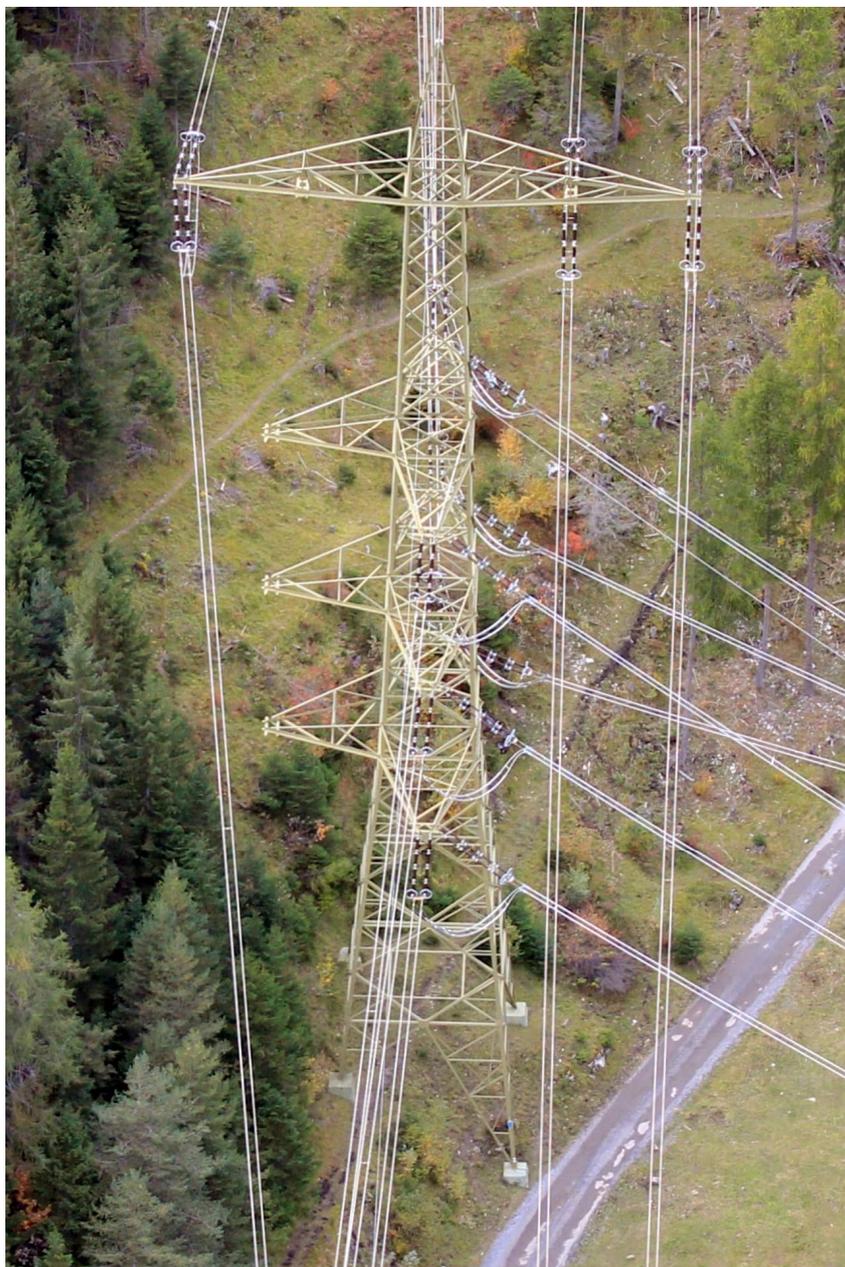


Bericht
NISV- Berechnung
Swissgrid TR1360 Pradella-Sils



Christophe Doublet

Projektingenieur Freileitungen

31. Januar 2025

Projekt Nr.: | Anlage / Objekt: Swissgrid TR1360 | Bericht Nr.: EEL100010



Details zum Dokument

Titel
Datei

NISV-Berechnung – TR1360 Pradella-Sils
250131_NISV_TR1360.docx

Änderungsindex

Revision	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
00	31.01.2025	C. Doublet	R. Szillat	A. Brönnimann
		<small>DocuSigned by:</small> <i>Christophe Doublet</i> <small>355333CF-10974724...</small>	<small>Signed by:</small> <i>Rafael Szillat</i> <small>092355F7-7C2F6444...</small>	<small>DocuSigned by:</small> <i>Adrian Brönnimann</i> <small>F7618F54D7FF4321...</small>

Verteiler

Name	STKZ

Inhaltsverzeichnis

1. Kontext und gesetzlicher Rahmen	3
2. Berechnungsannahmen und elektrische Daten	3
2.1. Vorhaben und NISV	3
3. Ergebnisse der 2D Berechnungen	4
3.1. Mastbild und Ketten	4
3.2. Leiterseile und massgebender Betriebszustand	5
3.3. Magnetisches Feld (B-Feld)	6
3.4. Elektrisches Feld (E-Feld)	10
4. Ergebnisse der 3D Berechnungen	11
4.1. Leitungen auf dem betroffenen Trassenabschnitt	11
4.2. Untersuchungsperimeter und NISV-Abklärung	12
5. Schlussfolgerung	26
Referenzen	26

1. Kontext und gesetzlicher Rahmen

Dieser Bericht umfasst die elektromagnetischen Berechnungen für die 380-kV Swissgrid Trasse TR1360 Pradella-Sils zwischen den UW Sils (Portal S096x006 und S096x009) und UW Filisur (Portal Nr. S032x001).

Im Rahmen des Sanierungsprojektes sollen diverse Verstärkungen und/oder Erhöhungen an den Tragwerken angebracht und neue Isolatoren Ketten montiert.

In der Verordnung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV - Stand am 1. November 2023), die seit dem 1. Februar 2000 in Kraft ist, sind folgende Grenzwerte an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) festgelegt:

- Bei bereits bestehenden Anlagen (bestehende Leitungen oder Kabelleitungen): 100 μ T (Immissionsgrenzwert) für den Effektivwert der magnetischen Flussdichte B.
Bestehende Leitungen sind jedoch zu sanieren, d.h. ihre Phasenbelegung ist optimal zu konfigurieren, wenn dies nicht schon der Fall ist.
- Nach dem 1. Februar 2000 erstellte Anlagen oder eingezonte Parzellen: 1 μ T (Anlagengrenzwert).

Die 44km lange TR1360 (Baujahr 1966) besteht aus zwei Leitungsstränge, die heute mit 380-kV betrieben sind. Zwischen UW Sils (Portal S096x006 und S096x009) und UW Filisur (Portal Nr. S032x001) ist die aktuelle Phasenordnung der Leiterseile NIS-optimiert für parallele Lastflussrichtungen.

Alle in dem vorliegenden Bericht dargestellten Berechnungen wurden mit Hilfe der Software EFC-400 Version 2024 durchgeführt.

2. Berechnungsannahmen und elektrische Daten

2.1. Vorhaben und NISV

Bei diesem Projekt ist zu beachten, dass das Vorhaben aus Sicht der NISV unterschiedlich eingestuft werden kann (alte Anlage, Änderung einer alten Anlage oder neue Anlage).

Vorhaben für die Sanierung von TR1360:

- Diverse Verstärkungen und/oder Erhöhungen von gewissen Tragwerken am selben Standort
- Einsatz von neuen Ketten (Trag-Abspann-Ketten und kürzere Tragketten für Tragmasten und neue Abspannketten bei Abspannmasten) → Leiterseilposition erhöht oder unverändert.
- Massgebende Betriebszustand unverändert → Lastflussrichtung, Phasenlage, thermischer Grenzstrom bleiben unverändert.

Gemäss Anhang 1, Absatz 12, Ziffer 7, Buchstabe a und b der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung gilt das Höherlegen des gleichbleibenden Mastbildes nicht als Änderung einer alten Anlage.

Der geplante Umfang des Vorhabens bewirkt, dass die Leiterseile angehoben werden. Dies hat zur Folge, dass der Schlauch des Magnetfeldes (Isolinien) angehoben wird. Somit ist das vorliegende Projekt gemäss NISV nicht als Änderung einer alten Anlage zu klassifizieren (gemäss Anhang 1, Absatz 12, Ziffer 7).

Die Einhaltung der NISV (SR 814.70) ist für das geplante Vorhaben gemäss den geltenden gesetzlichen Grundlagen erfüllt.

Der Vollständigkeit halber wurden die Untersuchungs- und Legitimationsperimeter auf den Situationsplänen zwischen den Portal S096x006 und S096x009 dargestellt.

Die NISV wird beim Vorhaben vollumfänglich eingehalten.

3. Ergebnisse der 2D Berechnungen

Nachfolgend sind die Ergebnisse der 2D NIS-Berechnungen (Magnetfeld und elektrisches Feld) für TR1360 zusammengefasst.

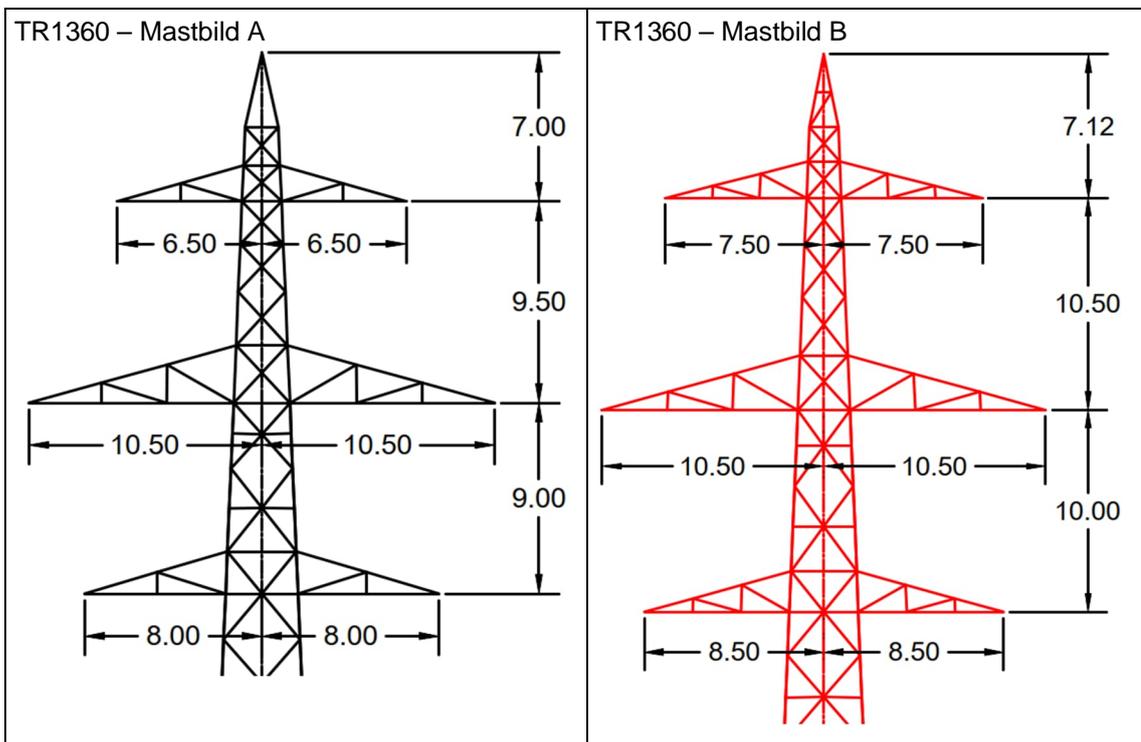
Für die 2D-Berechnung des Magnetfeldes sind die Geometrie der Tragwerke, die Materialeigenschaften der Leiterseile, deren Durchmesser und Material, die Phasenlage und die Lastflussrichtung der beiden elektrischen Systeme zu berücksichtigen.

