Plannummer: BSVKAB-UV-0501EM-00-0001

AUSFERTIGUNG
EINLAGEZAHL
UV 05-01.01

HOCHLEISTUNGSSTRECKE
GRAZ – KLAGENFURT

BAHNSTROMVERSORGUNG KORALMBAHN

UW Werndorf – UW Grafenstein

Umweltverträglichkeitserklärung

Version	Datum	Name	Beschreibung der Änderung
04			
03			
02			
01			

OBJEKTNR:	STRECKENNR.:
ABSCHNITT	UW WERNDORF – UW GRAFENSTEIN

Bearbeitet	AK/ES /WE	05/2016
Gezeichnet	AK/ES /WE	05/2016
Geprüft	ES	05/2016
GZ (Planer)		0000
Plangröße		
Maßstab		-

Inhalt

Elektromagnetische Felder
Technischer Bericht – 1.Teil

Planung:
Institut für Elektrische Anlagen
Technische Universität Graz
Inffeldgasse 18, 8010 Graz

ÖBB
INFRASTRUKTUR AG
Geschäftsbereich
Projekte Neu- und Ausbau

Projektleitung
Dr. Schneider Klaus e.h.
DI Smetanig Helmut e.h.

BERICHTERSTELLUNG

RaumUmwelt® PLANER & INGENIEURE	RaumUmwelt Planungs-GmbH Neubaugasse 28, 1070 Wien Tel.: 01 / 23 63 063 Fax: 01 / 23 63 063 - 900 E-Mail: office@raumumwelt.at	Projektkoordination Raum- und Umweltplanung
TU Graz Institut für Elektrische Anlagen	Institut für Elektrische Anlagen Technische Universität Graz Inffeldgasse 18, 8010 Graz Tel.: 0316 / 873 7551	Themenbereich Elektromagnetische Felder

INHALTSVERZEICHNIS

1.TEIL:

1 KURZFASSUNG 6

1.1 Kurzbeschreibung der Ergebnisse Ist-Situation 7

1.2 Ergebnisse der Bestandsmessung 7

1.3 Kurzdarstellung der wesentlichen Maßnahmen zur Feldminderung 7

2 PROJEKTBESCHREIBUNG 8

3 AUFGABENSTELLUNG 10

4 GRUNDLAGEN 11

4.1 Untersuchungsrahmen 11

4.1.1 Inhaltliche Abgrenzung 11

4.1.2 Räumliche Abgrenzung 12

4.1.2.1 Gliederung des Untersuchungsraumes 12

4.1.2.2 Themenbezogener Untersuchungsraum 13

4.1.3 Zeitliche Abgrenzung 13

4.2 Rechts- und Datengrundlagen 14

4.2.1 Verwendete Richtlinien, Vorschriften und Normen 14

4.2.2 Datengrundlagen 14

4.3 Wechselwirkungen mit anderen Themenbereichen 15

4.4 Allgemeines zum Thema elektromagnetische Felder 15

4.4.1 Grundlagen für die Beurteilung elektromagnetischer Felder 15

4.4.1.1 Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder auf den Menschen 15

4.4.2 Analytische Methode zur Berechnung von niederfrequenten magnetischen Feldern 17

4.4.3 Beeinflussende Ströme 19

4.4.4 Stromaufteilung bei Gleisanlagen 22

4.4.5 Beeinflussende Wirkung von Kabelschirmen, Erdseilen, Reduktionsleitern 23

4.4.6 Berücksichtigung von Stromoberschwingungen 24

4.4.7 Örtliche Reduktion von magnetischen Feldern 26

4.4.8 Bewertung der Wirkungen niederfrequenter magnetischer und elektrischer Felder (EMF) auf technische Geräte 29

4.4.9 Berechnung der elektrischen Ersatzfeldstärke 31

4.4.9.1 Analytische Methode zur Berechnung der elektrischen Ersatzfeldstärke 31

4.4.9.2 Elektrische Ersatzfeldstärke 33

4.4.9.3 Beeinflussende Spannung 34

4.4.9.4 Berücksichtigung der Schirmwirkung von Gebäuden auf das elektrische Feld 35

4.4.9.5 Berücksichtigung der Schirmwirkung von Bahnsteigüberdachungen auf das elektrische Feld 36
4.4.9.6 Berücksichtigung von Spannungsoberschwingungen 37
4.4.9.7 Allgemeine Beurteilung der elektrischen Felder von 15-kV-Bahnanlagen 37
4.4.10 Bewertung von Feldern mehrerer Quellen oder Quellen mit verschiedenen Frequenzen gemäß ICNIRP und Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] 38
4.4.11 Hochfrequente elektromagnetische Felder von Funksendeanlagen 42
4.4.11.1 GSM-/UMTS-/LTE-Mobilfunksendeanlagen 42
4.4.11.2 GSM-R Mobilfunksendeanlagen 43
4.4.11.3 Vereinfachtes Beispiel zur Veranschaulichung der Immissionssituation 44
4.4.11.4 Weitere Hochfrequenzsendeeinrichtungen 45
4.4.11.5 Grenzwerte für die Leistungsflussdichte 46

5 BESCHREIBUNG UND BEURTEILUNG DES IST-ZUSTANDS 48

5.1 Bearbeitungsmethode 48
5.1.1 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch Oberleitungsanlagen der Bahn 48
5.1.1.1 Allgemeines 48
5.1.2 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch Freileitungen 49

5.2 Ist-Zustand nach Abschnitten 50
5.2.1 Allgemeines 50
5.2.2 Messergebnisse 50
5.2.3 Berechnungsergebnisse - bestehende Koralmbahn 56
5.2.3.1 Abschnitt 1 Werndorf 56
5.2.3.2 Abschnitt 2 Werndorf bis Weststeiermark 56
5.2.3.3 Abschnitt 3 Weststeiermark 57
5.2.3.4 Abschnitt 4 Weststeiermark bis Lavanttal 57
5.2.3.5 Abschnitt 5 Lavanttal 58
5.2.3.6 Abschnitt 6 Lavanttal bis Grafenstein 58
5.2.3.7 Abschnitt 7 Grafenstein 59
5.2.4 Berechnungsergebnisse - bestehende Hochspannungsfreileitungen 60
Abschnitt 7 Grafenstein 60
5.2.4.1 Abschnitt 1 - Werndorf 66
5.2.4.3 Abschnitt 2 - Werndorf – Weststeiermark 69
5.2.4.4 Abschnitt 3 - Weststeiermark 72
5.2.4.5 Abschnitt 5 - Weststeiermark - Lavanttal 73
5.2.4.6 Abschnitt 5 - Lavanttal 73
5.2.4.7 Abschnitt 6 - Lavanttal - Grafenstein 75
5.2.4.8 Abschnitt 7: Grafenstein 79
5.2.4.9 Beitrag der Hochspannungsfreileitungen zum Expositionsverhältnis 80

5.3 Zusammenfassende Beurteilung der Sensibilität 82

6 BESCHREIBUNG UND BEURTEILUNG DER AUSWIRKUNGEN 83

6.1 Beurteilungsmethode 83
6.1.1 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch die Anlagen der Bahn 83

6.1.2 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch Freileitungen 84
6.1.3 Bauphase 85
6.1.4 Betriebsphase 85

6.2 Auswirkungen nach Abschnitten 85
6.2.1 Relevante Ströme 86
6.2.2 Ausrüstung der Gleise 88
6.2.3 Allgemeine Informationen zu den Berechnungsprogrammen 88
6.2.4 Abschnitt 1 Werndorf 89
6.2.4.1 Bauphase 89
6.2.4.2 Betriebsphase 89
6.2.4.3 Querprofil 1: SB-Bahnkilometer 229,600 90
6.2.4.4 Querprofil 2: SB-Bahnkilometer 229,700 97
6.2.4.5 Querprofil 3: SB-Bahnkilometer 230,325 102
6.2.4.6 UW Werndorf 107
6.2.5 Abschnitt 2 Werndorf bis Weststeiermark 110
6.2.5.1 Bauphase 110
6.2.5.2 Betriebsphase 110
6.2.5.3 Querprofil 4: KAB-Bahnkilometer 19,800 112
6.2.5.4 Querprofil 5: KAB-Bahnkilometer 20,150 117
6.2.5.5 Querprofil 6: KAB-Bahnkilometer 20,700 122
6.2.5.6 Querprofil 7: KAB-Bahnkilometer 21,700 128
6.2.5.7 Querprofil 8: KAB-Bahnkilometer 23,860 133
6.2.5.8 Querprofil 9: KAB-Bahnkilometer 24,650 138
6.2.5.9 Querprofil 10: KAB-Bahnkilometer 24,681 145
6.2.5.10 Querprofil 11: KAB-Bahnkilometer 26,175 153
6.2.5.11 Querprofil 12: KAB-Bahnkilometer 26,214 158
6.2.5.12 Querprofil 13: KAB-Bahnkilometer 31,330 165
6.2.5.13 Querprofil 14: KAB-Bahnkilometer 33,250 175
6.2.6 Abschnitt 3 Weststeiermark 180
6.2.6.1 Bauphase 180
6.2.6.2 Betriebsphase 180
6.2.6.3 Querprofil 15: KAB-Bahnkilometer 37,775 181
6.2.6.4 Querprofil 16: KAB-Bahnkilometer 38,400 186
6.2.6.5 UW/FU Weststeiermark 192
6.2.7 Abschnitt 4 Weststeiermark bis Lavanttal 195
6.2.7.1 Bauphase 195
6.2.7.2 Betriebsphase 195
6.2.7.3 Querprofil 17: KAB-Bahnkilometer 39,200 196
6.2.7.4 Querprofil 18: KAB-Bahnkilometer 40,400 203
6.2.7.5 Querprofil 19: KAB-Bahnkilometer 43,880 207
6.2.7.6 Querprofil 20: KAB-Bahnkilometer 56,500 212
6.2.7.7 Querprofil 21: KAB-Bahnkilometer 72,800 217
6.2.7.8 Querprofil 22: KAB-Bahnkilometer 73,700 222

1 KURZFASSUNG

Gegenstand des vorliegenden Themenbereichs ist das Vorhaben Bahnstromversorgung Koralmbahn, für das eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen und im Zuge dieser, nach § 6 UVP-G, eine Umweltverträglichkeitserklärung zu erstellen ist.

Gemäß § 1 Abs. 1 UVP-G ist es Aufgabe der Umweltverträglichkeitsprüfung, auf fachlicher Grundlage, die unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen festzustellen, zu beschreiben und zu bewerten, die ein Vorhaben auf die einzelnen Schutzgüter hat oder haben kann.

Im vorliegenden Themenbericht der Umweltverträglichkeitserklärung wird der Untersuchungsgegenstand „Elektromagnetische Felder“ behandelt. Als erster Schritt wird die Ist-Situation im festgelegten Untersuchungsraum erhoben und beurteilt. In einem zweiten Schritt werden die Auswirkungen des Vorhabens auf die elektromagnetischen Imissionen (elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte) verursacht durch das gegenständliche Bauvorhaben beschrieben und bewertet. Darauf aufbauend werden die zur Sicherstellung der Umweltverträglichkeit erforderlichen Schutz- und Ausgleichsmaßnahmen festgelegt.

Grundsätzlich wird im Fachbereich „Elektromagnetische Felder“ die Planung des gegenständlichen Projekts so ausgeführt, dass im Bau und im Betrieb der elektrischen Anlagen bei maximal zu erwartenden Lasten, Strömen und Spannungen, die gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 (die als Stand der Technik angesehen werden kann) vorgegebenen Grenzen (Referenzwerte für die elektrischen und magnetischen Felder) in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, nicht überschritten werden.

Im Falle der beruflichen Exposition werden zum Schutz der Arbeitnehmer Unterweisungen, Kennzeichnungen, Absperrungen und betriebliche Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vorgesehen, da eine enge Annäherung an elektrische Anlagenkomponenten bei beruflicher Exposition zu erwarten ist.

Da im gegenständlichen Fall sowohl 16,7-Hz-Anlagen, d.h. das vorhabenrelevante 110-kV-Kabel, die 15-kV-Stromversorgung der Koralmbahn, Bahnhöfe und Umspann- bzw. Umrichterwerke als auch eine Reihe von 50-Hz-Anlagen, wie z.B. 110-kV- und 380-kV-Freileitungsanlagen und 20-kV-Kabelanlagen zu beurteilen sind, wird neben der Berechnung der elektrischen und magnetischen Felder die Methode der Expositionskoeffizienten gemäß [71] angewandt, um die Beurteilung der Überlagerung der Felder mit unterschiedlichen Frequenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 durchführen zu können.

1.1 Kurzbeschreibung der Ergebnisse Ist-Situation

1.2 Ergebnisse der Bestandsmessung

Im April 2016 wurden im Bereich der geplanten Bahnstromversorgung Bestandsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Grenzen (Referenzwerte) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E8850: 2006 im gesamten Projekt Gebiet eingehalten werden, daher ist der Schutz gegen bekannte schädliche Effekte auf die Gesundheit gewährleistet.

1.3 Kurzdarstellung der wesentlichen Maßnahmen zur Feldminderung

Folgende feldmindernde Maßnahmen betreffend das gegenständliche Vorhaben können genannt werden:

1. Geeignete, parallele und enge Verlegung der Hochspannungs-Kabelsysteme zur Feldminimierung

2. Geeignete tiefe Verlegung der Hochspannungskabelsysteme in Künetten, Kabeltrögen und Rohrblöcken.

3. Führung von Hochspannungs-Kabeln im Handbereich in metallisch umschlossenen Kabelkanälen

4. Einhaltung von Mindestabständen durch Umzäunung und Abgrenzung von Anlagenteilen, die erhöhte magnetische Felder verursachen können.

5. Engmaschige Erdungs- und Potenzialausgleichsanlagen

Diese Minderungsmaßnahmen dienen dazu, die gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 [1] geforderten Referenzwerte in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind und bei beruflicher Exposition, im zu erwartenden Betrieb des 110-kV-Kabels und der Bahnanlage jedenfalls einzuhalten.

2 PROJEKTBESCHREIBUNG

Mit der Realisierung des Projektes **Koralmbahn** auf einer Neubaustrecke von insgesamt rund 132 km (inkl. Koralmtunnel mit ca. 33km) zwischen Graz und Klagenfurt wird eine zweigleisige Hochleistungsstrecke mit gemischtem Verkehr hergestellt. Die Koralmbahn benötigt für den **Eisenbahnbetrieb elektrische Energie**, die über mehrere Einspeisungspunkte zur Verfügung gestellt werden soll.

Für die Koralmbahn zwischen Graz und Klagenfurt liegen Trassenverordnungen und rechtsgültige Genehmigungsbescheide vor. Da die Bahnstromversorgung bisher nicht Verfahrensgegenstand im engeren Sinne war, ist diese nun einer **Umweltverträglichkeitsprüfung und einem teilkonzentriertes Genehmigungsverfahren beim bmvit** zu unterziehen.

Die Bahnstromversorgung der Koralmbahn soll über ein 20 kV-System gewährleistet werden. Hierfür sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ❑ Errichtung des Frequenzumformers (FU) Weststeiermark
- ❑ Errichtung des Frequenzumformers (FU) Lavanttal
- ❑ Verlegung eines 20 kV-Kabels vom EVU-Anschlusspunkt im Tunnellüftungsgebäude Leibenfeld bis zum FU Weststeiermark sowie vom Anschlusspunkt EVU-Schaltstation Lavanttal bis zum FU Lavanttal

Zusätzlich zur Umsetzung der für die Bahnstromversorgung im engeren Sinne notwendigen Maßnahmen ist eine (einschleifige) 110 kV-Kabelverbindung inkl. Unterwerken (UW) zwischen dem Unterwerk Werndorf (Bestand) und dem Unterwerk Grafenstein (in Planung) geplant. Das 110-kV-System dient der Gewährleistung der Ausfallssicherheit (Redundanz) sowie der Versorgungssicherheit im Bahnstromnetz der Koralmbahn im Großraum Graz und Kärnten. Das 110 kV Kabel soll entlang der Trasse der Koralmbahn verlegt werden.

Für die Verlegung des 110 kV Kabel bzw. des 20 kV Kabels können zum Teil bereits genehmigte und errichtete Kabelwege (Tröge, Rohre) beansprucht werden.

Im Detail umfasst das Vorhaben damit folgende Vorhabensbestandteile, die in Abbildung 2-1 in ihrem räumlichen Kontext dargestellt werden:

- ❑ Errichtung / Umbau von Unterwerken (UW) und Frequenzumformern (FU):
    - Umbau UW Werndorf
    - Errichtung UW / FU Weststeiermark inkl. Einfahrt
    - Errichtung UW / FU Lavanttal inkl. Einfahrt

- Errichtung UW Grafenstein inkl. Einfahrt und Abspannung von einer bestehenden 110 kV Hochspannungsleitung zum UW Grafenstein

❑ Errichtung von Kabelwegen:

- Errichtung eines 110 kV Kabelwegs (tlw. als Trog, tlw. als Rohr ausgeführt) zwischen dem UW Werndorf und dem bestehenden Kabeltrog an der Regionalbahnstrecke km 0,116 d.h. zwischen 110 kV Leitungs-km 0,000 bis 0,690.
- Errichtung eines 20 kV Kabelwegs (als Rohrzug ausgeführt) zwischen dem bestehenden Anschlusspunkt EVU-Schaltstation Lavanttal und dem UW / FU Lavanttal

❑ Verlegung von 110 kV bzw. 20 kV Kabeln:

- Verlegung eines 110 kV Kabels zwischen dem UW Werndorf und dem UW Grafenstein
- Verlegung eines 20 kV Kabels zwischen dem UW / FU Weststeiermark bis zum bestehenden EVU-Anschlusspunkt im Tunnellüftungsgebäude Leibenfeld

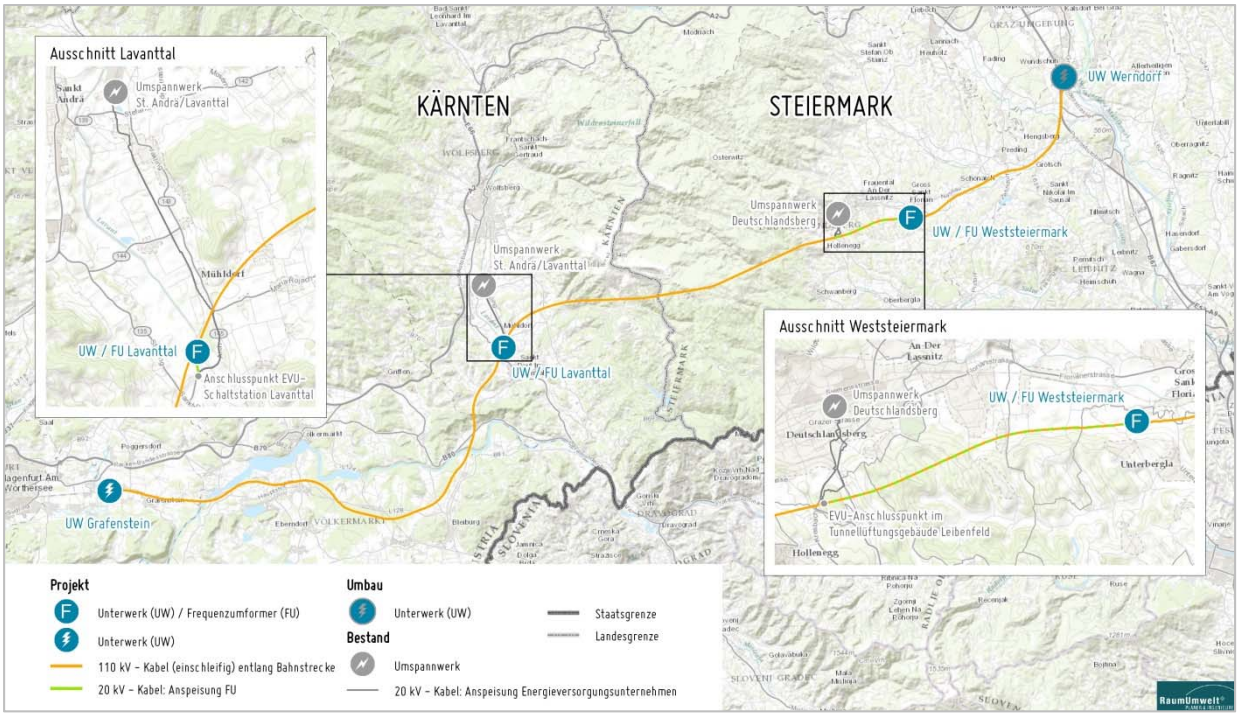


Abbildung 2-1: Vorhabensbestandteile Bahnstromversorgung Koralmbahn

Detaillierte Angaben zum Vorhaben können dem Einreichoperat zur Eisenbahnrechtlichen Baugenehmigung entnommen werden (u. a. EB 01-01, Bauentwurf Zusammenfassung).

3 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen des vorliegenden Berichts des Fachbereichs „Elektromagnetische Felder“ werden die im Folgenden angeführten Aufgabenstellungen behandelt:

Erfassung und Bewertung der Ist-Situation

- Erhebung und Beschreibung des aktuellen Stands elektrischer und magnetischer Felder im Untersuchungsraum mittels Durchführung von Messungen

Prognose und Bewertungen der Auswirkungen

- Bewertung der Auswirkungen des gegenständlichen Vorhabens bzgl. elektromagnetischer Felder in der Bau- und Betriebsphase für die Allgemeinbevölkerung und für die berufliche Exposition anhand von Querprofilen (freie Strecke, Tunnel, 3 D Berechnung der Umspannwerke und Wechselrichteranlagen etc. auf Basis der bestehenden Projektunterlagen und Bewilligungen)

- Berechnung und Beschreibung der Veränderung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder durch Errichtung und Betrieb des Vorhabens anhand charakteristischer Querschnitte

Erarbeitung von Maßnahmen

- Erarbeitung allfälliger Maßnahmen zu Vermeidung bzw. Verminderung der Beeinträchtigung in Bau- wie Betriebsphase
- Erstellung allfälliger Maßnahmen zur begleitenden Kontrolle und zur Beweissicherung

4 GRUNDLAGEN

4.1 Untersuchungsrahmen

4.1.1 Inhaltliche Abgrenzung

Basierend auf Maximalwert- und Grenzwertüberlegungen (wie z.B. die Wahl repräsentativer Orte für die Berechnung, Heranziehung des maximal zu erwartenden Stroms der Anlage z.B. thermischer Strom, Anlagengrenzstrom, maximal zu erwartender Betriebsstrom unter Berücksichtigung der Schutzeistellungen) werden die elektrische Feldfeldstärke sowie die magnetische Flussdichte für den Untersuchungsraum in charakteristischen Querschnitten berechnet und die Einhaltung der zulässigen Grenzen (Referenzwerte für die magnetische Flussdichte und die elektrische Feldstärke) zum Schutz der Allgemeinbevölkerung und bei beruflicher Exposition überprüft und gegebenenfalls durch geeignete Minderungsmaßnahmen jedenfalls sichergestellt.

Für Objekte entlang der Ausbaustrecke, wie z.B. Wohngebäude, Kinderspielplätze, Orte mit empfindlicher Nutzung etc. wird eine Worst-Case-Abschätzung hinsichtlich der zu erwartenden magnetischen und elektrischen Felder, verursacht durch das Projekt, vorgenommen.

Weiters erfolgt eine Analyse der Auswirkungen der Überlagerung der Felder von relevanten 50-Hz-Anlagen mit den Feldern der 16,7-Hz-Bahnanlage des geplanten 110-kV-Kabelsystems und der vorhandenen bzw. geplanten Bahnstrecke sowie eine Analyse bezüglich der Auswirkungen von Oberschwingungen verursacht durch die 16,7-Hz-Bahnanlage.

Aufgrund dieser Vorgangsweise ist sichergestellt, dass die Grenzen der Vornorm ÖVE/ÖNORM E8850 sowie die Empfehlungen der WHO jedenfalls eingehalten werden.

4.1.2 Räumliche Abgrenzung

4.1.2.1 Gliederung des Untersuchungsraumes

Der Untersuchungsraum für das Vorhaben „Bahnstromversorgung Koralmbahn“ wird in einzelne Abschnitte gegliedert, um eine systematische Bearbeitung in überschaubaren räumlichen Einheiten sowie eine einheitliche Gliederung aller UVE-Berichte zu ermöglichen (siehe Abbildung 4-1). Die Gliederung orientiert sich an vorhabensbezogenen Aspekten. Das Projektgebiet des Vorhabens wird in folgende Abschnitte untergliedert:

- ❑ Abschnitt 1 Werndorf
- ❑ Abschnitt 2 Werndorf bis Weststeiermark
- ❑ Abschnitt 3 Weststeiermark
- ❑ Abschnitt 4 Weststeiermark bis Lavanttal
- ❑ Abschnitt 5 Lavanttal
- ❑ Abschnitt 6 Lavanttal bis Grafenstein
- ❑ Abschnitt 7 Grafenstein

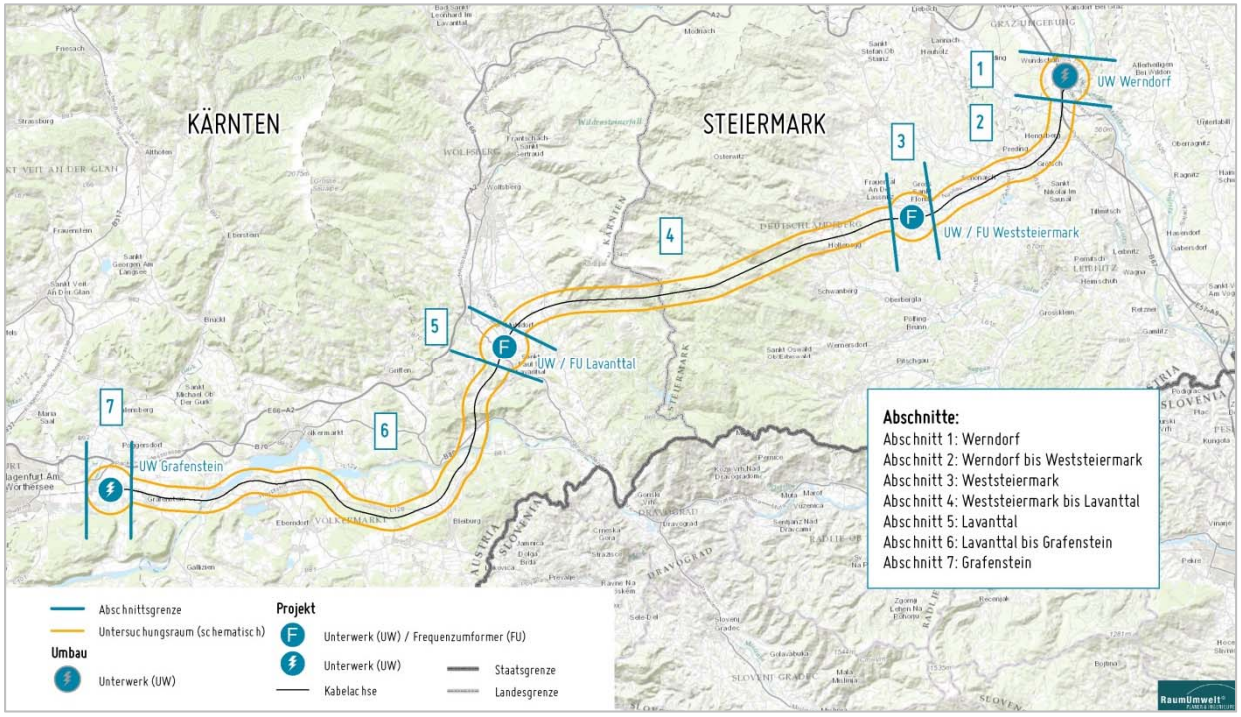


Abbildung 4-1: Schematische Abschnittübersicht beim Vorhaben Bahnstromversorgung Koralmbahn

Die **Abschnitte 1, 3, 5 und 7** umfassen jeweils den Raum um die vier Standorte der Unterwerke (UW) bzw. Frequenzumformer (FU) inklusive der dazugehörigen 20 kV bzw. 110 kV Kabelabschnitte und tlw. der Zufahrten.

Die **Abschnitte 2, 4, und 6** umfassen das entlang der Bahntrasse der Koralmbahn verlaufende 110 kV Kabel.

Details zur Vorhabensabgrenzung und zu den Anlagenteilen je Abschnitt sind dem Kap. 2 Projektbeschreibung bzw. der Vorhabensbeschreibung (vgl. Einlage UV 03-01.01) zu entnehmen.

Für die angegebenen Abschnitte erfolgt im ggst. Themenbereich die Beschreibung und Beurteilung von Ist-Situation, Auswirkungen sowie Maßnahmen und Restbelastung.

4.1.2.2 Themenbezogener Untersuchungsraum

Im gegenständlichen Bericht werden die elektrischen und magnetischen Felder in einem Untersuchungsraum von etwa +/- 60 m links und rechts von der 110-kV-Kabeltrasse dargestellt um die Wirkung der Emissionen beurteilen zu können.

4.1.3 Zeitliche Abgrenzung

Die Beschreibung der vom Vorhaben voraussichtlich beeinträchtigten Umwelt erfolgt für die Jahre 2015 bzw. 2016 und stellt den Ist-Zustand dar. Die Anlagen der genehmigten und in weiten Teilen bereits errichteten Koralmbahn werden in allen Phasen als Rechtsbestand angenommen.

Die Auswirkungen des Vorhabens werden getrennt in Bau- und Betriebsphase beschrieben. Die Bauphase umfasst sämtliche Bauarbeiten von den Vorarbeiten, über die Hauptbauphase und Ausrüstungsphase bis zur Inbetriebnahme und erstreckt sich von 2018 bis 2021. Für die Betriebsphase wird das Jahr 2025 herangezogen.

