo8 - Zolling
Messgebiet: Zolling
Witterung: teils bewölkt, Temperatur 15 °C
Auftraggeber Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA
Ausführender: Herr Dr. Bakka
Messrichtung: senkrecht, Parallel zum Leitungsverlauf
Messwertanzahl: 11
Messverfahren Wenner
Koordinat Messmitte: 48.456501°
 11.796778°



Bild 4: Satellitenbild Position 01

Tabelle 3: Messwerttabelle (Sondierung 01)

Sondenabstand <i>a</i> [m]	Aufschluss- tiefe $\lambda = 3/2 a$ [m]	$k = 2\pi a$ [m]	Messwert		Mittelwert <i>MW</i> (1+2)	scheinbarer spezifischer Boden- widerstand		
			<i>R</i> [Ω]			$\rho_s = R1 \cdot k$ [Ωm]	$\rho_s = R2 \cdot k$ [Ωm]	$\rho_s = R_{MW} \cdot k$ [Ωm]
			1 (senkrecht)	2 (parallel)				
0,3	0,45	1,88	49,20	40,10	44,65	92,74	75,59	84,16
0,5	0,75	3,14	33,40	20,90	27,15	104,93	65,66	85,29
0,7	1,05	4,40	27,60	15,63	21,62	121,39	68,74	95,07
1,0	1,50	6,28	21,87	11,27	16,57	137,41	70,81	104,11
1,5	2,25	9,42	16,89	8,33	12,61	159,18	78,51	118,85
2,0	3,00	12,57	13,73	6,33	10,03	172,54	79,55	126,04
3,0	4,50	18,85	9,16	3,85	6,51	172,66	72,57	122,62
4,0	6,00	25,13	6,78	3,06	4,92	170,40	76,91	123,65
5,0	7,50	31,42	5,00	2,45	3,73	157,08	76,97	117,02
7,0	10,50	43,98	3,44	1,56	2,50	151,30	68,61	109,96
10,0	15,00	62,83	2,34	0,94	1,64	147,03	59,06	103,04

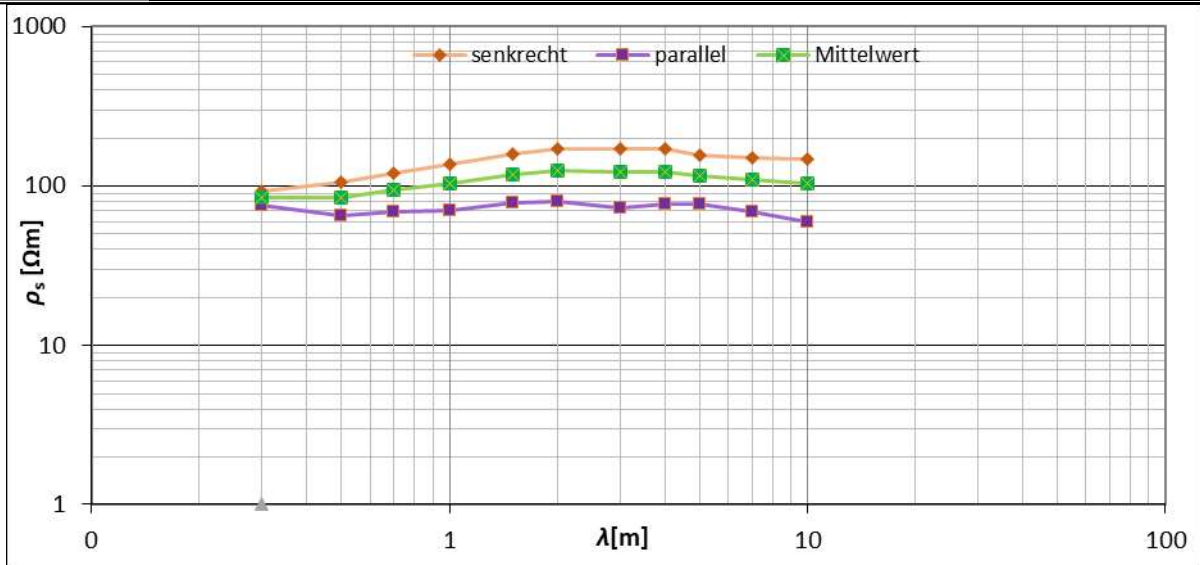


Bild 5: Modellierter Schichtenverlauf (Sondierung-Position 1)

Messung des spezifischen Bodenwiderstands Position 02

Punkt Punkt 02
Messdatum: 17.02.2022
Leitung: AL Zo8
Messgebiet: Zolling
Witterung: sonnig, Temperatur 11 C°
Auftraggeber Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA
Ausführender: Herr Dr. Bakka
Messrichtung: senkrecht, Parallel zum Leitungsverlauf
Messwertanzahl: 11
Messverfahren Wenner
Koordinaten 48.457352°
Messmitte: 11.800689°

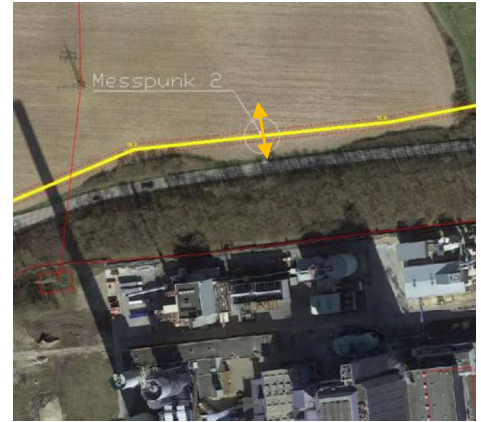


Bild 6: Satellitenbild Position 02

Tabelle 4: Messwerttabelle (Sondierung 2)

Sondenabstand	Aufschlusstiefe		Messwert	scheinbarer spezifischer Bodenwiderstand
a [m]	$\lambda=3/2 a$ [m]	$k=2\pi a$ [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \cdot k$ [Ωm]
0,3	0,45	1,88	28,02	52,82
0,5	0,75	3,14	15,99	50,23
0,7	1,05	4,40	12,96	57,00
1,0	1,50	6,28	5,16	32,42
1,5	2,25	9,42	3,62	34,12
2,0	3,00	12,57	2,87	36,07
3,0	4,50	18,85	2,07	39,02
4,0	6,00	25,13	1,76	44,23
5,0	7,50	31,42	1,57	49,32
7,0	10,50	43,98	1,33	58,50
10,0	15,00	62,83	1,00	62,83

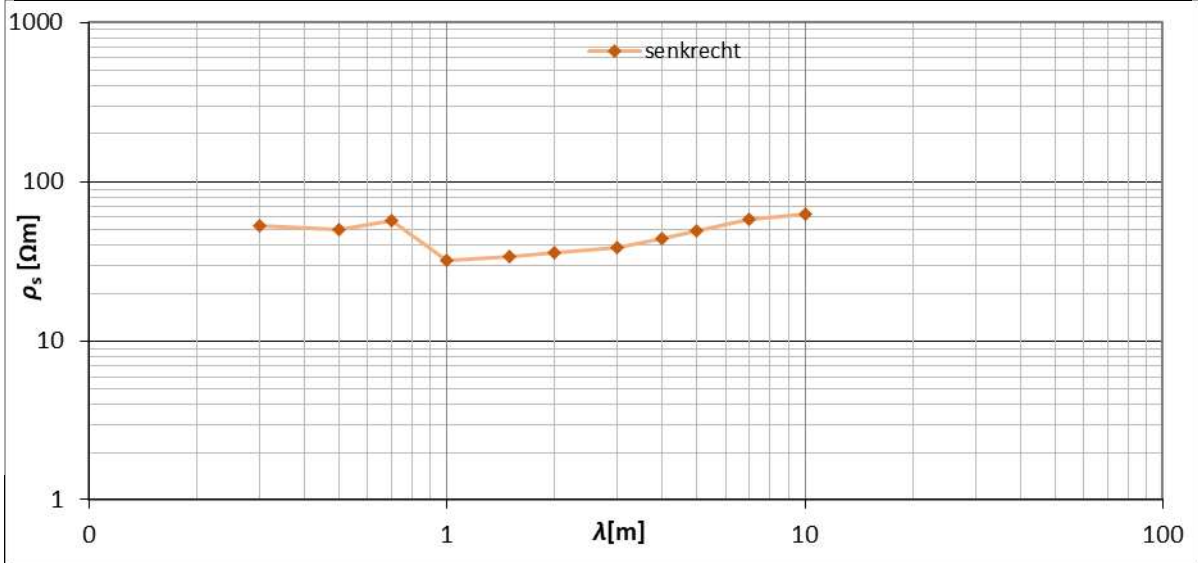


Bild 7: Messwertdiagramm (Sondierung-Position 2)

Messung des spezifischen Bodenwiderstands Position 03

Punkt Punkt 03
Messdatum: 17.02.2022
Leitung: AL Zo8
Messgebiet: Zolling
Witterung: bewölkt, Temperatur 10 C°
Auftraggeber Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA
Ausführender: Herr Dr. Bakka
Messrichtung: senkrecht, Parallel zum Leitungsverlauf
Messwertanzahl: 11
Messverfahren Wenner
Koordinaten Messmitte: 48.457592°
 11.805511°

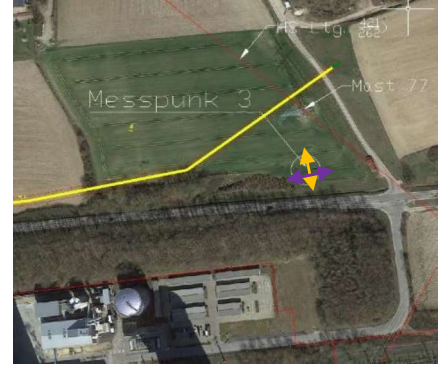


Bild 8: Satellitenbild Position 03

Tabelle 5: Messwerttabelle (Sondierung 03)

Sondenab- stand <i>a</i> [m]	Aufschluss- tiefe $\lambda=3/2 a$ [m]	$k=2\pi a$ [m]	Messwert			scheinbarer spezifischer Bodenwi- derstand		
			<i>R</i> [Ω]			$\rho_s = R1 k$ [Ωm]	$\rho_s = R2 k$ [Ωm]	$\rho_s = R_{MW} k$ [Ωm]
			1(senkrecht)	2 (parallel)	MW (1+2)			
0,3	0,45	1,88	26,07	39,80	32,94	49,14	75,02	62,08
0,5	0,75	3,14	13,48	20,10	16,79	42,35	63,15	52,75
0,7	1,05	4,40	8,80	13,40	11,10	38,70	58,94	48,82
1,0	1,50	6,28	6,46	10,74	8,60	40,59	67,48	54,04
1,5	2,25	9,42	3,85	8,46	6,16	36,29	79,73	58,01
2,0	3,00	12,57	2,88	7,08	4,98	36,19	88,97	62,58
3,0	4,50	18,85	2,02	4,99	3,51	38,08	94,06	66,07
4,0	6,00	25,13	1,92	4,12	3,02	48,25	103,55	75,90
5,0	7,50	31,42	1,80	3,61	2,71	56,55	113,41	84,98
7,0	10,50	43,98	1,47	2,74	2,11	64,65	120,51	92,58
10,0	15,00	62,83	1,00	2,25	1,63	62,83	141,37	102,10

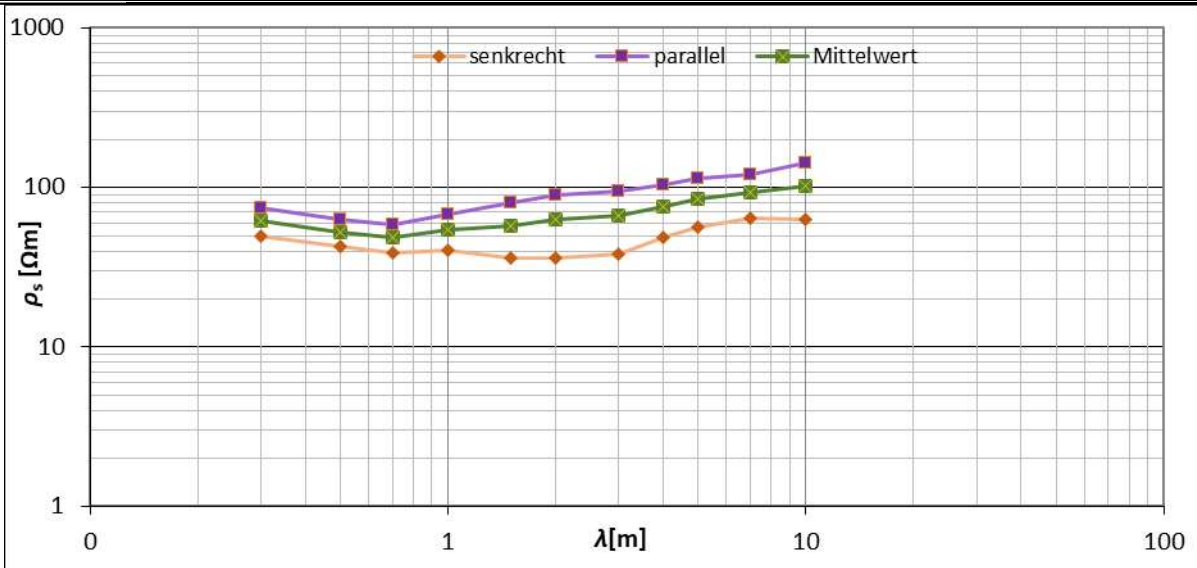


Bild 9: Messwertdiagramm (Sondierung-Position 3)