Die Sicherheitsabstände zur Einhaltung der NISV-Werte für das elektrische Feld (5 kV/m) sind in der Regel etwa gleich gross wie die nach LeV einzuhaltenen Bodenabstände.

3.1. Mastbild und Ketten

Die TR1360-Strecke besteht aus 57 Tragwerken, nämlich 25 Abspannmasten und 32 Tragmasten. Für die NISV können diese 57 Tragwerken in 5 Mastfiguren unterteilt werden, bei denen die geometrische Anordnung der Phasen unterschiedlich ist:

Mastbild Typ	Z	V	VI	A1	A2	A3	A	T
Mastbild A	A: 11.00 T: 6.8-8.0	9.50	9.00	6.50	10.50	8.00	17	21
Mastbild B	A: 11.00 T: 7.12-8.12	10.50	10.00	7.50	10.50	8.50	0	11
Mastbild C	11.00	9.50	9.00	7.00	11.40	8.60	5	0
Mastbild D	11.00	9.50	9.00	8.00	12.50	9.50	1	0
Mastbild E	11.00	9.50	9.00	8.00	8.64	9.50	1	0
Anzahl Tragwerke:							24	32



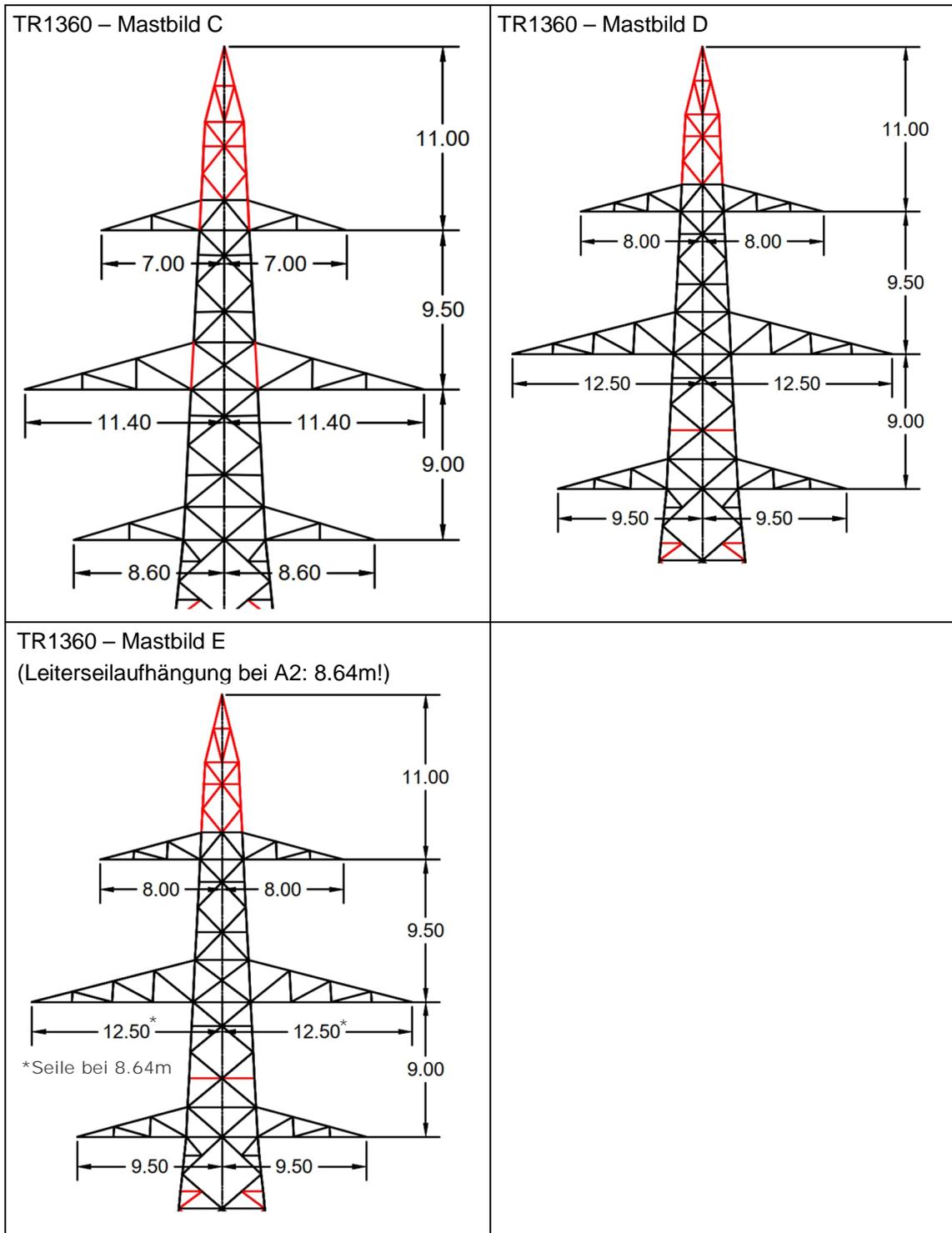


Abbildung 1: Mastbilder für TR1360

Alle Ketten an allen Tragwerken zwischen Nr. 1360a202 und Nr. 1360x258 werden ausgetauscht, um einen sicheren Betrieb mit 380kV zu ermöglichen.

3.2. Leiterseile und massgebender Betriebszustand

Die Trasse TR1360 zwischen UW Filisur und UW Sils besteht aus zwei Stränge zwischen den Tragwerken 1360a202 und 1360x258: 2x(3x2x600mm²Ad). Die Leiterseile dieser beiden

Leitungen sind 600mm² Aldrey (Bündelleiters) zwischen beiden Portalen UW Filisur (S032x001) und UW Sils (S096x006/S096x009).

Trasse	Nr.	Name	Spannung	Leiterseile Phasen x Seil x Querschnitt / Material	Grenzstrom	Lastfluss
Swissgrid TR1360	ST929	Pradella-Sils	380kV	3x2x600mm ² Ad	1830A (Begrenzung)	→ Sils
	ST637	Filisur-Sils (Schin)	380kV	3x2x600mm ² Ad	1920A	→ Sils

3.3. Magnetisches Feld (B-Feld)

Wie bereits erwähnt, wurden für den Trasse TR1360 fünf Mastsilhouetten verwendet. Die Magnetfeldberechnungen wurden für diese 5 Mastfiguren durchgeführt und sind in diesem Abschnitt zusammengefasst.

Untersuchungsperimeter

Mithilfe der Software EFC400 wurden die Mastfiguren für die Magnetfeldberechnungen in 2D modelliert. Da die beiden Systeme nicht für denselben massgebenden Grenzstrom berechnet werden, ist es normal, dass die Profile nicht symmetrisch sind.

Legitimationsperimeter

Im Gegensatz zum Untersuchungsperimeter, der aufgrund der beiden unterschiedlichen Stromwerte zwischen den beiden Strängen nicht symmetrisch ist, ist der Legitimationsperimeter symmetrisch. Sein Wert beträgt das Doppelte des grössten Wertes des Untersuchungsperimeters, d. h. 2x den linken Wert.

Magnetfeld	Untersuchungsperimeter 1µT	Legitimationsperimeter
Bündelleiter 3x2x600mm ² Ad	1830A / 1920A	
Mastbild A	-61.5/+58.5m	±123.0m
Mastbild B	-64.5/+61.0m	±129.0m
Mastbild C	-63.5/+60.5m	±127.0m
Mastbild D	-65.5/+62.5m	±131.0m
Mastbild E	-63.0/+60.0m	±126.0m

Abbildung 2: TR1360 Magnetfeld 2D Berechnung

Swissgrid 380kV Filisur-Sils i.D. TR1360
 Projekt: NISV, 2x(3x2x600 Ad), 1920A/1830A, parallel, Mastbild A

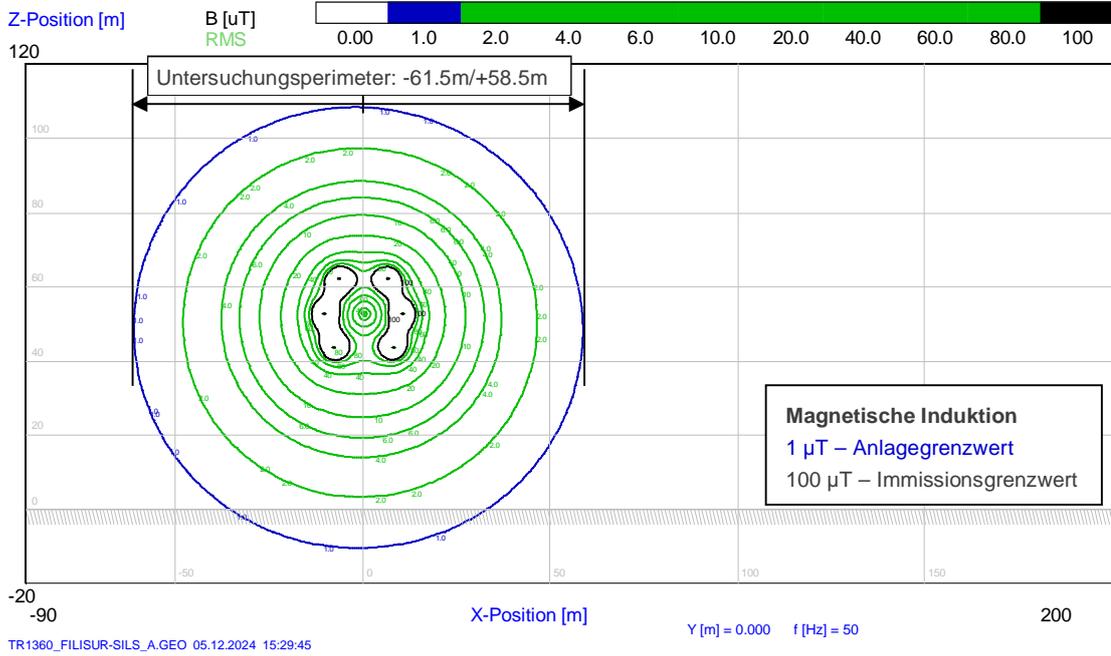


Abbildung 3: TR1360 Magnetfeld 2D Berechnung – Mastbild A

Swissgrid 380kV Filisur-Sils i.D. TR1360
 Projekt: NISV, 2x(3x2x600 Ad), 1920A/1830A, parallel, Mastbild B