Phase	Bezugsjahr	Beschreibung	Anmerkung
Ist-Zustand	2015 / 2016	Bestehende Situation im Untersuchungsraum	Anlagen der Koralmbahn gem. Rechtsbestand; kein Betrieb
Bauphase	2018 - 2021	Errichtung des Vorhabens Bahnstromversorgung Koralmbahn	Anlagen der Koralmbahn gem. Rechtsbestand; kein Betrieb
Referenzplanfall (Immissionen)	2025	Keine Umsetzung des Vorhabens Bahnstromversorgung Koralmbahn	Anlagen der Koralmbahn bestehen; voller Betrieb wird unterstellt
Betriebsphase	2025	Bahnstromversorgung Koralmbahn errichtet	Anlagen der Koralmbahn bestehen bei vollem Betrieb

Tabelle 4-1: Zeitliche Abgrenzung nach Phasen

Der Referenzplanfall stellt die Situation im Jahr 2025 unter Annahmen des vollen Betriebs auf der Koralmbahn auf Basis bestehender Genehmigungen dar.

4.2 Rechts- und Datengrundlagen

4.2.1 Verwendete Richtlinien, Vorschriften und Normen

Für die Bewertung der magnetischen und elektrischen Felder hinsichtlich der Exposition von Personen werden im Folgenden die Referenzwerte der in Österreich dem Stand der Technik entsprechenden Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 Ausgabe: 2006-02-01 „Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz – Beschränkung der Exposition von Personen“[1], herangezogen. Die Einhaltung der Grenzen in dieser Norm stellt sowohl den Schutz der Allgemeinbevölkerung als auch den Schutz der arbeitenden Bevölkerung sicher.

Anmerkung: Im Arbeitnehmerschutz gilt die Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 gemäß § 2 Abs. 8 ASchG [38] als Stand der Technik, d.h. für die Beurteilung gegenüber niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern sind neben § 66 ASchG - allgemeine Festlegungen für „physikalische Einwirkungen“ - die entsprechenden Grenzwerte für die berufliche Exposition und weitere das ASchG konkretisierende Beurteilungen anzuwenden.

4.2.2 Datengrundlagen

- ❑ Pläne für Unterwerke und Frequenzumformer vom März bzw. Februar 2016
- ❑ TSI-Bericht Wallenberger vom 12.01.2016
- ❑ Querprofile als Autocad: EB_02_01_74-76_Querprofile_20160420-2.dwg vom 20.04.2016

4.3 Wechselwirkungen mit anderen Themenbereichen

Der Schutz von Menschen vor akuten Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern stellt einen eigenständigen technisch/medizinischen Gegenstand dar. Wechselwirkungen werden z.B. gemäß ETG 1992, ETV 2002 (06) und ASchG hinsichtlich Störungen und Gefährdung von elektrischen Anlagen und Gefährdung von Personen betrachtet und Wechselwirkungen bzw. Störungen durch geeignete Planung der Anlagen vermieden. Der gegenständliche Bericht stellt eine Grundlage für den Bericht Gesundheit und Wohlbefinden dar.

4.4 Allgemeines zum Thema elektromagnetische Felder

4.4.1 Grundlagen für die Beurteilung elektromagnetischer Felder

4.4.1.1 Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder auf den Menschen

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder rufen im menschlichen Körper Ströme hervor, welche in Folge Nerven stimulieren bzw. thermische Effekte hervorrufen können. Zum Schutz der Allgemeinbevölkerung sowie bei beruflicher Exposition werden in der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850, Ausgabe: 2006-02-01 Grenzen (Referenzwerte) angegeben, bei deren Einhaltung bzw. Unterschreitung keine stimulierenden bzw. unzulässige thermische Effekte auftreten. Werden die angegebenen Grenzen eingehalten, ist der Schutz von Menschen sichergestellt. Für Träger besonders empfindlicher elektromedizinischer Implantate gelten besondere Grenzwerte, die ebenfalls eingehalten werden müssen.

Elektromagnetische Felder[1] sind bis zu einer bestimmten Schwelle vom Menschen nicht wahrnehmbar, jedoch existieren fundierte physikalische Beschreibungen und wissenschaftliche Modelle, sowie die erforderlichen Voraussetzungen zur Berechnung und Messung der entsprechenden Größen. Dennoch reicht der heutige Stand der Erkenntnisse nicht aus, um Wirkungen von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern auf biologische Systeme vollständig zu beschreiben um ein mögliches Risiko vollständig ausschließen zu können. Viele, oft auch nicht erwiesene Zusammenhänge und Wirkungsmechanismen werden in der Öffentlichkeit diskutiert und sind ein Thema der aktuellen und künftigen Forschung.

Für die Bewertung der magnetischen Felder werden im Folgenden die Referenzwerte der in Österreich dem Stand der Technik entsprechenden gültigen Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850, Ausgabe: 2006-02-01 „Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz – Beschränkung der Exposition von Personen“ [1] herangezogen.

1 Grundsätzlich kann bis zu Frequenzen von ca. 9 kHz das elektrische und das magnetische Feld mathematisch getrennt betrachtet werden, über dieser Frequenz nehmen die Beiträge der Kopplung des elektromagnetischen Feldes zu, sodass diese Kopplung nicht mehr vernachlässigt werden darf.

Weiters werden neben der „Fachinformation des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees – OEK; Personen mit aktiven Implantaten in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, Ausgabe April 2009“ [75] auch das Buch „Felder im Bereich elektrifizierter Bahnanlagen und ihre gesundheitlichen Risiken“ [71] und der Fachbeitrag „Belastung des menschlichen Körpers durch Elektromagnetische Felder“ [78] als Grundlage für die Bewertung herangezogen.

Grundlage für die Bewertung der magnetischen und elektrischen Felder sind die bestehenden Referenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung sowie die berufliche Exposition durch zeitlich veränderliche elektrische und magnetische Felder (Tabelle 4-2):

REFERENZWERTE GEMÄß VORNORM ÖVE/ÖNORM E8850				
Frequenz	**E Elektrische Feldstärke (rms)**	**H Magnetische Feldstärke (rms)**	**B Magnetische Flussdichte (rms)**	**Exposition**
	kVm^{-1}	Am^{-1}	µT	
16,7 Hz	10	240	300	Allgemeinbevölkerung
16,7 Hz	20	1198	1500	beruflich

Tabelle 4-2: Referenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung bzw. für die berufliche Exposition durch zeitlich veränderliche elektrische und magnetische Felder: Auszug aus Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850, Ausgabe 2006-02-01

Aufgrund aktueller Publikationen der WHO gibt es in der gegenwärtigen wissenschaftlichen Forschung keine substantiellen Hinweise von gesundheitlich schädigenden Auswirkungen aufgrund niederfrequenter Magnetfelder, sofern die geltenden o.a. Referenzwerte eingehalten werden. Damit stellen die o.a. Referenzwerte den aktuellen Stand der Technik dar.

Anmerkung: Ein Überschreiten der o.a. Referenzwerte (Grenzwerte für der Messung zugänglicher elektrischer und magnetischer Felder: Ersatzflussdichte, Ersatzfeldstärke) bedingt noch nicht notwendigerweise die Überschreitung der jedenfalls einzuhaltenden Basisgrenzwerte (Stromdichten im Körper, Wärme). Werden Referenzwerte überschritten, so bedeutet dies, dass im Rahmen einer detaillierten Untersuchung unter Berücksichtigung der betrieblichen Umgebungsbedingungen überprüft werden muss, ob die Basisgrenzwerte (im Körper induzierte Körperstromdichten) eingehalten werden oder nicht. Werden die in der obigen Tabelle angeführten Referenzwerte eingehalten, so kann davon ausgegangen werden, dass die zulässigen, durch die elektromagnetischen Felder im menschlichen Körper induzierten Stromdichten, ebenfalls eingehalten werden.

4.4.2 Analytische Methode zur Berechnung von niederfrequenten magnetischen Feldern

Eine wichtige analytische Methode zur Berechnung der magnetischen Flussdichte ist die Methode nach dem Gesetz von Biot-Savart.

Das Biot-Savart'sche Gesetz[2] erlaubt die Berechnung der magnetischen Feldstärke bei Kenntnis der Stromaufteilungen in einem homogenen Raum (z.B. Luft oder Vakuum). Ist der Strom in einem Linienleiter an der Stelle Q bekannt, so kann mit Hilfe der folgenden Beziehung an jedem beliebigen Aufpunkt P die magnetische Flussdichte, verursacht durch dieses Leiterstück, berechnet werden.

$$\mathrm{d}\vec{H} = \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{\mathrm{d}\vec{s} \times \left(\vec{r}_Q - \vec{r}_P\right)}{\left|\vec{r}_Q - \vec{r}_P\right|} \cdot I$$

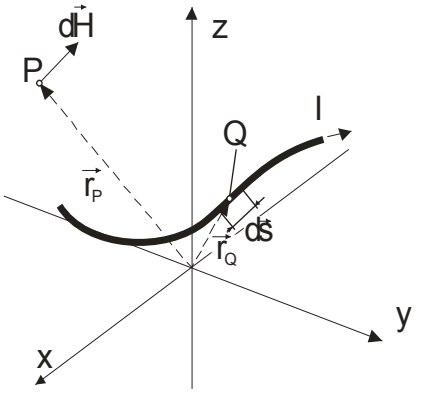


Abbildung 4-2: Grafische Darstellung zur Berechnung der magnetischen Feldstärke im Raumpunkt P

$\mathrm{d}\vec{H}$	Ableitung der magnetischen Feldstärke in A
I	elektrische Stromstärke im Leiter (Stromfaden) in A
$\mathrm{d}\vec{s}$	Längenelement des Leiters auf der Kurve s in m
$\vec{r}_Q, \vec{r}_P$	Ortsvektoren zu den Punkten Q und P

Durch Superposition, also lineare Aufsummierung, der magnetischen Flussdichteanteile über alle in einem Feldraum wirksamen Linienstromleiterstücke kann die resultierende magnetische Flussdichte in einem Aufpunkt P bestimmt werden. Für einen unendlich langen Leiter ergibt sich daraus in einem Abstand r vom Leiter folgende Beziehung:

$$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \vec{e}_H \qquad \text{(Formel 1)}$$

$\vec{H}$	magnetische Feldstärke in A/m

[2] Benannt nach Jean Baptiste Biot (1774-1862) und Félix Savart (1791-1841), die bereits im Jahr 1820 eine quantitative Beschreibung für die magnetische Wirkung (Kraftwirkung) lieferten, die von einem, in einer Leiterschleife fließenden Strom in einem beliebigen Raumpunkt erzeugt wird.

I Elektrischer Strom in A

r Abstand zum Aufpunkt in m

$\vec{e}_H$ Einheitsvektor in Umfangsrichtung, dimensionslos

Für den Fall, dass sich die genannten Leiter in Luft (lineares, homogenes, isotropes Medium) befinden, kann die zugehörige magnetische Flussdichte $\vec{B}_{ges}$ wie folgt bestimmt werden:

$$\vec{B}_{ges}(P) = \mu_0 \cdot \vec{H}_{ges}(P) = \mu_0 \cdot \sum_{i=1}^{n} \vec{H}_i(P) \qquad \text{(Formel 2)}$$

$\vec{B}_{ges}(P)$ magnetische Flussdichte im Aufpunkt P in T

μ_0 magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

$\vec{H}_{ges}(P)$ magnetische Feldstärke im Aufpunkt P in A/m

$\vec{H}_i(P)$ magnetische Feldstärke des i-ten Längenelements in A/m

n Anzahl der Längenelemente

Entsprechende Berechnungsprogramme erlauben die freie Anordnung von strombehafteten Leitern im dreidimensionalen Raum sowie die Summation der Feldbeiträge dieser Leiter für beliebige Aufpunkte in der Umgebung der Leiter. Unter den in der Praxis erlaubten Voraussetzungen, dass keine ferromagnetischen Materialien vorhanden sind und die feldbeeinflussende Wirkung der induzierten Wirbelströme vernachlässigt werden kann, liefert diese Methode, ausgenommen z.B. im unmittelbaren Nahbereich von Leitern, Hochspannungsmasten, (Strom-)Schienen oder anderer metallischer, magnetisch wirksamer Objekte hinreichend genaue Simulationsergebnisse.

Relevante induzierte Ausgleichs- bzw. Reduktionsleiterströme, das sind in benachbarten metallisch leitfähigen Systemen z.B. in Kompensationsleitern, Schienenanlagen, beidseitig geerdeten Kabelschirmen, PEN-Leitern von 50-Hz-Niederspannungsanlagen, metallischen Wasserleitungen, PA-Leitern usw. fließende Ströme, müssen bei der Berechnung der magnetischen Flussdichte nach Biot-Savart berücksichtigt werden.

Anmerkung: Da neu zu errichtende Anlagen gemäß dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetze und Normen geplant und errichtet werden, wird vorausgesetzt, dass der Großteil der o.a. Ausgleichströme auf ein technisches Mindestmaß begrenzt ist. In der Berechnung können sie dann in der Regel gegenüber den relevanten Betriebsströmen in den (Außen-) Leitern und den Reduktionsleitern wie z.B. Erdseilen, Rückleiter, Schienen vernachlässigt werden. Es kann daher bei normen- bzw. vorschriftenkonformer Vorgangsweise davon ausgegangen werden, dass die

vagabundierenden Ströme minimiert werden. Treten trotzdem aufgrund von zufälligen und nicht beabsichtigten Verbindungen der elektrischen Anlage mit anderen leitfähigen Strukturen störende vagabundierende Ströme auf, können nachträglich Maßnahmen wie der Einbau von Isolierstücken, Isolierkupplungen, Ertüchtigung von Erdungsanlagen und die geeignete Behandlung von Schirmleitungen, (zusätzlichem) Potenzialausgleich, PA-Ausgleichsleitungen etc. zur Feldreduktion bzw. Feldlenkung getroffen werden, um dann den störungsfreien Betrieb benachbarter (elektrotechnischer) Anlagen zu gewährleisten.

4.4.3 Beeinflussende Ströme

Zur Berechnung der magnetischen Felder ist die Kenntnis der Stromverteilung in den aktiven und passiven Leitern einer Anlage (Stromstärke, Phasenlage und Ort) zwingend notwendig.

Gemäß WHO und ICNIRP bezieht sich die Beurteilung der magnetischen Felder hinsichtlich der zulässigen Exposition von Menschen auf die unmittelbare Reizwirkung (ohne Berücksichtigung der Expositionsdauer) im besonders empfindlichen Zentralnervensystem.

Als Hinweis zur Auswahl des Betriebszustandes zur Beurteilung der Exposition gegenüber niederfrequenten Feldern findet sich in der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] folgendes:

„Es ist grundsätzlich **jener Betriebszustand bei bestimmungsgemäßem Gebrauch** der Anlage oder des Gerätes **der zu maximalen vorhersehbaren Exposition** führt, in Betracht zu ziehen. Wenn der Betriebszustand während der Untersuchung nicht jener Betriebszustand ist, bei welchem die ungünstigsten Verhältnisse in Hinblick z.B. auf die Feldstärke, Betriebsfrequenz, eingestellte Sendeleistung, geometrische Anordnung, auftreten sind die Rahmenbedingungen der Untersuchungen anzuführen. Gegebenenfalls sind Korrekturfaktoren anzuführen."

Daher muss für die Berechnung der magnetischen Felder zuerst jener Betriebszustand (bei bestimmungsgemäßem Gebrauch der Anlage) und die damit zusammenhängenden Ströme eruiert werden, welche die maximale Exposition an einem Punkt hervorrufen.

Normalerweise sind die magnetischen Felder bei maximaler Strombelastung am höchsten. Die magnetischen Felder hängen allerdings nicht nur von der Stromstärke sondern auch von den Phasenlagen der Ströme, der geometrischen Anordnung, der Stromaufteilung bei parallelen Stromwegen, Unsymmetrien etc. ab. Daher sind meistens mehrere Betriebszustände zu untersuchen, um die ungünstigsten Immissionen in einem Punkt zu ermitteln.

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass ein Betriebszustand, der in einem bestimmten Expositionsort die maximale Exposition hervorruft, in anderen Punkten jedoch nicht den ungünstigsten Fall darstellt, d.h. es kann andere Betriebszustände geben, die in diesen Punkten die höchsten Felder hervorrufen.

Meist kann jedoch durch Kombination verschiedener Betriebszustände ein ungünstigster Fall konstruiert werden, der für die Beurteilung herangezogen werden muss.

Folgende maximale Ströme für Betriebszustände bei bestimmungsgemäßem Gebrauch können festgelegt werden:

- **Thermischer Strom:** vorgegeben durch die verwendeten Leiterquerschnitte und zulässigen maximalen Leitertemperaturen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass Überbewertungen stattfinden können, da aufgrund anderer betrieblicher Parameter unter Umständen nicht in allen Leitern gleichzeitig der thermische Grenzstrom fließen kann. Für diesen Fachbericht ist für die Berechnung der magnetischen Flussdichten (16,7 Hz) beziehungsweise des Gesamtexpositionskoeffizienten TER, verursacht durch die gegenständliche Bahnanlage an ausgewählten charakteristischen Orten, der **thermische Strom** relevant.
- **Nenn(-dauerbetriebs)-strom:** kann gemäß Herstellerangaben aus Tabellen entnommen werden, abhängig von Nennbetriebsspannung, Nennleistung und Umgebungsbedingungen. Dieser Nennstrom ist üblicherweise kleiner oder gleich dem thermischen Strom, daher wird er in den Rechnungen nicht weiter berücksichtigt.
- **Anlagengrenzstrom:** kann durch die Annahme des maximalen Stromtransports (z. B. (n-1)-Betrieb) über eine Leitungsanlage vorgegeben sein. Dieser Anlagengrenzstrom ist üblicherweise kleiner oder gleich dem thermischen Strom.
- **Maximaler Laststrom:** ist der maximale Strom aus einer vorausschauenden und umsichtigen Beachtung der möglichen Lastfälle im Normalbetrieb.

Anmerkung 1: Kurzzeitige Effekte wie Schaltvorgänge, rasch abgeschaltete Kurzschlussströme oder andere transiente Vorgänge im elektrischen Netz (z.B. ≤ 2 s) werden nicht berücksichtigt (IEC 60479 [43]).

Anmerkung 2: Obwohl die Beurteilung einer elektrischen Anlage auf Basis von Mittelwerten nicht der von ICNIRP, WHO und ÖVE empfohlenen Vorgangsweise bei der Behandlung niederfrequenter magnetischer Felder entspricht, werden manchmal, aufgrund epidemiologischer Rahmenbedingungen, zur Beurteilung von Langzeitwirkungen Aussagen über Mittelwerte der magnetischen Felder einer Anlage gefordert.

Für normale Betriebsbedingungen kann von einem Mittelwert des Stroms (mittlere Last) auf die mittlere Exposition rückgeschlossen werden. Folgende Mittelwerte stehen zur Diskussion:

- Maximaler 24-h-Mittelwert (für z.B. die Bestimmung des Anlagegrenzwerts (1 µT), gemessen als Mittelwert während 24 Stunden gemäß NISV [38]).

Die Ströme zur Beurteilung der Langzeitwirkung können auf Basis des 24-h-Mittelwert des zu erwartenden (gemessenen) Stromtransports über die betreffende 15-kV-Oberleitungsanlage und die 15-kV-Versorgungsleitungen für den betreffenden Streckenabschnitt im Normalbetrieb mittels Zugfahrsimulationen oder Langzeitmessungen ermittelt werden.

- ❑ Jahresmittelwert

Anmerkung 3: Für die Bewertung gemäß Vornorm E 8850 [1] (WHO, ICNIRP [5]) wird im Sinne von Worst-Case-Überlegungen der thermische Grenzstrom herangezogen, da dieser die maximale Belastung der Anlage aus elektrotechnischer Sicht darstellt. Der 24-h-Mittelwert der Strom sowie der maximale Laststrom werden oft bei der epidemiologischen Beurteilung als Grundlage herangezogen. Der maximale Laststrom dient auch für Berechnungen für Vergleichszwecke mit dem thermischen Grenzstrom. Für einfache Konfigurationen der Oberleitungen (1- und 2-gleisige Strecken mit standardisierter Streckenausrüstung) kann beispielsweise mit der Tabelle „µPAS-Impedanzwerte“ der Freileitungstypen – Oberleitungsdaten (Impedanzen, maximale Strombelastbarkeit), 16-7-2004“ [32] der relevante Beeinflussungsstrom für eine Oberleitungskonfiguration bestimmt werden.

Anmerkung 4: Bei komplexeren Anordnungen wie beispielsweise in Bahnhöfen, können durch andere betriebliche Beschränkungen die thermischen Ströme weiter begrenzt sein. Betriebliche Beschränkungen stellen beispielsweise der maximale (Überlast)-Strom der speisenden Transformatoren[3] oder die Schutzeinstellungen der Betriebsmittel dar. Für eine solche detaillierte Betrachtung ist allerdings eine genaue Kenntnis über die Anspeisung (Lage der Versorgungsleiter, Schaltgerüste) notwendig. Eine Reduktion der thermischen Ströme für die Berechnung der magnetischen Felder muss jedenfalls begründet und dokumentiert sein. Diese Zustände werden gegebenenfalls im Rahmen der Berechnung berücksichtigt.

Anmerkung 5: Bei Bahnanlagen wird oft auch die Berechnung der magnetischen Felder bei maximalen Lastströmen gefordert, die mit Hilfe der Zugfahrsimulation ermittelt werden können[4].

[3] Als maximal möglicher Strom wird in solch einem Fall entweder der maximale Strom $I_{0°C}$ eingesetzt, der den über diese Leitung unter genormten Bedingungen maximal übertragbaren Strom kennzeichnet oder der maximale Strom, den das oder die in diesen Bereich einspeisenden Unterwerke übertragen können, je nachdem welcher Wert der zutreffende ist. (I_{max} = (3x10 MW) / 15 kV = 2000 A; da Unterwerkstransformatoren zu 100 % kurzzeitig überlastbar sind, wird ein maximal übertragbarer Strom von 4000 A gewählt (hier als Anlagengrenzstrom bezeichnet)). Außergewöhnliche Schaltzustände, verursacht z.B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten im 15-kV-Oberleitungsnetz und insbesondere im 110/55-kV-Bahnstromnetz (Leitungsunterbrechung), können zu derartigen Strombelastungen führen.

[4] Für die Bestimmung der maximalen Emissionen durch Ströme, verursacht durch Lokomotiven, die sich im betreffenden Streckenabschnitt befinden, wird je Lokomotive ein Strom von 427 A angenommen (= 6,4 MW / 15 kV). Es wird ferner abgeschätzt, wie viele Lokomotiven sich in diesem Streckenabschnitt unter Berücksichtigung lokaler Lastfluss-Bedingungen und des Fahrplanes befinden können, die gleichzeitig den vollen Traktionsstrom benötigen. Diese Emissionen treten in der Regel nur kurzzeitig auf.

Anmerkung 6: Die Aufteilung der Ströme auf die parallel verlaufenden Leiter, z.B. die Aufteilung auf Tragseil, Fahrdraht und Verstärkungsleiter bzw. auf Schiene, Rückleiter und Erdreich hat einen erheblichen Einfluss auf das magnetische Feld.

4.4.4 Stromaufteilung bei Gleisanlagen

Wie in [70] gezeigt wird und in Tabelle 3-7 ersichtlich ist, hat die Aufteilung der Rückströme auf Schienen, Rückleiter und Erde einen großen Einfluss auf das magnetische Feld in der Umgebung von elektrischen Bahnanlagen. Im Falle einer zweigleisigen Strecke mit Verstärkungsleiter und Rückleiter werden die folgenden fünf Fälle für die Aufteilung des Rückstroms zwischen Rückleiter, Schienen und Erdreich im Sinne einer Abschätzung der maximalen magnetischen Emissionen und Immissionen im Nah- und Fernbereich der Bahnanlage (Worst-Case-Analyse) gemäß Tabelle 3-7 angenommen. Die Ströme in den aktiven Leitern (Fahrdraht, Verstärkungsleiter, Tragseil) werden dabei entsprechend der Impedanzmatrix der unendlich ausgedehnten Leiterkonfiguration für einen Traktionsstrom von 1000 A je Gleis berechnet.

Fall	Strom im Rückleiter (RL)	Strom in den Schienen (SC)	Strom im Erdreich (E)
1	0 %	10 %	90 %
2	0 %	50 %	50 %
3	0 %	100 %	0 %
4	40 %	40 %	20 %
5	80 %	10 %	10 %

Tabelle 4-3: Beispielhaft angenommene Fälle für die Rückstromaufteilung einer 2-gleisigen freien Strecke zur Ermittlung der Worst-Case-Bedingungen

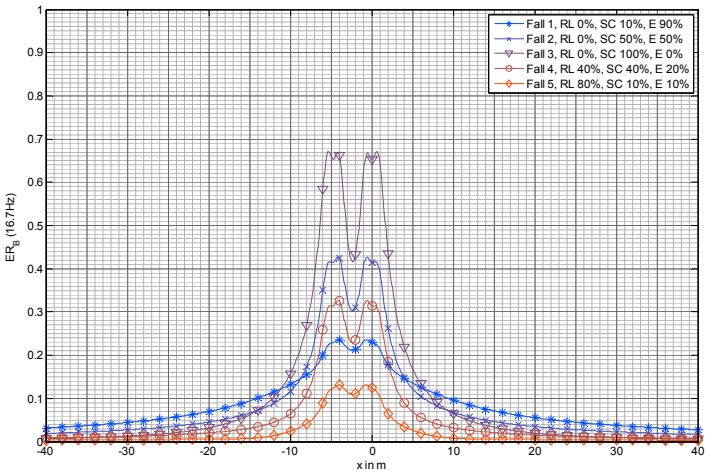


Abbildung 2-1: Expositionskoeffizient ERB,(16,7 Hz) der magnetischen Ersatzflussdichte für die 5 Fälle der Rückstromaufteilung (Tabelle 3-7) auf Rückleiter RL, Schiene SC und Erdreich E für einen Traktionsstrom von 1000 A je Gleis entlang einer Geraden in 1 m über Schienenoberkante

Die Abbildung 3-3 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Berechnung der Expositionskoeffizienten (Referenzwertausschöpfung in p.u.) der Grundschwingung der magnetischen Ersatzflussdichte für die in Tabelle 3-7 angegebenen Fälle für einen Traktionsstrom von 1000 A je Gleis in 1 m über Schienenoberkante (SOK). Bei x = 6 m und x = -11 m, also ca. 6 m von den beiden Gleisachsen entfernt, schneidet die Kurve des Falles 3 jene des Falles 1. Dies bedeutet, dass im Nahbereich (Abstand zur Gleisachse kleiner als 6 m) die magnetische Ersatzflussdichte in 1 m Höhe mit steigendem Anteil des Rückstroms in den Schienen deutlich zunimmt. Für die Emission im Fernbereich (Abstand zur Gleisachse größer als 6 m) sind im Gegensatz dazu hinsichtlich der Magnetfeldemissionen jene Fälle ungünstiger, bei denen der Großteil des Stroms über Erde fließt, wenn also Schienen und Rückleiter wenig zum Rücktransport des Stroms beitragen. Ebenso kann man erkennen, dass ein Stromfluss im Rückleiter im ganzen Beeinflussungsbereich eine Reduktion des magnetischen Feldes in 1 m Höhe bewirkt. Die für die Bestimmung der ungünstigsten Exposition in 1 m Höhe relevanten Fälle sind somit Fall 1 und Fall 3. Eine Hüllkurve aus den Feldverläufen für diese zwei Fälle liefert daher hier für die Beurteilungshöhe 1m die ungünstigste Exposition hinsichtlich des magnetischen Feldes (siehe [70][72]).

4.4.5 Beeinflussende Wirkung von Kabelschirmen, Erdseilen, Reduktionsleitern

Erdseile, Reduktionsleiter, Kompensationsleiter und beidseitig geerdete stromtragfähige Kabelschirme werden induktiv durch stromführende Leiter oder ohmsch beeinflusst und führen ihrerseits einen Strom, der wieder einen feldreduzierenden oder feldverstärkenden Einfluss auf die (un-)mittelbare Umgebung hat. Weitere Details sind in [71] bzw. [37] zu finden.