Modellierungsergebnisse



Bild 10: Bodenschichten bei Position 01

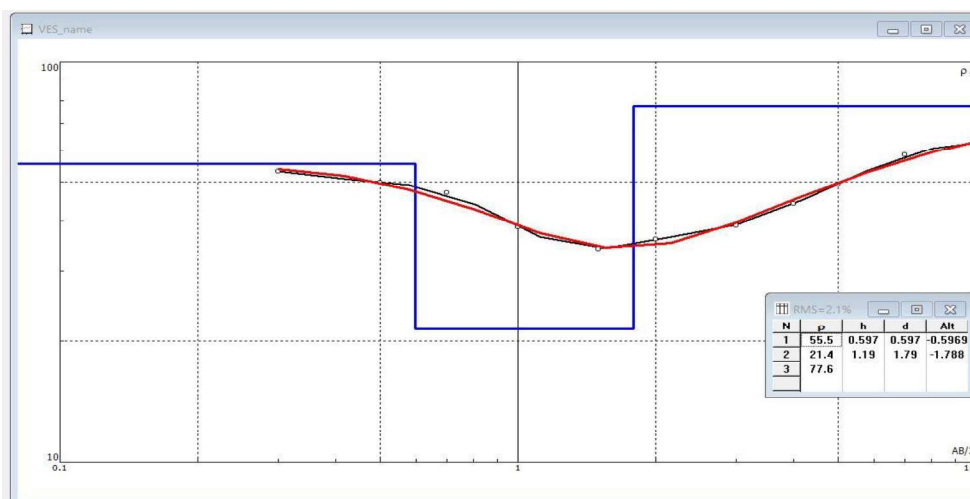


Bild 11: Bodenschichten bei Position 02

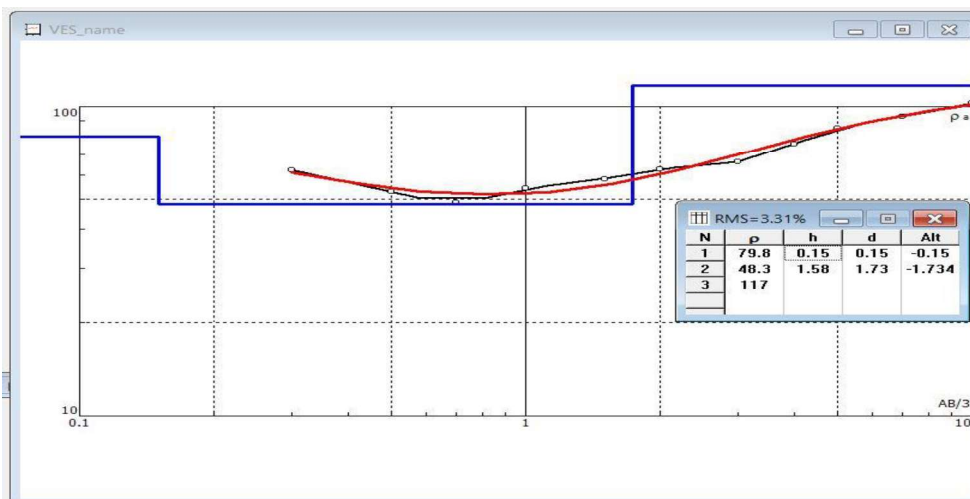


Bild 12: Bodenschichten bei Position 03

Anhang D: Berechnungsergebnisse

Anhang D-1: ohmsche Beeinflussungen

Anhang D-1-1: Fehlerfall im Gasmotorenkraftwerk (1poligen Erdfehlerstrom $I_k=12$ kA):

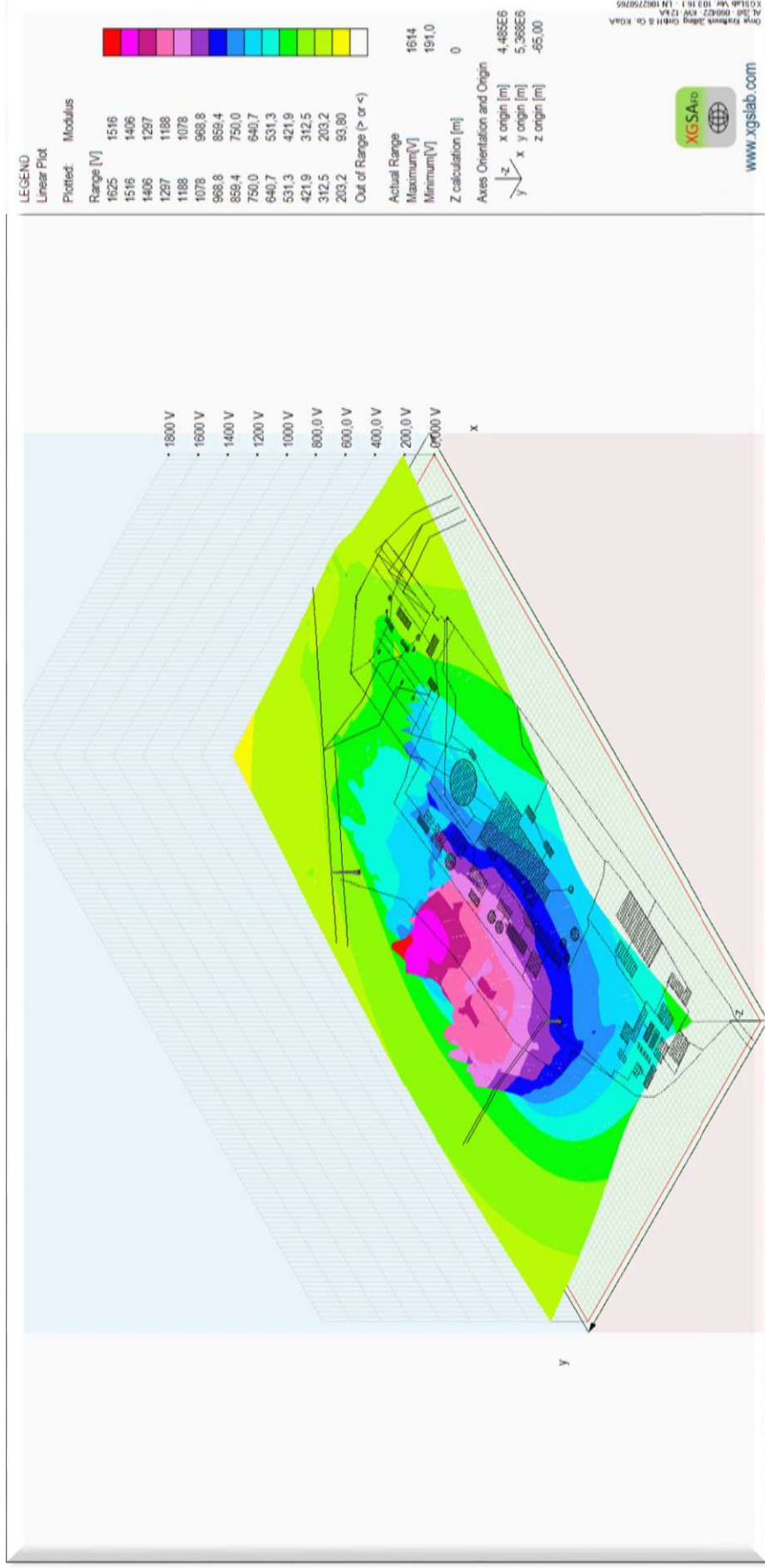


Bild 13: Erdoberflächenpotential im Bereich AL Zo8 und Kraftwerk Zolling bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (3D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 28

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

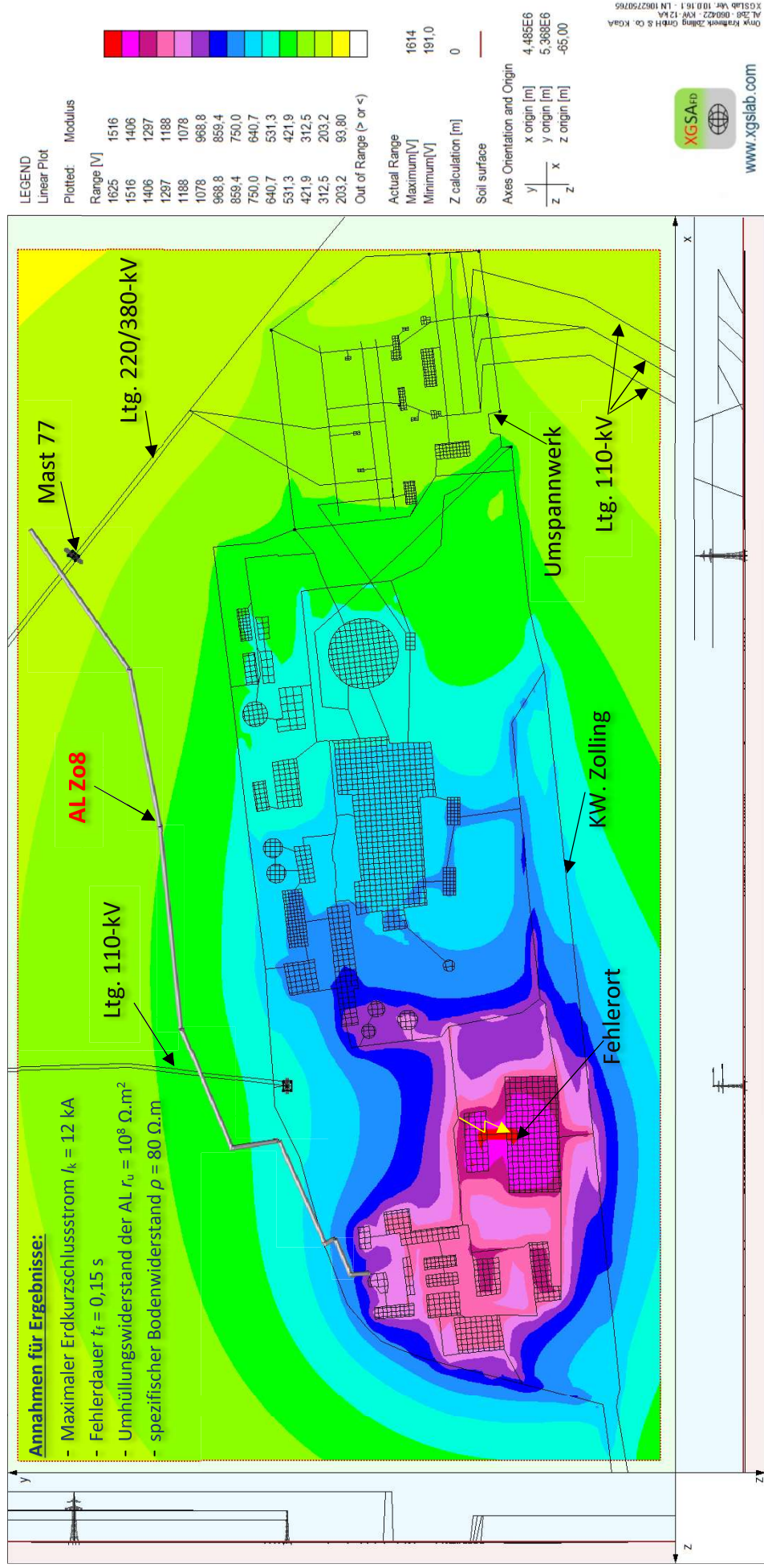


Bild 14: Erdoberflächenpotential im Bereich Kraftwerk Zolling und AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 29

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

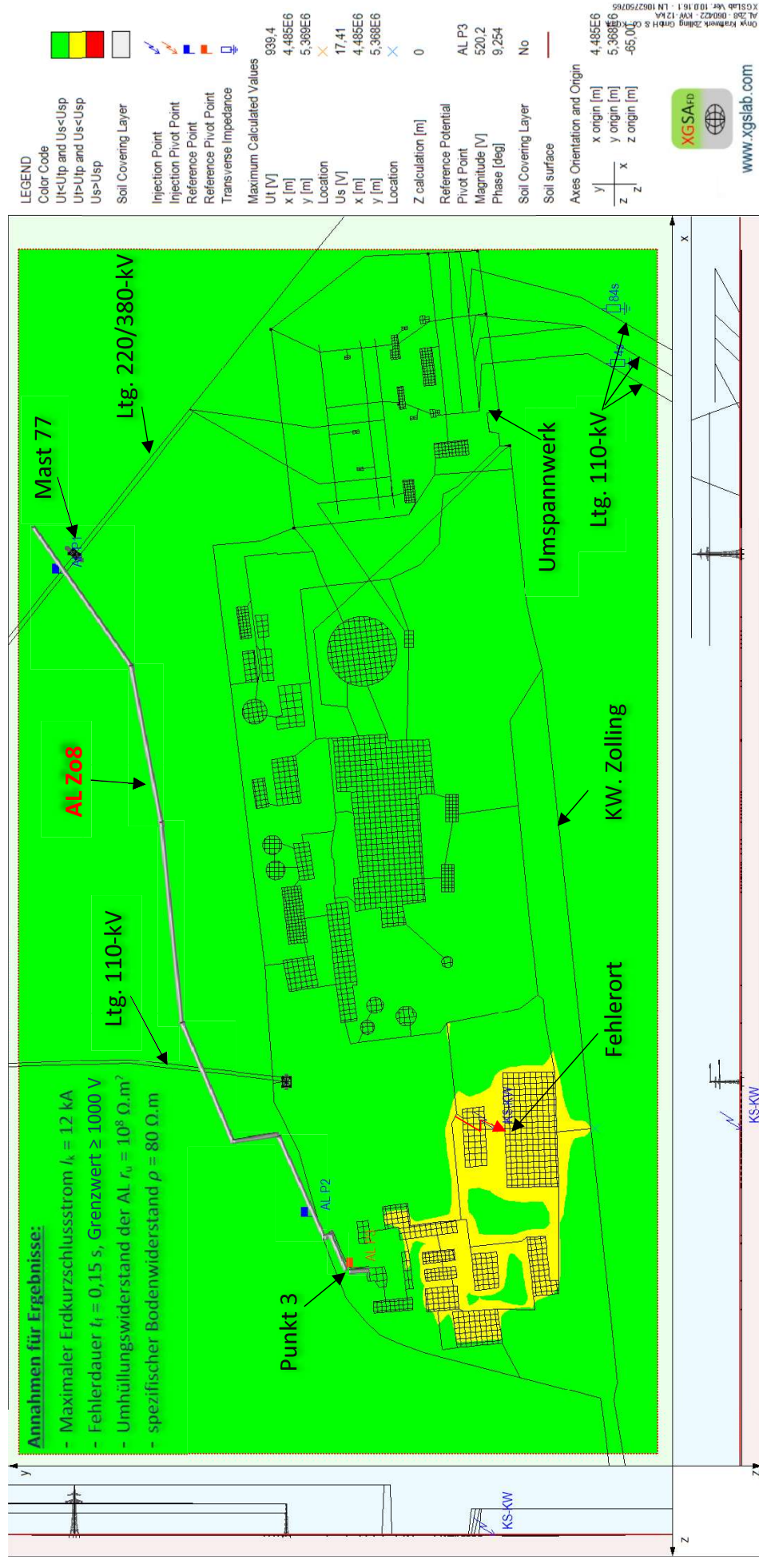


Bild 15: Schritt- und Berührungsspannung, Referenzpunkt „AL Zo8-Punkt 3“ bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 30