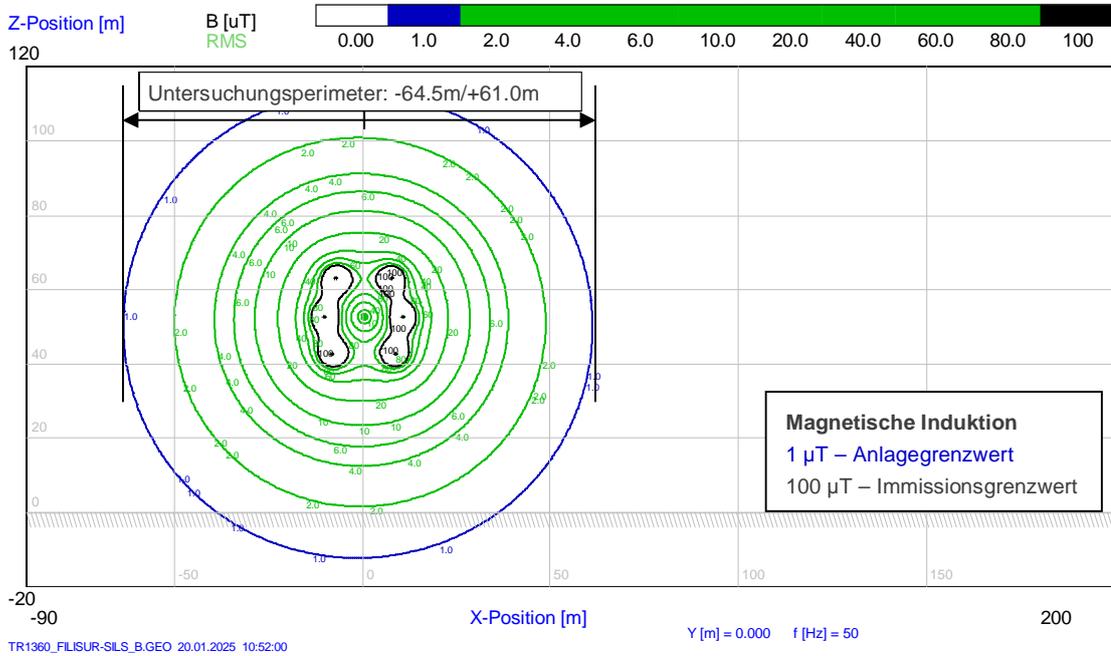


Abbildung 4: TR1360 Magnetfeld 2D Berechnung– Mastbild B

Swissgrid 380kV Filisur-Sils i.D. TR1360

Projekt: NISV, 2x(3x2x600 Ad), 1920A/1830A, parallel, Mastbild C

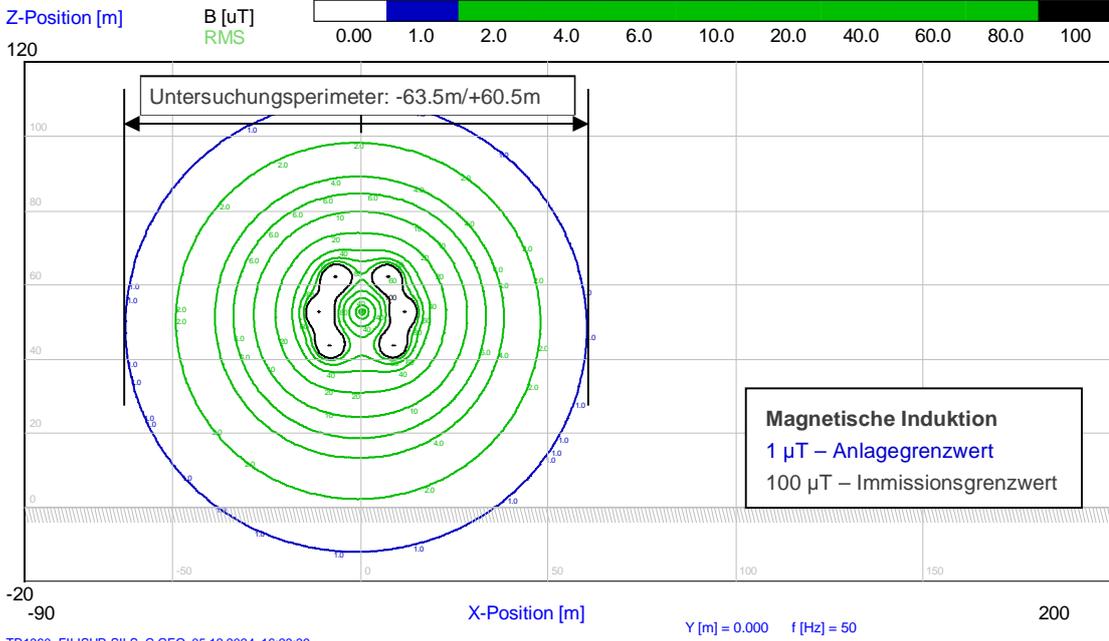


Abbildung 5: TR1360 Magnetfeld 2D Berechnung– Mastbild C

Swissgrid 380kV Filisur-Sils i.D. TR1360

Projekt: NISV, 2x(3x2x600 Ad), 1920A/1830A, parallel, Mastbild D

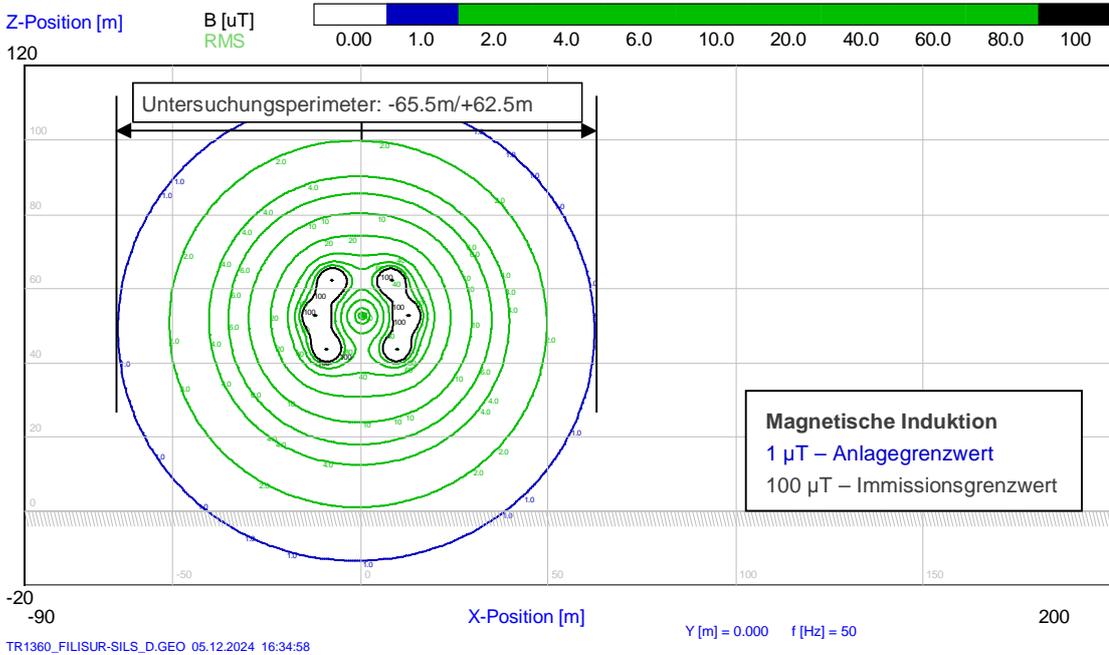
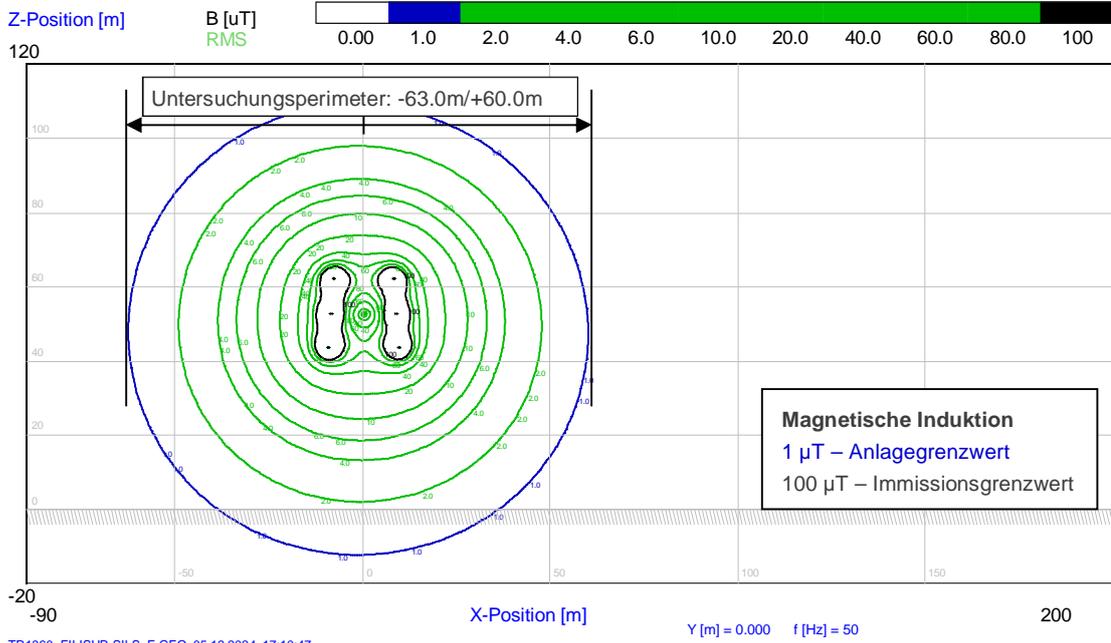


Abbildung 6: TR1360 Magnetfeld 2D Berechnung – Mastbild D

Swissgrid 380kV Filisur-Sils i.D. TR1360
 Projekt: NISV, 2x(3x2x600 Ad), 1920A/1830A, parallel, Mastbild E



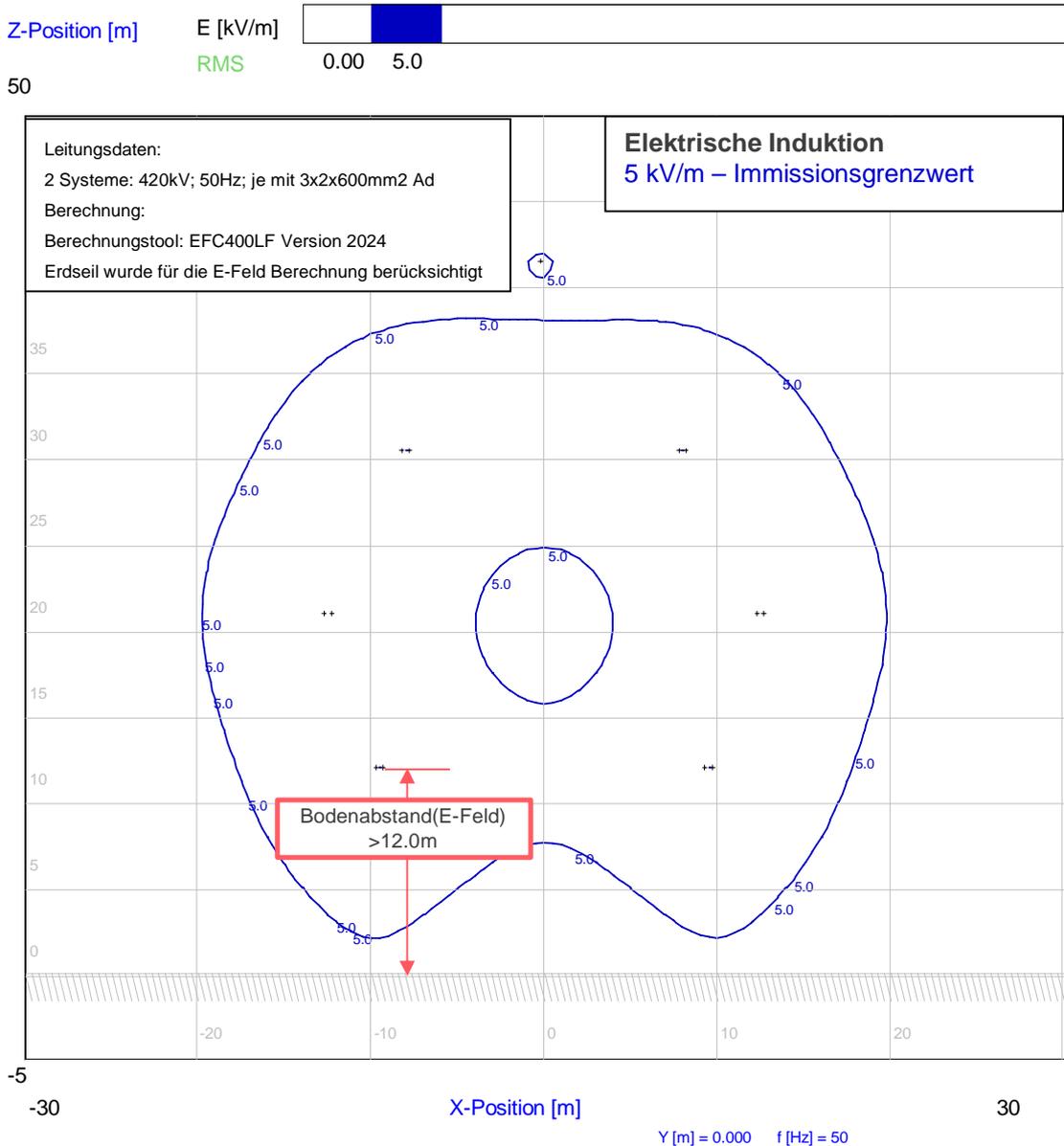
TR1360_FILISUR-SILS_E.GEO 05.12.2024 17:10:47