4.4.6 Berücksichtigung von Stromoberschwingungen

Gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] sind bei der Beurteilung der Referenzwerte für die Exposition von Personen relevante Oberschwingungsanteile zu berücksichtigen. Bis zu einer Frequenz von 65 kHz kann das Expositionsverhältnis ER_B für die magnetische Feldstärke H bzw. im linearen Medium Luft gleichwertig für die magnetische Ersatzflussdichte B berechnet werden (siehe Kapitel 4.4.10).

$$\mathrm{ER_B} = \mathrm{ER_{GS}} \cdot \mathrm{k_{OS,I}} \qquad \text{(Formel 3)}$$

$\mathrm{ER_B}$ Expositionsverhältnis (engl.: exposition ratio), dimensionslos

$\mathrm{ER_{GS}}$ Expositionskoeffizient der Grundschwingung GS, dimensionslos

$\mathrm{k_{OS,I}}$ Stromoberschwingungsgewichtungsfaktor, dimensionslos

Für eine Grundschwingung von z.B. 50 Hz und bei Berücksichtigung von Oberschwingungen bis zu einer Ordnungszahl $\nu = 50$, kann der Oberschwingungsgewichtungsfaktor wie folgt ausgedrückt werden:

$$\mathrm{k_{OS,I}} = \sum_{\nu=1}^{50} \mathrm{k_{OS,I,\nu}} = \sum_{\nu=1}^{50} \frac{\frac{\mathrm{I_\nu}}{\mathrm{I_1}}}{\frac{\mathrm{B_{L,\nu}}}{\mathrm{B_{L,1}}}} \qquad \text{(Formel 4)}$$

$\mathrm{k_{OS,I}}$

$\mathrm{k_{OS,I\nu}}$ Stromoberschwingungsgewichtungsfaktor der ν-ten Oberschwingung, dimensionslos

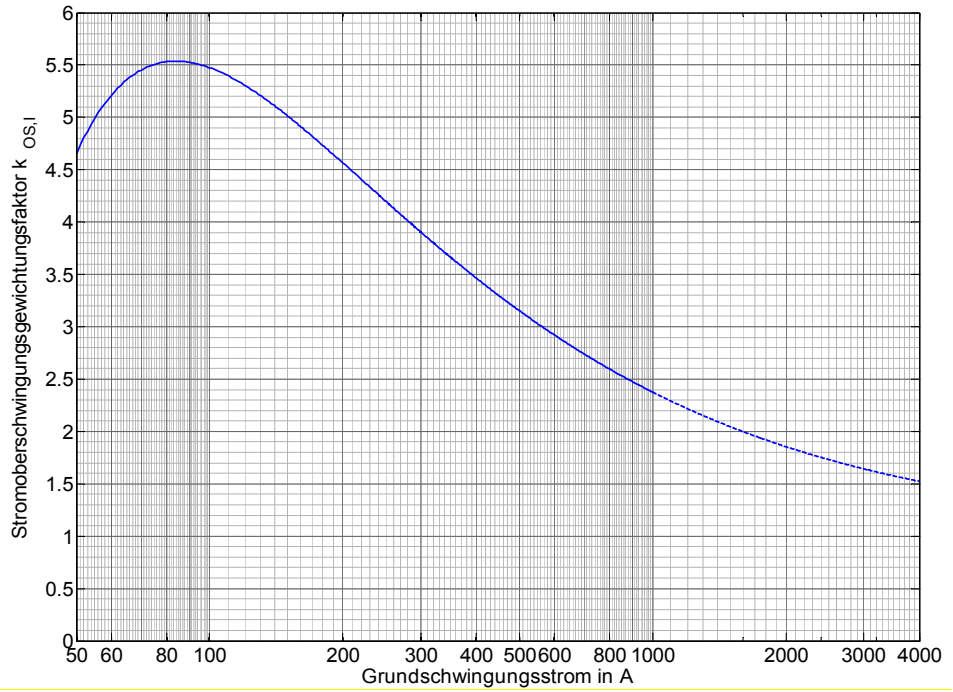
$\mathrm{I_\nu}$ Effektivwert des Stroms der ν-ten Oberschwingung in A

$\mathrm{I_1}$ Effektivwert der Grundschwingung (GS, $\nu = 1$) in A

$\mathrm{B_{L,\nu}}$ Referenzwert der magnetischen Ersatzflussdichte der ν-ten Oberschwingung in T (siehe Tabelle X)

$\mathrm{B_{L,1}}$ Referenzwert der magnetischen Ersatzflussdichte der Grundschwingung in T

Bei Messungen der ÖBB wurden reale Oberschwingungsströme für 15 kV-Anlagen, 16,7 Hz ermittelt [32]. Die daraus berechneten Oberschwingungsgewichtungsfaktoren in Abhängigkeit des Grundschwingungsstroms können aus Abbildung 3-4 entnommen werden. Abbildung 3-4 berücksichtigt die Phasenlagen der Oberschwingungen aufgrund von Worst-Case Überlegungen im Hinblick auf eine Bewertung gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] nicht. Aufgrund der Charakteristika der Oberschwingungsquellen in 15-kV-Anlagen ist die Vorgangsweise aber begründet. Die Berücksichtigung der Phasenlage hat im gegenständlichen Fall nur einen geringen Einfluss auf den $k_{OS,I}$ hinsichtlich der Wirkung niederfrequenter magnetischer Felder [53].



I_{rv} in A	50	100	200	300	400	500	600	700	800
$k_{OS,I}$	4,65	5,47	4,56	3,90	3,47	3,16	2,92	2,74	2,60
I_{rv} in A	900	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	
$k_{OS,I}$	2,48	2,38	2,05	1,86	1,73	1,64	1,58	1,52	

Abbildung 4-3: Oberschwingungsgewichtungsfaktoren kOS,I in Abhängigkeit des Grundschwingungsstroms (16,7 Hz zwischen 50 A bis 4000 A) für lineare Modelle bei Oberschwingungen bis zur 17ten Ordnung

Oberschwingungsgewichtungsfaktoren für 110-kV-Anlagen bei 16,7 Hz sind noch Gegenstand von Untersuchungen; basierend auf Messungen wird ein $k_{OS,I} \geq 1,2$ empfohlen.

4.4.7 Örtliche Reduktion von magnetischen Feldern

Im Fall der Abschirmung (örtliche Reduktion, Umlenkung) mit magnetisch wirksamen Stoffen kann ein Material mit hoher magnetischer Permeabilität z.B. Mu-Metall (eine Legierung aus 80% Nickel, 16% Eisen und 4% Molybdän, die eine besonders hohe Permeabilität aufweist) oder massives Eisen gewählt werden. Abschirmung durch magnetisch wirksame Materialien bedeutet, dass entweder die Eisenbahnstrecke oder das zu schützende Objekt mit einem solchen Abschirmungsmaterial umgeben werden müsste, wobei zu beachten ist, dass die Schirmung von Objekten bei kleinen auftretenden Ersatzflussdichten sehr aufwändig ist und nur in eingeschränkten Maßen möglich ist. Die Abschirmung magnetischer Felder ist im Gegensatz zur Abschirmung elektrischer Felder sehr schwierig. Sie beruht entweder darauf, einen Pfad mit hoher magnetischer Leitfähigkeit bereitzustellen oder auf der gezielten Erzeugung von (Wirbel-)strömen, deren magnetische Felder das erzeugende Feld teilweise kompensieren.

Im Fall der Reduktion des Magnetfeldes durch Kompensationsströme vermindern entgegengesetzt zu den primären beeinflussenden Strömen fließende Kompensationsströme das Magnetfeld einerseits an bestimmten Aufpunkten bzw. Orten, andererseits werden durch Kompensationsströme Felder an Orten erzeugt, wo vorher kein oder nur ein geringes Magnetfeld herrschte. Diese Art der Kompensation kann aktiv durch Stromquellen oder passiv durch ohmsch oder induktiv eingeprägte Ströme in parallelen Strompfaden erfolgen. Dieser Sachverhalt kann zur Reduktion des Magnetfeldes ausgenützt werden, indem z.B. der Rückstrom, unter Berücksichtigung technischer und ökonomischer Randbedingungen, so nahe wie möglich bei den Hinleitern geführt wird. Die praktische Umsetzung besteht z.B. in der Installation eines Erd-/Kompensationsseils oder mehrerer Erd-/Kompensationsseile möglichst nahe am Fahrdraht. Diese Maßnahme kann ohne nennenswerte technische Nachteile realisiert werden und führt zu einer erheblichen Reduktion der Emissionen sowie der induktiven und ohmschen Beeinflussungen. Im angewandten Rückstromführungskonzept der ÖBB wird diesem Umstand Rechnung getragen.

Um die Einhaltung der Schutzziele der der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 zu gewährleisten wird im Sinne einer umsichtigen Vermeidung empfohlen, die Emissionen einer Quelle entsprechend der wirtschaftlichen Zumutbarkeit und technischen Machbarkeit auch über die Vorgaben der Vornorm hinaus möglichst gering zu halten. [5]

[5] im vorliegenden Bauvorhaben werden die Schutzziele der Vornorm im Hinblick auf die umsichtige Vermeidung vollinhaltlich berücksichtigt.

Im Folgenden wird die Wirkung einer der effizientesten Maßnahmen zur Reduktion der magnetischen Ersatzflussdichte in der Umgebung von elektrischen Bahnanlagen und zwar die Anbringung von Reduktionsleitern dargestellt. Dabei muss die Stromaufteilung auf die einzelnen Leiter (Versorgungsleitungen, Reduktionsleiter, Schienen) entsprechend den Impedanzverhältnissen unter Berücksichtigung der gegenseitigen induktiven Kopplungen für Leiter mit Erdrückleitung und der Eisensättigung berechnet werden.

In den folgenden Abbildungen ist deutlich der Feldreduzierende Einfluss der Schienen und von Erd-/ Kompensationsseilen zu erkennen. Zu beachten ist bei den Abbildungen, dass ein logarithmischer Maßstab gewählt wurde, um den Einfluss besser sichtbar zu machen.

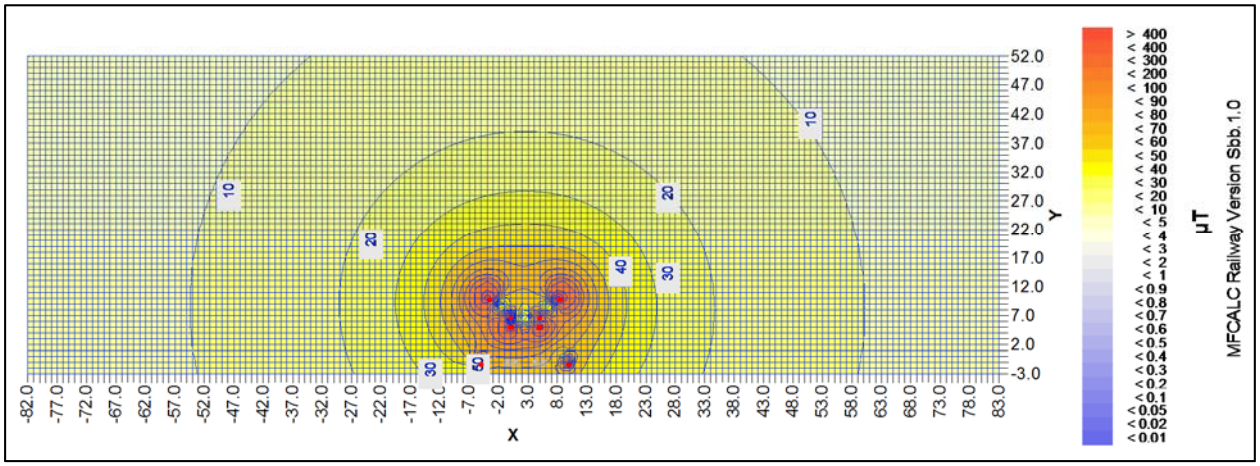


Abbildung 4-4: Querprofil der magnetischen Ersatzflussdichte, Ströme in den Fahrdrähten/Tragseilen: 2x1600A, thermischer Strom Kein Rückleiter/Erdseil, keine leitfähigen Schienen (in der Praxis nicht angewandt)

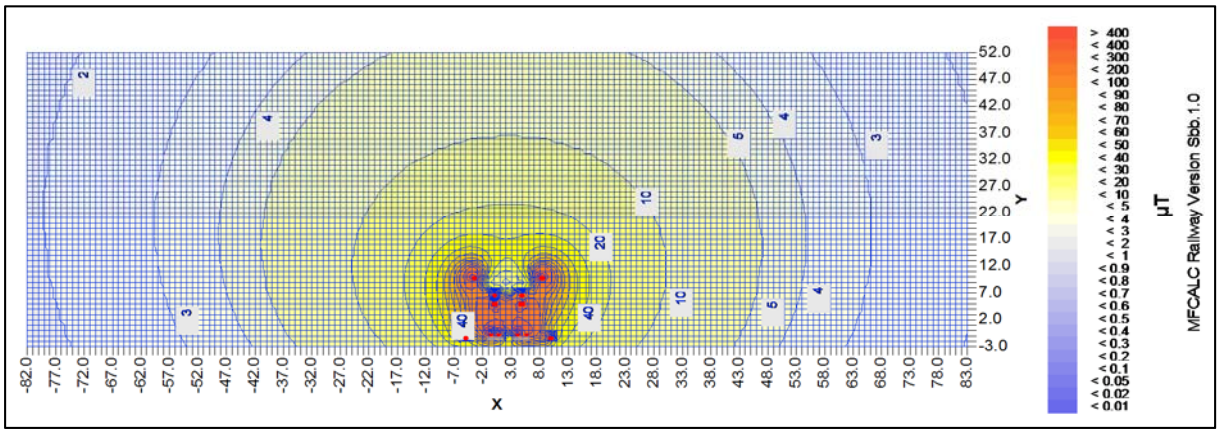


Abbildung 4-5: Querprofil der magnetischen Ersatzflussdichte, Ströme in den Fahrdrähten/Tragseilen: 2x1600A, thermischer Strom - Kein Rückleiter/Erdseil

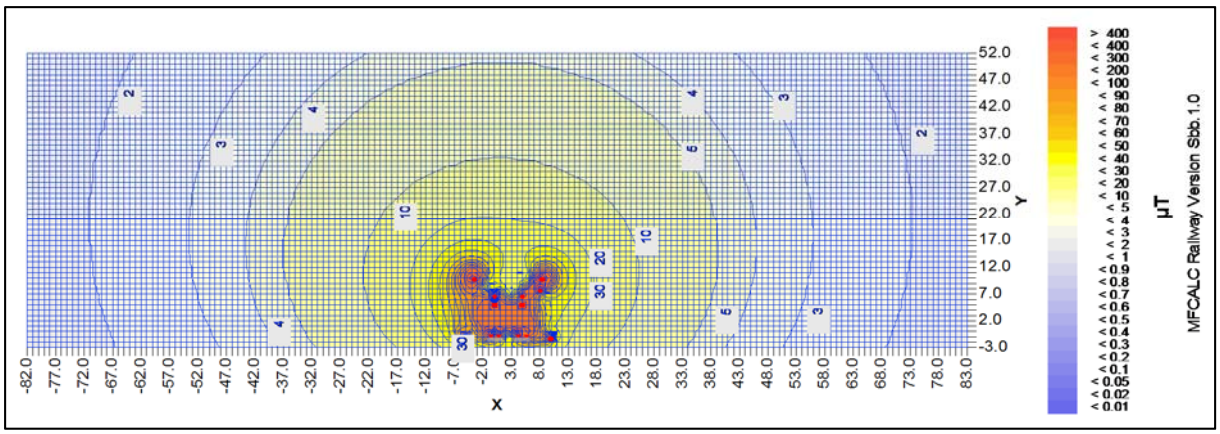


Abbildung 4-6: Querprofil der magnetischen Ersatzflussdichte, Ströme in den Fahrdrähten/Tragseilen: 2x1600A, thermischer Strom - Ein Rückleiter/Erdseil

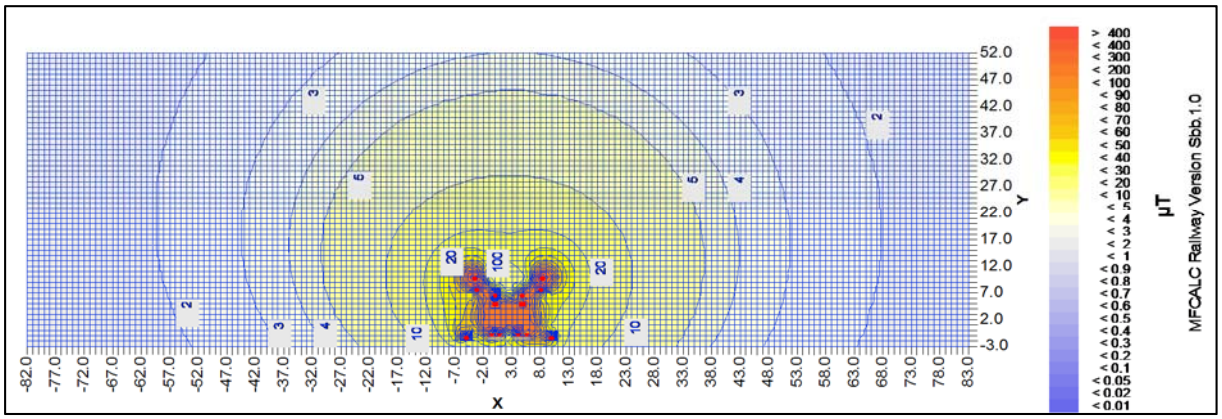


Abbildung 4-7: Querprofil der magnetischen Ersatzflussdichte, Ströme in den Fahrdrähten/Tragseilen: 2x1600A, thermischer Strom - Zwei Rückleiter/Erdseile

Bei einem Rückleiter wird im Bereich des Flussdichtemaximums in 1 m Höhe die magnetische Ersatzflussdichte im Vergleich zum Feld der Bahnanlage ohne Rückleiter um ca. 8 % reduziert, bei 2 Rückleitern kann eine Reduktion von ca. 20 % erreicht werden. Weitere Reduktionsleiter würden das Feld nur noch in einem verhältnismäßig geringen Maß reduzieren.

4.4.8 Bewertung der Wirkungen niederfrequenter magnetischer und elektrischer Felder (EMF) auf technische Geräte

Magnetische Felder

Niederfrequente Magnetfelder können empfindliche (elektro-)technische Geräte stören. Zu beachten ist, dass die Grenzwerte der ICNIRP (sowie auch der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850, Ausgabe: 2006-02-01 [1]) nicht die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bzw. die Störfestigkeit von Geräten betreffen. Die Einhaltung dieser Grenzwerte schließt Störungen von oder Wirkungen auf empfindliche elektrotechnische Geräte wie z.B. Monitorbildröhren, Eingangskreise von Verstärkern und Steuerungen und medizinische Geräte (Metallprothesen, Herzschrittmacher, Defibrillatoren und Cochlea-Implantate, ...) nicht unbedingt aus. In der folgenden Tabelle werden die jeweils zutreffenden Normen und Grenzwerte hinsichtlich der geforderten Störfestigkeit der Geräte für einen sicheren Betrieb für das magnetische Feld für empfindliche elektronische Betriebsmittel zusammengefasst.

Elektrische Felder

Die elektrischen Felder von 15-kV-Bahnanlagen und Hochspannungsleitungen (bis 110 kV) außerhalb der Annäherungszone sind gemäß EL 52 [30] so klein, dass eine weitere Beurteilung hinsichtlich der Störung von elektrischen Geräten in der Regel unterlassen werden kann. Ausnahmen bilden besonders empfindliche elektrotechnische Geräte wie z.B. elektromedizinische Geräte (Herzschrittmacher)[75]. Daher ist bei besonders empfindlichen Geräten und innerhalb des Annäherungsbereichs (Gefährdungsbereichs) die Störfestigkeit der Geräte zu beachten, gegebenenfalls sind geeignete Maßnahmen zu treffen.[71]

Anwendungsbereich:	**Grenzwert für B**
Magnetische Speicher, Disketten	1 mT
Tonaufnehmer	100 µT
Außenbereich von labor- oder medizintechnisch genutzten Gebäuden mit besonders empfindlichen Geräten	0,2 … 0,4 µT
PC-Röhrenmonitore (Bildschirmzittern)	0,3 … 0,7[6] µT
Allgemeiner Laborbereich	0,2 µT
Grenzwert für störungsfreien Elektronenmikroskop-Betrieb von Feldemissions-Raster-Elektronenmikroskopen	0,1 … 0,3 µT
Grenzwert für störungsfreien Magnetenzephalographie-Betrieb (Schirmkammer)	< 1 nT
Herzschrittmacher (eingeschränkt störfest) 50 Hz – peak/rms[7] Herzschrittmacher (eingeschränkt störfest) 16,7 Hz – peak/rms Ungünstigster unipolarer HRZM gemäß Abschnitt II (rms)	91,7 µT /64,8 µT 423,5 µT/300 µT 46 µT
Elektromagnetische Störfestigkeit für Geräte und Systeme gemäß EN 60601-1-2: 2001 Medizinische Geräte, Tab. 202 [40]	3,77 µT (3 A/m)[8]
Elektromagnetische Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe gemäß EN 61000-6-1 2007-12-01, Tab. 1 [38]	3,77 µT (3 A/m)
Elektromagnetische Störfestigkeit für Industriebereichgemäß EN 61000-6-2 2005-05-01, Tab. 1 [39]	3,77 µT (30 A/m)
EEG-, EKG- und EMG-Geräte gemäß ÖVE-EN7 1991 (für EMG gemäß ÖVE/ÖNORM E8007 2007-12-01) [46]	0,2 μT_{ss} / 0,07 μT_{eff} 0,4 μT_{ss} / 0,141 μT_{eff} 0,1 μT_{ss} / 0,035 μT_{eff}

Tabelle 4-4: Grenzwerte magnetischer Ersatzflussdichten für empfindliche Betriebsmittel, Geräte und Anlagen für 50 Hz (gemäß Normen, Herstellerangaben und eigenen Messungen bzw. Berechnungen)

Anmerkung: Die nicht näher gekennzeichneten Werte sind Effektivwerte, μT_{ss} stellt die Spitze-Spitze-Werte dar.

[6] So beginnt z.B. bei Monitorbildröhren (CRT) abhängig von der Bauart und der Bildschirmdiagonale in niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern ab einer magnetischen Flussdichte von etwa 0,3 … 0,7 µT das Bild sichtbar zu flimmern bzw. zu zittern. Ursache ist die durch das magnetische Störfeld verursachte, zusätzliche, asynchrone Ablenkung des Elektronenstrahls. TFT Monitore zeigen diese Effekte bei Einwirkung niederfrequenter magnetischer Felder nicht. Bei Strombelastung von N-, PE-, und PA-Leiter können aber auch bei TFT-Monitoren Flimmereffekte beobachtet werden [69].

[7] Fachinformation des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees – OEK (Grenzwerte B basieren auf DIN VDE 0848-3-1: 2002-05, Elektronische Implantate, [21], die angegebenen Werte sind ohne gleichzeitige Exposition mit elektrischem Feld

[8] Medizinische Geräte müssen einem Störfestigkeitsprüfpegel von 3 A/m standhalten, ohne dass eine Funktionsstörung zu erkennen ist; daraus folgt ein Flussdichte-Prüfpegel von 3,77 µT (diese Grenzen gelten für 50 Hz, für 16,7 Hz gilt damit sinngemäß 11,31 µT). Infusions- und Spritzenpumpen zeigten in Test bis zu ca 100 µT bei 16,7 Hz keine Störungen, Monitoringgeräte (EKG-Module) bis zu 150 µT bei 16,7 Hz.

4.4.9 Berechnung der elektrischen Ersatzfeldstärke

4.4.9.1 Analytische Methode zur Berechnung der elektrischen Ersatzfeldstärke

Niederfrequente elektrische Felder, verursacht durch elektrische Anlagen der öffentlichen Energieversorgung, können als quasi-statisch betrachtet werden.

Der Erdbodeneinfluss kann nicht wie bei der Magnetfeldberechnung vernachlässigt werden, sondern stellt gegenüber dem hochohmigen Widerstand der Umgebungsluft einen nahezu idealen Leiter dar. Die elektrischen Feldlinien stehen somit nahezu senkrecht auf den Erdboden. Dem wird im Zuge der mathematischen Modellierung Rechnung getragen, indem die gesamte oberirdische Leiterkonfiguration 1 m über Geländeoberfläche gespiegelt wird (Spiegelungsmethode bzw. Methode der äquivalenten Ladungen).

Die Berechnung erfolgt im Wesentlichen in 2 Schritten:

- Bestimmung der äquivalenten Ladungen für alle Leiter bei gegebener Leiterkonfiguration
- Berechnung der elektrischen Ersatzfeldstärke verursacht durch diese Ladungen

Die Bestimmung der äquivalenten Ladungen erfolgt mit Hilfe der Beziehung:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{U} = \mathbf{P}^{-1} \cdot \mathbf{U}$$

$\mathbf{Q}$	Spaltenmatrix der Ladungen in As
$\mathbf{U}$	Spaltenmatrix der Spannungen in V
$\mathbf{C}$	Matrix der Kapazitäten in As/V bzw. F
$\mathbf{P}$	Matrix der Potenzialkoeffizienten in V/As

Die einzelnen Matrizen setzen sich aus folgenden (auf die Länge der Leiter bezogenen) Komponenten zusammen:

$$\begin{pmatrix} q_1 \\ \vdots \\ q_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{k1} & \cdots & p_{kk} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} U_1 \\ \vdots \\ U_k \end{pmatrix}$$

i	Index der Leiter i = 1…k
q_i	Ladung des Leiters i (längenbezogen) in As/m
p_{ii}	Selbstpotenzialkoeffizient des Leiters i (längenbezogen) in Vm/As
p_{ij}	Gegenpotenzialkoeffizient des Leiters i mit dem Leiter j (längenbezogen) in Vm/As
U_i	Spannung des Leiters i in V

Die Selbst- und Gegenpotenzialkoeffizienten sind abhängig von der geometrischen Anordnung (Abbildung 3-9, links) der Leiter und können für unendlich lange Leiter gemäß den folgenden Formeln berechnet werden.

$$p_{ii} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \ln\left(\frac{2y_i}{r_i}\right), \quad p_{ij} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \ln\left(\frac{D'_{ij}}{D_{ij}}\right)$$

y_i	Abstand des Leiters i über Boden in m
r_i	Radius des Leiters i in m
D_{ij}	Abstand zwischen dem Leiter i und dem Leiter j in m
D'_{ij}	Abstand zwischen dem Leiter i und dem Spiegelleiter des Leiters j in m
ε_0	Permittivität des Vakuums ε_0=8,854·10^{-12} As/Vm

Für Bündelleiter muss anstelle des Leiterradius der äquivalente Radius der Bündelleiteranordnung verwendet werden:

$$r_{aq} = R \cdot \sqrt[n]{nrR^{-1}} \quad \text{mit} \quad R = \frac{a}{2 \cdot \sin(\pi \cdot n^{-1})}$$

r_{aq}	äquivalenter Radius einer Bündelleiteranordnung in m
r	Radius eines Teilleiters in m
n	Anzahl der Bündelleiter
a	Bündelleiterabstand in m
R	Umkreisradius des Bündelleiters in m

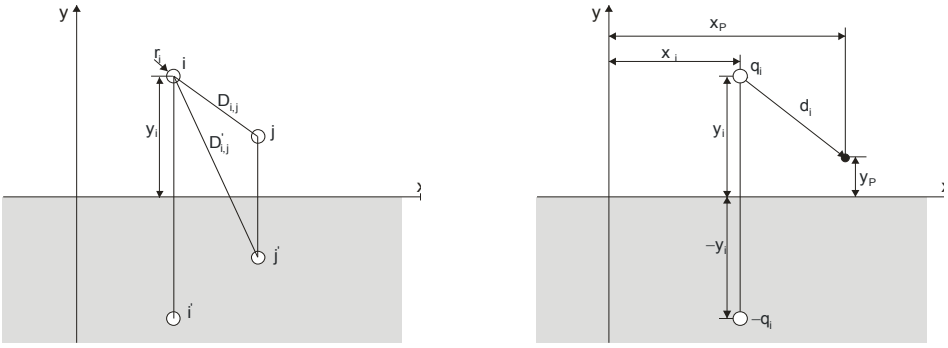


Abbildung 4-8: Berechnung der Potenzialkoeffizientenmatrix (links) und der elektrischen Ersatzfeldstärke (rechts)

Die Berechnung des elektrischen Feldes erfolgt auf Basis des Satzes von Gauß mit Hilfe der folgenden Formel:

$$E = \frac{q_i}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d_i}$$

E	Betrag der elektrischen Ersatzfeldstärke in V/m
q_i	längenbezogene Ladung des Leiters i bzw. des Spiegelleiters in As/m
d_i	Abstand zum Leiter i bzw. zum Spiegelleiter in m

Für einen Leiter und dessen Spiegelleiter ergeben sich für die Komponenten des elektrischen Feldes in x und y Richtung folgende Ausdrücke (siehe dazu auch Abbildung 3-9, rechts):

$$E_x = \frac{q_i}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{x_i - x_p}{\left(x_i - x_p\right)^2 + \left(y_i - y_p\right)^2} \right) - \left(\frac{x_i - x_p}{\left(x_i - x_p\right)^2 + \left(y_i + y_p\right)^2} \right)$$

$$E_y = \frac{q_i}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{y_i - y_p}{\left(x_i - x_p\right)^2 + \left(y_i - y_p\right)^2} \right) - \left(\frac{y_i + y_p}{\left(x_i - x_p\right)^2 + \left(y_i + y_p\right)^2} \right)$$

E_x, E_y	elektrische Feldstärkekomponenten in x bzw. y-Richtung in V/m
q_i	längenbezogene Ladung des Leiters i in As/m
x_i, y_i	Koordinaten des Leiters i in m
x_P, y_P	Koordinaten des Aufpunkts P in m

Durch Summation der Feldstärkeanteile, verursacht durch die verschiedenen Leiter, erhält man schließlich die resultierende elektrische Ersatzfeldstärke einer Anlage in einem Aufpunkt.

Leitfähige Strukturen, wie z.B. Menschen, metallische Hochspannungsmasten, Bäume, Häuser, Dächer usw. können das elektrische Feld beeinflussen (verzerren, abschirmen, verstärken). Eine derartige Berechnung erfordert eine aufwändige Modellierung und kann im Nahbereich der leitfähigen Strukturen besser mit der Methode der Finiten Elemente (FEM) erfolgen.