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

- Annahmen für Ergebnisse:**
- Maximaler Erdkurzschlussstrom $I_k = 12 \text{ kA}$
 - Fehlerdauer $t_f = 0,15 \text{ s}$, Grenzwert $\geq 1000 \text{ V}$
 - Umhüllungswiderstand der AL $r_u = 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$
 - spezifischer Bodenwiderstand $\rho = 80 \Omega \cdot \text{m}$

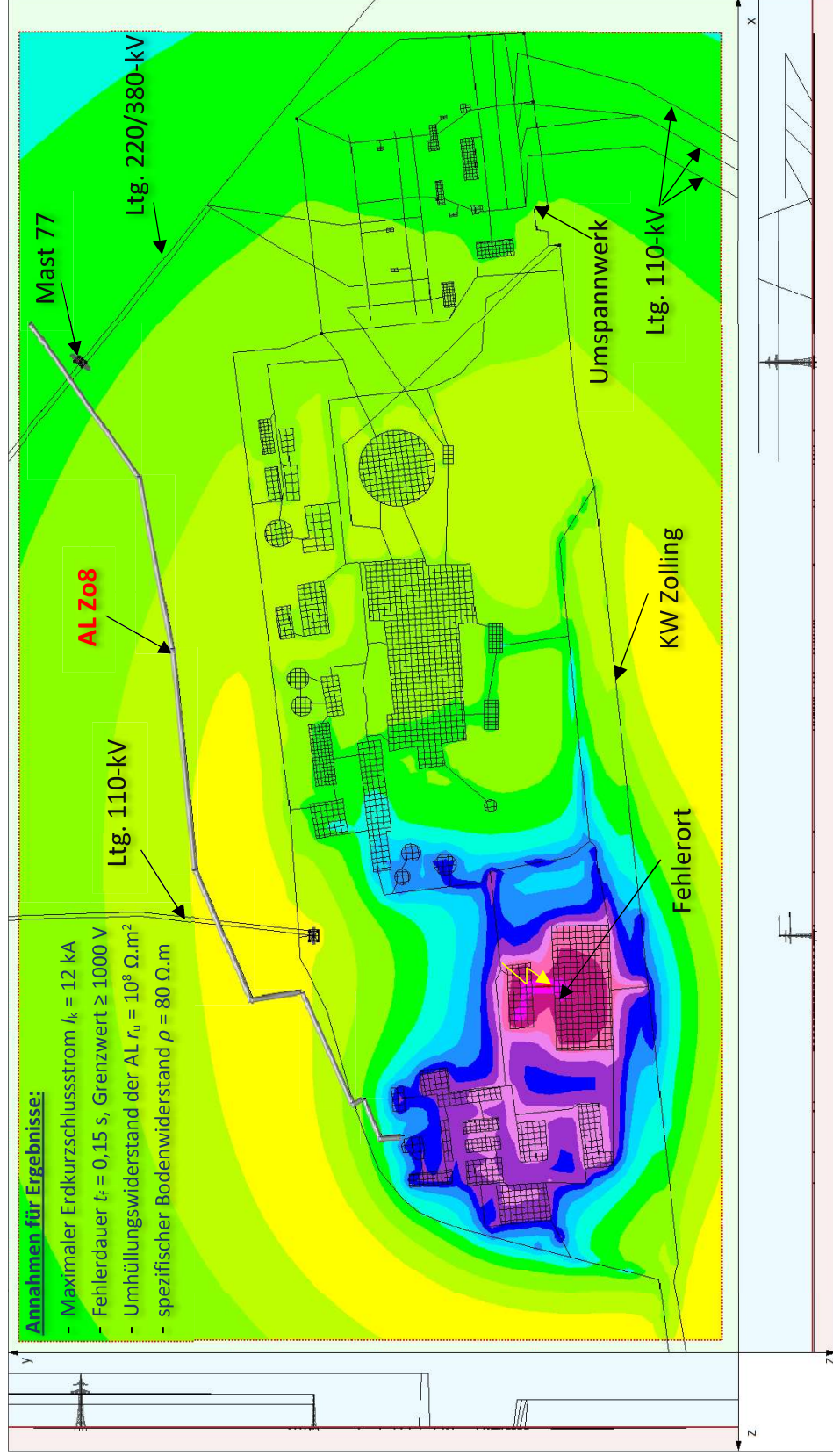


Bild 16: Berührungsspannung am Referenzelement „AL Zo8“ bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 32

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

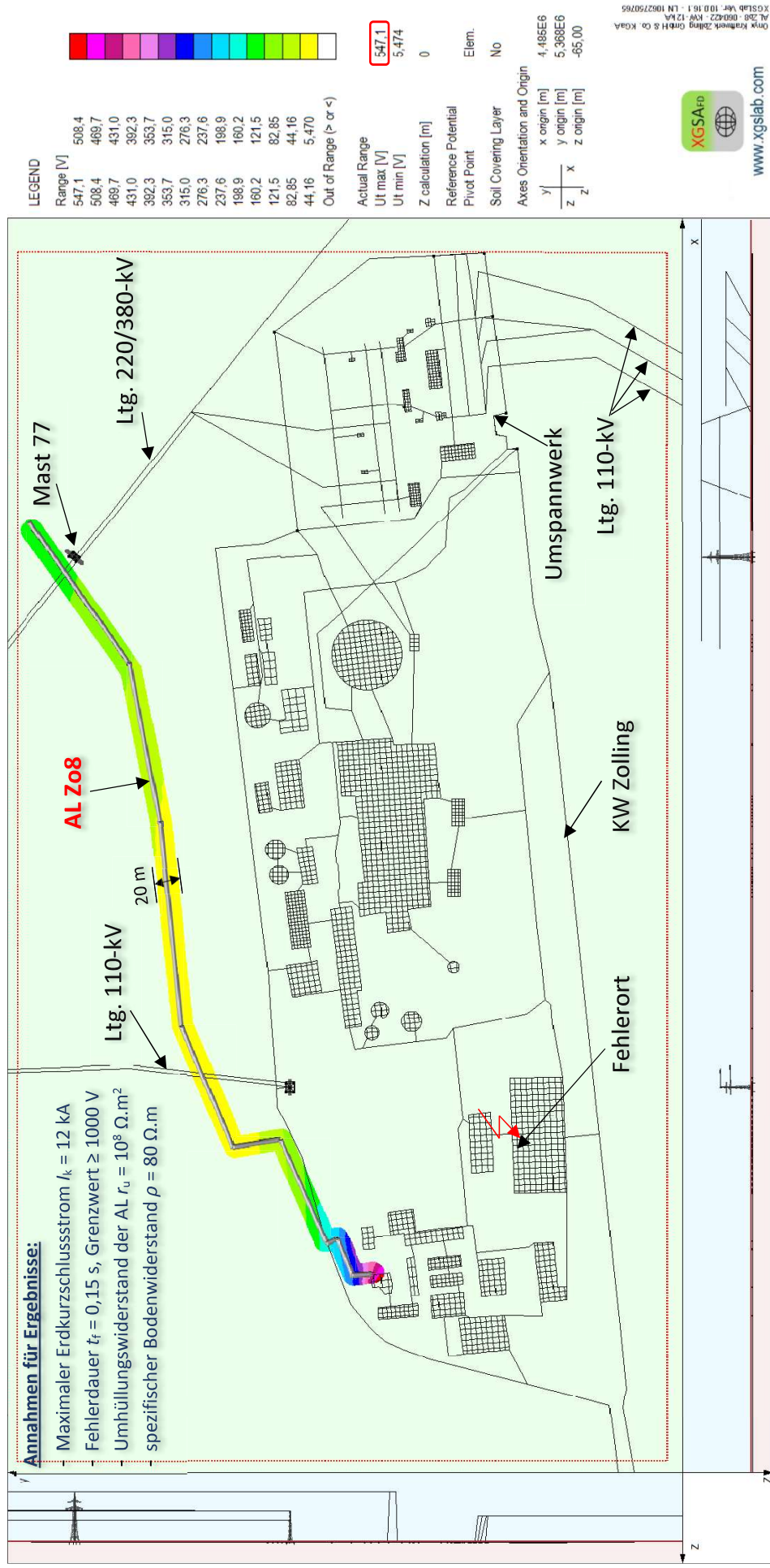


Bild 18: Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 33

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

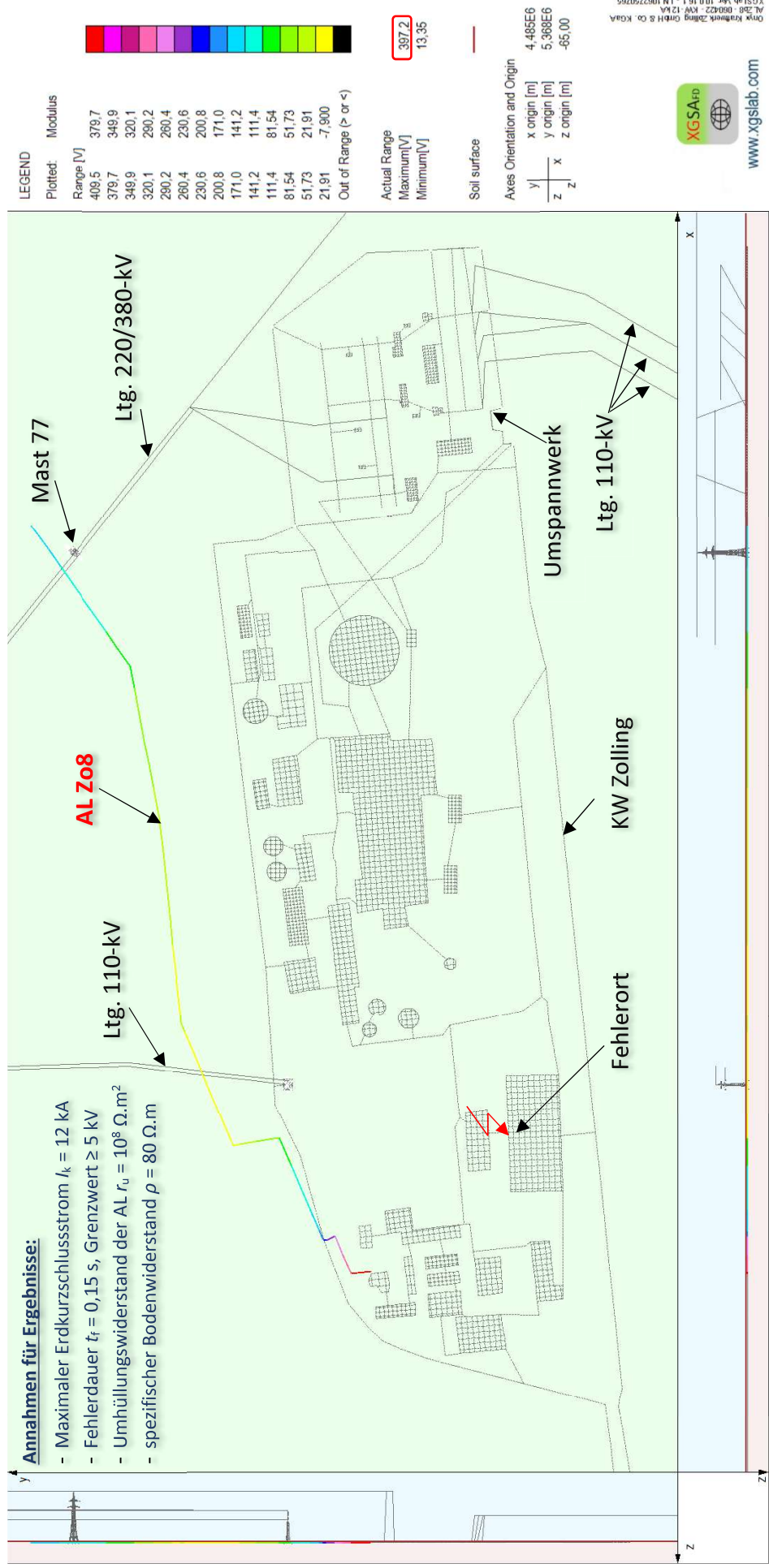


Bild 19: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 34

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Anhang D-1-2: Fehlerfall im Kraftwerk (1-poligen Erdfehlerstrom $I_k = 32,7 \text{ kA}$)