Abbildung 7: TR1360 Magnetfeld 2D Berechnung– Mastbild E

3.4. Elektrisches Feld (E-Feld)

Swissgrid 380kV Filisur-Sils i.D. TR1360

Projekt: NISV, 2x(3x2x600 Ad), 1920A/1830A, parallel, Mastbild D



TR1360_E-FELD_FILISUR-SILS_D_GEO 12.12.2024 16:30:33

E-Feld (höchste Betriebsspannung 420kV)	Höhe Leiterseile für E-Feld < 5kV/m, 1 m.ü.B
420kV	>12.0m

Abbildung 8: TR1360 Elektrisches Feld 2D Berechnung – Mastbild D (höchste erforderliche Höhe)

In Bezug auf elektrische Felder haben die 2D-Simulationen für jede fünf Mastfigur gezeigt, dass die Immissionsgrenzwerte eingehalten werden (5kV/m bei einer Höhe von 1m), solange die Leiterseile in einer Höhe von mehr als 12m über dem Boden positioniert sind.

Bezüglich des elektrischen Feldes werden die Immissionsgrenzwerte der NISV im Rahmen des Sanierungsprojektes beim Betrieb der TR1360 mit 380kV vollumfänglich eingehalten.

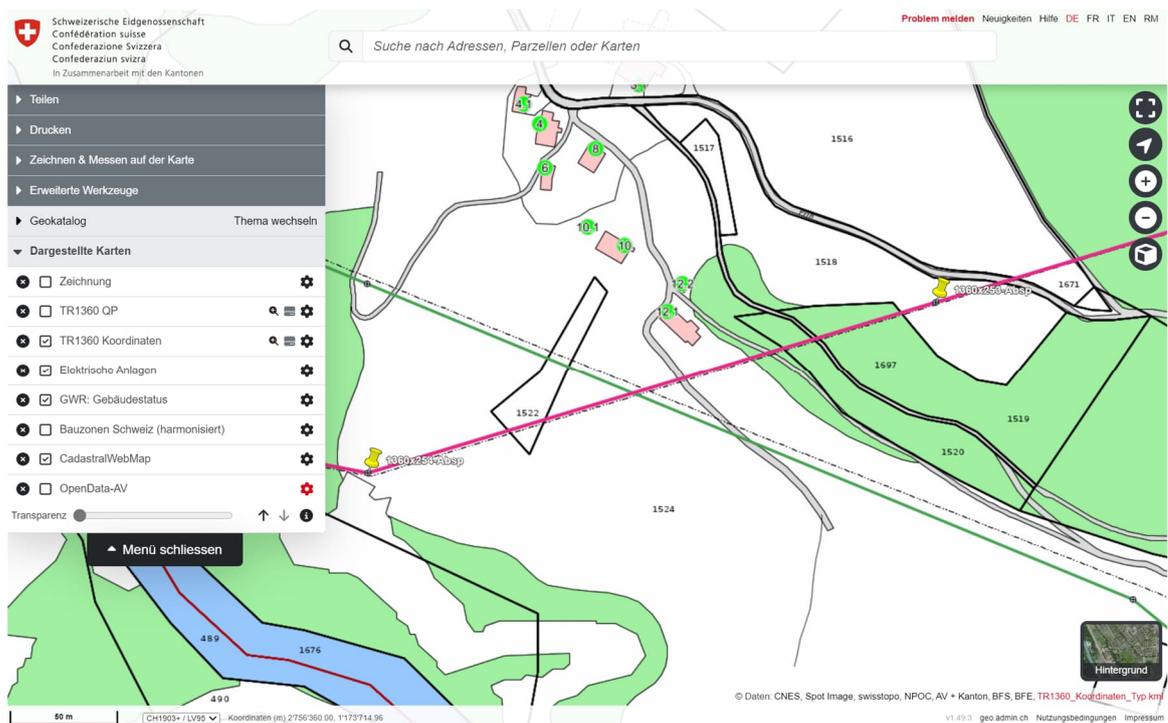
4. Ergebnisse der 3D Berechnungen

Um die NIS-Abklärung zu vervollständigen, wurde der Trasse TR1360 zwischen den Tragwerken 1360x202 und 1360x258 auf das Vorhandensein von Gebäuden im 1 μ T-Korridor überprüft. Dies erfolgte in zwei Schritten:

- Der Untersuchungsperimeter von -65.5/+62.5m zur Achse des TR1360 wurde in das GIS integriert, um alle Gebäude innerhalb dieses Korridors zu identifizieren, aufzulisten.
- In einem zweiten Schritt wurden die NIS-Querschnitte mit EFC-400 für beide Leitungskonfigurationen - die aktuelle und die mit den neuen Ketten - berechnet, um zu überprüfen, ob die Gebäude tatsächlich einer Strahlung von mehr als 1 μ T ausgesetzt sind.

Aufgrund der Nähe zum Trasse TR1353, das auf den ersten drei Spannweiten parallel zum Trasse TR1360 verläuft, musste dieses Trasse für die Magnetfeldberechnungen berücksichtigt werden.

4.1. Leitungen auf dem betroffenen Trassenabschnitt





4.2. Untersuchungsperimeter und NIS-Abklärung

Der Vollständigkeit halber wurden alle Gebäude nach ihrer GWR-Kategorie für den untersuchten Abschnitt TR1360 aufgelistet:

Objekt	Gebäude Nr.		EGID	Gebäudekategorie	Gebäudeklasse
	Amtliche	AV-Daten			
1	3-330A	1	190945010	Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	Sonstige Hochbauten, anderweitig nicht genannt
2	190	3	1172028	Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	-
3	190	1	1172028	Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	-
4	4-121+	13	191905231	Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	Gebäude mit einer Wohnung
5	4-67A	11	1172589	Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen
6	4-67A	9	1172589	Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen
7	4-53A	69	1172580	Andere Wohngebäude (Wohngebäude mit Nebennutzung)	Gebäude mit zwei Wohnungen
8	2-96	1	1172130	Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	Gebäude mit einer Wohnung
9	1-57A	13	190765109	Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	Andere Gebäude für kurzfristige Beherbergung
10	744	37	190168412	Gebäude mit ausschliesslicher Wohnnutzung	Gebäude mit einer Wohnung
11	169	10	1181398	Andere Wohngebäude (Wohngebäude mit Nebennutzung)	Gebäude mit einer Wohnung

Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR): Gebäudestatus (Bundesamt für Statistik BFS)

Objekt	EGID	Spannweite	Vorhaben	Bestand NISV	Magnetische Strahlung	
					Projekt	Ist
1	190945010	1360x206-x207	206: A / 207: TAK	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	1.5µT	1.6µT
2	1172028	1360x209-x210	209: T / 210: A	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	3.2µT	3.4µT
3	1172028	1360x209-x210	209: T / 210: A	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	3.2µT	3.4µT
4	191905231	1360x219-a220	219: A / 220: T	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	<1µT	-
5	1172589	1360x219-a220	219: A / 220: T	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	<1µT	-
6	1172589	1360x219-a220	219: A / 220: T	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	<1µT	-
7	1172580	1360a220-x221	220: T / 221: T	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	<1µT	-
8	1172130	1360x229-a230	229: A / 230: TAK	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	1.2µT	1.2µT
9	190765109	1360x235-a236	235: T / 236: T	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	1.0µT	1.0µT
10	190168412	1360x248-x249	248: A / 249: A	Alte Anlage Leiterseile unverändert	6.2µT (Abspannstrecke)	
11	1181398	1360x253-x254	253: T / 254: T	Änderung alten Anlage Leiterseile höher	<1µT	-

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm2Ad), 2x960A/2x915A, parallel

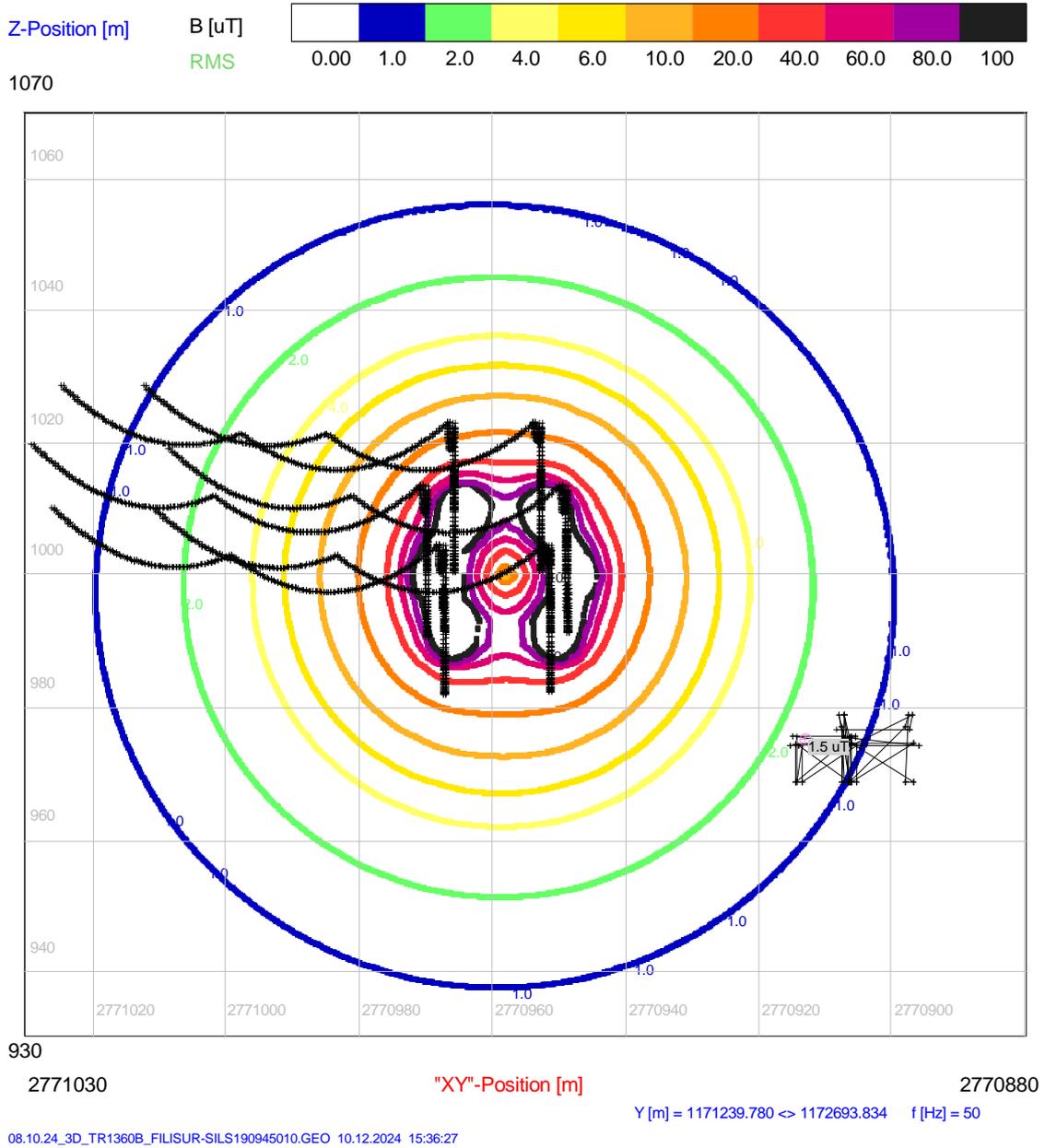


Abbildung 10: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 190945010) - Projekt