4.4.9.2 Elektrische Ersatzfeldstärke

Die elektrische Ersatzfeldstärke E_e ergibt sich aus Effektivwerten der Feldstärkekomponenten in drei aufeinander normalen Raumrichtungen gemäß folgender Definition:

$$E_e = \sqrt{E_{xeff}^2 + E_{yeff}^2 + E_{zeff}^2}$$

E_e	elektrische Ersatzfeldstärke in V/m
E_{xeff}, E_{yeff}, E_{zeff}	Effektivwerte (RMS) der elektrischen Ersatzfeldstärke in x/y/z-Richtung in V/m

4.4.9.3 Beeinflussende Spannung

Begriffe wie Nennspannung, Bemessungsspannung (engl. rated voltage) etc. sind in verschiedenen Normen standardisiert und geben die Spannung an, für die ein Betriebsmittel bemessen bzw. benannt wurde. Der Begriff Nennspannung ist im Zusammenhang mit der Berechnung elektrischer Felder nicht relevant, da die Beurteilung der elektromagnetischen Felder hinsichtlich der zulässigen Exposition von Menschen nicht nach der Einwirkungszeit vorgenommen wird, sondern sich auf unmittelbare Reizwirkungen bezieht und folgende relevante beeinflussende Spannungen herangezogen werden müssen[9]. Zur Berechnung sind die im Betrieb möglichen maximalen Spannungen für die Berechnung der elektrischen Felder heranzuziehen (z.B. höchste nichtpermanente Spannung gemäß ÖVE/ÖNORM EN 50163, [25]). Basierend auf den Ausführungen von ÖVE/ÖNORM EN 50163 [25] wird im Folgenden für die Berechnung der elektrischen Felder von Oberleitungen (Nennspannung 15 kV) die höchste nichtpermanente Spannung von 18 kV herangezogen (Tabelle 3-9).

Stromversorgungssystem	Niedrigste nichtpermanente Spannung	Niedrigste Dauerspannung	Nennspannung	Höchste Dauerspannung	Höchste nichtpermanente Spannung
	U_{min2}	U_{min1}	U_n	U_{max1}	U_{max2}
	V	V	V	V	V
Gleichstrom (Mittelwert)	400	400	600[a]	720	800
	500[c]	500	750	900[c]	1000
	1000	1000	1500	1800[c]	1950
	2000	2000	3000	3600	3900[b]
Wechselstrom (Effektivwert)	11000	11000	15000	17250	18000
	17500[c]	17500[c]	25000	27500[c]	29000

Besondere nationale Bedingungen für Frankreich siehe Anhang B

[a] Für künftige Gleichstrombahnnetze für Straßenbahnen und Nahverkehrsbahnen sollten Nennspannungen von 750 V, 1500 V oder 3000 V verwendet werden.

[b] Besondere nationale Bedingungen für Belgien siehe Anhang B

[c] Besondere nationale Bedingungen für das Vereinigte Königreich siehe Anhang B

Die folgenden Anforderungen müssen erfüllt werden:

a) Die Dauer der Spannung zwischen U_{min1} und U_{min2} darf 2 Minuten nicht übersteigen

b) Die Dauer der Spannung zwischen U_{max1} und U_{max2} darf 5 Minuten nicht übersteigen

c) Die Spannung an der Sammelschiene des Unterwerks darf im Leerlauf U_{max1} nicht überschreiten. Bei Gleichstromunterwerken darf diese Spannung im Leerlauf U_{max2} betragen, wobei vorausgesetzt wird, dass die Spannung am (an den) Stromabnehmer(n) eines Zuges der Tabelle 1 und ihren Anforderungen entspricht.

d) Unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen muss die Spannung im Bereich $U_{min1} \leq U \leq U_{max2}$ liegen.

e) Unter außergewöhnlichen Betriebsbedingungen dürfen Spannungen im Bereich $U_{min2} \leq U \leq U_{min1}$ in Tabelle 1 keine Beschädigungen oder Ausfälle verursachen.

ANMERKUNG 1 Der Einsatz von Einrichtungen zur Leistungsbegrenzung auf Triebfahrzeugen kann das Auftreten von Unterspannung an der Fahrleitung begrenzen (siehe EN 50388).

Tabelle 4-5: Nennspannungen für Bahnnetze gemäß ÖVE/ÖNORM EN 50163 [25]

[9] Kurzzeitige Effekte wie Schaltvorgänge oder rasch abklingende Überspannungen im elektrischen Netz werden im vorliegenden Gutachten nicht berücksichtigt (siehe auch ÖVE/ÖNORM E 8383 [15]).

4.4.9.4 Berücksichtigung der Schirmwirkung von Gebäuden auf das elektrische Feld

In der folgenden Abbildung ist die Schirmwirkung eines Gebäudes dargestellt.

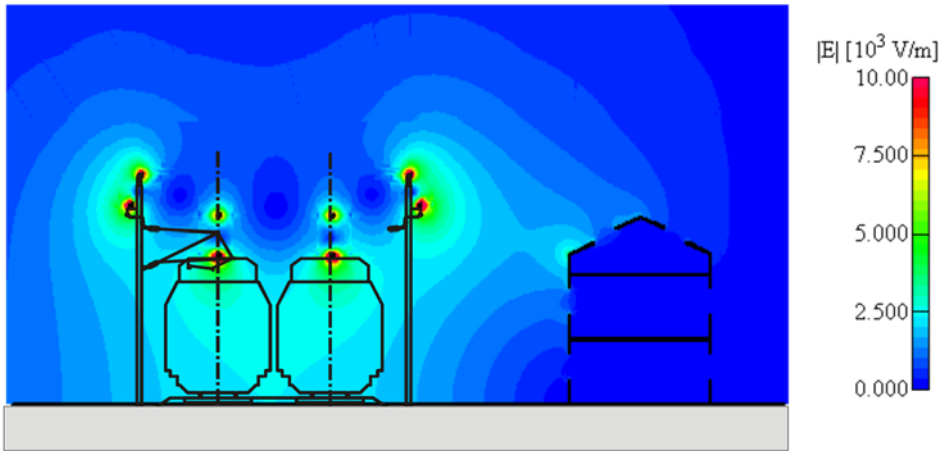


Abbildung 4-9: Elektrisches Feld einer zweigleisigen Bahnstrecke mit Rückleiter und Verstärkungsleiter unter Berücksichtigung des Einflusses eines Gebäudes

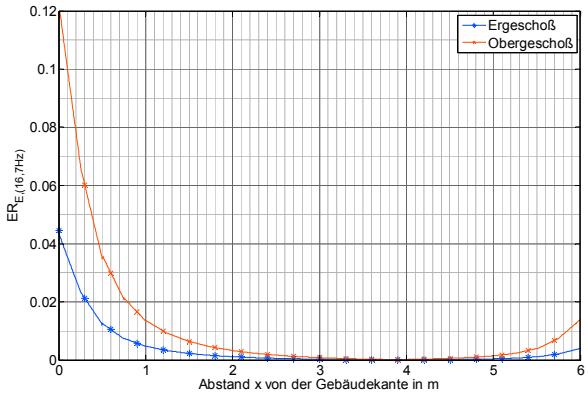


Abbildung 4-10: Expositionskoeffizient der elektrische Ersatzfeldstärke bei Durchgriff des elektrischen Feldes bei geöffnetem Fenster, Abstand x von der dem Feld zugewandten Gebäudekante in 1 m über dem jeweiligen Boden im Erdgeschoß bzw. im Obergeschoß

In Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 ist einerseits die Feldverzerrung (Felderhöhung) an den Kanten des Gebäudes und andererseits der Durchgriff des elektrischen Feldes durch offene Fenster zu erkennen. Man erkennt, dass es in der Nähe von leitfähigen Strukturen zu einer Feldverzerrung kommen kann. Im Bereich der allgemein zugänglichen Fläche sind die Felderhöhungen jedoch sehr gering und können im gegenständlichen Fall vernachlässigt werden.

4.4.9.5 Berücksichtigung der Schirmwirkung von Bahnsteigüberdachungen auf das elektrische Feld

In Abbildung 4-11 sieht man die Auswirkung einer Überdachung auf das elektrische Feld. Ersichtlich ist, dass in 1 m und 2 m über der Bahnsteigkante die elektrische Ersatzfeldstärke mit Überdachung wesentlich geringer ist als ohne Überdachung. Bereits eine geringe elektrisch leitende Überdachung weist eine gute Schirmwirkung auf. Die Berechnung ohne Überdachung spiegelt somit für Personen, die sich im Bereichen aufhalten, die der Allgemeinheit zugänglich sind, den ungünstigsten Fall wieder.

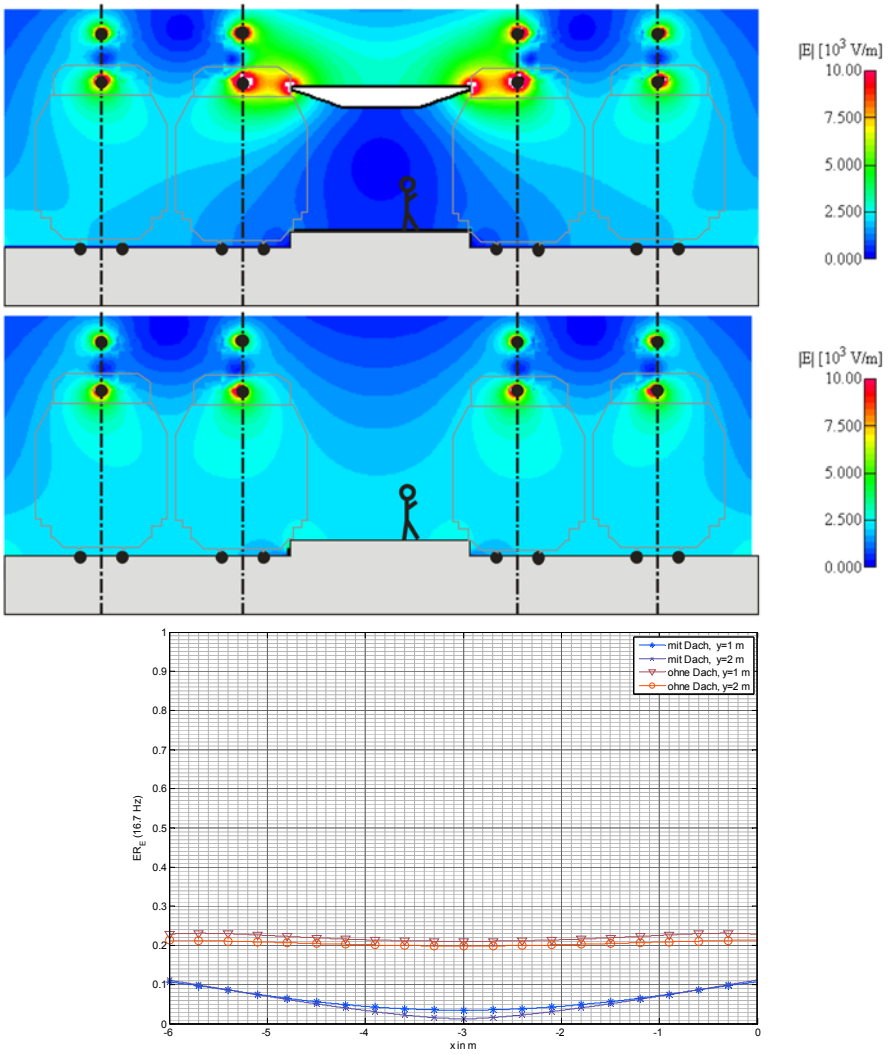


Abbildung 4-11: Expositionskoeffizient der elektrische Ersatzfeldstärke an einem Bahnsteig, berechnet mit Hilfe eines FEM-Programms für eine maximale Spannung von 18 kV, mit (oben) und ohne (mitte) Überdachung des Bahnsteiges, rechte Bahnsteigkante: x=0, y=0.

4.4.9.6 Berücksichtigung von Spannungsoberschwingungen

Analog zu den Stromoberschwingungen kann für die Spannungsoberschwingungen ein Oberschwingungsgewichtungsfaktor $k_{OS,U}$ für eine Grundschwingung bei Berücksichtigung von Oberschwingungen bis zu einer Ordnungszahl ν = 50 wie folgt ausgedrückt werden:

$$k_{OS,U} = \sum_{\nu=1}^{50} k_{OS,U,\nu} = \sum_{\nu=1}^{50} \frac{\frac{U_\nu}{U_1}}{\frac{E_{L,\nu}}{E_{L,1}}}$$

U_ν	Effektivwert der Spannung der ν-ten Oberschwingung in V
U_1	Effektivwert der Spannungsgrundschwingung (GS, ν=1) in V
$E_{L,\nu}$	Referenzwert der elektrischen Ersatzfeldstärke der ν-ten Oberschwingung laut (E 8850,[1]), Tabelle 6, z.B. 50 Hz, Allgemeinbevölkerung, $E_{L,1}$=5kV/m,…
$E_{L,1}$	Referenzwert der elektrischen Ersatzfeldstärke der Grundschwingung in V/m bzw. kV/m
$k_{OS,U,\nu}$	Oberschwingungsgewichtungsfaktor der ν-ten Oberschwingung, dimensionslos

Oberschwingungsgewichtungsfaktor für 15-kV/16,7-Hz-Anlagen

Basierend auf von Messungen der ÖBB [71] im 15-kV-Netz wird ein Oberschwingungsgewichtungsfaktor $k_{OS,U}$ von 2,24 berücksichtigt.

Oberschwingungsgewichtungsfaktor für 110-kV/16,7-Hz-Anlagen

Basierend auf exemplarische Spannungsoberschwingungsmessungen im 2AC-55/110-kV/16,7-Hz-ÖBB-Bahnstromleitungsnetz [71] wird für die Berechnung des Gesamtexpositionskoeffizienten des elektrischen Feldes von 110-kV-Leitungen, 16,7 Hz ein Oberschwingungsgewichtungsfaktor von 2,03 empfohlen.

4.4.9.7 Allgemeine Beurteilung der elektrischen Felder von 15-kV-Bahnanlagen

Wie dem Abschnitt 3.5.4.4 zu entnehmen ist, treten bei 15-kV-Bahnanlagen üblicherweise in 1 m Höhe elektrische Feldstärken ≤ 2,2 kV/m auf. Unter Berücksichtigung des $k_{OS,U}$=2,24 wird im Bereich von Bahnanlagen der zulässige Referenzwert unter Worst-Case-Annahmen deutlich unterschritten. Gesetzlich verbindliche Normen [siehe ÖVE/ÖNORM EN 50110 bzw EL52] geben Grenzabstände der Annäherung an blanke spannungsführende Leiter an bei deren Einhaltung unzulässige Expositionen vermieden werden, für Träger von besonders empfindlichen medizinischen Implantaten gelten

gesonderte Grenzen. Weitere Analysen sind daher auch unter Berücksichtigung der schirmenden bzw. feldverzerrenden Wirkung von Gebäuden, Dächern etc. nicht notwendig.

4.4.10 Bewertung von Feldern mehrerer Quellen oder Quellen mit verschiedenen Frequenzen gemäß ICNIRP und Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1]

Basierend auf Vorgaben von ICNIRP sind die physiologischen Wirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern verschiedener Frequenzen durch Summenbildung und Gewichtungsfunktionen zu berücksichtigen. Obwohl sich die Wirkungen des elektrischen und magnetischen Feldes im menschlichen Körper (Körperstromdichte) überlagern, werden nach ICNIRP [5] und Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] das elektrische und das magnetische Feld getrennt betrachtet[10]. Für empfindliche elektronische Geräte (wie z.B. medizinische Implantate) ist die Überlagerung jedenfalls zu berücksichtigen (siehe VDE 0848-3-1).

Beginn des Zitats aus Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1]:

„Es muss verifiziert werden, ob sich in Fällen gleichzeitiger Exposition durch Felder verschiedener Frequenzen eine additive Wirkung der Exposition ergibt. Diese Additivität muss hinsichtlich der Wirkung thermischer und elektrischer Stimulation getrennt untersucht werden, wobei die Einhaltung aller aufgeführten Basisgrenzwerte zu untersuchen ist. Die angegebenen Formeln gelten für die für Expositionen relevanten Frequenzen. Bei der elektrischen Stimulation, die für Frequenzen bis 10 MHz relevant ist, werden die induzierten Stromdichten in Kopf und Rumpf mittels gewichteter Summation berechnet:

$$\sum_{i=1\ Hz}^{10\ MHz} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1 \qquad (1)$$

Für thermische Wirkungen, die oberhalb von 100 kHz relevant sind, werden die SAR-Werte und Werte der Leistungsflussdichte gemäß folgender Formel addiert:

$$\sum_{i\ =\ 100\ k\ Hz}^{10\ GHz} \frac{SAR_i}{SAR_L} + \sum_{i\ >\ 10\ G\ Hz}^{300\ GHz} \frac{S_i}{S_L} \leq 1 \qquad (2)$$

- J_i die bei der Frequenz i induzierte Stromdichte
- $J_{L,i}$ der Basisgrenzwert für die induzierte Stromdichte bei der Frequenz i (Tabelle 5)
- SAR_i die durch die Exposition bei der Frequenz i bewirkte SAR (spez. Absorptionsrate)
- SAR_L der in Tabelle 5 angegebene SAR-Basisgrenzwert
- S_i die Leistungsflussdichte bei der Frequenz i
- S_L der in Tabelle 6 bzw. Tabelle 7 angegebene Basisgrenzwert für die Leistungsflussdichte

Für die praktische Anwendung der Basisgrenzwerte sollen folgende Kriterien für die Referenzwerte der Feldstärken herangezogen werden:

Anmerkung 1:

Liegen die Frequenzen der bei der zu untersuchenden Exposition auftretenden Felder alle außerhalb des Frequenzbereiches, in dem die Formeln zur Beurteilung von Reizwirkungen ((1), (3.a), (3.b), (4.a) und (4.b)) einerseits und die Formeln zur Beurteilung

[10] Eine Begründung für diese Vorgangsweise wird von ICNIRP nicht angeführt, entspricht aber nicht den physikalischen Gegebenheiten.

von thermischen Effekten ((2), (5.a), (5.b), (6.a) und (6.b)) einander frequenzmäßig überschneiden (100 KHz bis 10 MHz), dann sind nur die für den jeweiligen Frequenzbereich vorgesehenen Formeln anzuwenden.

Anmerkung 2:

Fallen bei der Expositionsbeurteilung eine oder mehrere Frequenzen in den Überschneidungsbereich, in dem sowohl Reizwirkungen als auch thermische Effekte wirksam sind (100kHz bis 10 MHz), dann sind sowohl die für Reizwirkungen als auch die für thermische Effekte relevanten Summenformeln anzuwenden ((1) bis (6.b)). Dies gilt auch im Falle der Exposition gegenüber Feldern von nur einer Frequenz.

Für Reizwirkungen werden die folgenden Bedingungen auf die Feldwerte angewendet:

Exposition der Allgemeinbevölkerung:

$$\sum_{i\ =\ 1\ Hz}^{1\ MHz} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i\ >\ 1\ MHz}^{10\ MHz} \frac{E_i}{87} \leq 1 \qquad (3.a)$$

$$\sum_{j\ =\ 1\ Hz}^{65\ kHz} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j\ >\ 65\ kHz}^{10\ MHz} \frac{H_j}{5} \leq 1 \qquad (3.b)$$

Berufliche Exposition:

$$\sum_{i\ =\ 1\ Hz}^{1\ MHz} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{i\ >\ 1\ MHz}^{10\ MHz} \frac{E_i}{610} \leq 1 \qquad (4.a)$$

$$\sum_{j\ =\ 1\ Hz}^{65\ kHz} \frac{H_j}{H_{L,j}} + \sum_{j\ >\ 65\ kHz}^{10\ MHz} \frac{H_j}{24,4} \leq 1 \qquad (4.b)$$

- E_i elektrische Feldstärke bei Frequenz i, angegeben in V/m
- $E_{L,i}$ Referenzwert für das elektrische Feld aus Tabelle 6 und Tabelle 7
- H_j magnetische Feldstärke bei Frequenz j, angegeben in A/m
- $H_{L,j}$ Referenzwert für das Magnetfeld aus Tabelle 6 und Tabelle 7

Die Referenzwerte für elektrische und magnetische Felder werden grundsätzlich getrennt berücksichtigt.

Die Summenformeln gehen von Abschätzungen für die ungünstigsten Fälle bei Feldern mehrerer Quellen bzw. mehrerer Frequenzen aus.

Bei thermischen Überlegungen, die oberhalb von 100 kHz relevant sind, gelten die folgenden 4 Formeln.

Exposition der Allgemeinbevölkerung:

$$\sum_{i\ =\ 100\ kHz}^{1\ MHz} f_i \left(\frac{E_i}{87}\right)^2 + \sum_{i\ >\ 1\ MHz}^{300\ GHz} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}}\right)^2 \leq 1 \qquad (5.a)$$

$$\sum_{j\ =\ 100\ kHz}^{1\ MHz} \left(\frac{f_j \cdot H_j}{0,73}\right)^2 + \sum_{j\ >\ 1\ MHz}^{300\ GHz} \left(\frac{H_j}{H_{L,j}}\right)^2 \leq 1 \qquad (5.a)$$

Berufliche Exposition:

$$\sum_{i\,=\,100\ kHz}^{1\ MHz}\left(\frac{f_i\cdot E_i}{610}\right)^2+\sum_{i\,>\,1\ MHz}^{300\ GHz}\left(\frac{E_i}{E_{L,i}}\right)^2\le 1 \qquad (6.a)$$

$$\sum_{j\,=\,100\ kHz}^{1\ MHz}\left(\frac{f_j\cdot H_j}{1{,}6}\right)^2+\sum_{j\,>\,1\ MHz}^{300\ GHz}\left(\frac{H_j}{H_{L,j}}\right)^2\le 1 \qquad (6.a)$$

- f_i, f_j jeweilige Frequenz, angegeben in MHz“

Ende des Zitats aus Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1]

Diese Vorgaben der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] können mittels

- ❑ Expositionskoeffizient bzw. Expositionsverhältnis
  (ER, Exposure Ratio)

und

- ❑ Gesamtexpositionsverhältnis bzw. Gesamtexpositionskoeffizient [11]
  (TER, Total Exposure Ratio)

leicht aus den abgeleiteten Größen E in V/m, H in A/m bzw. B in µT oder den Basisgrenzwerten J in A/m² realisiert werden.

Der **Expositionskoeffizient ER** ergibt sich als Quotient aus dem Feldstärkewert und dem zutreffenden Referenzwert und/oder als Quotient der Stromdichte und dem zutreffenden Basisgrenzwert für eine Frequenz i einer Quelle an einem festgelegten Ort wobei die Bedingung

- ❑ ER ≤ 1 bzw. TER ≤ 1

jedenfalls einzuhalten ist[12].

[11] Ist nur eine einzige Quelle zu berücksichtigen, ist das Gesamtexpositionsverhältnis gleich dem Expositionsverhältnis.
[12] Ist das Expositionsverhältnis ER größer als eins, bedeutet dies eine Überschreitung der Referenzwerte.

Für das magnetische Feld

- **einer Quelle n bei einer Frequenz i** gilt:

$$ER_{H,n,i} = \frac{H_{n,i}}{H_{L,i}} \text{ bzw. } ER_{B,n,i} = \frac{B_{n,i}}{B_{L,i}}$$

- **einer Quelle n mit mehreren Frequenzen i** (z.B. Oberschwingungen) gilt:

$$ER_{B,n} = \sum_{i>0\,Hz}^{i<100\,kHz} ER_{B,n,i}$$

- **aller zu berücksichtigenden Quellen n** und alle relevanten Frequenzen gilt:

$$TER_B = \sum_n ER_{B,n}$$

Für das elektrische Feld

- **einer Quelle n bei einer Frequenz i** gilt:

$$ER_{E,n,i} = \frac{E_{n,i}}{E_{L,i}}$$

- **einer Quelle n mit mehreren Frequenzen i** (z.B. Oberschwingungen) gilt:

$$ER_{E,n} = \sum_{i>0\,Hz}^{i<100\,kHz} ER_{E,n,i}$$

- **aller zu berücksichtigenden Quellen n** und alle relevanten Frequenzen gilt:

$$TER_E = \sum_n ER_{E,n}$$

Für die einfachere Berücksichtigung von Oberschwingungen bei der Ermittlung des Gesamtexpositionskoeffizienten wurden Oberschwingungsgewichtungsfaktoren $k_{OS,I}$ und $k_{OS,U}$ eingeführt (siehe dazu Kapitel I.3.8 und Kapitel I.4.8).

4.4.11 Hochfrequente elektromagnetische Felder von Funksendeanlagen

4.4.11.1 GSM-/UMTS-/LTE-Mobilfunksendeanlagen

GSM-/UMTS-/LTE-Mobiltelefonfunkanlagen[13] (sind die mit Abstand am öftesten anzutreffenden Sendeanlagen im Hochfrequenzbereich („Handymaste“). Der Frequenzbereich liegt zwischen 824 MHz bis 1990 MHz. Die Datenübertragungsraten liegen bei GSM bei max. 55 kbit/S (GPRS) und 220 kbit/s (EDGE), bei UMTS bei max. 42 Mbit/s und bei LTE bei max. 300 Mbit/s. Diese Mobilfunkanlagen haben fast ausschließlich Sektorantennen, welche einen horizontalen Öffnungswinkel zwischen 30° und 120° sowie einen vertikalen Öffnungswinkel zwischen 15° und 7° aufweisen. Außerdem sind manche Antennen schwach nach unten gerichtet („Downtilt“) und haben eine keulenförmige Antennencharakteristik.

- Sendeleistung von GSM-Mobilfunksendeanlagen

  Die maximale Sendeleistung liegt in Österreich in der Größenordnung von maximal 80W pro Antenne. Die jeweils aktuelle Sendeleistung hängt allerdings vom Ausbaugrad der Sendestation sowie der Momentanbelastung in den einzelnen Sendekanälen ab und ist in der Praxis deutlich geringer als die Maximalleistung.

Beispiel: Sektorantennen

„Downtilt“:

An einer Antennenanlage können, wenn ein Standort gemeinsam genutzt wird, alle Systeme für alle Betreiber (GSM, UMTS, LTE, GSM minus R) gemeinsam montiert werden. Aus Immissionssicht ist das das Worst-Case Szenario. Auch bei gemeinsamer Nutzung eines Standortes müssen die zulässigen Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 jederzeit eingehalten werden.

Abbildung 4-12: Antennen von Mobiltelefonfunkanlagen (Handymasten)

[13] GSM: Das Global System for Mobile Communications ist ein Standard für voll digitale Mobilfunknetze der führt Telefonie, leitungs- und paketvermittelte Datenübertragung sowie Kurzmitteilungen (SMS) genutzt wird.

UMTS: Das Universal Mobile Telecommunications System ist ein Mobilfunkstandard der dritten Generation (3-G) mit im Vergleich zu GSM höheren Datenübertragungsraten

LTE: Das Long Term Evolution ist ein Mobilfunkstandard der vierten Generation mit höheren Downloadraten gegenüber den älteren Standards

4.4.11.2 GSM-R Mobilfunksendeanlagen

GSM-R Mobilfunksendeanlagen[14] sind Mobilfunkanlagen, die auf dem GSM Funkstandard aufbauen jedoch für die Verwendung bei Eisenbahnen angepasst wurden. Der Frequenzbereich liegt zwischen 876,0 MHz bis 925,0 MHz. Im Gegensatz zu den Netzen der öffentlichen Mobilfunkbetreiber (GSM, UMTS, LTE), bei denen die Versorgung einer großen Fläche und damit eine hohe Netzabdeckung im Vordergrund steht, zielt die Funknetzplanung im Bereich der Eisenbahnen für GSM-R auf ein schmales Versorgungsgebiet entlang der Bahnstrecke ab. Deshalb werden für GSM-R-Mobilfunksendeanlagen bevorzugt Sektorantennen die für die Versorgung von Bahnanlagen optimiert sind und nur schmale Sektoren entlang der Bahnstrecke versorgen verwendet.

Das GSM-R Netz der Bahnbetreiber dient für den sicheren Betrieb von Bahnanlagen. Im Vergleich zu den Funknetzen der öffentlichen Mobilfunkbetreiber entsteht dabei nur ein sehr geringes Verkehrsaufkommen. Aufgrund dieser geringen Gesprächsanzahl liefert GSM-R auch nur einen verringerten Beitrag zur Immission.

Die tatsächlich verwendete maximale Sendeleistung der Basisstation wird im Zuge der Netzplanung festgelegt. Sie ist auch abhängig von der Bauart und vom Hersteller. Eine häufige Verwendung finden Basisstationen mit einer maximalen Sendeleistung von 40W.

GSM-Mobiltelefone

Die Sendeleistung eines Mobiltelefons verfügt über eine maximale (Peak-) Sendeleistung von 2 W bei GSM 900 und 1 W bei GSM 1800. Die Sendeleistung wird jedoch je nach der Empfangssituation dynamisch geregelt. Bei einer großen Entfernung zur Sendeanlage („Handymast“) arbeitet das Handy mit einer deutlich höheren Sendeleistung als einer guten Empfangslage in der Nähe einer Sendeanlage.

GSM-R-Mobiltelefon

Die maximale Sendeleistung beträgt 0.8 bis 2W. Eine Sendeleistungsregelung führt entsprechend der Ausbreitungsbedingungen zu einer Reduktion der tatsächlichen Sendeleistung auf bis zu 1mW. Dies führt einerseits zu einer deutlichen Verringerung der Immissionsbelastung und andererseits zu einem deutlich geringeren Energiebedarf (Erhöhung der Batterielaufzeit).

[14] GSM-R: das Globale System for Mobile Communications –Rail(way) ist seit 1999 ein europaweiter interoperable Mobilfunkdienst für transeuropäische Hochgeschwindigkeitsbahnen mit einem GSM-Modus und einem Direct-Modus.

4.4.11.3 Vereinfachtes Beispiel zur Veranschaulichung der Immissionssituation

Maßgeblich für die Immissionsbelastung eines Menschen ist die örtliche Leistungsflussdichte in Watt/m², welche quadratisch mit der Distanz zum Sender abnimmt.

Ein aus technischer Sicht sehr vereinfachtes Beispiel soll dies veranschaulichen:

Ein Mensch, der sich 100m von einer Sendeanlage entfernt aufhält, ist bei einer Sendeleistung der Antenne von 80W und unter Berücksichtigung des Antennengewinns einer örtlichen Leistungsflussdichte von etwa 0,04 Watt/m² durch die Sendeanlage ausgesetzt. Das eigene Handy hingegen ist nur etwa 2cm entfernt, was bei einer Sendeleistung von 0,25W eine Leistungsflussdichte von etwa 400 Watt/m² ergibt.