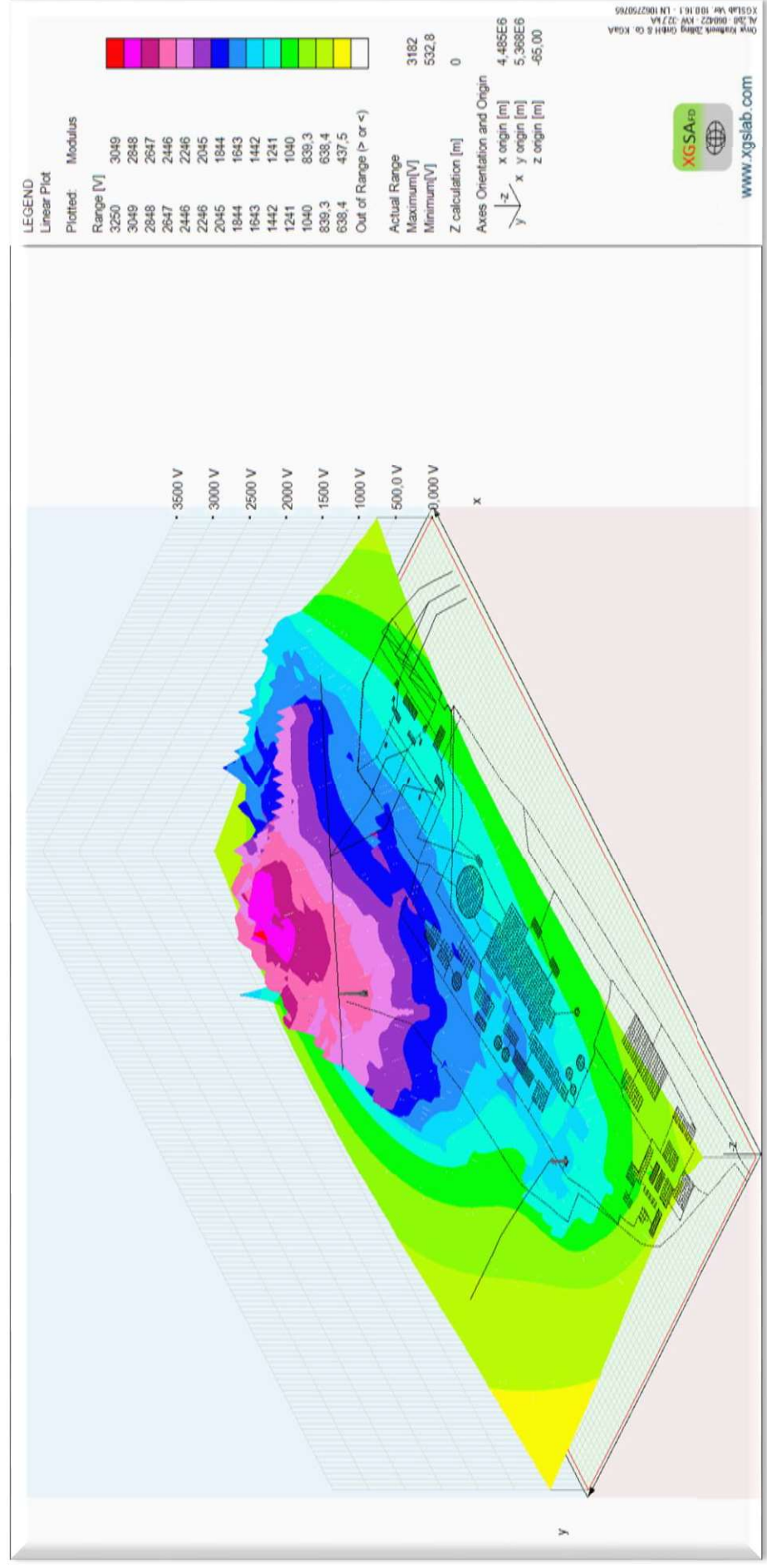


Bild 20: Erdoberflächenpotential im Bereich AL Zo8 und Kraftwerk Zolling bei 1-poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (3D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 35

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

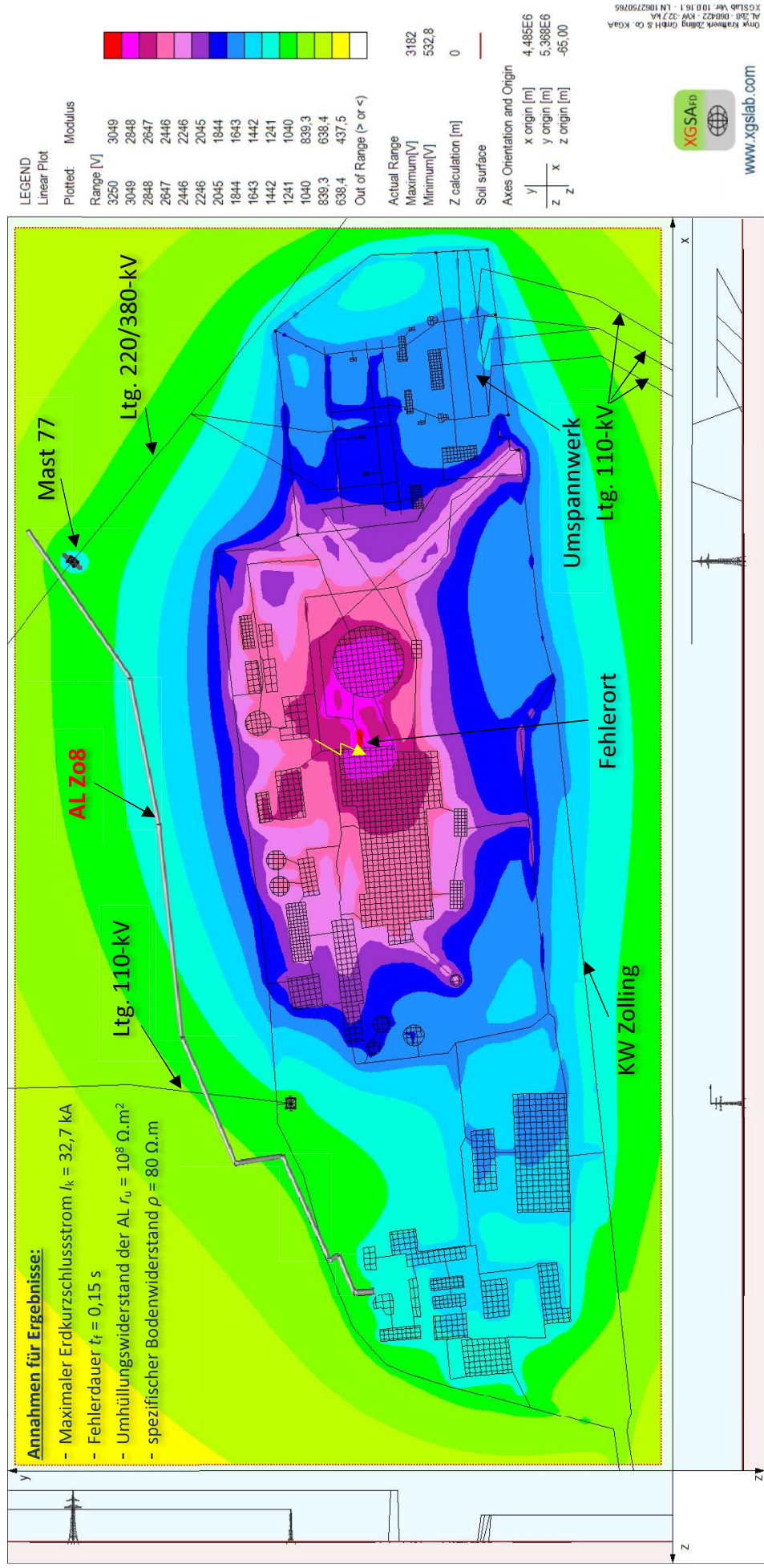


Bild 21: Erdoberflächenpotential im Bereich Kraftwerk Zolling und AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 36

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

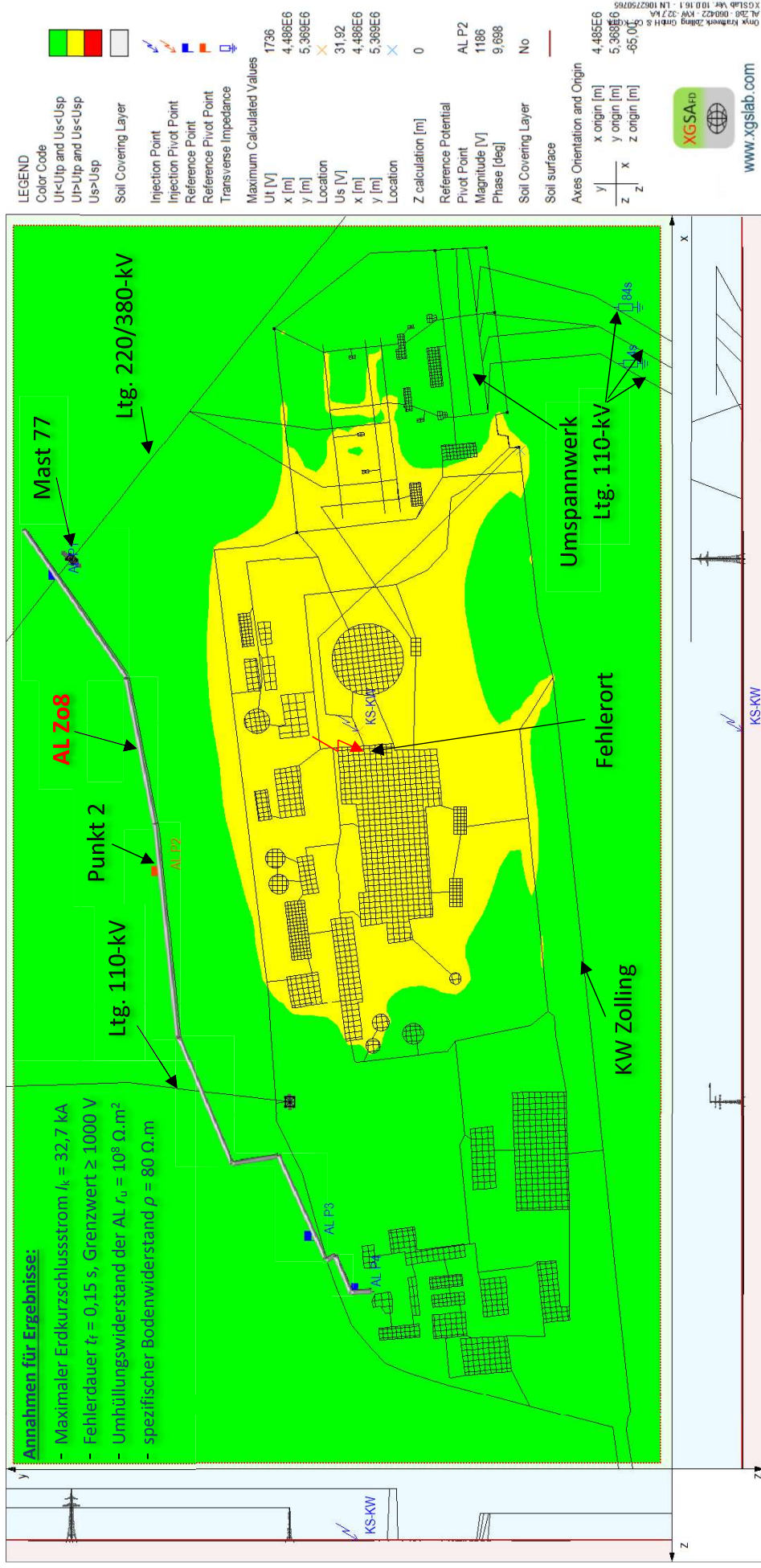


Bild 22: Schritt- und Berührungsspannung am Referenzpunkt „AL Zo8-Punkt 2“ bei 1-poligem Erdkurzschluss 32,7 kA



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 37

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

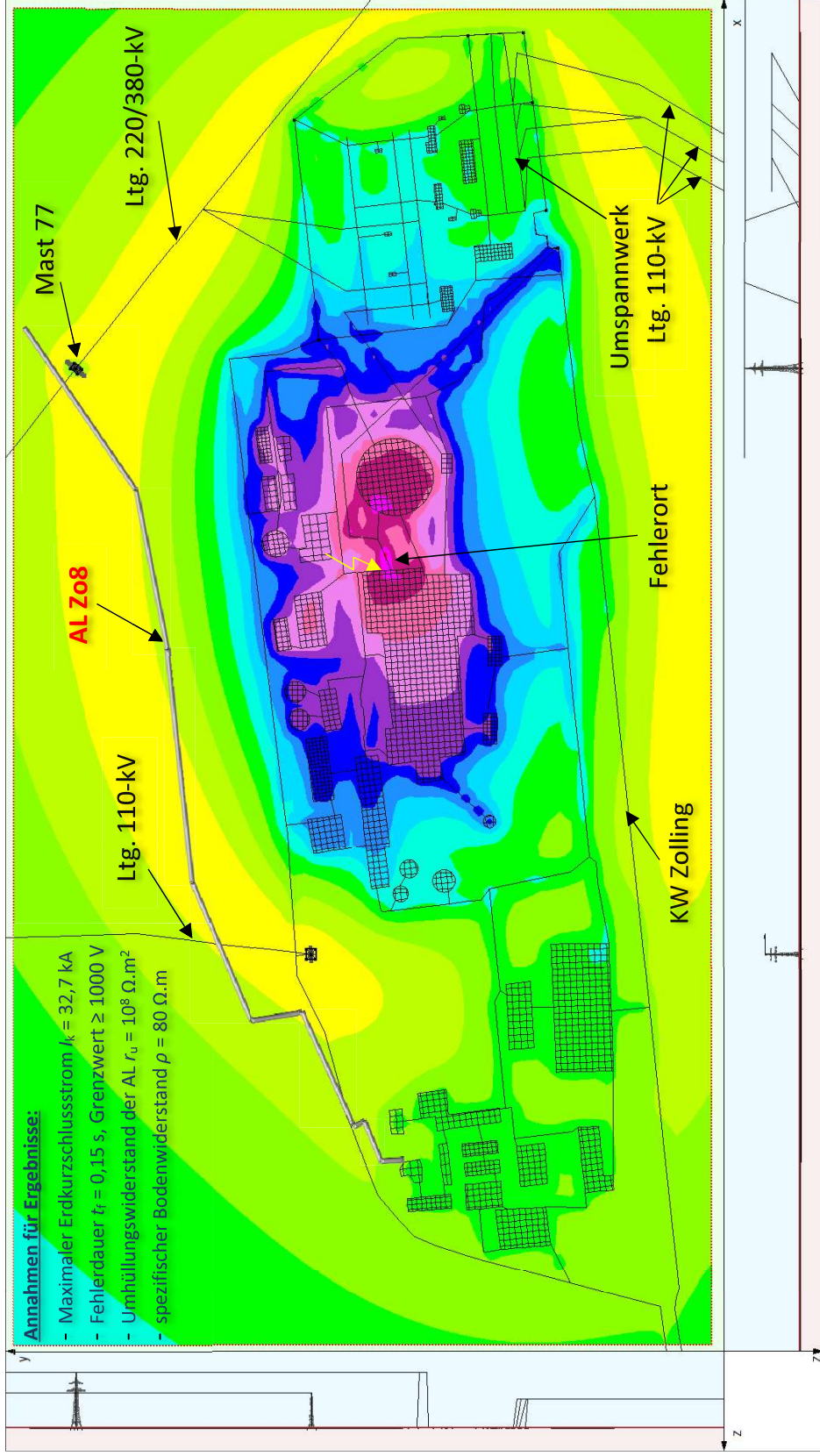


Bild 23: Berührungsspannung am Referenzelement „AL Zo8“ bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 38