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm2Ad), 2x960A/2x915A, parallel - Ist-Zustand

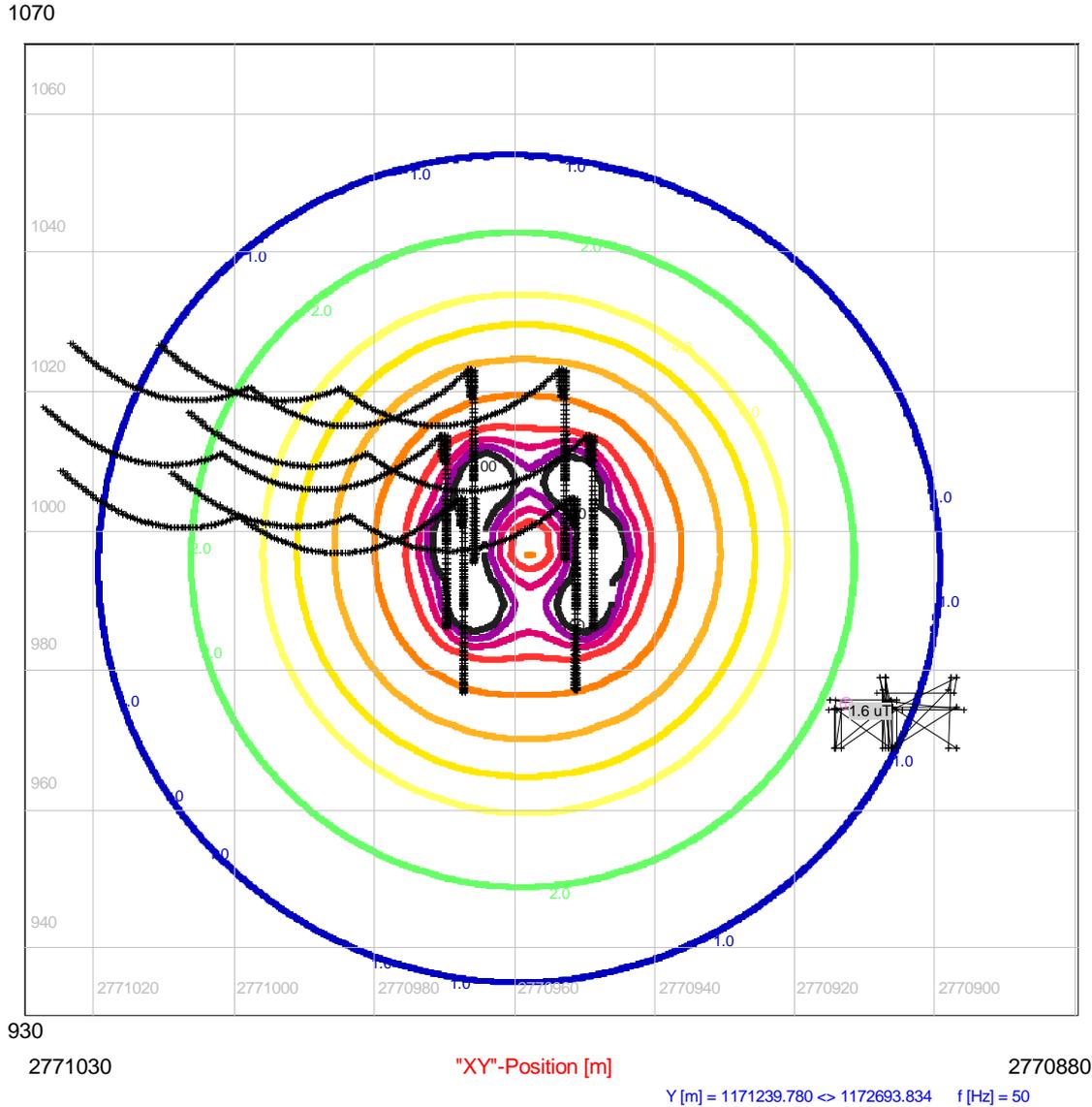
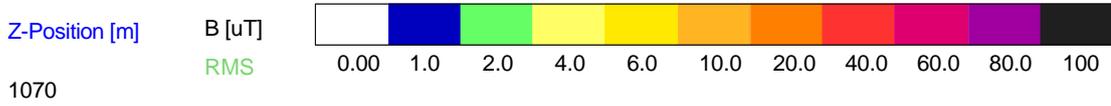


Abbildung 11: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 190945010) – Ist-Zustand

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm2Ad), 2x960A/2x915A, parallel - Ist-Zustand

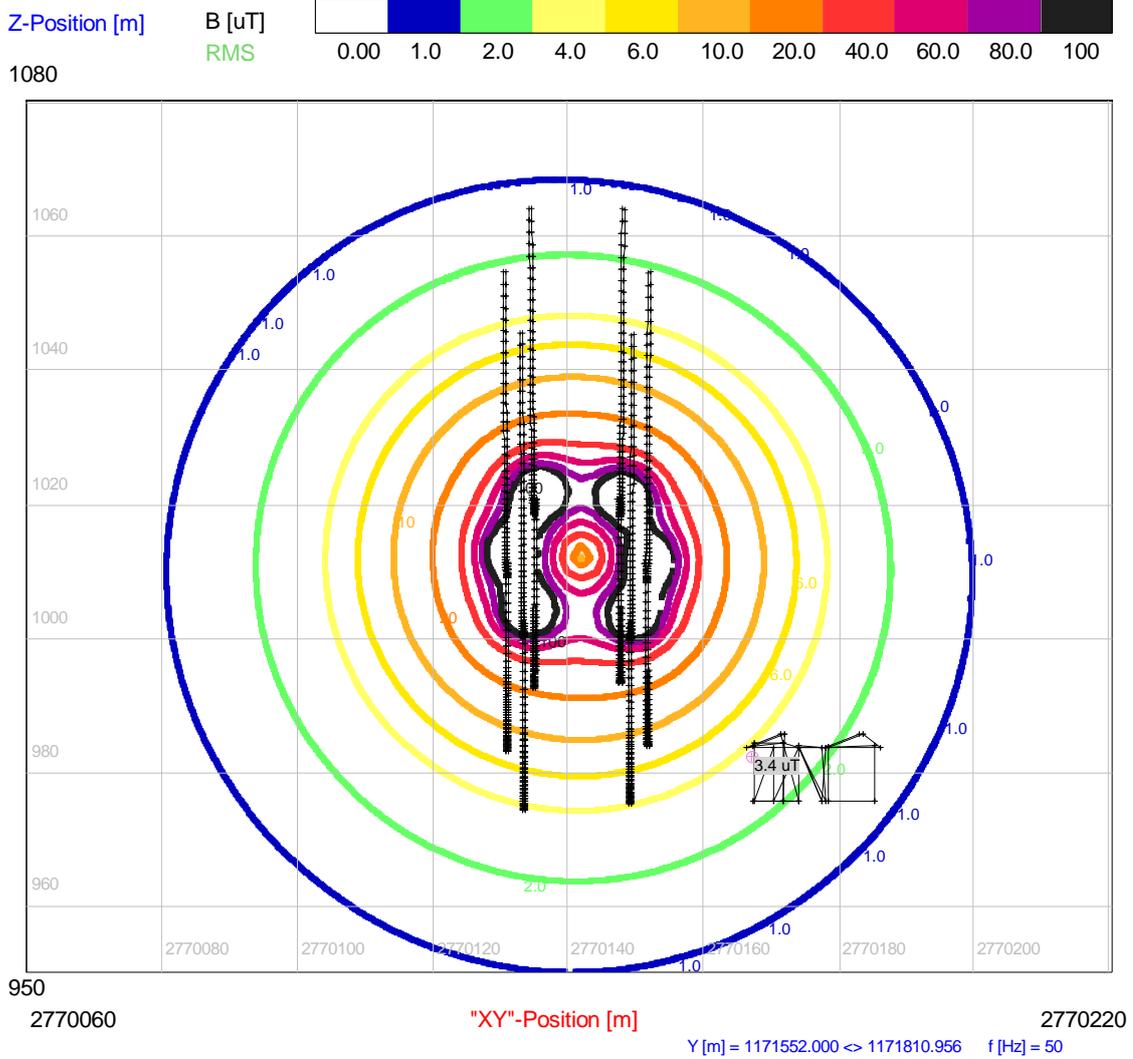


Abbildung 13: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 1172028) – Ist-Zustand

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm2Ad), 2x960A/2x915A, parallel

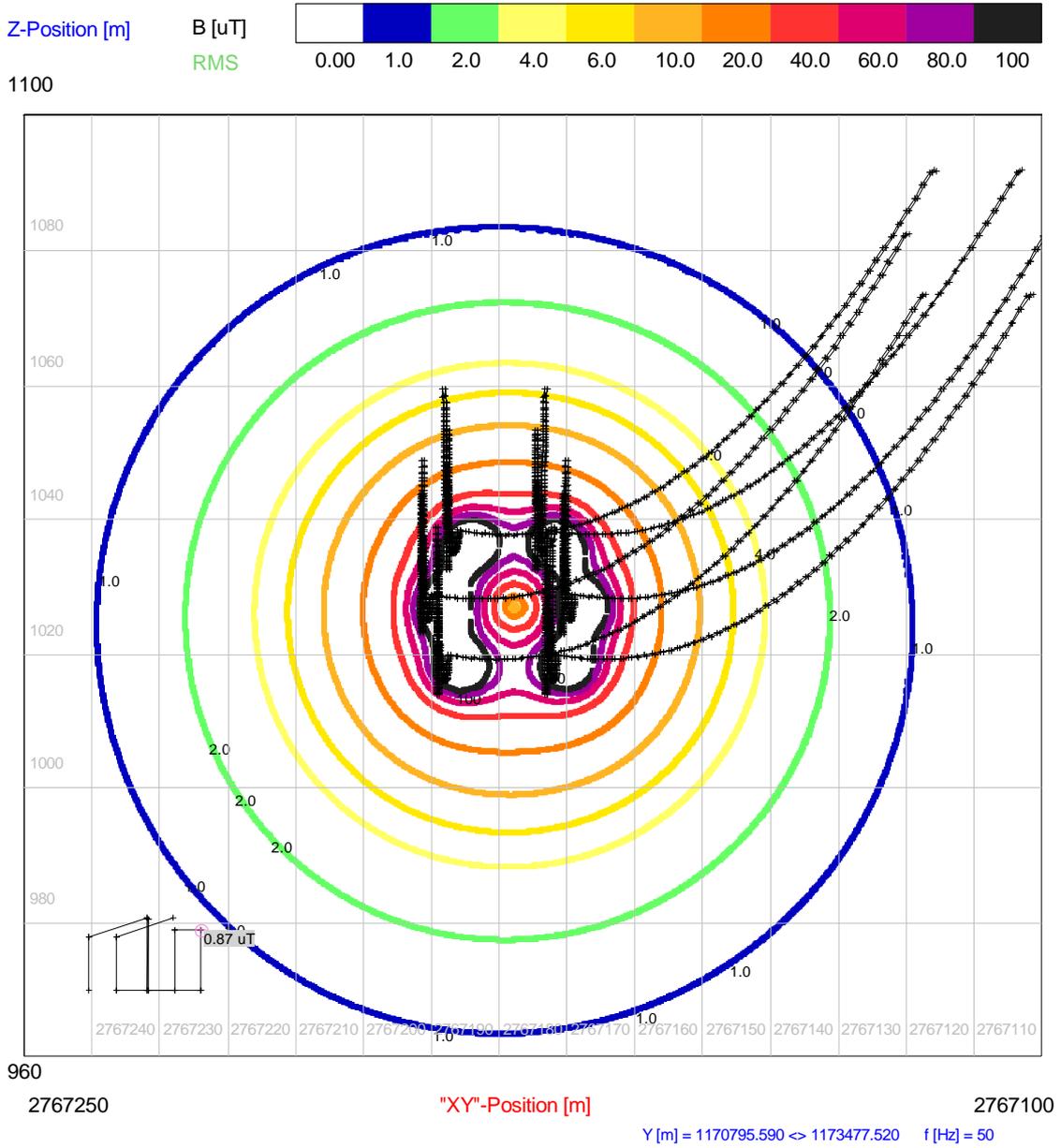


Abbildung 14: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 191905231) - Projekt