Das eigene Handy verursacht daher (im Sendebetrieb) eine Immissionsbelastung auf den Menschen, welche unter diesen Annahmen 10.000 mal höher ist als die der Feststation. Selbst wenn nun zusätzlich die Benutzungsdauer des Handys (z.B. 30 Minuten pro Tag) der Dauerbelastung einer Feststation gegenüber mit berücksichtigt wird, bleibt noch immer ein Faktor 1.000. Diese Näherungsbetrachtung vernachlässigt noch einige Faktoren wie z.B., dass im dicht verbauten Gebiet die Abnahme der Leistungsflussdichte durch die hohe Anzahl der Reflexionen mit etwa der 3.Potenz anzusetzen ist.

Fernseh- und Radiosender

TV- und Radiosender sind individuell zu beurteilen, dabei sind Sendeleistungen von einigen kW bis zu über 500kW zu berücksichtigen. Details sind im Senderkastaster [84] abrufbar. Als Beispiel für einen Großsender kann der Sender Kahlenberg (Wien) angeführt werden (Quelle: www.ors.at):

Fernsehen	**Frequenz**	**ERP**
DVB-T K24	498,0 MHz	80 kW
DVB-T K34	578,0 MHz	80 kW
Radio	**Frequenz**	**ERP**
Ö1	92,0 MHz	100 kW
Radio Wien	89,9 MHz	100 kW
Radio NÖ	97,9 MHz	100 kW
Radio Bgld	94,7 MHz	3 kW
Hitradio Ö3	99,9 MHz	100 kW
FM4	103,8 MHz	100 kW
Kronehit	105,8 MHz	100 kW
Antenne Wien	102,5 MHz	10 kW
88,6	88,6 MHz	10 kW
Summe		783 kW

4.4.11.4 Weitere Hochfrequenzsendeeinrichtungen

Die Sendeleistung anderer HF-Sendeeinrichtungen ist vergleichsweise gering.

WLAN (Wireless-LAN) haben eine Sendeleistung von typsicherweise max. 0,1W, welche deutlich unter der eines Handys liegt. Außerdem ist der Effektivwert des Signals durch die speziell geformte zeitliche Abfolge sehr gering.

DECT Schnurlostelefone haben an der Basisstation eine Sendeleistung von typischerweise 0,25W, was etwa einem UMTS-Handy entspricht und im unteren Bereich eines GSM-Handys liegt. Die Sendeleistung des Mobilteils beträgt etwa 0,01W. Moderne Geräte sind hinsichtlich der Sendeleistung optimiert und liegen bereits unter diesen Werten.

Personenrufsysteme (Pager) und Betriebsfunkanlagen sind nur vereinzelt anzutreffen und individuell zu beurteilen.

Das **digitale Behördenfunksystem („Tetra**“) ist wie ein GSM-Mobilfunksystem aufgebaut.

Die bisherigen **analogen Sprechfunksysteme** z.B. der Feuerwehren sowie anderen Blaulichtorganisationen sind zum Großteil weiterhin in Betrieb und werden im örtlichen Umfeld eingesetzt. Diese fallen in die Gruppe der Betriebsfunksysteme, zu denen auch die Anlagen weiterer Betreiber wie Energieversorger, Taxiunternehmen, etc. gehören. Diese Anlagen arbeiten bei den Feststationen mit Sendeleistungen von wenigen Watt bis einigen 10 Watt und sind lokal im Einzelfall zu beurteilen.

Bluetooth Systeme (z.B. head-sets) arbeiten mit Sendeleistungen im Bereich von etwa 0,01W und liegen damit ebenfalls deutlich unter jenen eines Handys liegen.

4.4.11.5 Grenzwerte für die Leistungsflussdichte

In Europa orientieren sich die elektromagnetischen Grenzwerte an der Erwärmung von menschlichem Gewebe, es wird hier die mittlere Absorptionsrate berücksichtigt. Vermutete Auswirkungen, die nicht von der Erwärmung verursacht sind, werden dabei nicht berücksichtigt.

Bisher konnte durch nichtionisierende Strahlung, wie es auch die Frequenzbereiche von GSM, TV, WLAN, DECT, etc. darstellen, in zahlreichen Untersuchungen keine Wirkmechanismen als die gut dokumentierten thermischen Effekte belegt werden.

Die in den Normen vorgegebenen Grenzwerte für die magnetische Flussdichte („B“ in mikroTesla µT) bzw. die daraus umrechenbare Leistungsflussdichte („S“ in W/m²) sind abhängig von der Frequenz:

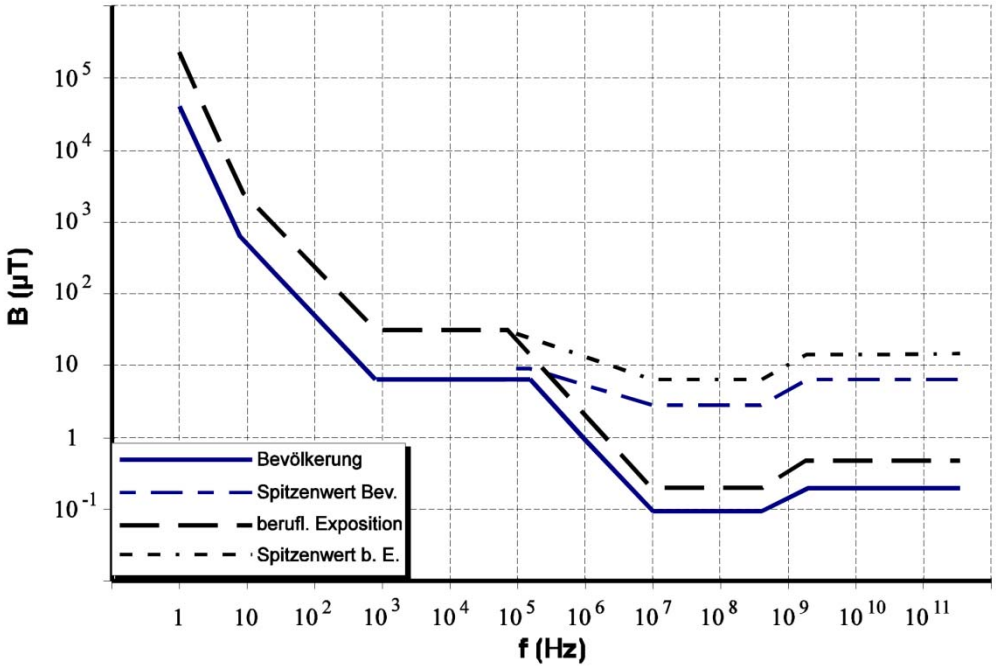


Abbildung 4-13: Immissions-Grenzwerte für das magnetische Feld abhängig von der Frequenz gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006.

Als konkrete Beispiele können folgende Werte herausgegriffen werden:

Frequenz	Magnetische Flussdichte B	Leistungs-flussdichte S
100 MHz	0,1µT	2W/m²
900 MHz	0,14µT	4,5W/m²
1.800 MHz	0,2µT	9W/m²
über 2GHz	0,2µT	10W/m²

Tabelle 4-6: Beispiele für magnetische Flussdichten und Leistungsflussdichten bei verschiedenen Frequenzen

Die in den Normen (Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006) und durch die Weltgesundheitsorganisation WHO vorgegebenen Grenzwerte richten sich nach der zulässigen Gewebeerwärmung und verhindern einen Temperaturanstieg von 0,1°C[15].

Die vorgegebenen Grenzwerte werden durch GSM-Mobilfunksendeanlagen und GSM-R-Sendeanlagen nur zu einem Bruchteil ausgeschöpft.

GSM-R-Sendeanlagen weisen weiters im Gegensatz zu GSM- Mobilfunksendeanlagen eine deutlich geringere Verbreitung und somit eine deutlich geringere kumulative Wärmewirkung auf.

[15] was etwa z.B. durch körperliche Anstrengung durch Stiegensteigen über ein Stockwerk auch gegeben wäre.

5 BESCHREIBUNG UND BEURTEILUNG DES IST-ZUSTANDS

5.1 Bearbeitungsmethode

Die Grundlagen zur Berechnung niederfrequenter elektromagnetischer Felder, wie sie im Vorhaben auftreten können, sind im vorangegangenen Kapitel erläutert (vgl. Kap.4.4). Aufbauend darauf erfolgt die Beschreibung des Ist-Zustands in den einzelnen Abschnitten.

Der gegenständliche Fachbericht zielt auf das Schutzgut „Mensch“ ab. Da sich in Siedlungsbereichen eine größere Zahl an Menschen aufhalten, sind die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 grundsätzlich zum Schutze der Gesundheit von Menschen überall einzuhalten. In diesem Sinn erfolgt keine weitere räumliche Differenzierung der Beeinflussungssensibiltät gegenüber elektromagnetischen Feldern, die in Bezug auf das Schutzgut „Mensch“ als „sehr hoch“ eingestuft werden kann.

5.1.1 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch Oberleitungsanlagen der Bahn

5.1.1.1 Allgemeines

Die maßgebenden thermischen Ströme wurden anhand der µPAS-Tabelle [32] entsprechend den vorgegebenen Unterlagen der Streckenplanung ermittelt. Die maximalen Lastströme und maximalen 24-h-Mittelwerte der Ströme für die Beurteilung des Istzustandes wurden auf Basis Fahrplansimulationen ermittelt.

Die Daten der bestehenden Oberleitungen für die Berechnung wurden den Oberleitungsplänen für den Bereich UW Werndorf bis UW Grafenstein entnommen. Für die Berechnung der magnetischen Ersatzflussdichte wurden verschiedene, für die magnetische Emission ungünstige Stromaufteilungen in Gleisen bzw. Spitzen-, Versorgungs- und Umgehungsleitern herangezogen, die eine Beurteilung der magnetischen Exposition gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1] erlauben. Die verwendeten Ströme (thermischer Grenzstrom, Laststrom sowie der Strom für den 24-h-Mittelwert) zur Berechnung der einzelnen Stromaufteilungen für die jeweiligen Querschnitte sind in den jeweiligen Abschnitten in Tabellenform angeführt.

Abkürzungen in den Tabellen:

- G … Gleis
- UG … Umgehungsleiter
- S … Spitzenleiter
- E … Versorgungsleiter
- R…Rückleiter
- V…Verstärkungsleiter
- K…Kabelanlage

Aus den gewählten Stromaufteilungen werden jeweils die resultierenden Feldstärkenwerte, die zur ungünstigsten Exposition im Betrachtungsbereich führen, in den Grafiken und Tabellen in den jeweiligen Kapiteln dargestellt. Die Rückströme über Schiene und Rückleiter werden entsprechend deren Impedanzen aufgeteilt.

Anmerkung: Für die verschiedenen Stromaufteilungen werden jeweils die höheren Ströme in den außen liegenden Gleisen und Spitzenleiter angenommen, um die interessierende ungünstigste Exposition im Außenbereich der Gleisanlage zu ermitteln.

5.1.2 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch Freileitungen

Um die ungünstigste Exposition zu ermitteln, wurden die niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder für verschiedene ungünstige Betriebsbedingungen (alle Schleifen strombelegt, verschiedene Lastflussrichtungen, nur 2 Schleifen bzw. 1 Schleife im Betrieb, etc.) berechnet und jeweils der ungünstigste Wert in einer Grafik dargestellt. Dies wurde für verschiedene Abstände der untersten Leiterseile zum Boden (h_S) berechnet, um für alle Abschnitte der Leitung eine Aussage zu treffen zu können.

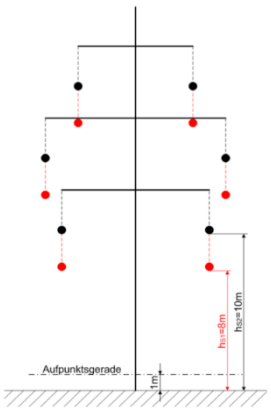


Abbildung 5-1: Beispiel für die Position der Leiterseile und die Abstände zwischen unterstem Leiterseil und Geländeoberfläche hS1 = 8 m und hS2 = 10 m, Strichpunktiert ist die Aufpunktsgerade in 1 m über Geländeoberfläche dargestellt

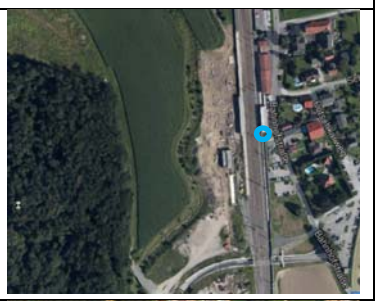
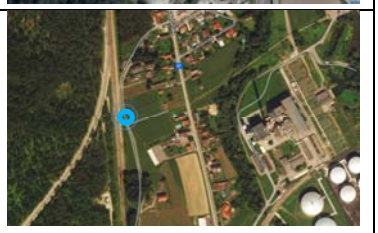
5.2 Ist-Zustand nach Abschnitten

5.2.1 Allgemeines

Für die Beschreibung des Ist-Zustands werden für die einzelnen Abschnitte 1-7 charakteristische Querprofile ausgewählt, wobei die bestehenden und bewilligten 16,7-Hz-Anlagen (Oberleitung, UW Werndorf) in der Feldberechnung berücksichtigt werden und in denen die Wirkungen des 110-kV-Kabelsystems auf die magnetischen Immissionen auf die Umwelt nicht enthalten sind. Weiters werden in diesem Kapitel die elektromagnetischen Emissionen von bestehenden Hochspannungs-Freileitungsanlagen mit 50 Hz der APG, KELAG, Steweag und mit 16,7 Hz der ÖBB dargestellt.

5.2.2 Messergebnisse

Die Bestandsmessungen[16] im Zeitraum April 26. und 27. April 2016 haben für die Ist-Situation für das elektrische und magnetische Feld folgende Ergebnisse[17] gezeigt:

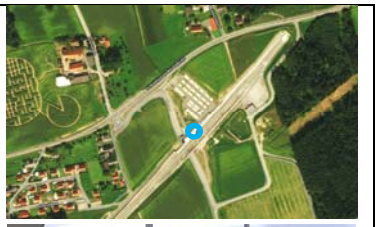
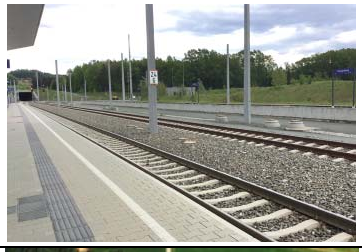
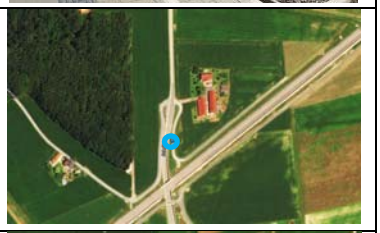
Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes
Abschnitt 1 MP 1-1 QP1[18]	Werndorf Bahnhof, Bahnsteig in 2m Höhe an der Bahnsteig-Kante	0,25	200	2230 E-Feld unbe-einflusst	1800 S-Bahn Vorbei-fahrt	
Abschnitt 1 MP 1-2 QP3	Werndorf Grenze UW unter der 110-kV-Ltg	750	1050 Direkt unter HS-Leitung	270 E-Feld hinter Schall-Schutz Mauer	3400 Lasten-Zug Vorbei-fahrt	
Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes

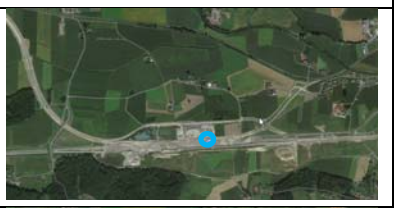
[16] Bei den Bestandsmessungen wurden die Messpunkte so gewählt, dass eine Aussage über die derzeitigen Immissionen an typischen Orten getroffen werden können.

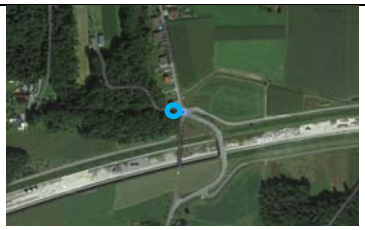
[17] Messwerte für das magnetische Feld unter 10 nT werden mit „< 10 nT“ in der Tabelle angegeben, Messwerte für das elektrische Feld unter 10 V/m werden mit „< 10 V/m“ in der Tabelle angegeben, da diese Größen im Bereich der Messwertwiederholbarkeit der verwendeten Messgeräte liegen.

Verwendete Messgeräte: 3D H/E Fieldmeter ESM-100, Fa. Maschek (http://maschek.de/pdf/ESM-100-FFT-DE.pdf) EFA 300 Field Analysator, Firma Narda Safety Solutions (http://www.narda-sts.us/pdf_files/DataSheets/EFA300_DataSheet.pdf)

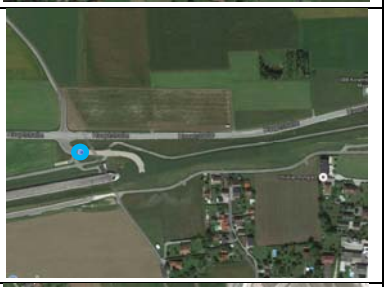
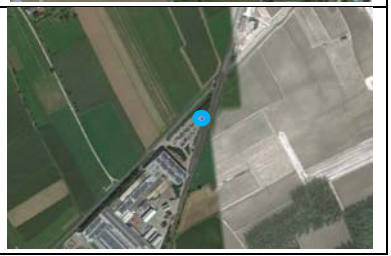
[18] Die Messpunkte liegen, je nach Zugänglichkeit des Messortes, nicht immer genau am angegeben Querprofil, die Angabe der Querprofilnummer dient zur Orientierung.

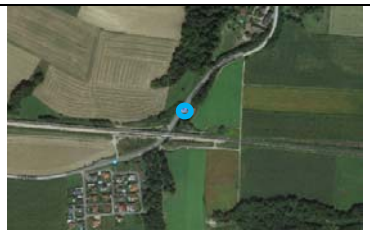
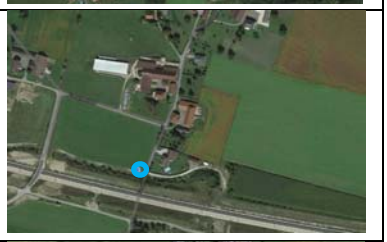
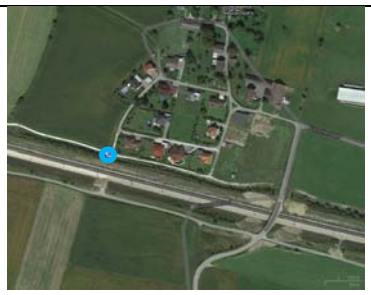
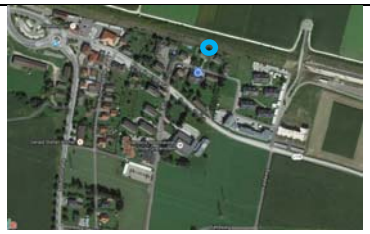
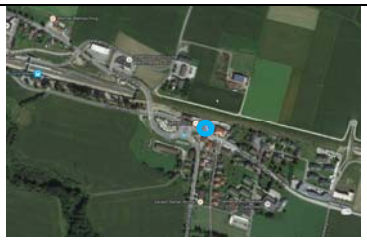
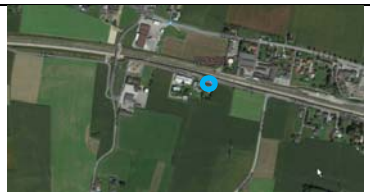
Abschnitt 2 MP 2-1 QP9	Bf. Hengsberg nicht elektrifiziert	< 10	30	<10	14	 
Abschnitt 2 MP 2-2 QP11	Schrötten 24 Kummer-weg	<10	13	< 10	<10	
Abschnitt 2 MP 2-3 QP13	Kreuzung 380-kV-Leitung 472/471	1800	1200	67	53 (108) (Schiene)	
Abschnitt 2 MP 2-4 QP 13	Bahnhof Wettmann-stätten/ Gegg (orange: Abstand zur HS-Freiltg.)	<10/<10	22/12	<10/<10	<10/<10	
Abschnitt 2 MP 2-5 QP14	Gussendorf Gassse 38 110-kV-Freiltg. In der Nähe	<10	15	13	<10	

Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes
Abschnitt 3 MP 3-1 QP15	BHf Weststeier-mark	<10	15	<10	<10	
Abschnitt 3 MP 3-2 QP16	UW Werndorf Nähe Mast	170	205	<10	20	
Abschnitt 3 MP 3-3 QP16	UW Werndorf	22	30	<10	<10	

Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes
Abschnitt 4 MP 4-1 QP18	Zeierling-strasse Tunnel-einfahrt Bahn im Bau	23	27	<10	<10	
Abschnitt 4 MP 4-2 QP19	Kressbach-weg 36	<10	<10	<10	20	

Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes
Abschnitt 5 MP 5-1	BHf Lavant-tal Näherung Freileitung	2500	350	25	29	
Abschnitt 5 MP 5-2 QP23	BHf Lavant-tal	<10	<10	<10	<10	<10

Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes
Abschnitt 6 MP 6-8 QP39	Srejach Ort	24	60	<10	<10	
Abschnitt 6 MP 6-9 QP39	Srejach Nord Tunnel-einfahrt	<10	18	<10	<10	
Abschnitt 6 MP 6-10 QP39	Eis/Ruden Firma Urbas Stahl-Anlagen-bau	<10	<10	<10	<10	

Messpunkt Nr.	Messort	E-Feld 50 Hz V/m	B-Feld 50 Hz nT	E-Feld 16,7 Hz V/m	B-Feld 16,7 nT	Lage des Messpunktes
Abschnitt 6 MP 6-7 QP41	Oberseiden-dorf 19	<10	13	<10	22	
Abschnitt 6 MP 6-6 QP43	Althofen 9 Wölfnitz	<10	<10	<10	<10	
Abschnitt 6 MP 6-5 QP44	Froschen-dorf 23	<10	<10	<10	<10	
Abschnitt 6 MP 6-4 QP45	Froschen-dorf 10	<10	<10	<10	<10	
Abschnitt 6 MP 6-3 QP46	Floriani-gasse 3	<10	<10	<10	16	
Abschnitt 6 MP 6-2 QP47	Klopeiner-strasse 1 Grafenstein	<10	44	<10	15	
Abschnitt 6 MP 6-1 QP48	Bahnweg 9 Grafenstein	<10	26	<10	<10	

Abschnitt 7 MP 7-1 QP50	UW Grafenstein 110-kV-Freiltg. Der ÖBB	70	48	480	560	

Die Messergebnisse zeigen, dass im Bereich des geplanten 110-kV-Kabels im Ist-Zustand die Grenzen für 50 Hz und 16,7 Hz eingehalten werden.

5.2.3 Berechnungsergebnisse - bestehende Koralmbahn

Im Folgenden werden die elektromagnetischen Immissionen der Koralmbahn in den einzelnen Abschnitten für ausgewählte Querprofile dargestellt. Im Vergleich zu den im Kapitel „Beschreibung und Beurteilung der Auswirkungen“ dargestellten Querprofilen ist in diesen Querprofilen die 110-kV-Leitung außer Betrieb. Ein Vergleich der Immissionen mit/ohne 110-kV-Kabelsystem findet sich in Kapitel 6.4.

5.2.3.1 Abschnitt 1 Werndorf

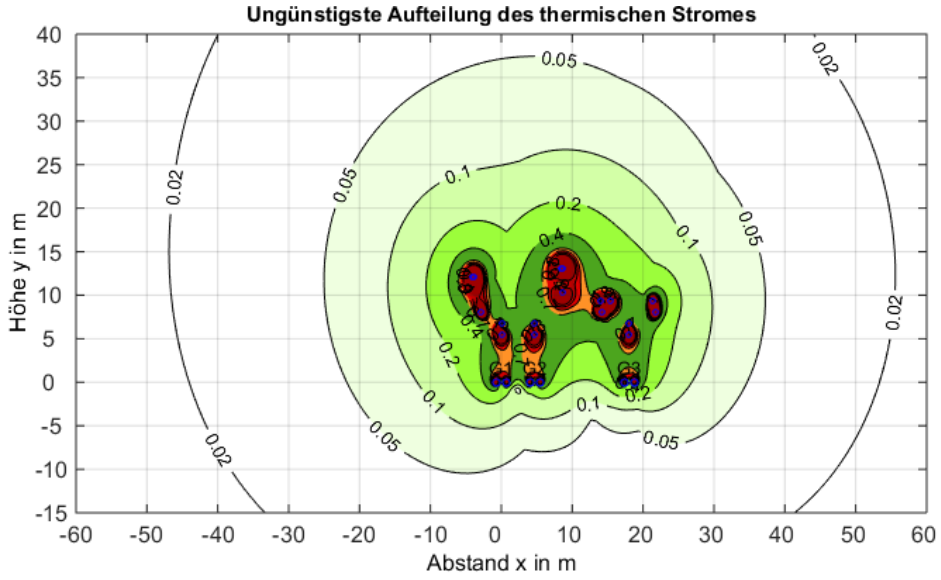


Abbildung 5-2: Querprofil 3 ohne 110-kV-Kabel

5.2.3.2 Abschnitt 2 Werndorf bis Weststeiermark

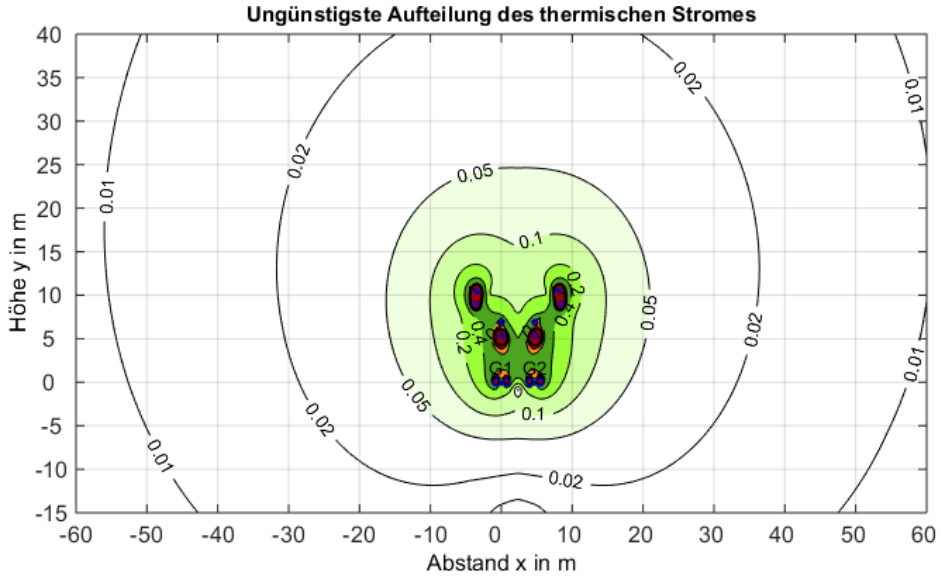


Abbildung 5-3: Querprofil 7 ohne 110-kV-Kabel

5.2.3.3 Abschnitt 3 Weststeiermark

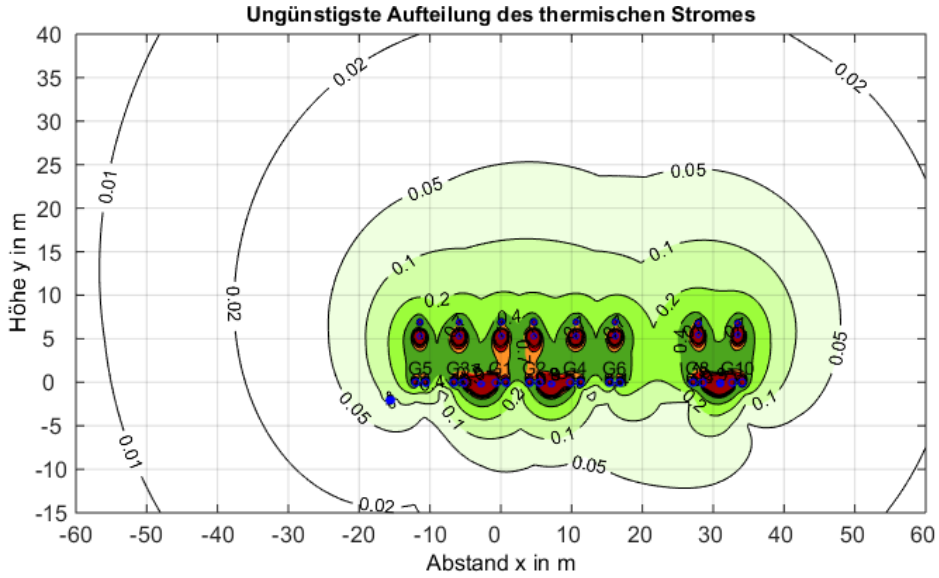


Abbildung 5-4: Querprofil 16 ohne 110-kV-Kabel

Anmerkung: Im Bereich des geplanten Unterwerk UW/FU Weststeiermark befindet sich derzeit noch keine elektrotechnische Anlage. Damit sind die Felder in diesem Bereich vernachlässigbar. Die elektromagnetischen Felder des UW/FU sind hier nicht dargestellt.