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

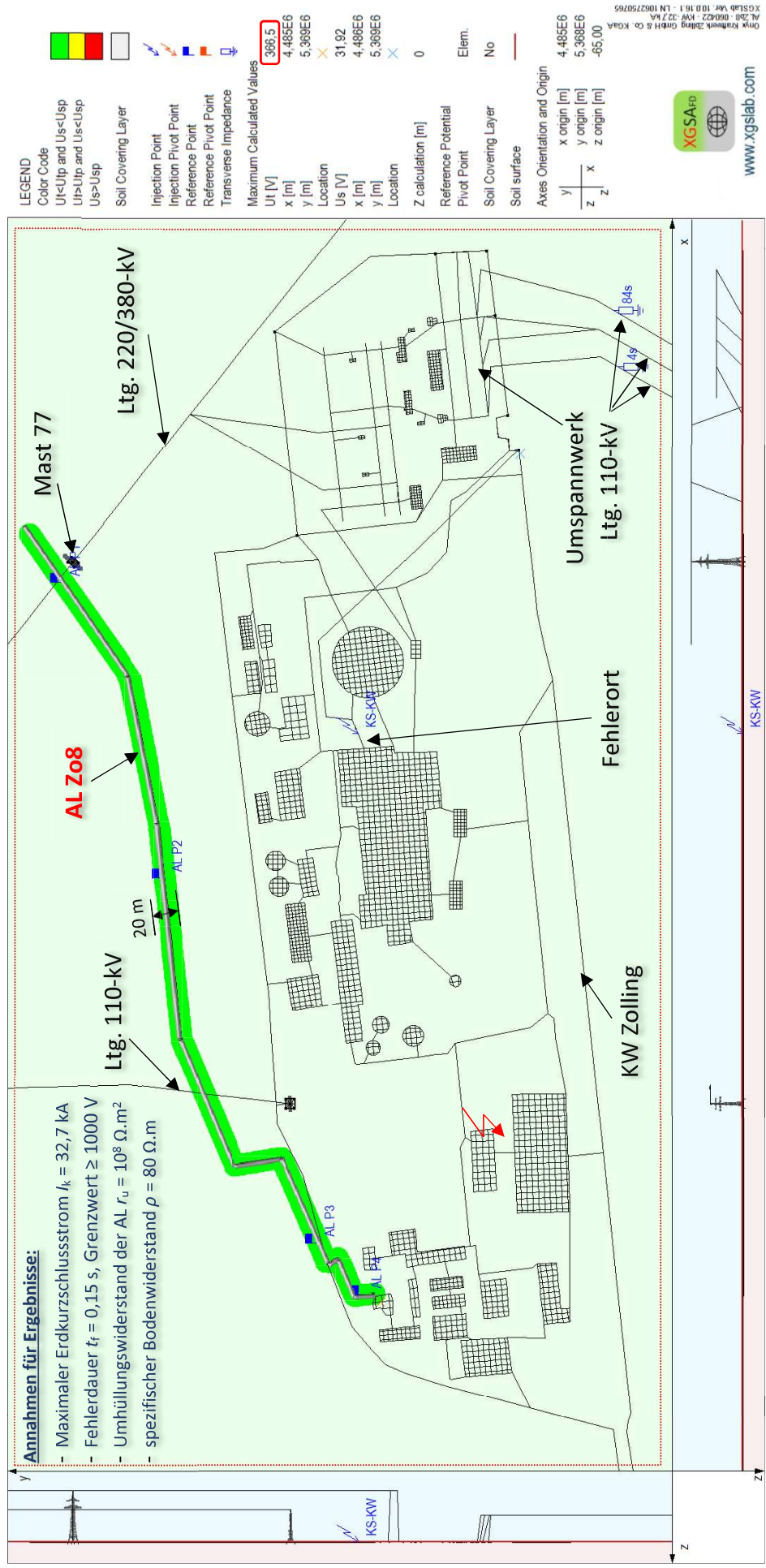


Bild 24: Schritt- und Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

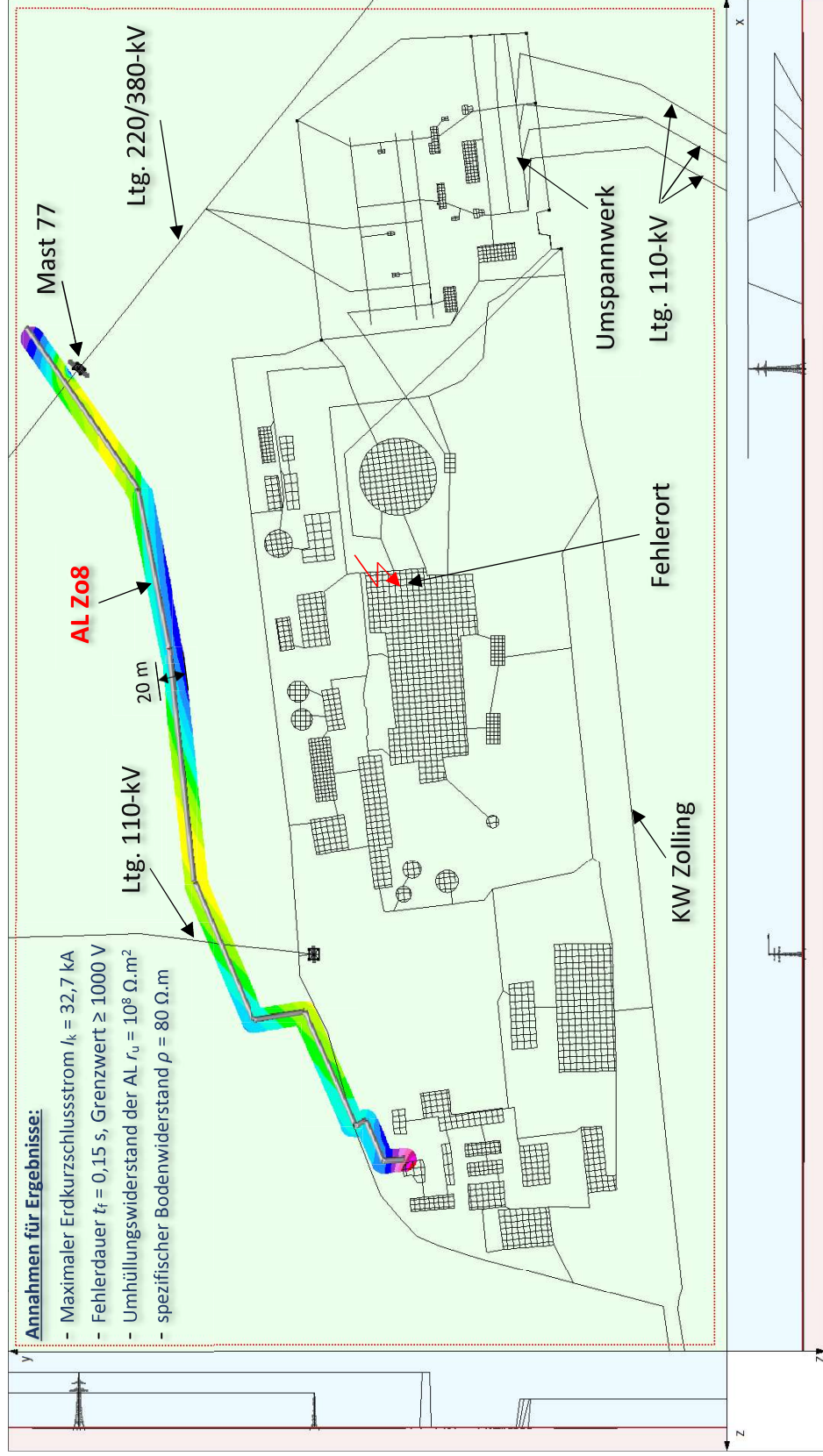
Hochspannungsgutachten

Seite: 39

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

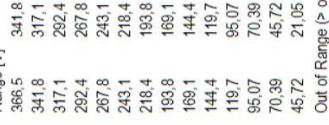
Titel: HS-Gutachten

- Annahmen für Ergebnisse:**
- Maximaler Erdkurzschlussstrom $I_k = 32,7 \text{ kA}$
 - Fehlerdauer $t_f = 0,15 \text{ s}$, Grenzwert $\geq 1000 \text{ V}$
 - Umhüllungs-widerstand der AL $r_u = 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$
 - spezifischer Bodenwiderstand $\rho = 80 \Omega \cdot \text{m}$



LEGEND

Range [V]



Out of Range (> or <)

Actual Range

Ut max [V]

Ut min [V]

Z calculation [m]

Reference Potential

Pivot Point

Soil Covering Layer

Elem.

No

Axes Orientation and Origin

x origin [m]

y origin [m]

z origin [m]

4,488E6

5,368E6

-65,00



www.xgslab.com

Onyx Rahmen Zölling GmbH & Co. KGaA
AL Zo8 - 00027 KV - 22,7 KA
XSLAB_Ver_10.16.1 - LN 1007250765

Bild 25: Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1-poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 40

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

- Annahmen für Ergebnisse:**
- Maximaler Erdkurzschlussstrom $I_k = 32,7 \text{ kA}$
 - Fehlerdauer $t_f = 0,15 \text{ s}$, Grenzwert $\geq 5 \text{ kV}$
 - Umhüllungswiderstand der AL $r_u = 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$
 - spezifischer Bodenwiderstand $\rho = 80 \Omega \cdot \text{m}$