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm²Ad), 2x960A/2x915A, parallel

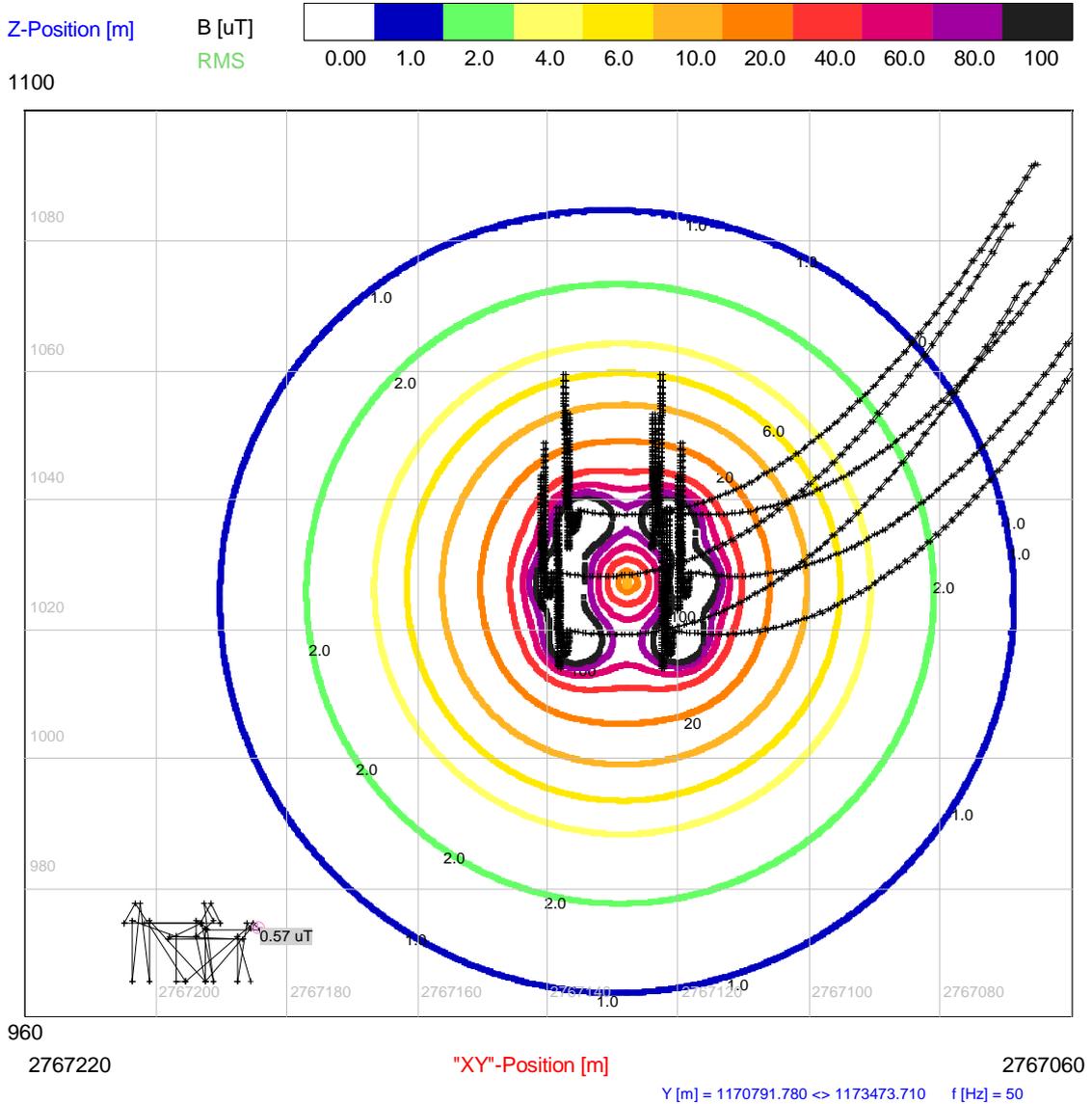


Abbildung 15: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 1172589) - Projekt

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm²Ad), 2x960A/2x915A, parallel

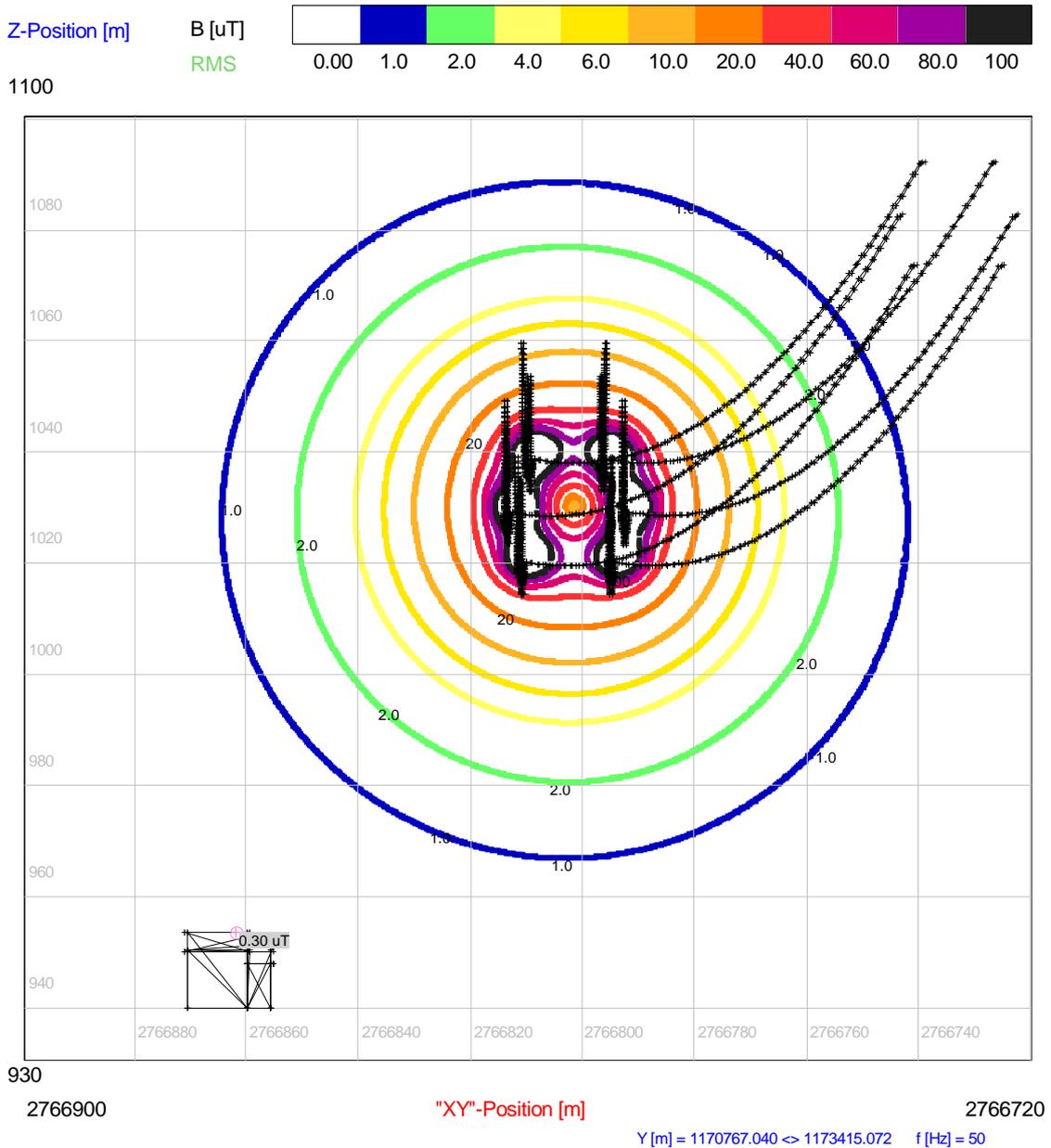


Abbildung 16: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 1172580) - Projekt

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm2Ad), 2x960A/2x915A, parallel

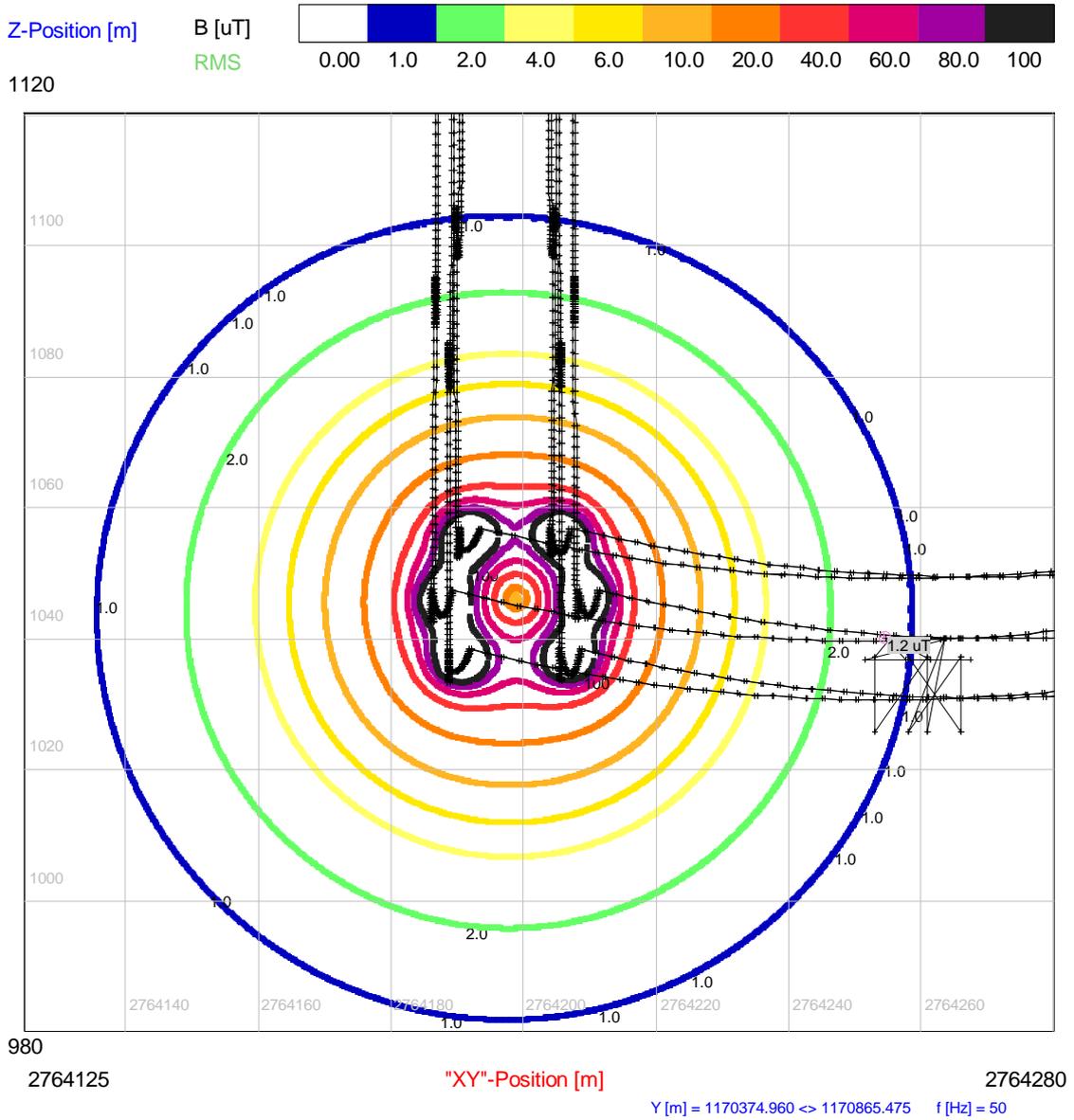


Abbildung 17: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 1172130) - Projekt