5.2.3.4 Abschnitt 4 Weststeiermark bis Lavanttal

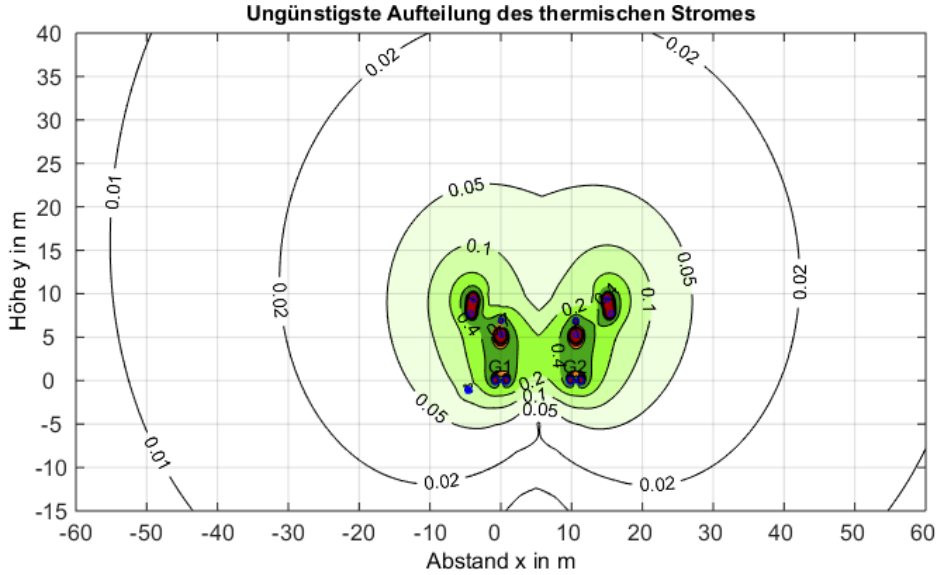


Abbildung 5-5: Querprofil 18 ohne 110-kV-Kabel

5.2.3.5 Abschnitt 5 Lavanttal

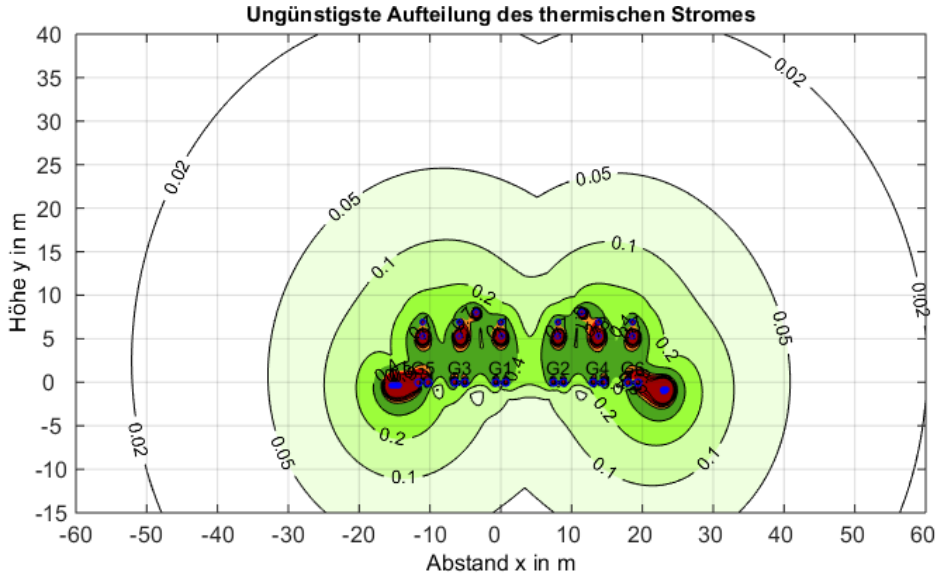


Abbildung 5-6: Querprofil 25 ohne 110-kV-Kabel

5.2.3.6 Abschnitt 6 Lavanttal bis Grafenstein

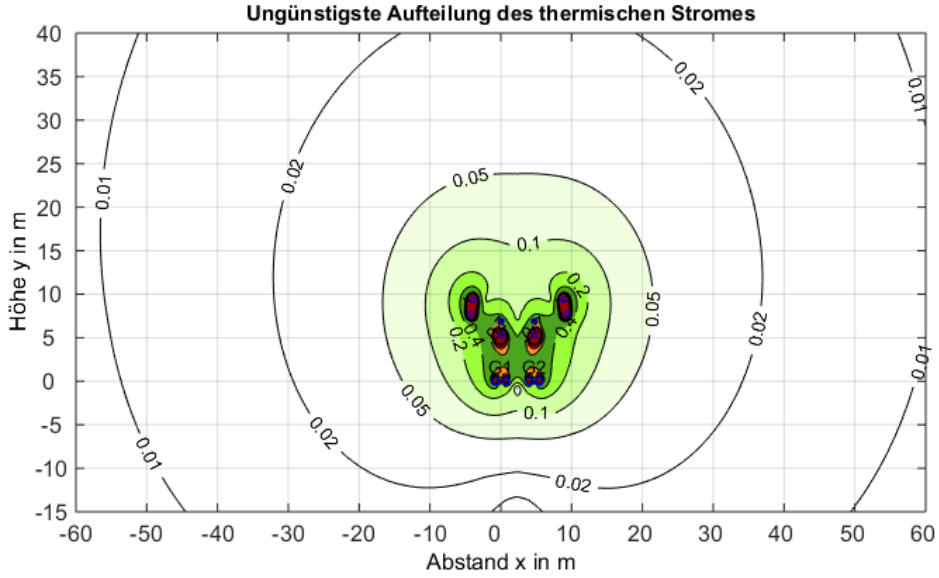


Abbildung 5-7: Querprofil 40 ohne 110-kV-Kabel

5.2.3.7 Abschnitt 7 Grafenstein

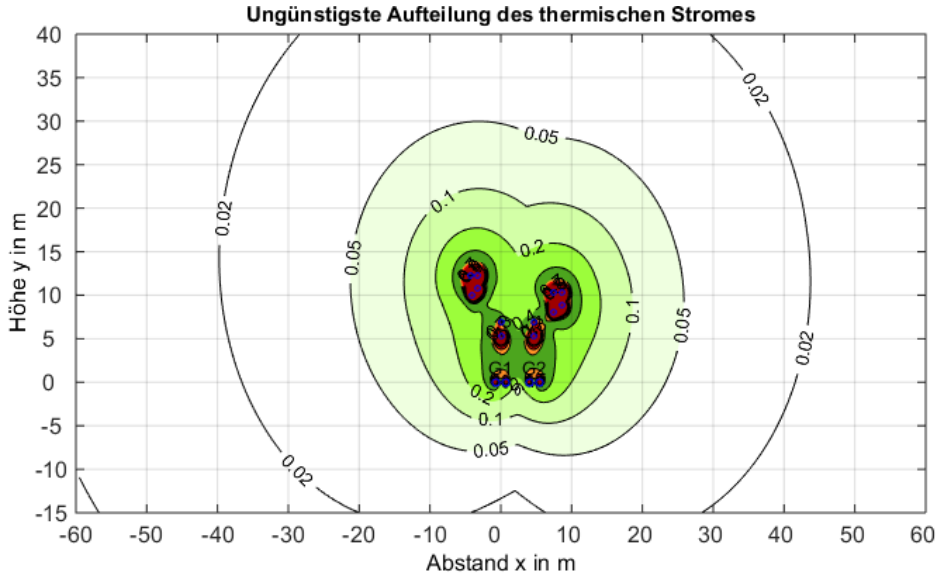


Abbildung 5-8: Querprofil 49 ohne 110-kV-Kabel

5.2.4 Berechnungsergebnisse - bestehende Hochspannungsfreileitungen

Im Abschnitt 1 von Werndorf bis Abschnitt 7 Grafenstein befinden sich im Bereich der bestehenden Bahnstrecke folgende relevante Hochspannungsleitungen.

Abschnitt 1: Werndorf	1 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Oststeiermark 2 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring
Abschnitt 2 Werndorf bis Weststeiermark	3 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Maribor 4 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg 5 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal
Abschnitt 3 Weststeiermark	6 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg
Abschnitt 4 Weststeiermark bis Lavanttal	-
Abschnitt 5 Lavanttal	7 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – St. Andrä 8 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal
Abschnitt 6 Lavanttal bis Grafenstein	9 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – Obersielach 10 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Podlog 11 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Feistritz, Rossegg, Lienz 12 110-kV-Freileitung Kelag Völkermarkt - Klagenfurt
Abschnitt 7 Grafenstein	13 110-kV-Freileitung ÖBB UW St. Veit a.d. Glan – KW Annabrücke

Abbildung 5-9: Abschnitt 1 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

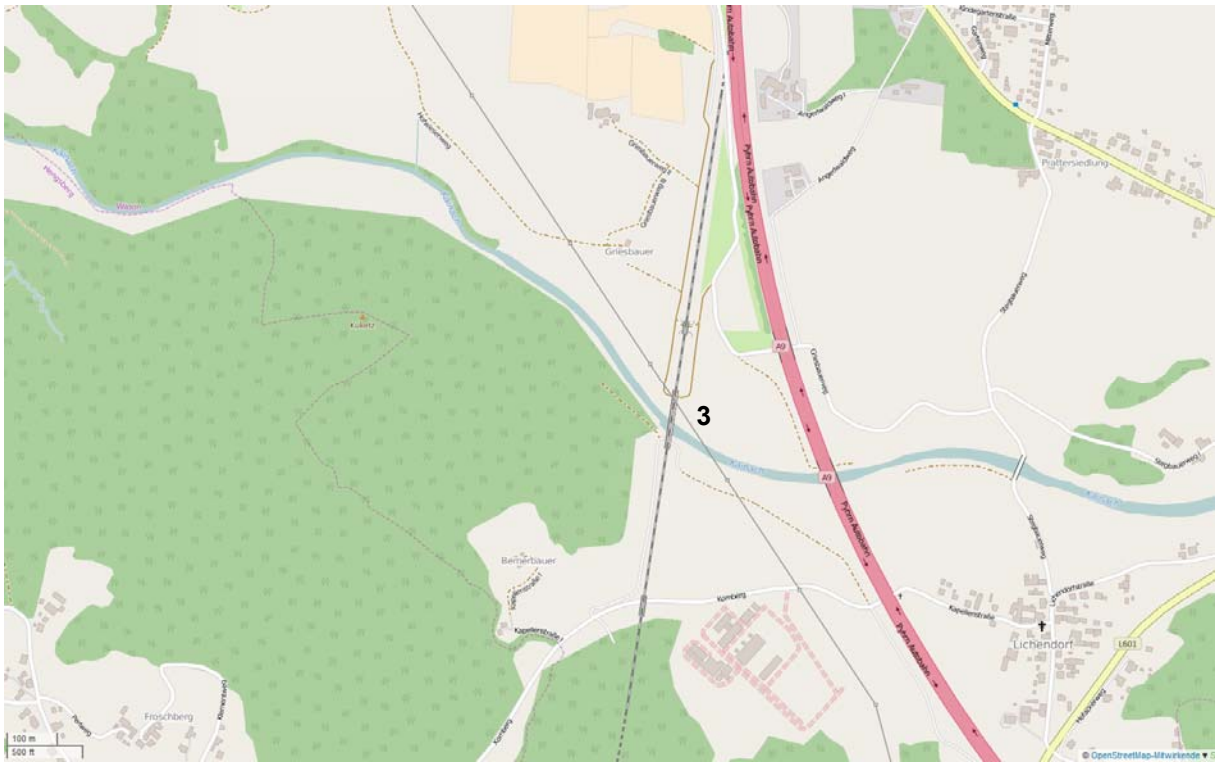


Abbildung 5-10: Abschnitt 2 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

Abbildung 5-11: Abschnitt 2 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

Abbildung 5-12: Abschnitt 3 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

Abbildung 5-13: Abschnitt 5 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

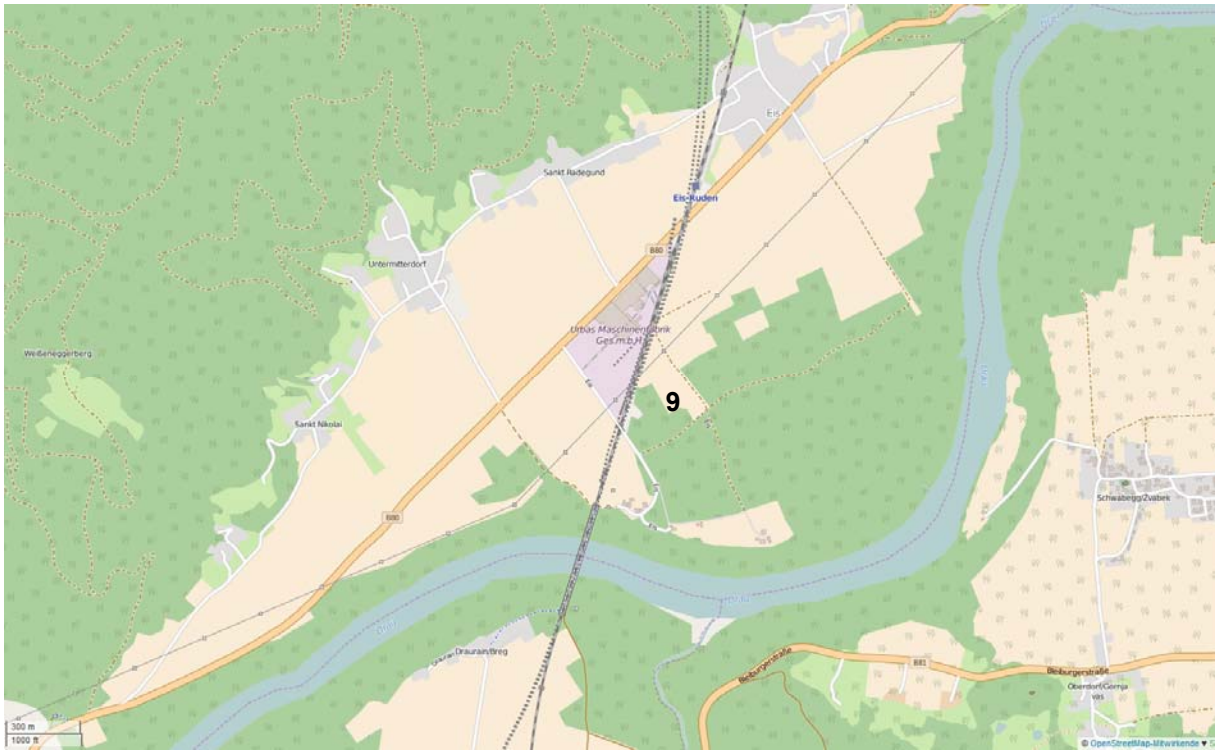


Abbildung 5-14: Abschnitt 6 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

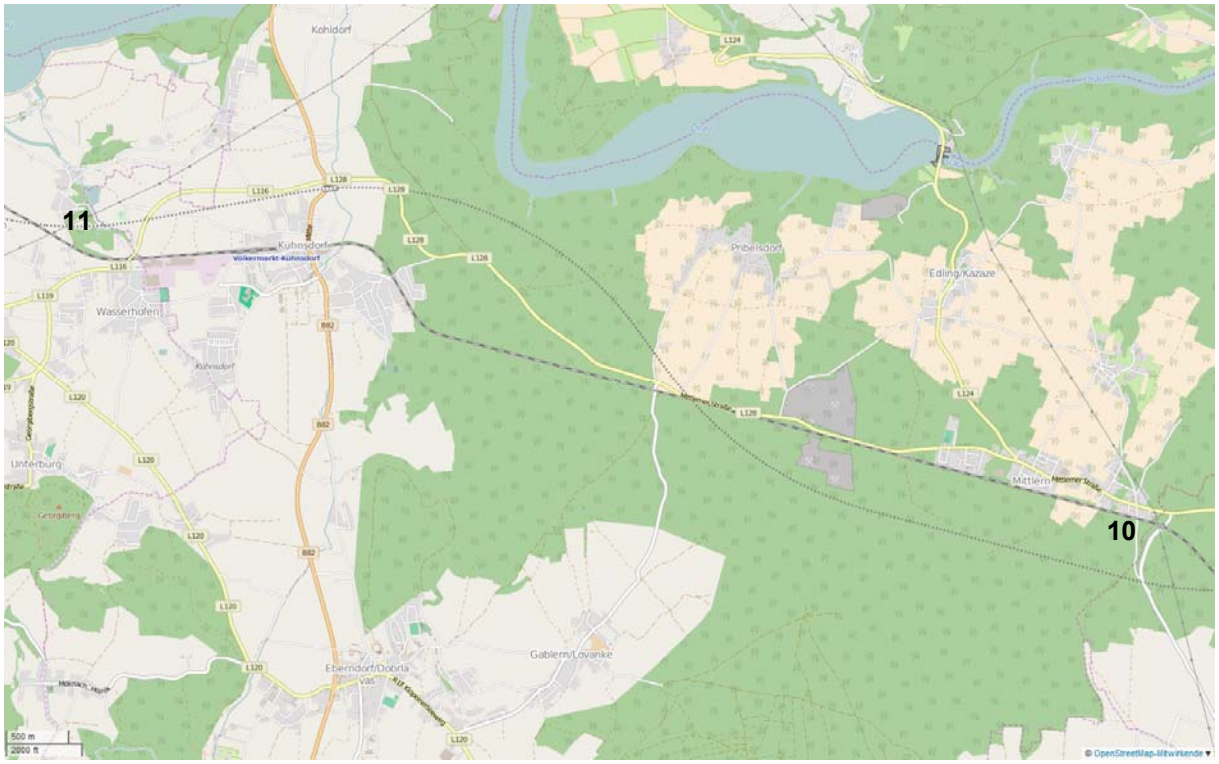


Abbildung 5-15: Abschnitt 6 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

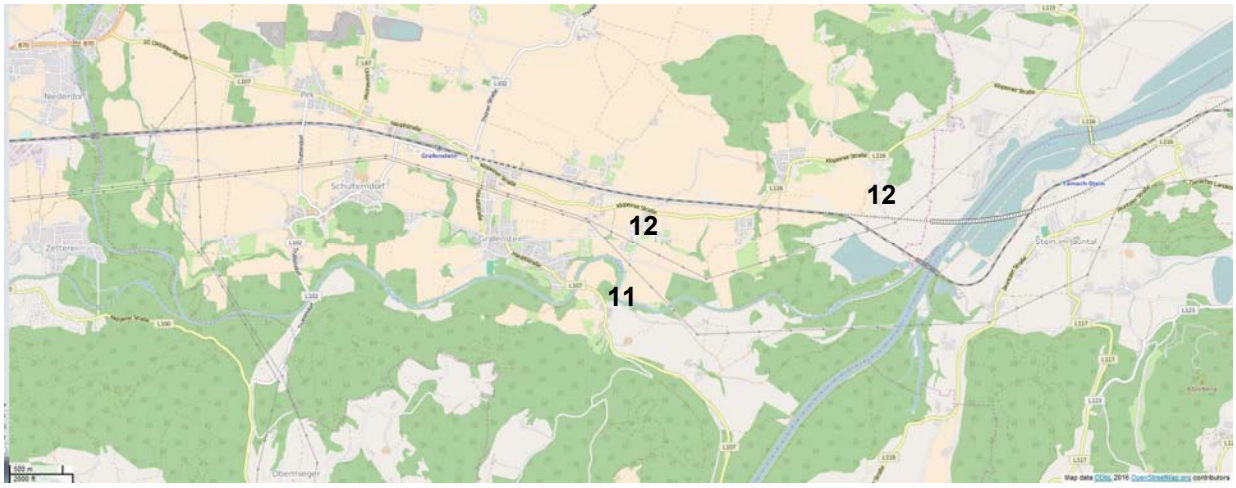


Abbildung 5-16: Abschnitt 6 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

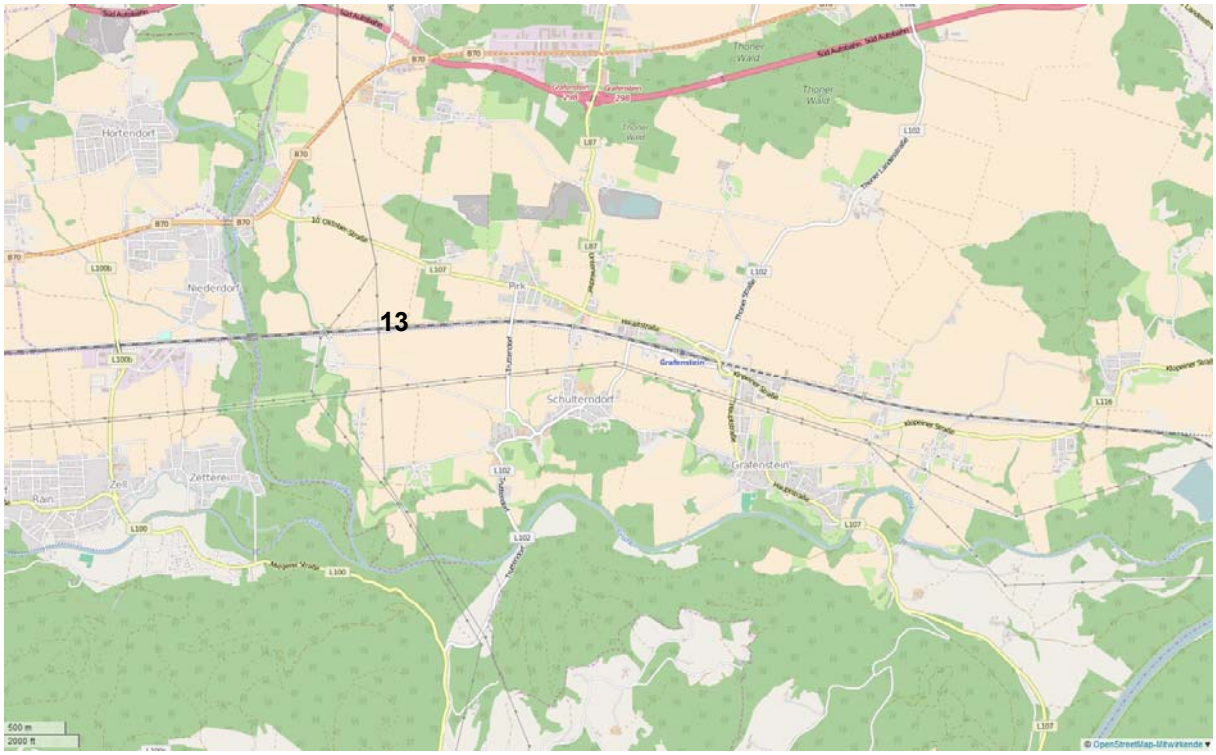


Abbildung 5-17: Abschnitt 7 - Hochspannungsfreileitungen im Bereich der bestehenden Bahnstrecke

5.2.4.1 Abschnitt 1 - Werndorf

5.2.4.1.1 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Oststeiermark und 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden an der

- ❑ 380-kV-Leitung der thermische Strom I_{therm} = 3x1159 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 420 kV

und an der

- ❑ 110-kV-Freileitung der thermische Strom I_{therm} = 640 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV

herangezogen.[19]

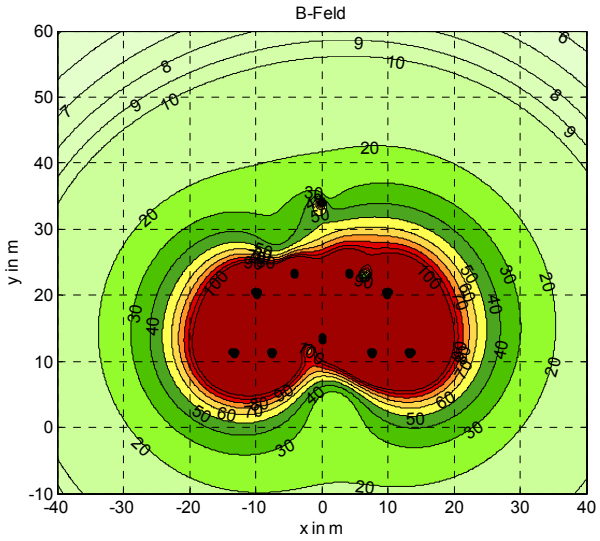


Abbildung 5-18: Magnetische Flussdichte in µT der 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Oststeiermark und 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

[19] Die Lage der Querprofile ist im Kapitel 7 zu finden.

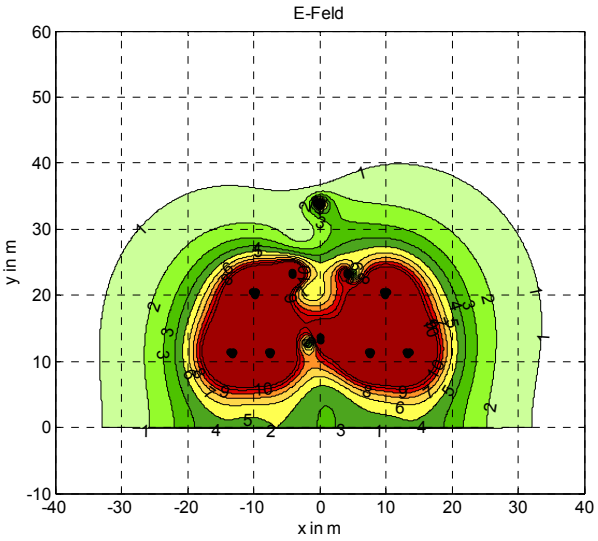


Abbildung 5-19: Elektrische Feldstärke in kV/m der 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Oststeiermark und 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 52 % und das E-Feld 51 %.

5.2.4.2.1 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Neudorf/Werndorf

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 2x1040 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV herangezogen.

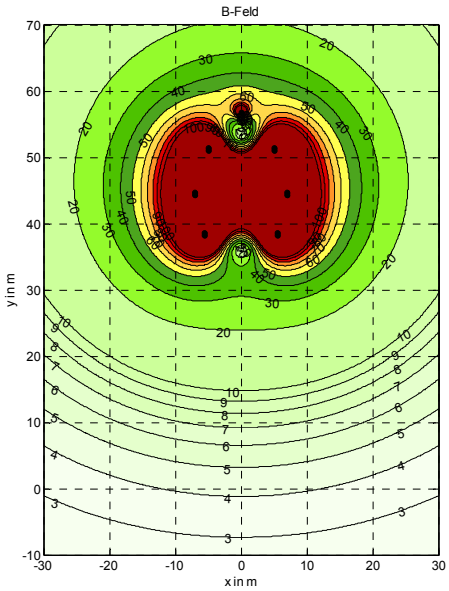


Abbildung 5-20: Magnetische Flussdichte in µT 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg
Anmerkung: y = 2,5 m entspricht der Lage der Koralmbahn

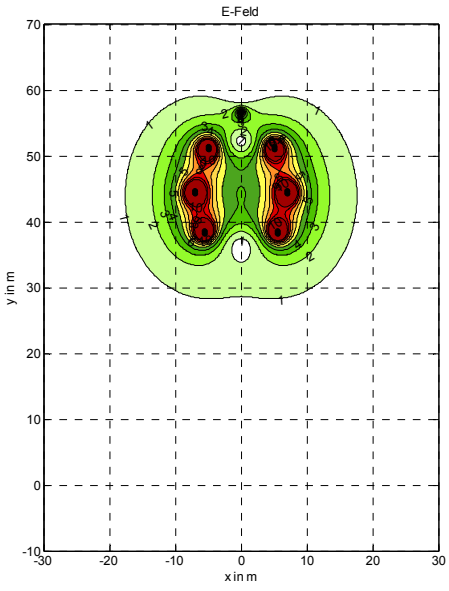


Abbildung 5-21: Elektrische Feldstärke in kV/m der 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 4,5 % und das E-Feld 3,5 %.

5.2.4.3 Abschnitt 2 - Werndorf – Weststeiermark

5.2.4.3.1 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 2x1150 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 420 kV herangezogen.

Teilstück 1

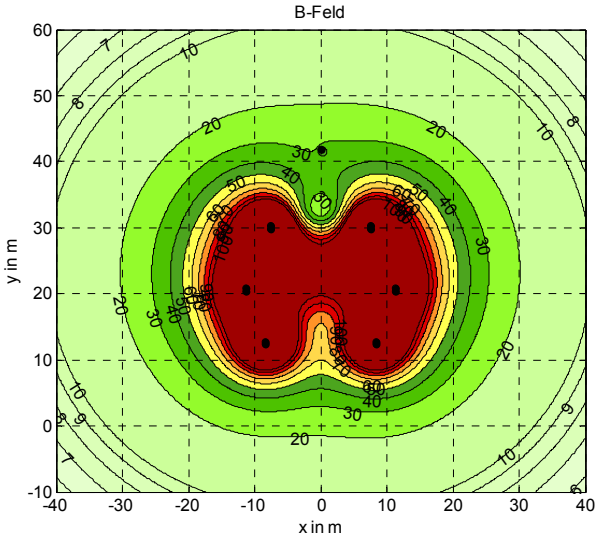


Abbildung 5-22: Magnetische Flussdichte in µT der 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

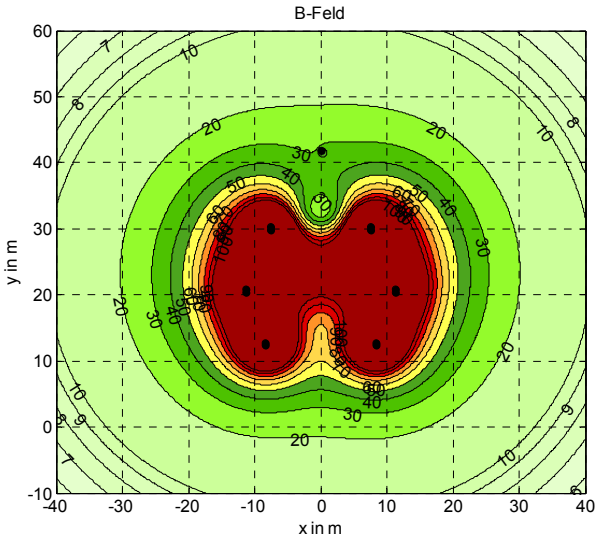


Abbildung 5-23: Elektrische Feldstärke in kV/m der 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum

Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 32 % und das E-Feld 42 %.