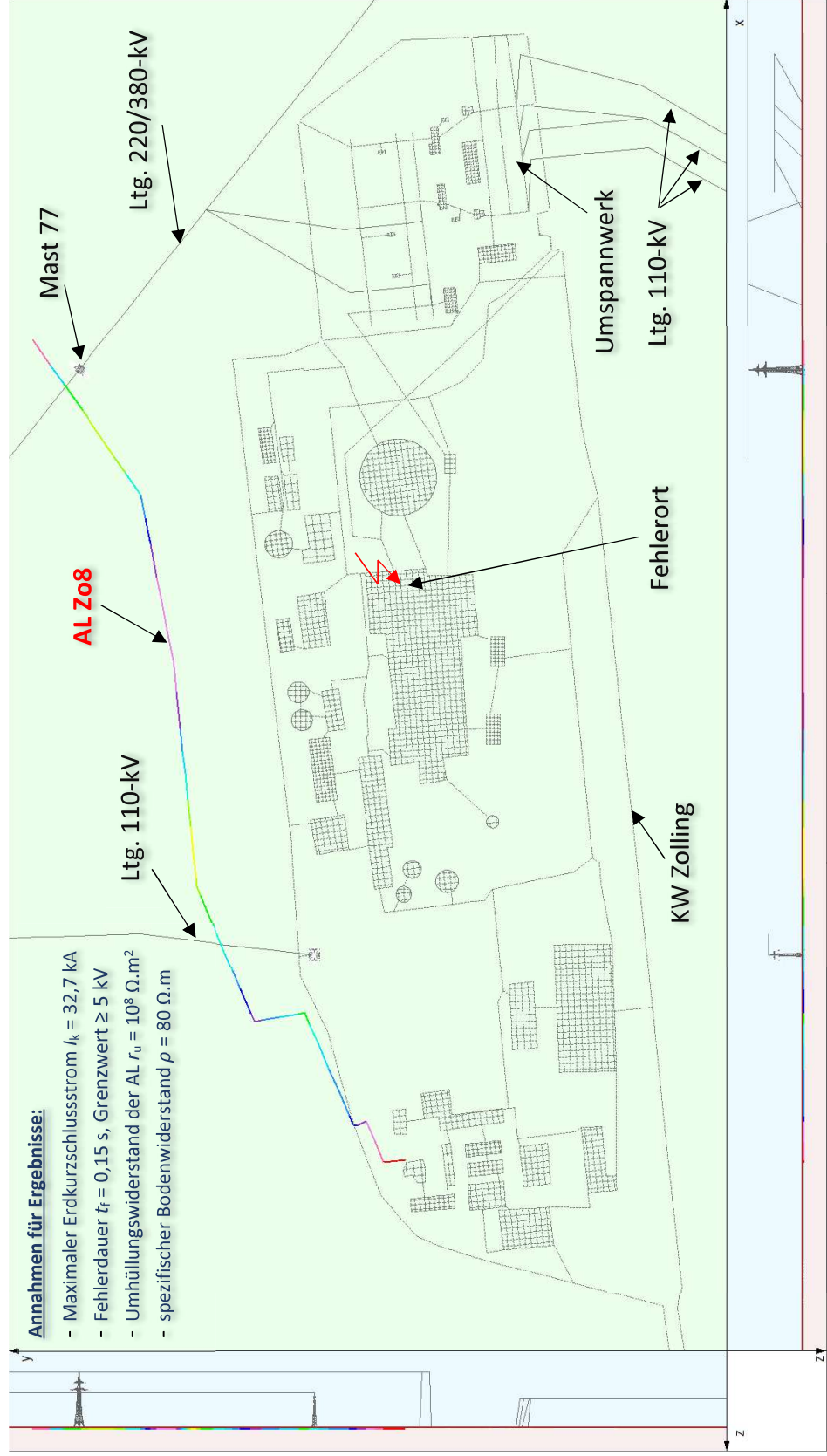


Bild 26: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 42

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

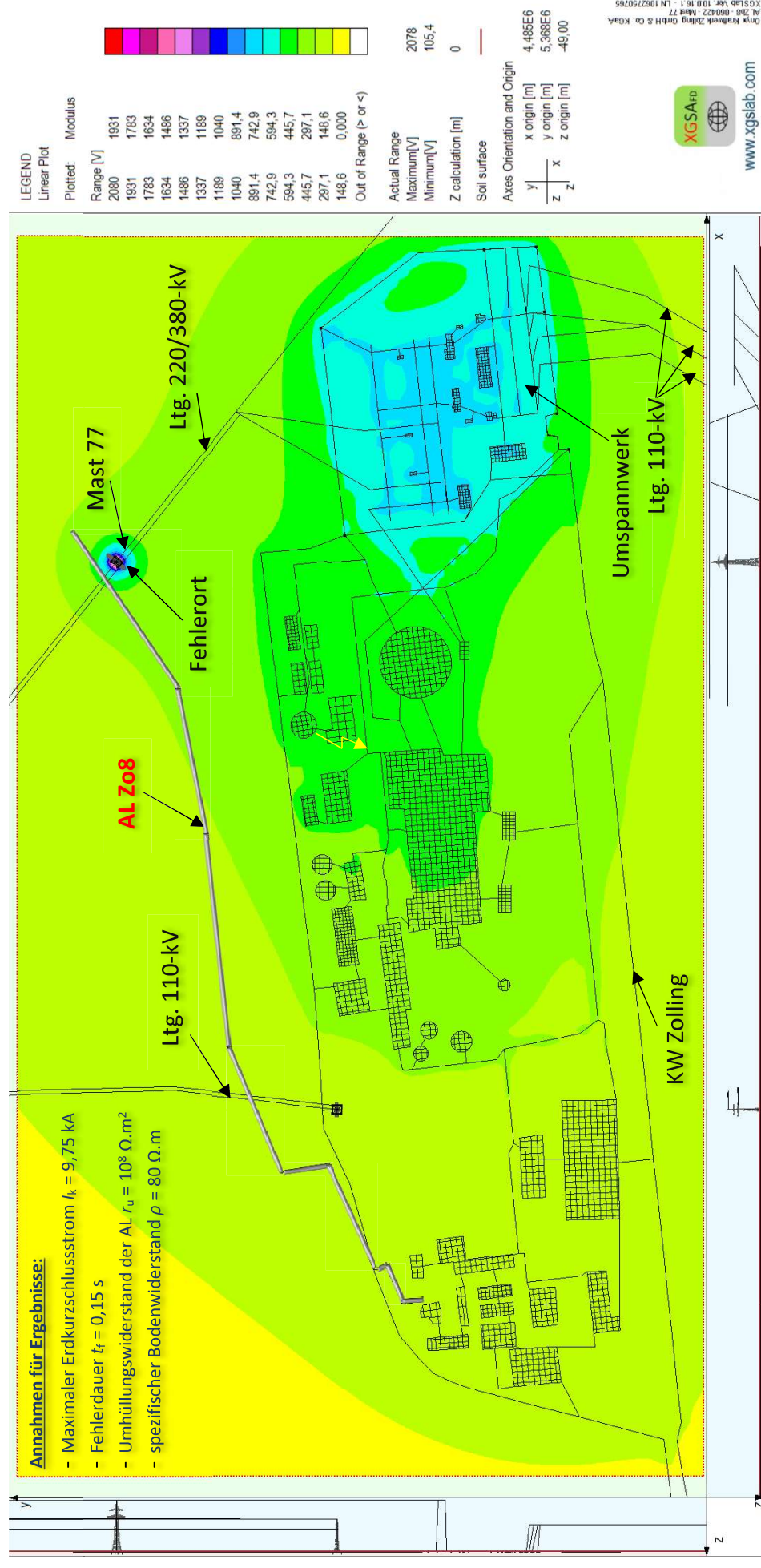


Bild 28: Erdoberflächenpotential im Bereich Kraftwerk Zolling und AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (2D-Darstellung)

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

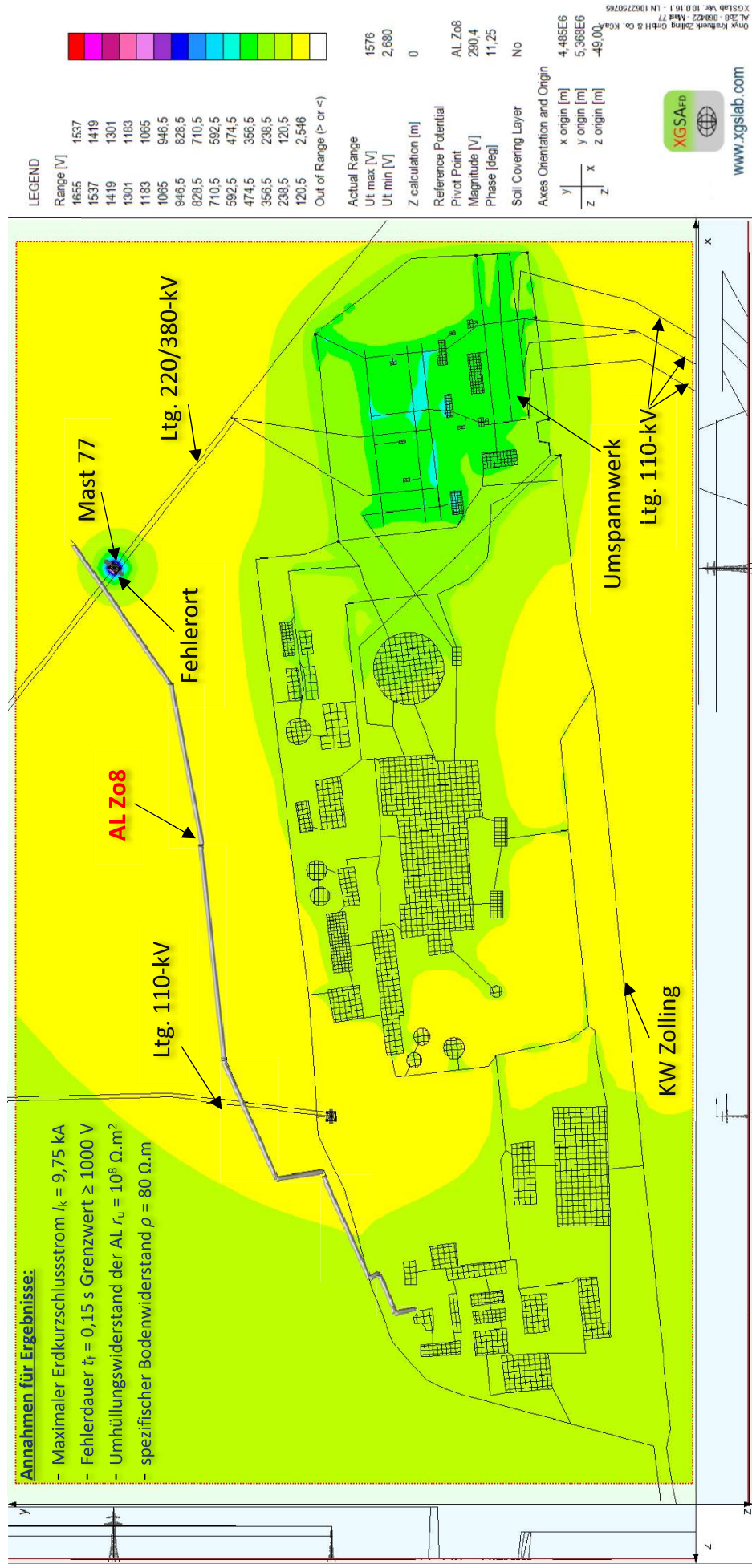


Bild 30: Berührungsspannung am Referenzelement „AL Zo8“ bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 45

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

- Annahmen für Ergebnisse:**
- Maximaler Erdkurzschlussstrom $I_k = 9,75 \text{ kA}$
 - Fehlerdauer $t_f = 0,15 \text{ s}$ Grenzwert $\geq 1000 \text{ V}$
 - Umhüllungs-widerstand der AL $r_u = 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$
 - spezifischer Bodenwiderstand $\rho = 80 \Omega \cdot \text{m}$

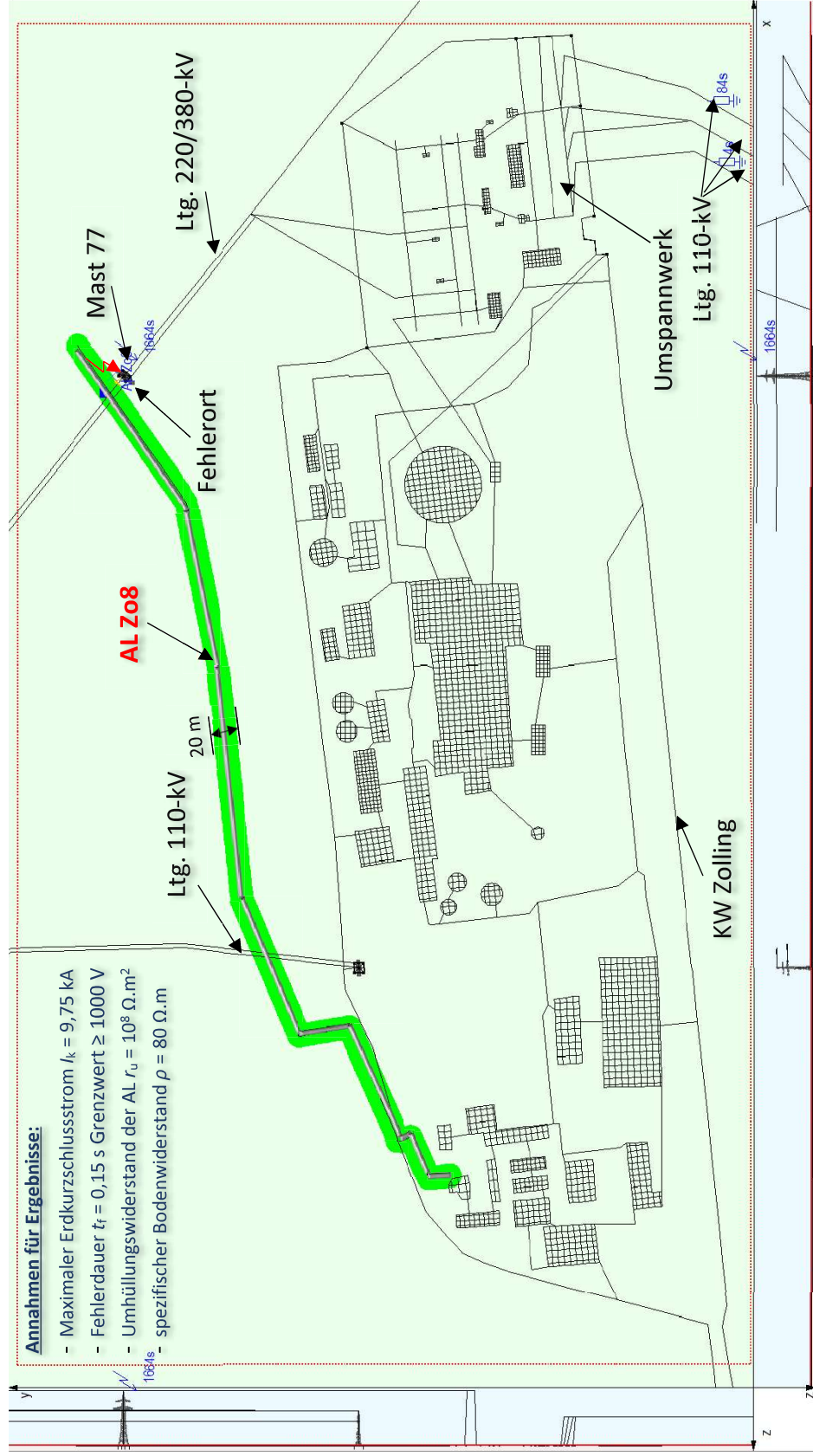


Bild 31: Schritt- und Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77



www.xgslab.com

Only Krakow Zölling GmbH & Co. KGAA
AL Zo8 - 080427 - Mast 77
XGSLab Ver. 10.0.16.1 - LN 1062750765



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 46

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

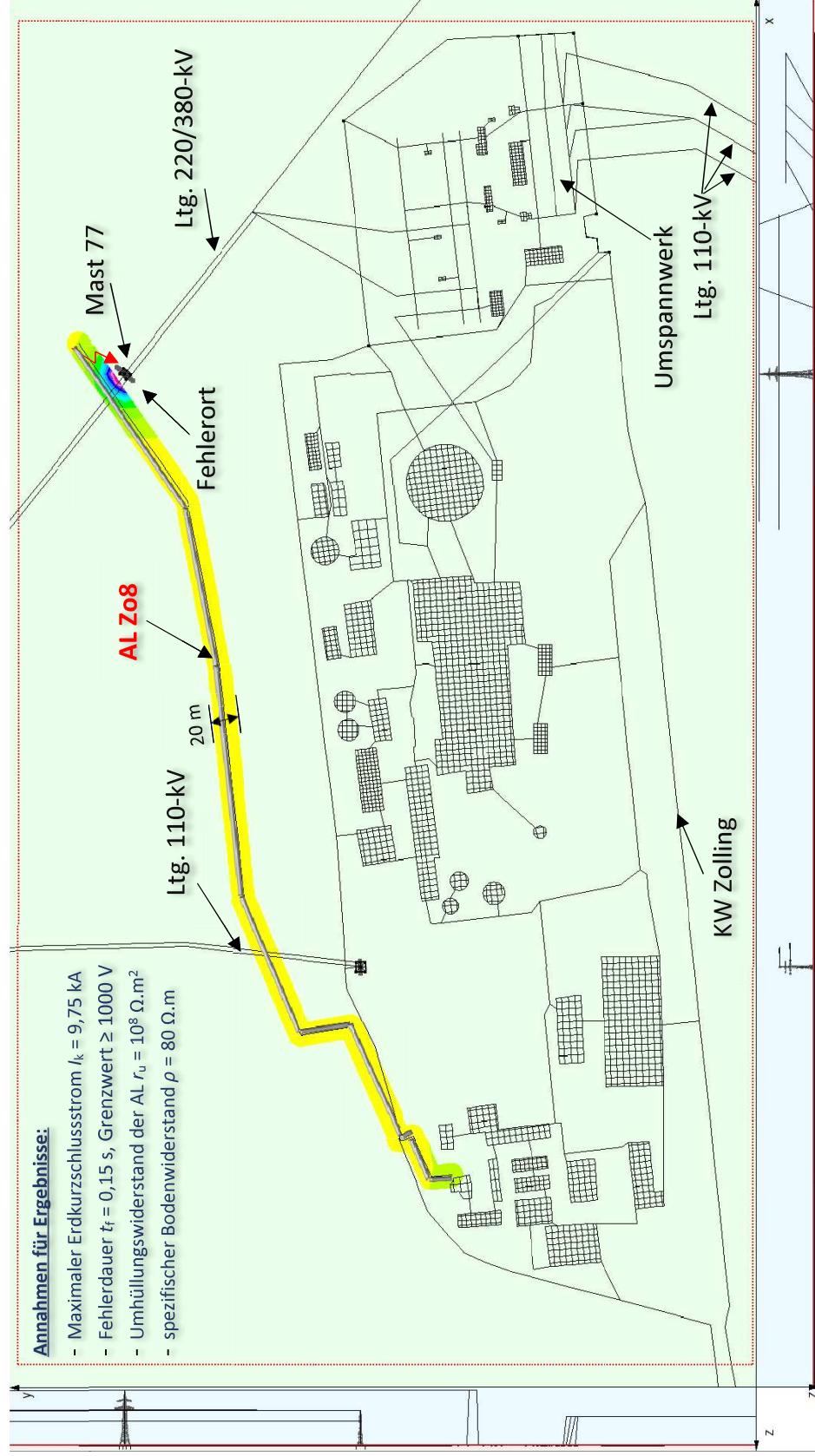


Bild 32: Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (2D-Darstellung)