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm2Ad), 2x960A/2x915A, parallel - Ist-Zustand

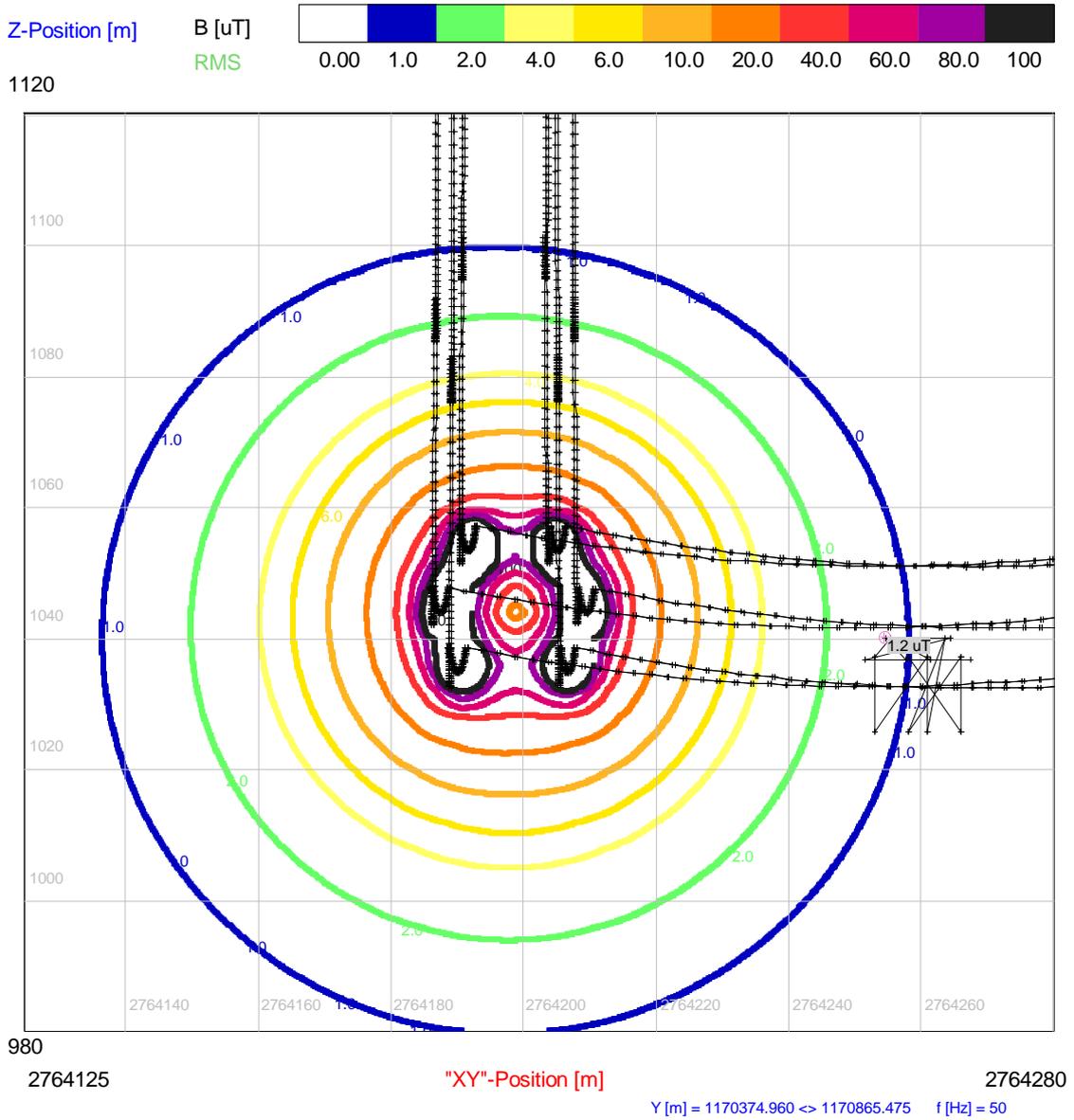
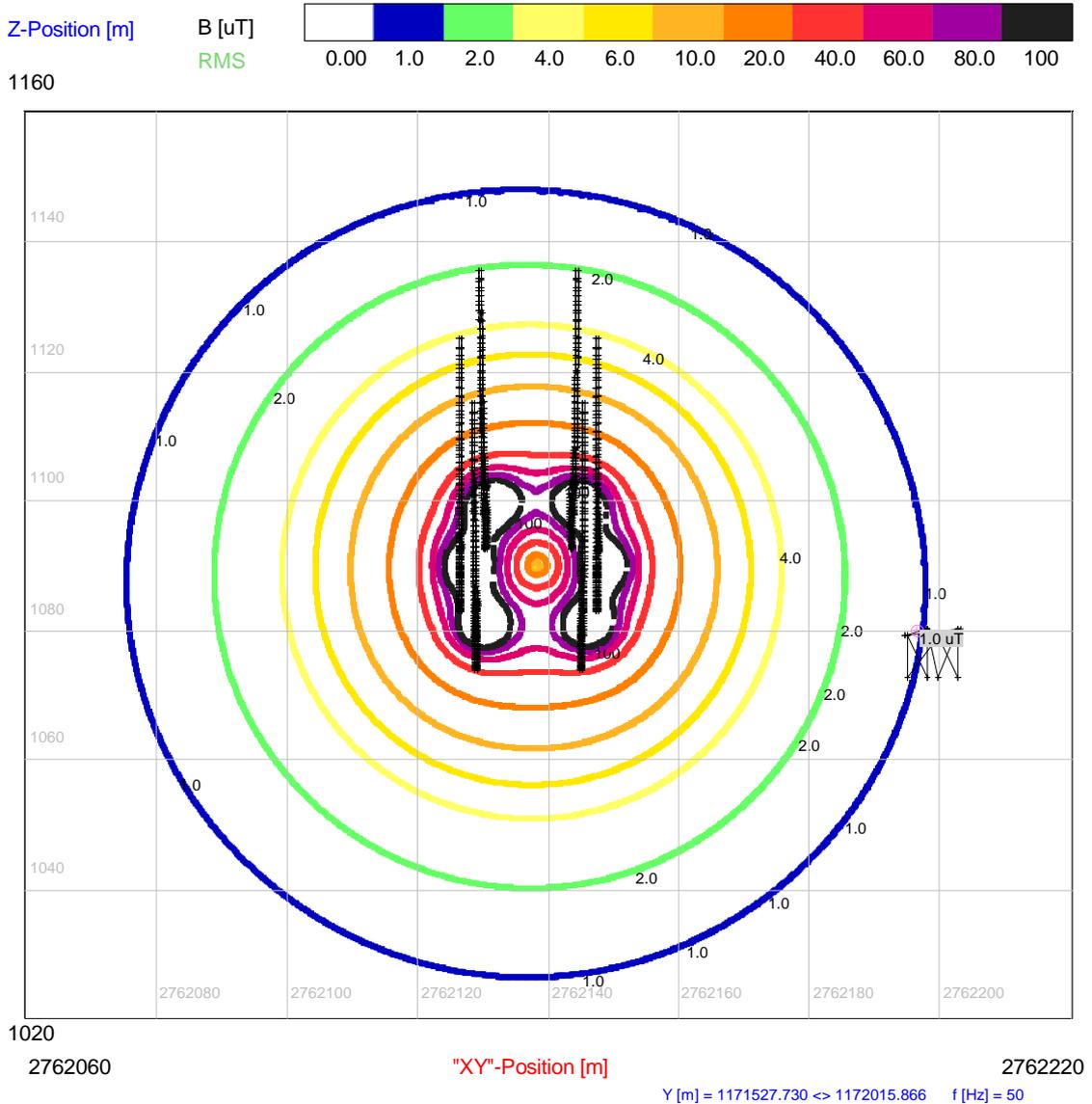


Abbildung 18: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 1172130) – Ist-Zustand

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm²Ad), 2x960A/2x915A, parallel

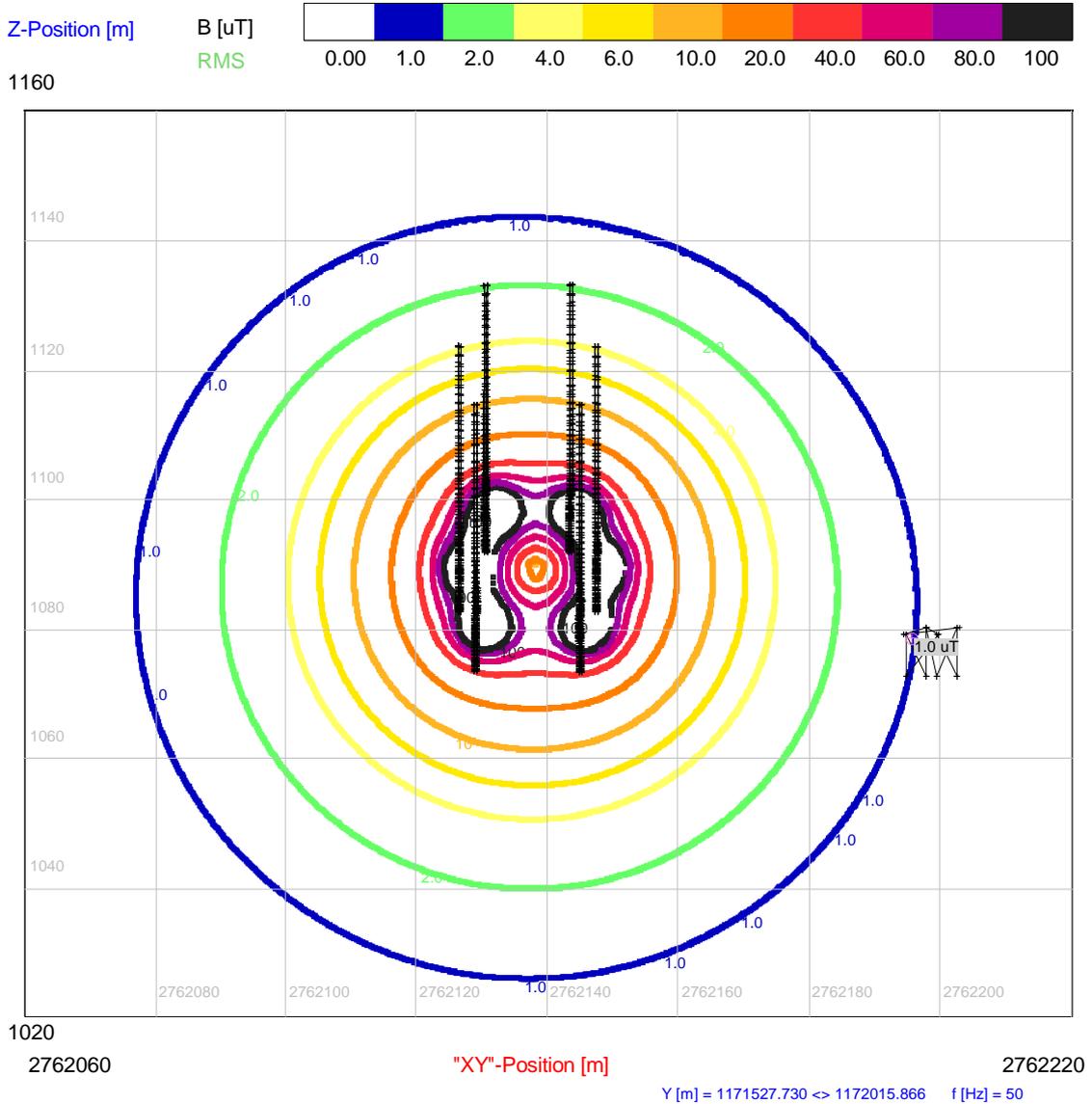


20.01.25_3D_TR1360B_FILISUR-SILS190765109.GEO 20.01.2025 14:01:04

Abbildung 19: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 190765109) - Projekt