5.2.4.3.2 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Maribor

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 2x1150 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 420 kV herangezogen.

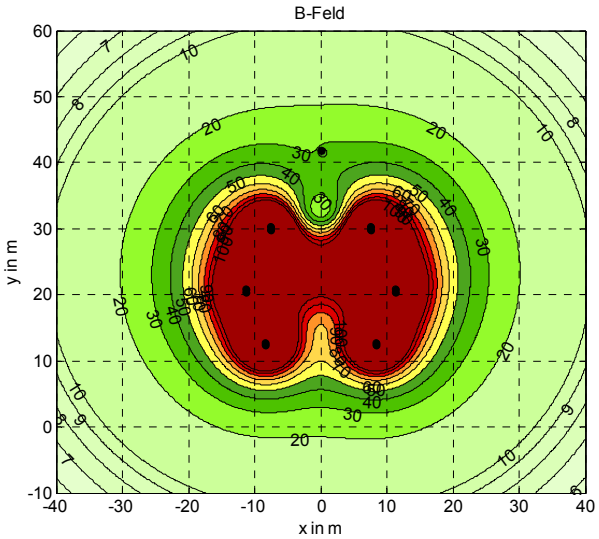


Abbildung 5-24: Magnetische Flussdichte in µT der 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Maribor, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

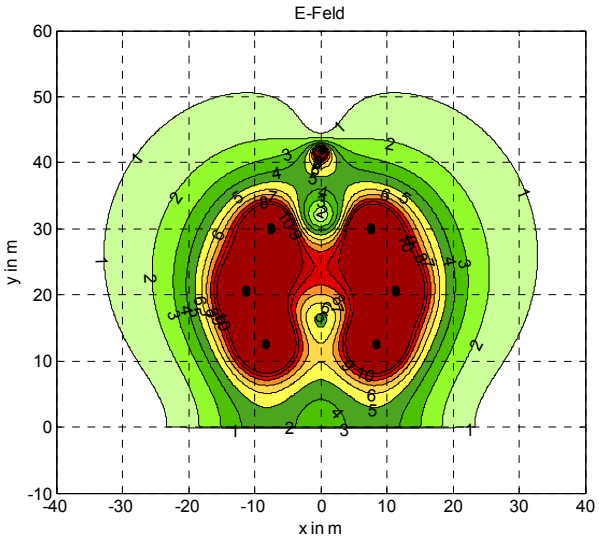


Abbildung 5-25: Elektrische Feldstärke in kV/m der 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Maribor, QP 4

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 26 % und das E-Feld 46 %.

5.2.4.3.3 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 640 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV herangezogen.

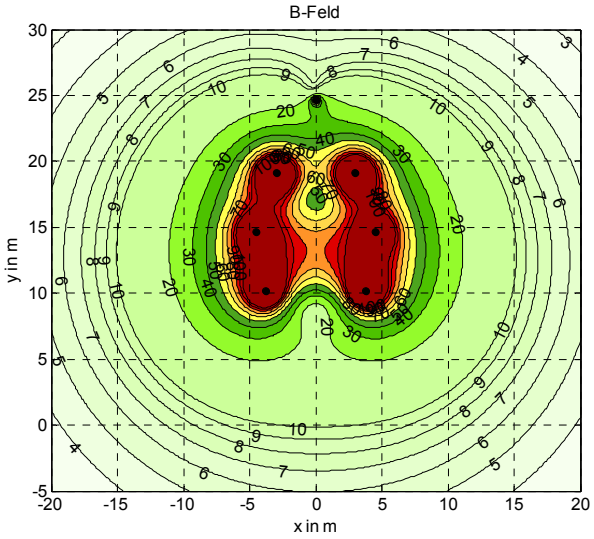


Abbildung 5-26: Magnetische Flussdichte in µT 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg,
Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

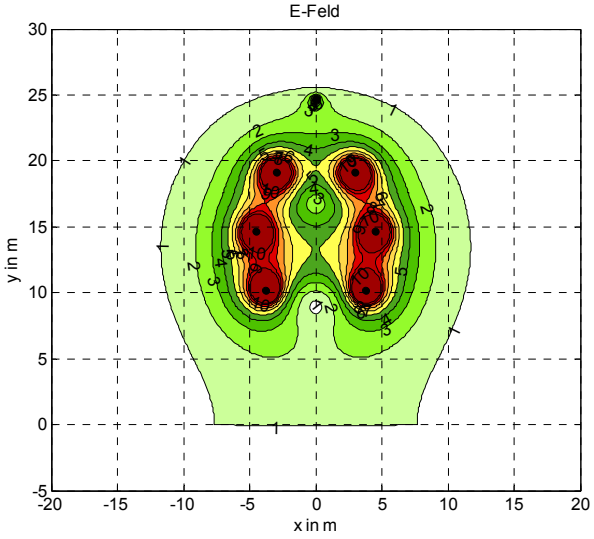


Abbildung 5-27: Elektrische Feldstärke in kV/m der 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 11 % und das E-Feld 16 %.

5.2.4.4 Abschnitt 3 - Weststeiermark

5.2.4.4.1 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 640 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV herangezogen.

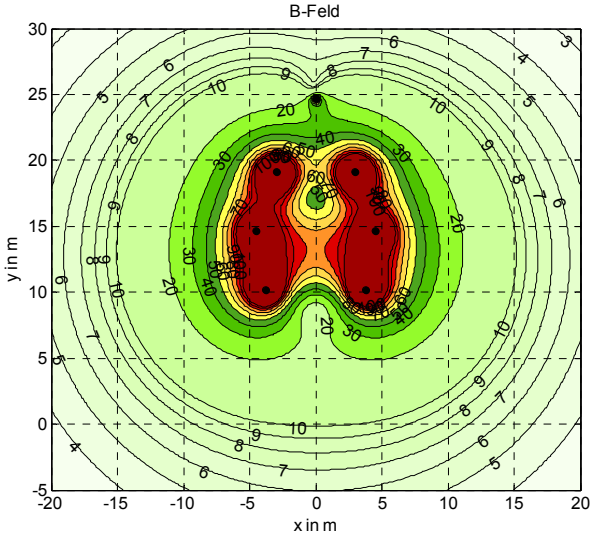


Abbildung 5-28: Magnetische Flussdichte in µT 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg,
Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

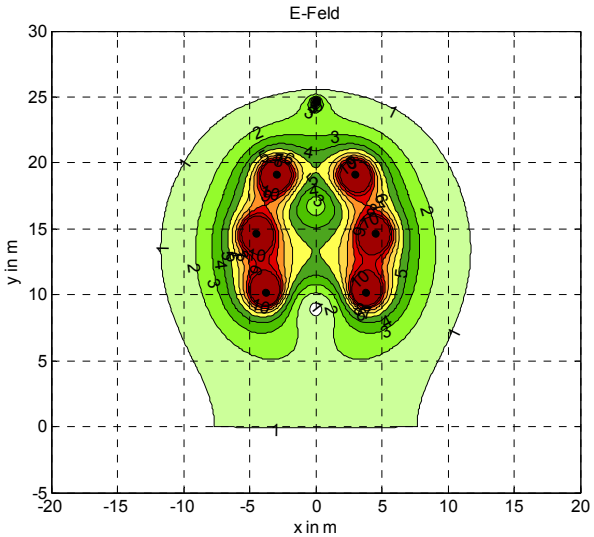


Abbildung 5-29: Elektrische Feldstärke in kV/m der 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 11 % und das E-Feld 16 %.

5.2.4.5 Abschnitt 5 - Weststeiermark - Lavanttal

Hier liegen keine relevanten Näherungen zu Hochspannungsfreileitungen vor.

5.2.4.6 Abschnitt 5 - Lavanttal

5.2.4.6.1 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – St. Andrä

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 665 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV herangezogen.

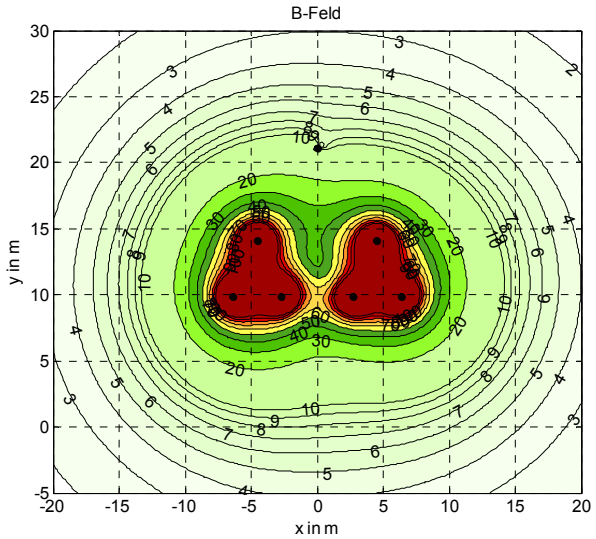


Abbildung 5-30: Magnetische Flussdichte in µT der 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – St. Andrä, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

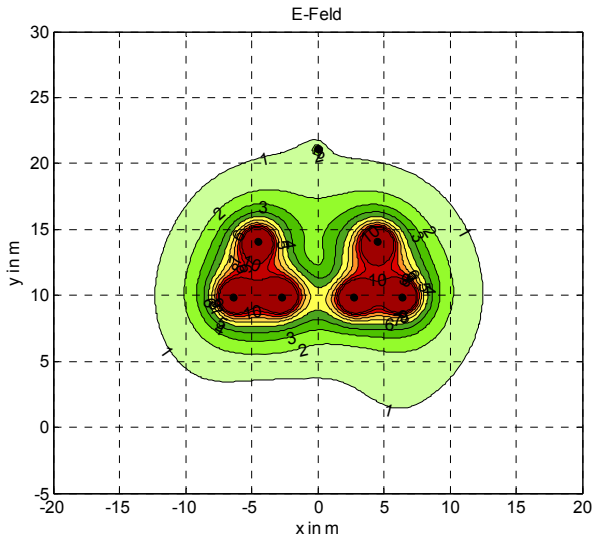


Abbildung 5-31: Elektrische Feldstärke in kV/m der 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – St. Andrä, QP 4

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum

Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 10 % und das E-Feld 10 %.

5.2.4.6.2 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 2x1150 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 420 kV herangezogen.

Teilstück 1

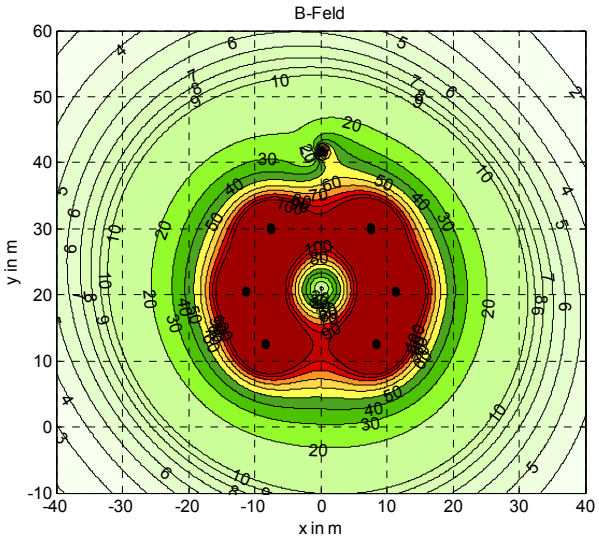


Abbildung 5-32: Magnetische Flussdichte in µT der 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

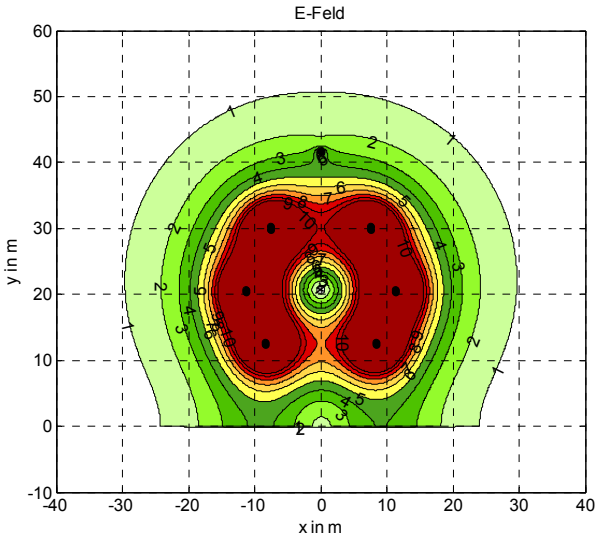


Abbildung 5-33: Elektrische Feldstärke in kV/m der 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal, QP 4

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum

Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 32 % und das E-Feld 42 %.

5.2.4.7 Abschnitt 6 - Lavanttal - Grafenstein

5.2.4.7.1 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – Obersielach

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 640 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV herangezogen.

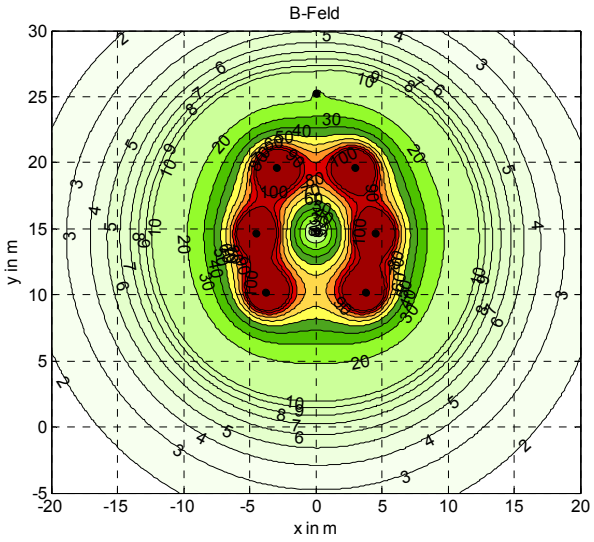


Abbildung 5-34: Magnetische Flussdichte in µT der 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – Obersielach, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

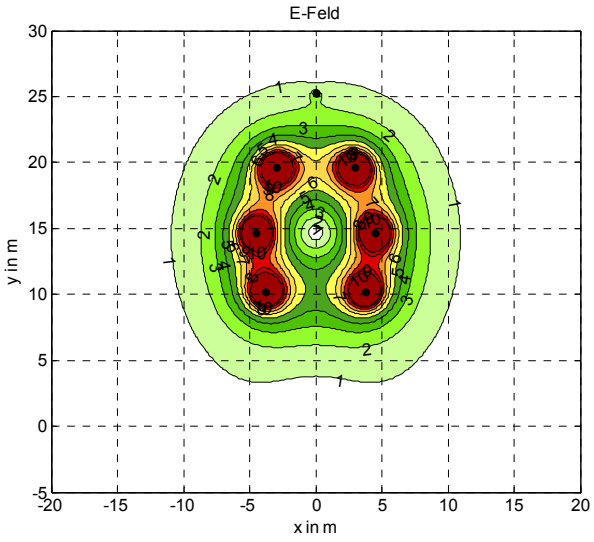


Abbildung 5-35: Elektrische Feldstärke in kV/m der 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – Obersielach

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum

Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 8 % und das E-Feld 8 %.

5.2.4.7.2 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Podlog

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 920 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 242 kV herangezogen.

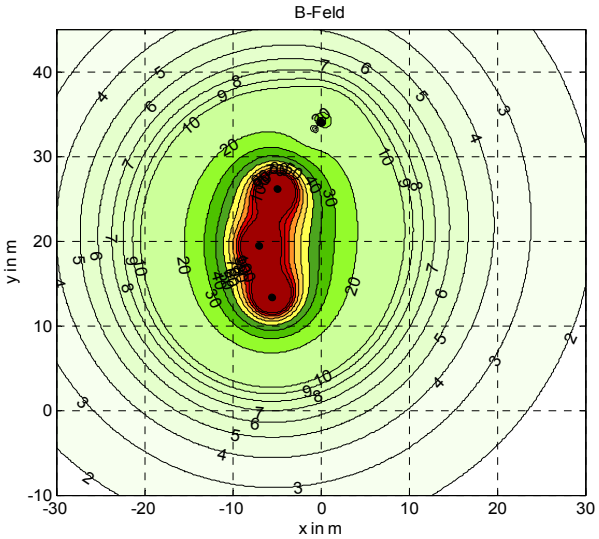


Abbildung 5-36: Magnetische Flussdichte in µT der 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Podlog, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

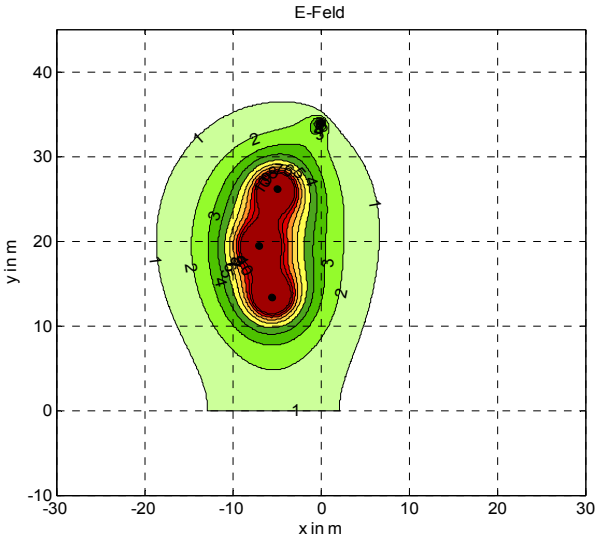


Abbildung 5-37: Elektrische Feldstärke in kV/m der 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Podlog

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 8 % und das E-Feld 16 %.

5.2.4.7.3 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Feistritz, Rossegg, Lienz

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 2x1040 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 242 kV herangezogen.

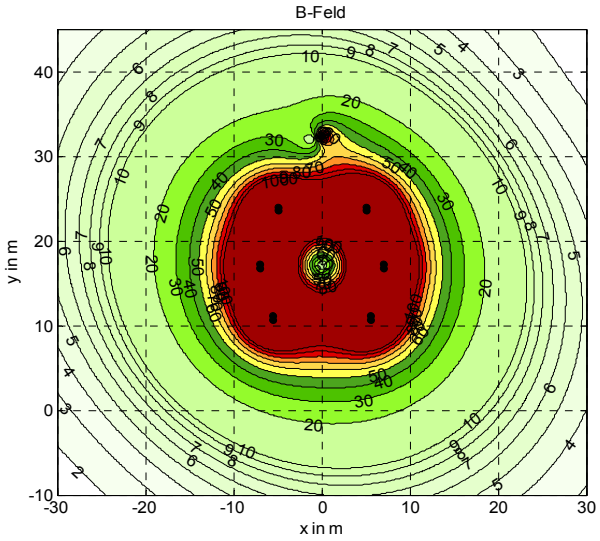


Abbildung 5-38: Magnetische Flussdichte in µT der 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Feistritz, Rossegg, Lienz, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

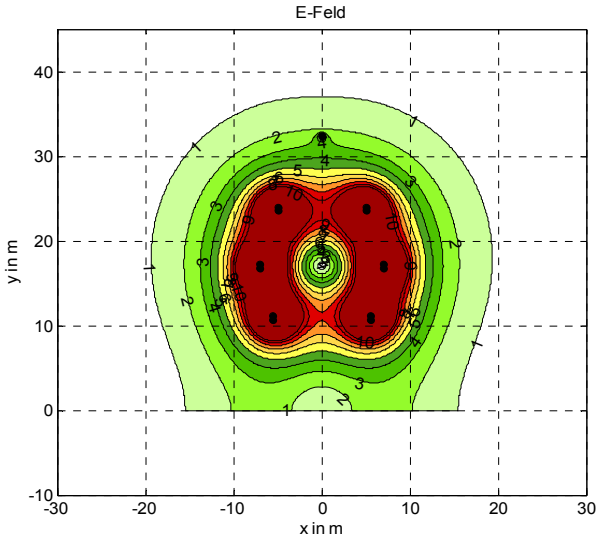


Abbildung 5-39: Elektrische Feldstärke in kV/m der 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Feistritz, Rossegg, Lienz

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 30 % und das E-Feld 25 %.

5.2.4.7.4 110-kV-Freileitung Kelag Völkermarkt - Klagenfurt

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 640 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 123 kV herangezogen.

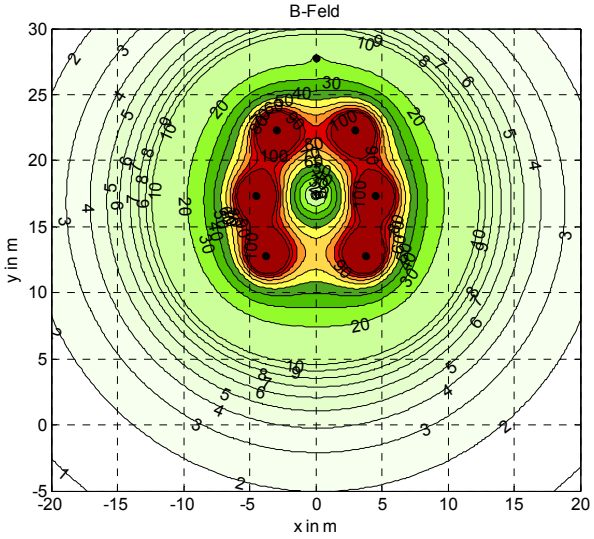


Abbildung 5-40: Magnetische Flussdichte in µT der 110-kV-Freileitung Kelag Völkermarkt - Klagenfurt, Anmerkung: y = 0 m entspricht der Lage der Koralmbahn

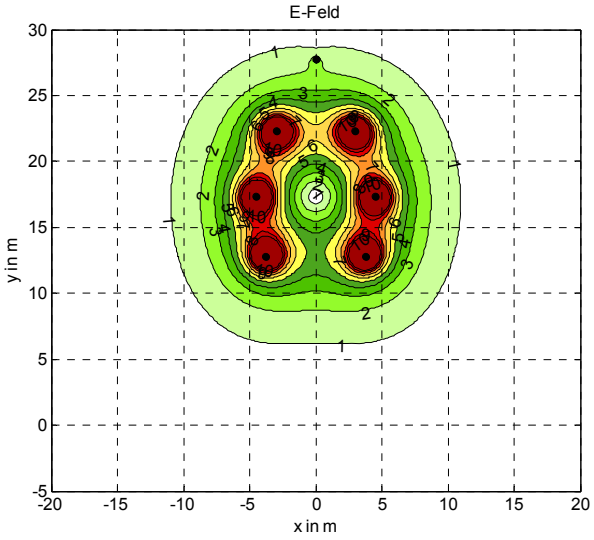


Abbildung 5-41: Elektrische Feldstärke in kV/m der 110-kV-Freileitung Kelag Völkermarkt - Klagenfurt

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden. Der Beitrag zum Expositionsverhältnis für die Allgemeinbevölkerung beträgt in 1 m über Grund für das B-Feld 5 % und das E-Feld 5 %.

5.2.4.8 Abschnitt 7: Grafenstein

5.2.4.8.1 110-kV-Freileitung ÖBB UW St. Veit a.d. Glan – KW Annabrücke, 16,7 Hz

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke wurden der thermische Strom der Leitung I_{therm} = 650 A und die Nennspannung + 10 % U_{max} = 121 kV herangezogen.

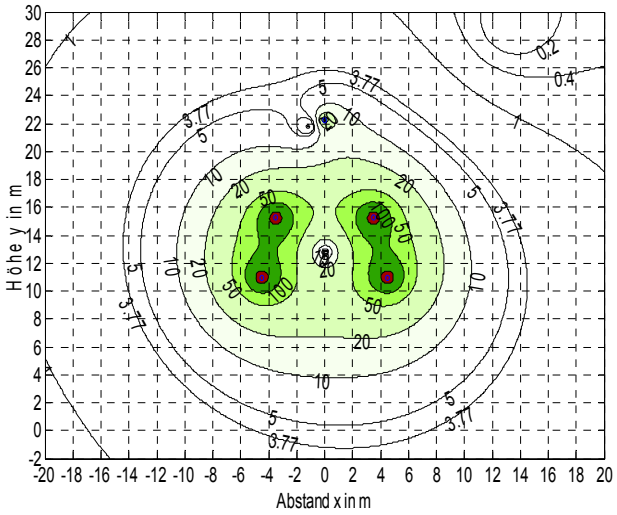


Abbildung 5-42: Magnetische Flussdichte der 110-kV-Freileitung ÖBB UW St. Veit a.d. Glan – KW Annabrücke

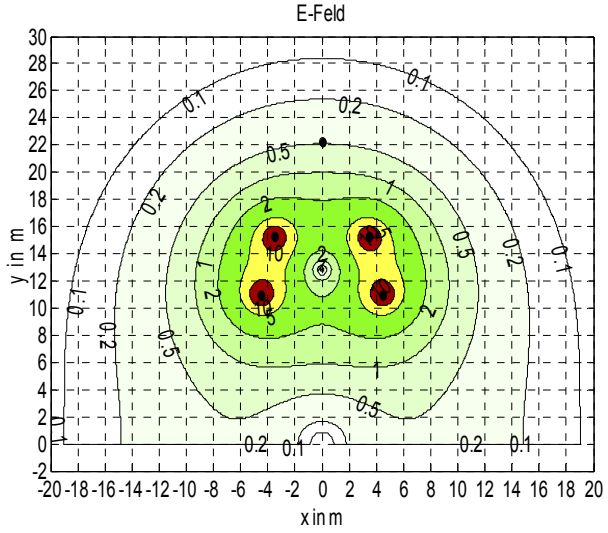


Abbildung 5-43: Elektrische Feldstärke verursacht durch die 110-kV-Freileitung ÖBB UW St. Veit a.d. Glan – KW Annabrücke

Den Berechnungen kann entnommen werden, dass die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: 2006 in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind eingehalten werden.

5.2.4.9 Beitrag der Hochspannungsfreileitungen zum Expositionsverhältnis

5.2.4.9.1 Magnetfeld

Für die Beurteilung der Ausschöpfung des zulässigen magnetischen Feldes bei Kreuzungen mit der geplanten Bahnanlage und den Hochspannungsfreileitungen wird das Expositionsverhältnis im 1 m Höhe über Grund unter der Freileitung herangezogen. Treten keine Kreuzungen auf, so wird das Expositionsverhältnis der nächsten Annäherung in m zur Beurteilung herangezogen (siehe Kapitel 5.2.4 und Abbildung 5-11).

Freileitung	$ER_{BKreuzung}$	$ER_{BAnnäherung}$
1. 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Oststeiermark und 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring	*0,52 (h=1m)*	-
2. 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring	*0,05 (h=1m)*	-
3. 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Maribor	*0,26 (h=1m)*	-
4. 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg	*0,11 (h=1m)*	-
5. 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal Teilstück 1	*0,32 (h=1m)*	*0,28 (h=1m)*
6. 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg	-	*0,10 (h=1m)*
7. 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – St. Andrä	*0,10 (h=1m)*	-
8. 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal Teilstück 1	*0,32 (h=1m)*	-
9. 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – Obersielach	*0,08 (h=1m)*	-
10. 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Podlog	*0,08 (h=1m)*	-
11. 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Feistritz, Rossegg, Lienz	*0,30 (h=1m)*	*< 0,01 (250m)*
12. 110-kV-Freileitung Kelag Völkermarkt - Klagenfurt	*0,05 (h=1m)*	*< 0,01 (200m)*
13. 110-kV-Freileitung ÖBB UW St. Veit/Glan – KW Annabrücke	*< 0,02 (h=1m)*	-

Tabelle 5-1: Expositionsverhältnisse der bestehenden 16,7-Hz- und 50-Hz-Hochspannungsfreileitungen für das magnetische Feld

5.2.4.9.2 Elektrisches Feld

Freileitung	$ER_{EKreuzung}$	$ER_{EAnnäherung}$
1. 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Oststeiermark und 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring	*0,51 (h=1m)*	-
2. 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Neudorf/Werndorf – Zwaring	*0,04 (h=1m)*	-
3. 380-kV-Freileitung APG Kainachtal – Maribor	*0,46 (h=1m)*	-
4. 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg	*0,16 (h=1m)*	-
5. 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal Teilstück 1	*0,42 (h=1m)*	*0,30 (h=1m)*
6. 110-kV-Freileitung Energienetze Steiermark GmbH Zwaring – Deutschlandsberg	-	*0,07 (h=1m)*
7. 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – St. Andrä	*0,10 (h=1m)*	-
8. 380-kV-Freileitung APG Obersielach – Kainachtal Teilstück 1	*0,42 (h=1m)*	-
9. 110-kV-Freileitung APG Schwabeck – Obersielach	*0,08 (h=1m)*	-
10. 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Podlog	*0,16 (h=1m)*	-
11. 220-kV-Freileitung APG Obersielach – Feistritz, Rossegg, Lienz	*0,25 (h=1m)*	*0,0004 (250m)*
12. 110-kV-Freileitung Kelag Völkermarkt - Klagenfurt	*0,05 (h=1m)*	*0,0004 (200m)*
13. 110-kV-Freileitung ÖBB UW St. Veit/Glan – KW Annabrücke	*0,05 (h=1m)*	-

Tabelle 5-2: Expositionsverhältnisse der bestehenden 16,7-Hz- und 50-Hz-Hochspannungsfreileitungen für das elektrische Feld

Anmerkung: die Ergebnisse dieser Berechnung können für die Beurteilung des Projektes „Bahnstromversorgung Koralmbahn“ im Sinne der Vornorm ÖVE/ÖNORM E8850: 2006 zur Berücksichtigung aller Quellen herangezogen werden.

5.3 Zusammenfassende Beurteilung der Sensibilität

Da die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM zum Schutze der Gesundheit der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern jedenfalls unterschritten werden, sind keine gesundheitlichen Auswirkungen verursacht durch das Projekt „Bahnstromversorgung Koralmbahn“ im Hinblick auf elektromagnetische Felder zu erwarten.