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 47

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Titel: HS-Gutachten

- Annahmen für Ergebnisse:**
- Maximaler Erdkurzschlussstrom $I_k = 9,75 \text{ kA}$
 - Fehlerdauer $t_f = 0,15 \text{ s}$, Grenzwert $\geq 5 \text{ kV}$
 - Umhüllungswiderstand der AL $r_u = 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$
 - spezifischer Bodenwiderstand $\rho = 80 \Omega \cdot \text{m}$

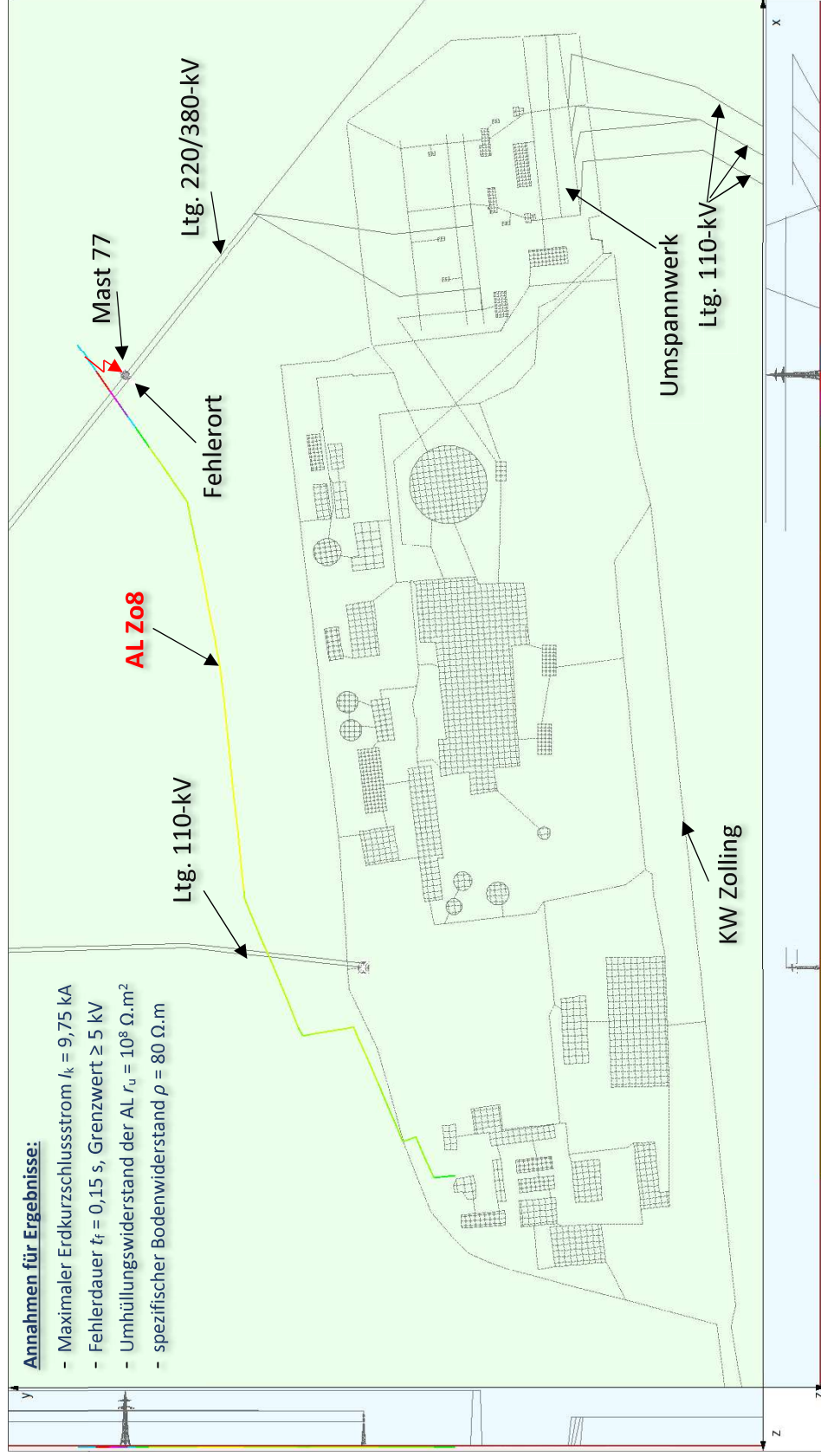


Bild 33: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77



MAX STREICHER
GmbH & Co. Kommandit-
gesellschaft auf Aktien

Hochspannungsgutachten

Seite: 48

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

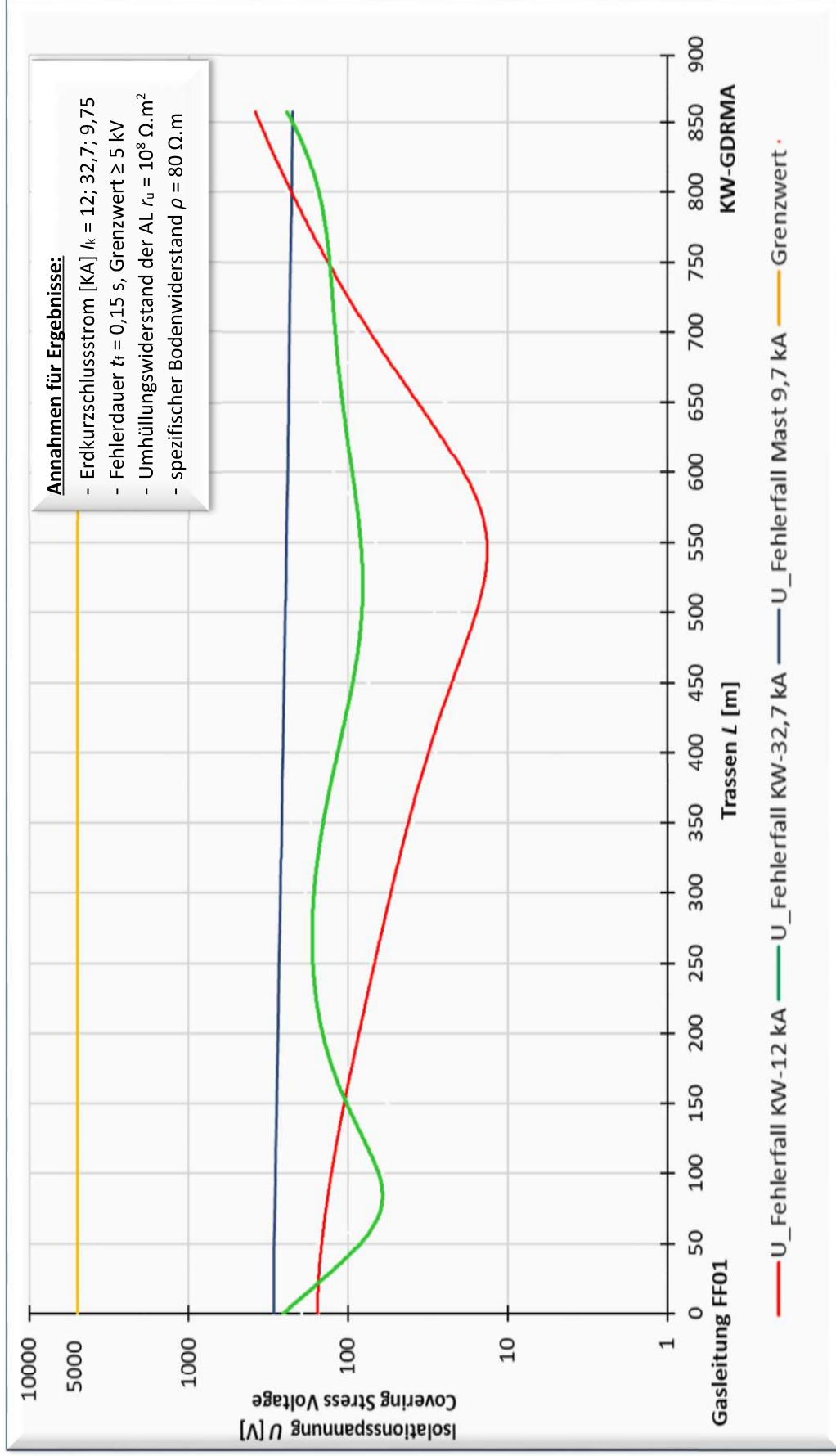


Bild 34: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss alle Fehlerfälle

<p>Hochspannungsgutachten</p>		<p>Seite: 49</p>
<p>Titel: HS-Gutachten</p>	<p>Hochspannungsbeeinflussungen der Gasanschlussleitung AL Zo8</p>	

Anhang D-2: induktive Beeinflussungen (Langzeitbeeinflussung)

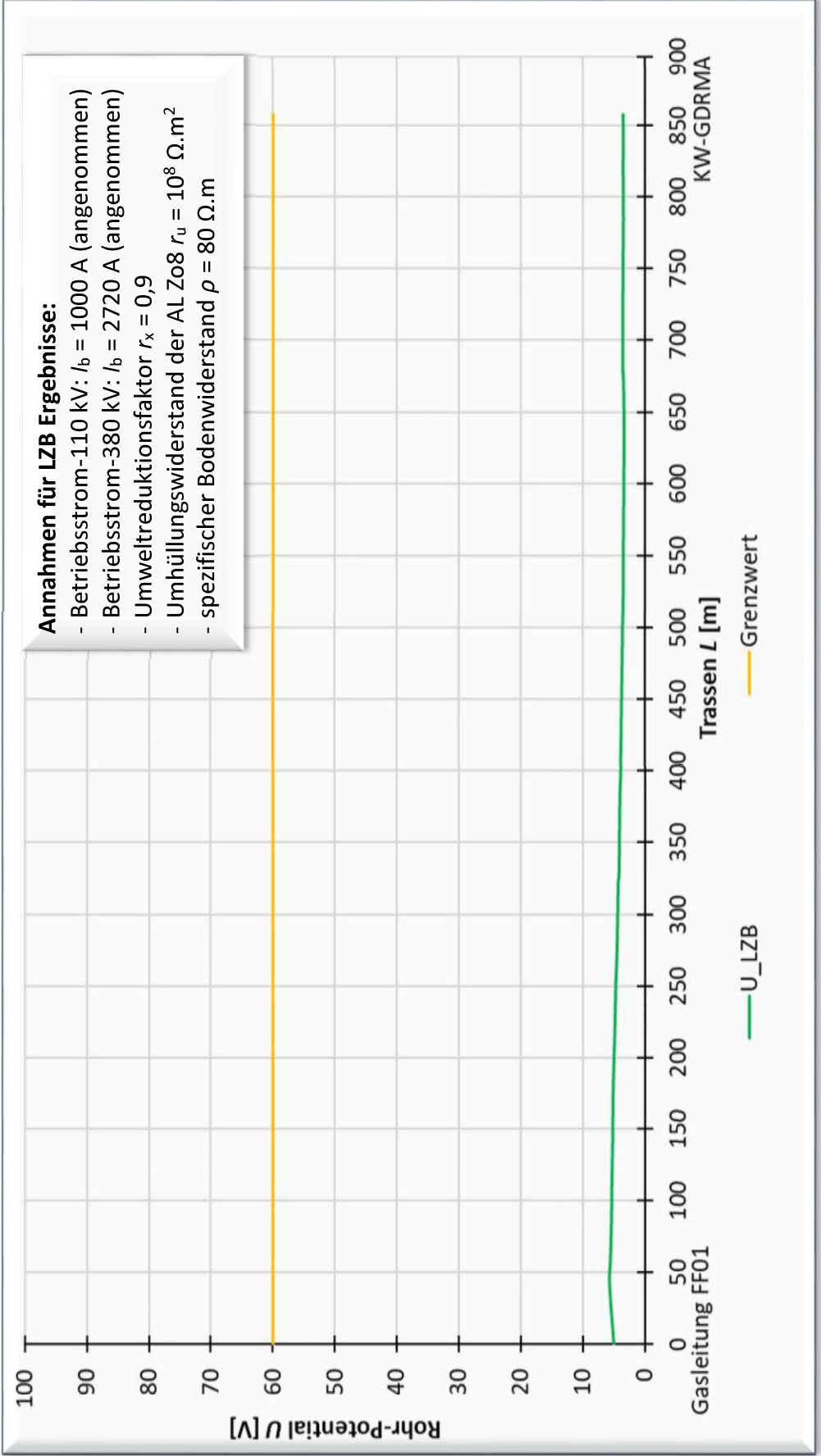


Bild 35: Rohr- Potential entlang der Gasanschlussleitung AL Zo8 bei induktiver Langzeitbeeinflussung LZB

<p>Hochspannungsgutachten</p>	 <p>MAX STREICHER GmbH & Co. Kommandit- gesellschaft auf Aktien</p>	<p>Seite: 50</p>
<p>Titel: HS-Gutachten</p>	<p>Hochspannungsbeeinflussungen der Gasanschlussleitung AL Zo8</p>	

Anhang D-3: kapazitive- und induktive Beeinflussungen (Langzeitbeeinflussung - Bauphase)