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm²Ad), 2x960A/2x915A, parallel - Ist-Zustand

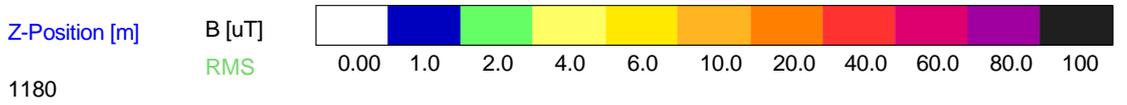


08.10.24_3D_TR1360B_FILISUR-SILS190765109_IST.GEO 17.12.2024 13:40:25

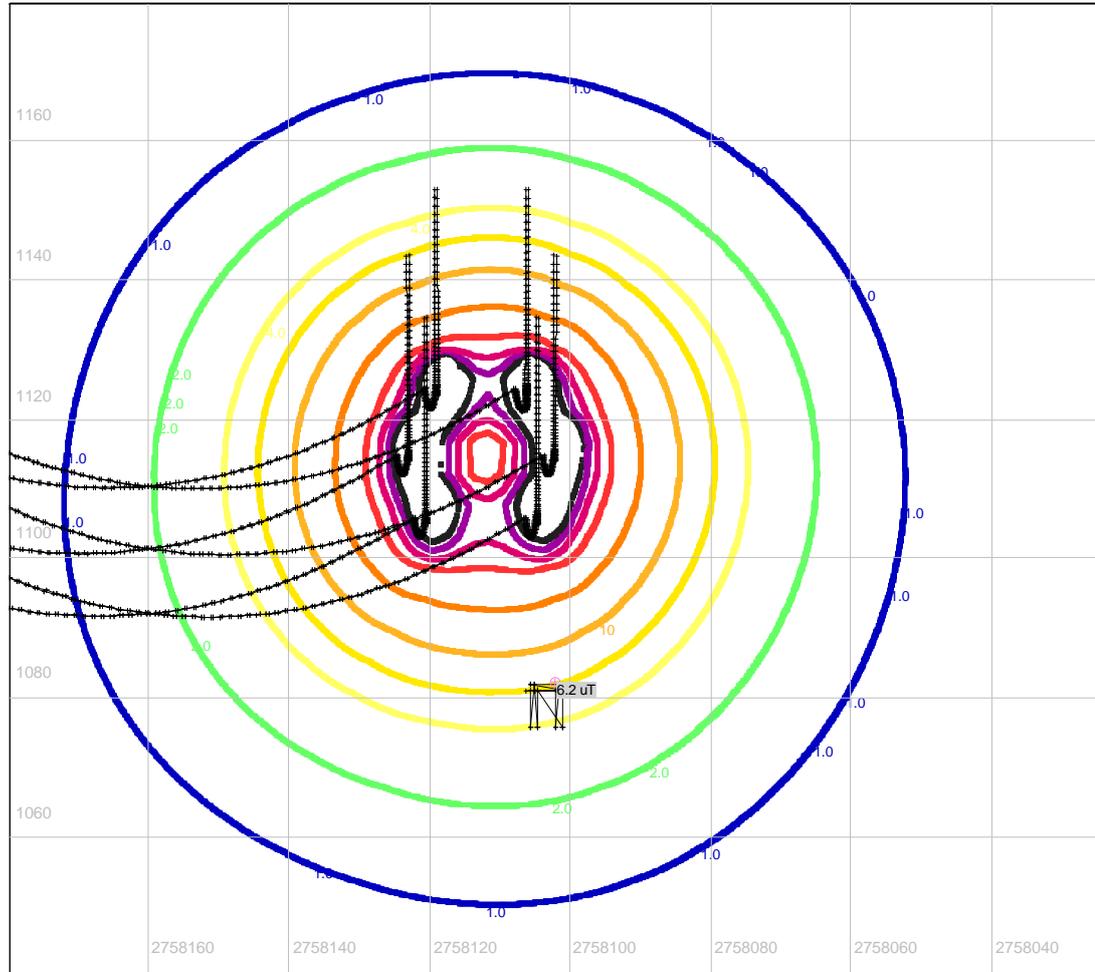
Abbildung 20: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 190765109) – Ist-Zustand

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm²Ad), 2x960A/2x915A, parallel



1180



1040

2758180

"XY"-Position [m]

2758025

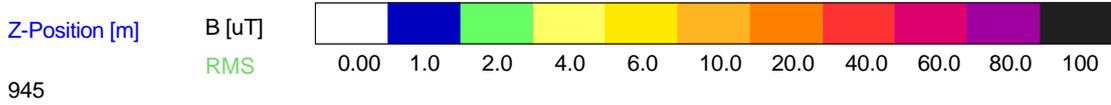
Y [m] = 1173416.160 <-> 1173089.184 f [Hz] = 50

08.10.24_3D_TR1360B_FILISUR-SILS190168412.GEO 11.12.2024 09:51:31

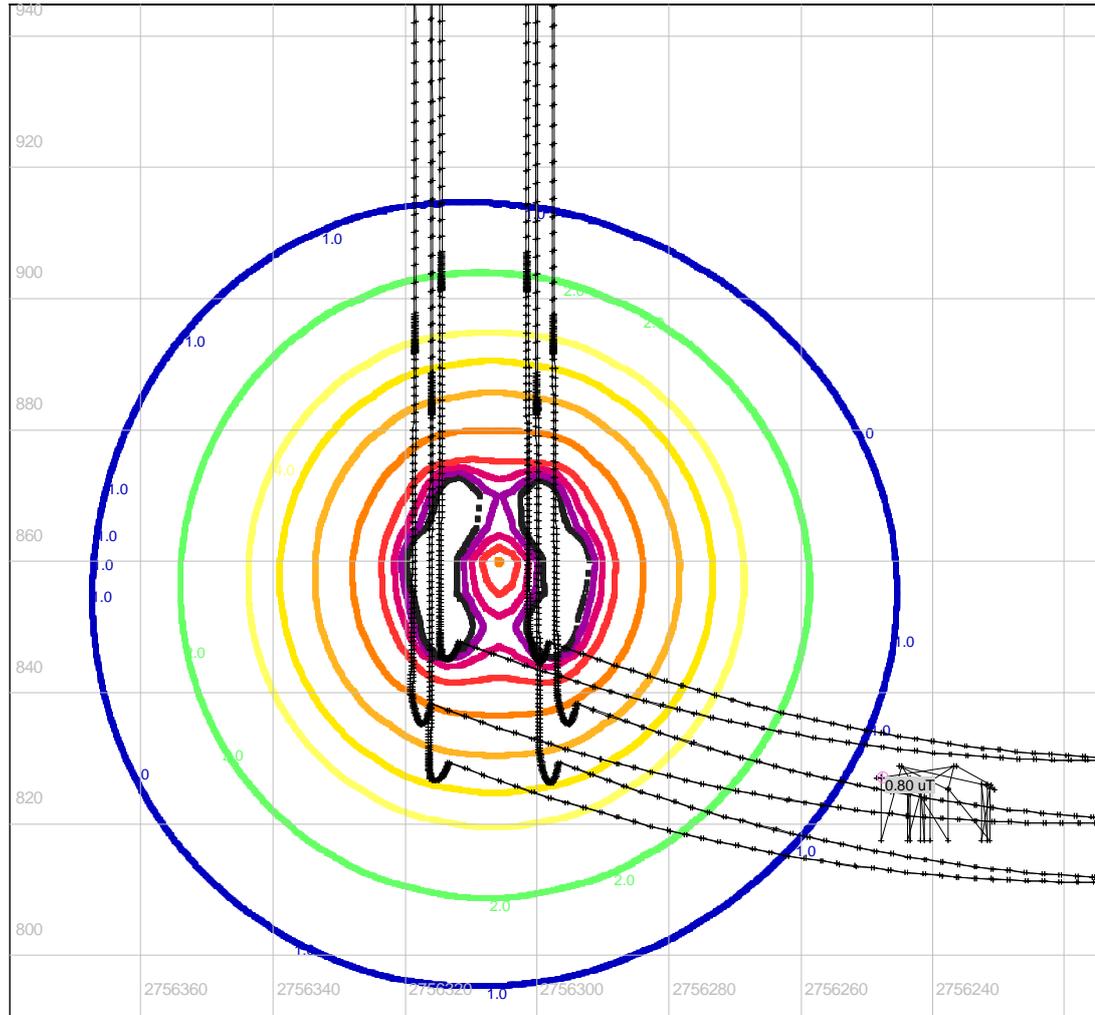
Abbildung 21: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 190168412)

Swissgrid TR1360 Filisur - Sils i.D.

Projekt: NISV, 2x(3x2x600mm²Ad), 2x960A/2x915A, parallel



945



790

2756380

"XY"-Position [m]

2756215

Y [m] = 1173760.330 <- 1174422.228 f [Hz] = 50

08.10.24_3D_TR1360B_FILISUR-SILS1181398.GEO 11.12.2024 13:41:04

Abbildung 22: TR1360 Querprofile aus der 3D-Modellierung – OMEN (EGID 1181398)



5. Schlussfolgerung

Für den Leitungsabschnitt TR1360 zwischen UW Filisur und UW Sils zeigt diese Studie, dass sich die Sanierung (Ersatz der bestehenden Ketten durch neue, kürzere Ketten, Tragwerkverstärkungen und Erhöhungen) in der Regel positiv oder neutral auf die NISV-Aspekte auswirkt.

B-Feld

Abgesehen von dieser allgemeinen Betrachtung gibt es jedoch noch 6 OMEN, die nach der Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen einer magnetischen Strahlung von mehr als 1 μT ausgesetzt sein werden.

E-Feld

In Bezug auf das elektrische Feld werden die Anforderungen der NISV (E-Feld < 5kV/m @ 1m) eingehalten, solange sich die Leiterseile in einer Höhe von mehr als 12m über dem Boden befinden. Dies gilt für die gesamte Strecke zwischen beiden Portalen UW Filisur (S032x001) und UW Sils (S096x006/S096x009).

Die NISV wird mit dem Sanierungsprojekt der TR1360 vollumfänglich eingehalten

Referenzen

- Swisstopo BFS für Gebäude
https://map.geo.admin.ch/?topic=ech&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers=ch.bfs.gebaeude_wohnungs_register
- Swissgrid Phasenschema TR1360