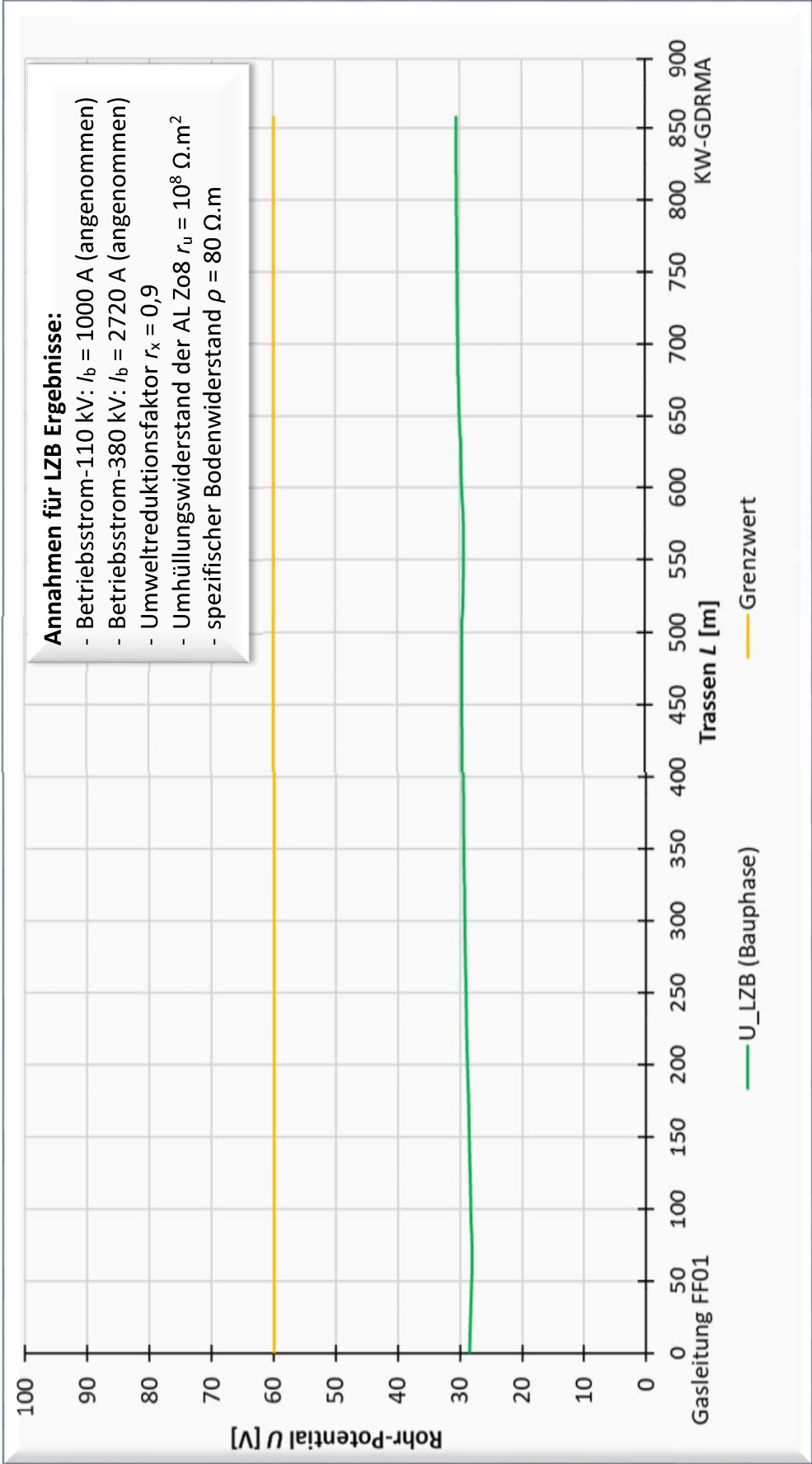


Bild 36: Rohr- Potential entlang der Gasanschlussleitung AL Zo8 bei kapazitiver- und induktiver Langzeitbeeinflussung LZB (Bauphase)

12. Literaturverzeichnis

- [1] DVGW GW 22 (A), Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlage; textgleich mit der AfK-Empfehlung Nr. 3 und der Technischen Empfehlung Nr. 7 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (02.2014).
- [2] DVGW GW 22 (B1), Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom- Bahnanlagen; Beiblatt 1: Ergänzende Hinweise zu Betriebszuständen von Hochspannungsfreileitungen und Maßnahmen (04.2017).
- [3] Technische Empfehlung Nr. 1, Anleitung zur Berechnung der in Telekommunikationsleitungen (TK) durch Starkstromleitungen, induzierten Spannungen, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (06.2006).
- [4] Technische Empfehlung Nr. 2, Richtlinie über hochspannungsbeeinflusste Nachrichtenanlagen (außer Blockleitungen) für den Bahnbetrieb, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (11.2004).
- [5] Technische Empfehlung Nr. 3, Richtlinie für Schutzmaßnahmen an Tk-Anlagen gegen Beeinflussung durch Netze der elektrischen Energieübertragung, -verteilung sowie Wechselstrombahnen, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (04.2005).
- [6] Technische Empfehlung Nr. 7, Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (02.2014).
- [7] Technische Empfehlung Nr. 7-B1, Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen, Beiblatt 1: Ergänzende Hinweise zu Betriebszuständen von Hochspannungsfreileitungen und Maßnahmen, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (04.2017).
- [8] Technische Empfehlung Nr. 8, Anleitung zur rechnerischen und messtechnischen Ermittlung der Reduktionwirkung von Kompensationsleitern, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (03.1980).
- [9] Technische Empfehlung Nr. 9, Hinweise zur Planung von Gemeinschaftsfreileitungen, bei denen Bahnstromenergieleitungen (16,7 Hz) auf einem Gestänge mit Höchstspannungsstromkreisen (50 Hz) geführt werden, Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen (04.2018).

- [10] Arbeitsgemeinschaft DVGW/VDE für Korrosionsfragen - Empfehlung Nr. 3 (AFK 3), Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen (02.2014).
- [11] Telecommunication Standardization sector of ITU-T, K.68, operator responsibilities in the management of electromagnetic interference by power systems on telecommunication systems, International Telecommunication Union (04.2013).
- [12] DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen (04.2013)
- [13] Teil 1: Grundlagen, Grenzwerte, Berechnungs- und Messverfahren;
DIN VDE 0845-6-2 (VDE 0845-6-2), Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen, Teil 2: Beeinflussung durch Drehstromanlagen (09.2014).
- [14] DIN VDE 0228-3 (VDE 0228-3) Maßnahmen bei Beeinflussung von Fernmeldeanlagen durch Starkstromanlagen, Beeinflussung durch Wechselstrom-Bahnanlagen (09.1988).
- [15] DIN EN 50443 (VDE 0845-8), Auswirkungen elektromagnetischer Beeinflussungen von Hochspannungswechselstrombahnen und/oder Hochspannungsanlagen auf Rohrleitungen (08.2012).
- [16] DIN EN 15280 (Deutsche Fassung EN 15280) Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit durch Wechselstrom an erdverlegten Rohrleitungen anwendbar für kathodisch geschützte Rohrleitungen (2013).
- [17] DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1), Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV, Teil 1: Allgemeine Bestimmungen (12.2014).
- [18] DIN EN 50522 (VDE 0101-2), Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV (11.2011).
- [19] DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1), Freileitungen über AC 1 kV,
Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Gemeinsame Festlegungen (11.2013).
- [20] DIN EN 50341-2-4 (VDE 0210-2-4), Freileitungen über AC 45 kV, Teil 2-4: Nationale Normative Festlegungen (NNA) (04.2016).
- [21] DIN EN 50443 (VDE 0845-8), Auswirkungen elektromagnetischer Beeinflussungen von Hochspannungswechselstrombahnen und/oder Hochspannungsanlagen auf Rohrleitungen (08.2012).

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

- [22] DIN EN 61557-1 (VDE 0413-1), elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V, Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen (12.2007).
- [23] DIN EN 61557-5 (VDE 0413-5), elektrische Sicherheit in Niederspannungsnetzen bis AC 1 000 V und DC 1 500 V, Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen, Teil 5: Erdungswiderstand (12.2007).
- [24] DIN EN 60903 (VDE 0682-311), Arbeiten unter Spannung, Elektrisch isolierende Handschuhe (02.2012).
- [25] DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100), Betrieb von elektrischen Anlagen, Teil 100: Allgemeine Festlegungen (10.2015).
- [26] User's Guide, electromagnetic simulation for power, grounding and lightning protection systems, SINT Srl 09.2021
- [27] Nowak, K.-E., Geoelektrische Sondierung und andere Verfahren zur Ermittlung des spezifischen Erdwiderstandes, Mitteilungen des Brennstoffinstitutes Freiberg Sonderheft Nr. 6 (Freiberg 1973)
- [28] Wenner, F, A Method of Measuring earth resistivity, National Institute of standards & Technology Research Information Center, Gaithersburg, MD 20899 (Washington, 1915)
- [29] Basic Principles in Using IPI2 win Software

Angaben und Unterlagen zur Gasanschlussleitung AL Zo8

- [30] Übersichtspläne 2500/5000 als PDF, DWG-Datei Übergabe am 01.12.2021, 20.01.2022 per E-Mail, durch Ingenieurbüro Weishaupt.

Angaben und Unterlagen zu den beeinflussenden Hochspannungsanlagen

- [31] Informationen als Anmerkungen per E-Mails- von Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA vom 04.02.2022,
- [32] Erdungspläne Standort Zolling als PDF Übergabe am 21.03.2022, 23.03.2022, 24.03.2022 per E-Mail, durch Onyx Kraftwerk Zolling GmbH.
- [33] Übersichtspläne der Kurzschlußrechnung Kraftwerk Zolling Block 5, Übergabe am 23.03.2022 per E-Mail, durch Onyx Kraftwerk Zolling GmbH.
- [34] Messprotokoll Fundamentender BE01-BE07, Übergabe am 24.03.2022 per E-Mail, durch Onyx Kraftwerk Zolling GmbH.

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

[35] Elektrische und technische Angaben / Unterlagen zu der beeinflussenden 220/380-kV-Freileitung Übergabe am 15.02.2022 per E-Mails von TenneT TSO GmbH.

Weitere verfügbare Hilfsmittel

[36] Webseite: Overpass turbo, <https://overpass-turbo.eu/> und <https://www.openstreetmap.de/>

[37] Webseite: Stromnetzkarte, [Stromnetzkarte auf Basis von OSM-Daten](#)

[38] Webseite: Netz und Versorger, <https://www.netze-und-versorger.de/>

13. Abbildungsverzeichnis:

Bild 1: Übersicht des Erdungssystemes des Kraftwerkes und der HS-Leitungen neben der Gasanschlussleitung AL Zo8 (ohne Hintergrund).....	20
Bild 2: Übersicht des Erdungssystemes des Kraftwerkes und der HS-Leitungen neben der Gasanschlussleitung AL Zo8 (Hintergrund: Maps)	21
Bild 3: Planübersicht (Messungen des spezifischen Bodenwiderstands)	22
Bild 4: Satellitenbild Position 01	23
Bild 5: Modellierter Schichtenverlauf (Sondierung-Position 1)	23
Bild 6: Satellitenbild Position 02	24
Bild 7: Messwertdiagramm (Sondierung-Position 2)	24
Bild 8: Satellitenbild Position 03	25
Bild 9: Messwertdiagramm (Sondierung-Position 3)	25
Bild 10: Bodenschichten bei Position 01	26
Bild 11: Bodenschichten bei Position 02	26
Bild 12: Bodenschichten bei Position 03	26
Bild 13: Erdoberflächenpotential im Bereich AL Zo8 und Kraftwerk Zolling bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (3D-Darstellung)	27
Bild 14: Erdoberflächenpotential im Bereich Kraftwerk Zolling und AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (2D-Darstellung)	28
Bild 15: Schritt- und Berührungsspannung, Referenzpunkt „AL Zo8-Punkt 3“ bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA.....	29
Bild 16: Berührungsspannung am Referenzelement „AL Zo8“ bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (2D-Darstellung).....	30
Bild 17: Schritt- und Berührungsspannung im Bereich 20 m Breite entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA.....	31
Bild 18: Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA (2D-Darstellung)	32
Bild 19: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 12 kA	33
Bild 20: Erdoberflächenpotential im Bereich AL Zo8 und Kraftwerk Zolling bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (3D-Darstellung)	34
Bild 21: Erdoberflächenpotential im Bereich Kraftwerk Zolling und AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (2D-Darstellung)	35
Bild 22: Schritt- und Berührungsspannung am Referenzpunkt „AL Zo8-Punkt 2“ bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA.....	36
Bild 23: Berührungsspannung am Referenzelement „AL Zo8“ bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (2D-Darstellung).....	37
Bild 24: Schritt- und Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA.....	38
Bild 25: Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA (2D-Darstellung)	39
Bild 26: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 32,7 kA	40
Bild 27: Erdoberflächenpotential im Bereich AL Zo8 und Kraftwerk Zolling bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (3D-Darstellung)	41

Titel: HS-Gutachten

Hochspannungsbeeinflussungen
der Gasanschlussleitung AL Zo8

Bild 28: Erdoberflächenpotential im Bereich Kraftwerk Zolling und AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (2D-Darstellung)	42
Bild 29: Schritt- und Berührungsspannung am Referenzpunkt „AL Zo8-Punkt 1“ bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77	43
Bild 30: Berührungsspannung am Referenzelement „AL Zo8“ bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (2D-Darstellung)	44
Bild 31: Schritt- und Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77	45
Bild 32: Berührungsspannung im Bereich eines 20 m breiten Streifens entlang der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 (2D-Darstellung)	46
Bild 33: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss 9,75 kA am Freileitungsmast 77 ...	47
Bild 34: Isolationsspannung der AL Zo8 bei 1poligem Erdkurzschluss alle Fehlerfälle.....	48
Bild 35: Rohr- Potential entlang der Gasanschlussleitung AL Zo8 bei induktiver Langzeitbeeinflussung LZB	49
Bild 36: Rohr- Potential entlang der Gasanschlussleitung AL Zo8 bei kapazitiver-und induktiver Langzeitbeeinflussung LZB (Bauphase).....	50

14. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Kriterien für die Erfordernisse zur Untersuchung des Trassenverlaufes von Rohrleitungen im Hinblick auf die HS-Beeinflussungsart durch Hochspannungsanlagen.	10
Tabelle 2: Grenzwerte der Beeinflussungsspannungen hinsichtlich Personengefährdung an Rohrleitungen infolge einer Beeinflussung durch Hochspannungsleitungen bzw. Hochspannungsanlagen	11
Tabelle 3: Messwerttabelle (Sondierung 01)	23
Tabelle 4: Messwerttabelle (Sondierung 2)	24
Tabelle 5: Messwerttabelle (Sondierung 03)	25