6 BESCHREIBUNG UND BEURTEILUNG DER AUSWIRKUNGEN

6.1 Beurteilungsmethode

Die Grundlagen zur Messung und Berechnung niederfrequenter elektrischer und magnetischer elektromagnetischer Felder sind im vorangegangenen Kapitel 4.4 erläutert. Dem entsprechend erfolgt die Prognose der Auswirkungen des Bauvorhabens in den einzelnen Abschnitten.

Die Beurteilung der Auswirkungen des Vorhabens kann sinngemäß anhand der Referenzwerte gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 erfolgen. Als maßgeblich für die Beurteilung der elektromagnetischen Felder werden die magnetischen Felder 16,7 Hz und 50 Hz bei thermischem Strom bzw. Anlagengrenzstrom herangezogen. Die Relevanz magnetischer Felder 16,7 Hz ist bei den auftretenden 24-h-Mittelwerten der Ströme nach den Stand der wissenschaftlichen Literatur als gering bzw. als vernachlässigbar einzuschätzen, da die Grenzen (Referenzwerte) deutlich unterschritten werden. [20]

6.1.1 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch die Anlagen der Bahn

Die maßgebenden thermischen Ströme werden entsprechend den Planungsunterlagen der ÖBB aus der µPAS-Tabelle für das jeweilige Gleis entnommen. Die getroffenen Stromannahmen für den maximalen Laststrom I_{max} und den 24-h-Mittelwert des Stroms I_{24h} wurden aus den zur Verfügung gestellten Zugfahrt- und Lastflusssimulationen der ÖBB ermittelt. Es wurden dabei die maximalen Stromwerte der einzelnen in den verschiedenen Lastflusssimulationen betrachteten Fehlerfälle für die Berechnung der Profile in den entsprechenden Streckenabschnitten ausgewählt.

Für die Berechnung der magnetischen Ersatzflussdichte wurden verschiedene, für die magnetische Emission ungünstige Stromaufteilungen in Gleisen bzw. Spitzen-, Versorgungs- und Umgehungsleitern herangezogen, die eine Beurteilung der magnetischen Exposition gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 erlauben. Die verwendeten Ströme (thermischer Strom, Laststrom sowie der Strom für den 24-h-Mittelwert) zur Berechnung der einzelnen Stromaufteilungen für die jeweiligen Querschnitte sind in den jeweiligen Abschnitten in Tabellenform angeführt.

Abkürzungen in den Tabellen:

[20] Ein Überschreiten der Grenzwerte wird durch geeignete Planung verhindert. Grundsätzlich ist jedoch anzumerken, dass ein Überschreiten der Referenzwerte noch nicht notwendigerweise die Überschreitung der jedenfalls einzuhaltenden Basisgrenzwerte bedingt. In diesem Fall müssten detaillierte und aufwändige Untersuchungen unter Berücksichtigung der betrieblichen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden. Da jedoch die Referenzwerte bereits unterschritten werden kann davon ausgegangen werden, dass die Grenzwerte (Körperstromdichten) jedenfalls unterschritten werden.

- G … Gleis
- FD…Fahrdraht
- TS…Tragseil
- RL…Rückleiter
- UL … Umgehungsleiter
- VL …Verstärkungsleiter
- K…Kabel

Aus den gewählten Stromaufteilungen werden jeweils die resultierenden Feldstärkewerte, die zur ungünstigsten Exposition im Betrachtungsbereich führen, in den Grafiken und Tabellen in den jeweiligen Kapiteln dargestellt. Die Rückströme über Schiene und Rückleiter werden entsprechend deren Impedanzen aufgeteilt.

Anmerkung: Für die verschiedenen Stromaufteilungen werden jeweils die höheren Ströme in den außen liegenden Gleisen und Spitzenleiter angenommen, um die interessierende ungünstigste Exposition im Außenbereich der Gleisanlage zu ermitteln.

6.1.2 Berechnung der magnetischen Felder verursacht durch Freileitungen

Um die ungünstigste Exposition zu ermitteln, wurden die niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder für verschiedene ungünstige Betriebsbedingungen (alle Schleifen strombelegt, verschiedene Lastflussrichtungen, nur 2 Schleifen bzw. 1 Schleife im Betrieb, etc.) berechnet und jeweils der ungünstigste Wert in einer Grafik dargestellt. Dies wurde für verschiedene Abstände der untersten Leiterseile zum Boden (h_S) berechnet, um für alle Abschnitte der Leitung eine Aussage zu treffen zu können.

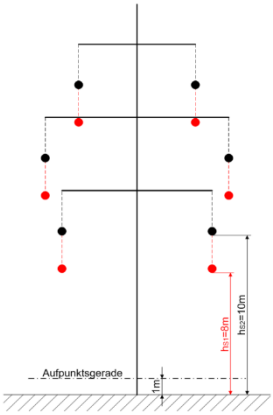


Abbildung 6-1: Beispiel für die Position der Leiterseile für die Abstände zwischen unterstem Leiterseil und Geländeoberfläche $h_{S1} = 8$ und $h_{S2} = 10$ m, strichpunktiert ist die Aufpunktsgerade in 1 m über Geländeoberfläche dargestellt

6.1.3 Bauphase

In der Bauphase treten im Fachbereich „Elektromagnetische Felder“ keine im Vergleich zum abgeschlossenen Bauvorhaben relevanten Auswirkungen auf. Basierend auf Reglementierungen des AschG idgF [38] werden in der Bauphase geeignete Maßnahmen zum Schutze der Arbeiter getroffen [5], [6] (z.B. Minimierungsmaßnahmen, Einhaltung von Mindestabständen im Betrieb elektrischer Anlagen, Unterweisung, Kennzeichnung, Absperrung, Schulung etc.).

6.1.4 Betriebsphase

Hinsichtlich der beruflichen Exposition ist zu beachten, dass zusätzliche geforderte Maßnahmen gemäß [31], [38] zu beachten und durchzuführen sind (Einhaltung von Mindestabständen im Betrieb elektrischer Anlagen, Unterweisung, Kennzeichnung, Absperrung…).

Durch die Anordnung der Spitzen-, Umgehungs-, Versorgungsleitungen bzw. Kabel kommt es in Bereichen in unmittelbarer Nähe zur Schienenoberkante bzw. in Höhe der Oberleitung zu Überschreitungen der Referenzwerte. Diese Bereiche sind für die Allgemeinbevölkerung nicht zugänglich, die für berufliche Exposition geltenden Grenzen (gemäß ICNIRP) werden eingehalten.

6.2 Auswirkungen nach Abschnitten

Um das Bauvorhaben zu beurteilen werden die magnetischen und elektrischen Felder im Beeinflussungsraum der Strecke des Projekts „Bahnstromversorgung Koralmbahn“, in ausgewählten Querprofilen, unter Berücksichtigung der zu erwartenden Ströme (thermischer Strom, maximaler Laststrom sowie der 24-h-Mittelwert des Stroms) berechnet. Die örtliche Lage der Querprofile entlang der Ausbaustrecke wird durch Angabe der Projektkilometer dargestellt.

Die Querprofile werden so gewählt, dass charakteristische Objekte (Betriebsgebäude, angrenzende Wohngebäude, Brücken, Unterführungen etc.) entlang des Projekts „Bahnstromversorgung Koralmbahn“ hinsichtlich der Auswirkungen der magnetischen und elektrischen Felder bewertet werden können und die Eingriffserheblichkeit des Bauvorhabens dargestellt werden kann. Die Querprofile wurden unter Berücksichtigung der Ist- sowie Ausbausituation festgelegt, sodass Änderungen in der Oberleitungssituation, Änderungen in der Gleisführung im Projektbereich etc. beurteilt werden können.

6.2.1 Relevante Ströme

Die maßgebenden thermischen Ströme für die Leitungsanlagen wurden anhand der µPAS-Tabelle [32] entsprechend den vorgegebenen Unterlagen der 15-kV-Oberleitungsanlagen der Koralmbahn ermittelt. Zur Berechnung der magnetischen Felder einer Bahnstrecke werden in erster Linie die thermischen Ströme, die als Grenze der zulässigen Strombelastbarkeit angesehen werden können, herangezogen, nur in den Fällen, wo die zulässigen thermischen Ströme, die Ströme, die die Anlage (die Transformatoren im Unterwerk oder restriktivere Anlagenkomponentenschutzeinstellungen stellen üblicherweise die Grenze dar) liefern kann, überschreiten, werden diese niedrigeren Grenzwerte herangezogen. So ist z.B. im Unterwerk UW Grafenstein der lieferbare Strom durch den Einsatz von 2 x 15 MVA Transformatoren begrenzt. Daraus ergibt sich z.B. ein maximal lieferbarer Strom von 4000 A (2^{21} x 2 x 15 MVA / 15 kV = 4000 A). Die elektrotechnische Ausrüstung der Oberleitungsanlage weist einen maximalen thermischen Strom von 3230 A auf (siehe µPAS-Tabelle). Grundsätzlich werden im Zuge der Beurteilung die jeweils maximal zu erwartenden Ströme zur Berechnung herangezogen.

Die maximalen und 24-h-Mittelwerte der Ströme für die Beurteilung der Ausbaustrecke wurden aus den Lastflusssimulationen der ÖBB übernommen. Die folgenden Tabellen zeigen dazu die Ergebnisse der durchgeführten Zugfahrsimulationen und Berechnungen.

Stromannahmen für die Berechnung der Abschnitte 1 und 2		
I_{therm} in A	I_{max} in A	I_{24h} in A
4000 bzw. 3230	1655	356

Tabelle 6-1: Thermischer Strom, maximaler Laststrom und 24-h-Mittelwert des Stroms für die Ausbaustrecke, Angabe der ÖBB [T1]

Stromannahmen für die Berechnung der Abschnitte 3 und 4		
I_{therm} in A	I_{max} in A	I_{24h} in A
4000 bzw. 3230	G1: 1391	G1: 227
	G2: 1618	G2: 391

Tabelle 6-2: Thermischer Strom, maximaler Laststrom und 24-h-Mittelwert des Stroms für die Ausbaustrecke, Angabe der ÖBB [T1]

[21] Dieser Faktor 2 ergibt sich durch den Umstand, dass Bahntransformatoren kurzzeitig den doppelten Nennstrom führen können. Im Sinne der Worst-Case-Überlegungen werden daher diese Ströme und nicht die Nennströme zur Berechnung der zu erwartenden Emissionen herangezogen.

Stromannahmen für die Berechnung der Abschnitte 5,6 und 7		
I_{therm} in A	I_{max} in A	I_{24h} in A
4000 bzw. 3230	2466	620

Tabelle 6-3: Thermischer Strom, maximaler Laststrom und 24-h-Mittelwert des Stroms für die Ausbaustrecke, Angabe der ÖBB [T1]

Stromannahmen für die Berechnung der Bleiburger Schleife		
I_{therm} in A	I_{max} in A	I_{24h} in A
1795	851	35

Tabelle 6-4: Thermischer Strom, maximaler Laststrom und 24-h-Mittelwert des Stroms für die Bleiburger Schleife, Angabe der ÖBB [T1]

Im 110-kV-Kabelsystem fließen, aufgrund des projektierten Lastflusses, Betriebsströme, die bis an die thermischen Grenzen des Kabelsystems reichen, daher werden für den thermischen Strom 650 A und den 24-h-Mittelwert des Stroms mit I_{24h} =277 A in Abstimmung mit der Lastflussplanung seitens ÖBB herangezogen. Die Tabelle 6-5 zeigt die getroffenen Stromannahmen für das 110-kV-Kabel.

Stromannahmen für die Berechnung des 110-kV-Kabels	
I_{therm} in A	I_{24h} in A
650	277

Tabelle 6-5: Thermischer Strom und 24-h-Mittelwert des Stroms im 110-kV-Kabel [T1]

Die thermischen bzw. maximalen Ströme der 20-kV-Kabel (2 Systeme, 50Hz) zur Versorgung der Frequenzumrichter in Weststeiermark und Lavanttal werden durch die maximale Leistung der jeweiligen Umrichter begrenzt[22]. In Tabelle 6-6 und Tabelle 6-7 sind diese aufgelistet wobei der 24-h-Mittelwert des Stroms von der 15-kV-Spannungsebene auf die 20-kV-Ebene bezogen wurde.

Stromannahmen für die Berechnung des 20-kV-Kabels für den FU Weststeiermark	
$I_{therm} = I_{Imax}$ in A	I_{24h} in A
260	100

Tabelle 6-6: Thermischer Strom und 24-h-Mittelwert des Stroms im 20-kV-Kabel für den FU Weststeiermark

[22] z.B.: FU Weststeiermark: Imax=1,2*15MVA / (20 kV * √3 *2) = 260 A

Stromannahmen für die Berechnung des 20-kV-Kabels für den FU Lavanttal	
$I_{therm} = I_{Imax}$ in A	I_{24h} in A
346	134

Tabelle 6-7: Thermischer Strom und 24-h-Mittelwert des Stroms im 20-kV-Kabel für den FU Lavanttal

Stromannahmen für die Berechnung des 20-kV-Kabels für die KAT-Versorgung	
$I_{therm} = I_{Imax}$ in A	I_{24h} in A
150	150

Tabelle 6-8: Thermischer Strom und 24-h-Mittelwert des Stroms im 20-kV-Kabel für die KAT-Versorgung

6.2.2 Ausrüstung der Gleise

Die Ausrüstung der Oberleitung bzw. die Kabelquerschnitte für die Ausbaustrecke von Abschnitt 1 bis Abschnitt 7 kann der Tabelle 6-9 bzw. Tabelle 6-10 entnommen werden und ist für SB-Bahnkilometer 229,550 bis KAB-Bahnkilometer 117,200 gültig.

	Oberleitungsausrüstung
Fahrdraht	120 mm² CuAg
Tragseil	70 mm² Cu-Leg
Verstärkungsleiter	260/23 mm² Alu-Stalum
Rückleiter	260/23 mm² Alu-Stalum
Rückleiter im Tunnelbereich	150 mm² Cu
Schaltgerüst	150 mm² CuAg

Tabelle 6-9: Ausrüstung der Gleise für die Abschnitte 1 bis 7 [T7]

15-kV-Kabel	300 mm² Cu
20-kV-Kabel (FU-Versorgung)	2x240 mm² Alu
20-kV-Kabel (KAT-Versorgung)	2x150 mm² Alu
110-kV-Kabel	630 mm² Alu

Tabelle 6-10: Kabelquerschnitte für die Abschnitte 1 bis 7

6.2.3 Allgemeine Informationen zu den Berechnungsprogrammen

Die Abbildungen bzw. die Tabellen in den folgenden Abschnitten stellen die grafische bzw. tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse basierend auf einer Vielzahl von Einzelberechnungen dar und zeigen die jeweils ungünstigsten Werte aus allen Einzelberechnungen für die Aufteilung der Ströme auf die beteiligten aktiven und passiven Leiter.

In den Tabellen ist zu beachten, dass zwei unterschiedliche Abstandsbezeichnungen angegeben sind. Der „Abstand x in m“ bezieht sich auf die jeweils darüber liegende Abbildung, die Abstände darunter beziehen sich auf die jeweils äußersten Gleisachsen. Die Höhe y ist immer auf die Höhe der Schienenoberkante des Gleises 1 bezogen.

Rechts im gelben Feld sind die berechneten horizontalen Maximalwerte in der jeweiligen Höhe y (links im grünen Feld) der magnetischen Ersatzflussdichte angegeben.

In der untersten Zeile (gelb hinterlegt) sind jeweils die berechneten vertikalen Maximalwerte für die oben (grau hinterlegt) Abstände angegeben.

Jene Werte die größer als TER grösser 1 (entspricht 300 µT bei 16,7 Hz) sind, stellen Überschreitungen des zulässigen Referenzwertes dar. Im gegenständlichen Projekt treten dieses Überschreitungen nur in Bereichen auf, die für die Allgemeinbevölkerung nicht zugänglich sind. Diese Werte sind üblicherweise Stellen, bei denen ein stromführender Leiter direkt getroffen wird, bzw. eine enge Annäherung erreicht wird. Diese Annäherung ist für die Allgemeinbevölkerung im Allgemeinen nicht möglich, für Arbeitnehmer ist diese Annäherung auch aufgrund von anderen Beschränkungen (z.B. EL 52) unzulässig, außerdem beträgt der für berufliche Exposition geltende Referenzwert bei 16,7 Hz 1500 µT (TER =1).

In allen Grafiken ist die Blickrichtung von Werndorf nach Grafenstein, Richtung aufsteigende Kilometrierung.

6.2.4 Abschnitt 1 Werndorf

6.2.4.1 Bauphase

In der Bauphase treten im Fachbereich „Elektromagnetische Felder“ keine im Vergleich zum abgeschlossenen Bauvorhaben Koralmbahn relevanten Auswirkungen auf. Basierend auf Reglementierungen des AschG idgF [38] werden in der Bauphase geeignete Maßnahmen zum Schutze der Arbeiter getroffen [5], [7] (z.B. Minimierungsmaßnahmen, Einhaltung von Mindestabständen im Betrieb elektrischer Anlagen, Unterweisung, Kennzeichnung, Absperrung, Schulung etc.).

6.2.4.2 Betriebsphase

In diesem Abschnitt wurden folgende Querprofile untersucht:

- QP1: SB[23]-Bahnkilometer 229,600
- QP2: SB-Bahnkilometer 229,700
- QP3: SB-Bahnkilometer 230,325

[23] SB: Südbahn

Abbildung 6-2: Übersichtsplan der Querprofile 1-3 im Abschnitt 1 – Werndorf[24]

6.2.4.3 Querprofil 1: SB-Bahnkilometer 229,600

Die Abbildung 6-3 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Bahnhof Werndorf mit dem Unterwerk Werndorf.

Abbildung 6-3: Querprofil 1 bei SB-Bahnkilometer 229,600 [T2] [T7]

6.2.4.3.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

[24] Orthofotos von Bing Aerial am 04.04.2016 und http://www.qgis.org/de/site/

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 2 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	G4	G5	V1	V2	K1	K2	V5	V6	V7	V8
Varianten mit Strömen in A												
1027	1027	1027	919	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
919	1027	1027	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
1027	919	1027	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
0	1027	919	1027	1027	0	0	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	1027	1027	0	132	650	-650	907	907	0	0
132	1027	0	1027	0	907	907	650	-650	0	0	0	0
1027	132	1027	0	0	907	907	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	0	372	907	907	650	-650	0	0	907	907
0	0	0	372	0	907	907	650	-650	0	0	907	907
0	0	372	0	0	907	907	650	-650	0	0	907	907
0	372	0	0	0	907	907	650	-650	0	0	907	907
372	0	0	0	0	907	907	650	-650	0	0	907	907
0	0	0	0	372	907	907	650	-650	907	907	0	0

Tabelle 6-11: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 1

G1	G2	G3	G4	G5	V1	V2	K1	K2	V5	V6	V7	V8
Varianten mit Strömen in A												
1027	0	628	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
628	0	1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
1027	628	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
628	1027	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
0	1027	0	628	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
0	628	0	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	0	0	907	748	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	0	0	748	907	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	907	748	0	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	748	907	0	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	907	748
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	748	907
0	0	0	0	1027	0	0	650	-650	0	0	638	0
0	0	0	0	1027	0	0	650	-650	0	0	0	638
0	0	0	0	748	0	0	650	-650	0	0	0	907
0	0	0	0	748	0	0	650	-650	0	0	907	0
0	0	1027	0	0	638	0	650	-650	0	0	0	0
0	0	1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	638	0
0	0	748	0	0	907	0	650	-650	0	0	0	0
0	0	748	0	0	0	0	650	-650	0	0	907	0
0	0	0	1027	0	0	638	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	638
0	0	0	748	0	0	907	650	-650	0	0	0	0
0	0	0	748	0	0	0	650	-650	0	0	0	907

Tabelle 6-12: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 1

G1	G2	G3	G4	G5	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Varianten mit Strömen in A												
356	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	356	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	0	356	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	0	0	356	0	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	0	0	0	356	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	0	0	0	0	356	0	227	-227	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	356	277	-227	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	356	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	356	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	356	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	356

Tabelle 6-13: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 1

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

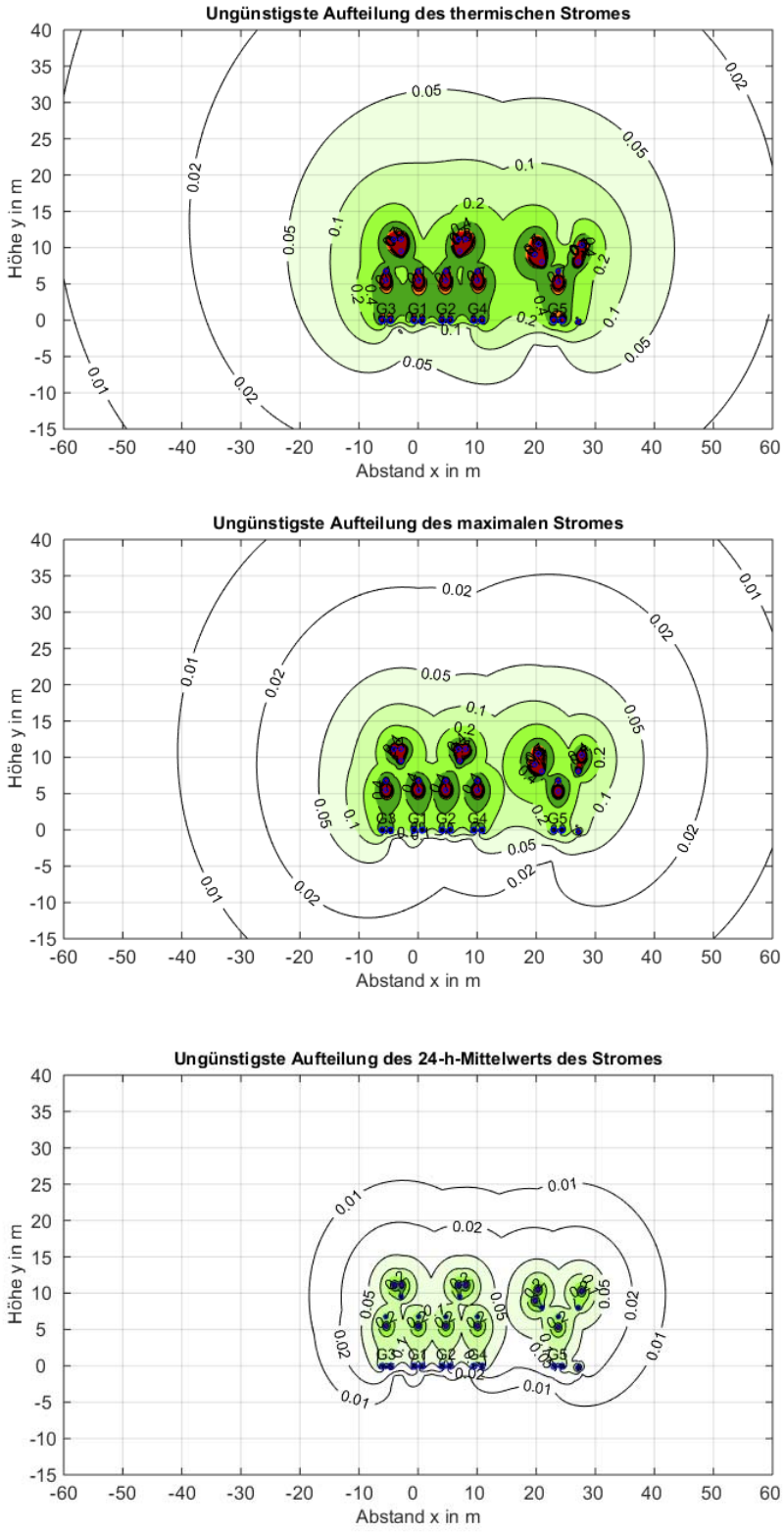


Abbildung 6-4: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 1 bei ungünstigster Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,600

	Abstand x in m																		
	-125	-105	-55,4	-25,4	-20,4	-15,4	-10,4	-7,4	-6,4	97,3	98,3	101,3	106,3	111,3	116,3	146,3	196,3	216,3	
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G5 nach rechts in m									max
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05
25	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07
20	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,06	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,11
15	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,08	0,14	0,20	0,22	0,13	0,13	0,14	0,09	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,22
9	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,10	0,18	0,32	0,40	0,20	0,25	0,83	0,11	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,83
4	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,09	0,20	0,47	0,65	0,61	0,45	0,20	0,09	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,65
2	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,08	0,19	0,43	0,55	0,54	0,42	0,18	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,55
1,5	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,08	0,18	0,43	0,58	0,58	0,43	0,17	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,58
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,43	0,65	0,68	0,44	0,16	0,07	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,68
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,16	0,42	0,86	0,95	0,44	0,15	0,07	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,95
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07	0,13	0,24	0,28	0,38	0,27	0,12	0,06	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,38
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07
max	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,10	0,20	0,47	0,86	0,95	0,45	0,83	0,11	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-14: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 1 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,600

	Abstand x in m																		
	-125	-105	-55,4	-25,4	-20,4	-15,4	-10,4	-7,4	-6,4	97,3	98,3	101,3	106,3	111,3	116,3	146,3	196,3	216,3	
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G5 nach rechts in m									max
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,06
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,12	0,13	0,09	0,10	0,11	0,07	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,13
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,18	0,23	0,20	0,29	0,68	0,09	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,68
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,15	0,36	0,52	0,46	0,32	0,12	0,07	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,52
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,30	0,38	0,31	0,23	0,11	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,38
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,29	0,39	0,32	0,23	0,10	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,39
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,29	0,43	0,35	0,23	0,10	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,43
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,11	0,28	0,55	0,49	0,24	0,09	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,55
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,16	0,17	0,22	0,16	0,07	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,22
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,15	0,36	0,55	0,49	0,32	0,68	0,09	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-15: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 1 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,600

	Abstand x in m																		
	-125	-105	-55,4	-25,4	-20,4	-15,4	-10,4	-7,4	-6,4	97,3	98,3	101,3	106,3	111,3	116,3	146,3	196,3	216,3	
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G5 nach rechts in m									max
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,08	0,09	0,12	0,22	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,22
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,16	0,16	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,12	0,13	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07	0,15	0,17	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,16	0,17	0,12	0,22	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-16: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 1 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,600

Aus der Abbildung 6-4 bzw. der Tabelle 6-14 und Tabelle 6-15 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 1 (siehe Abbildung 6-5) gewählt. Der Punkt P 1 befindet sich in ca. 22m Abstand zum Gleis G3 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-14 zwischen 0,01 bis 0,04 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 4% ausgeschöpft werden.

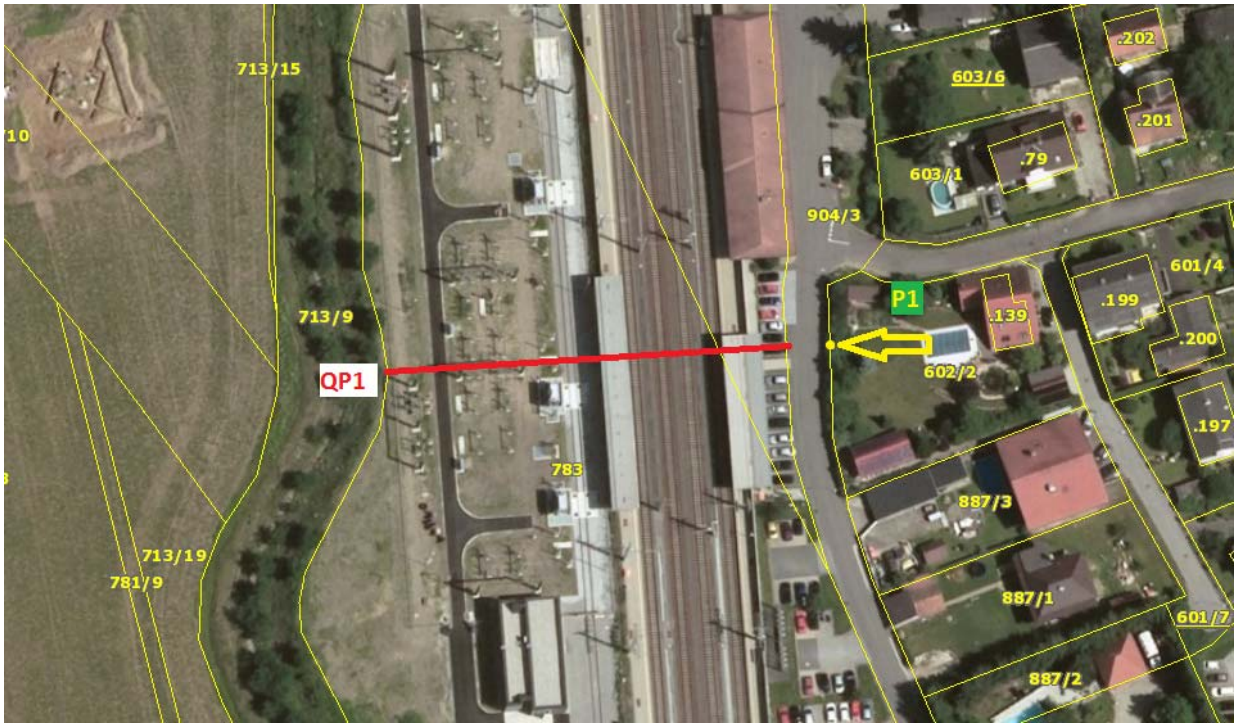


Abbildung 6-5: Querprofil 1 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 602/2 im Punkt P1[25]

[25] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.4.3.2 Aufpunktgerade – Bahnsteig Bahnhof Werndorf – SB-Bahnkilometer 229,600

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-6 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Bahnsteigoberkante durchgeführt.

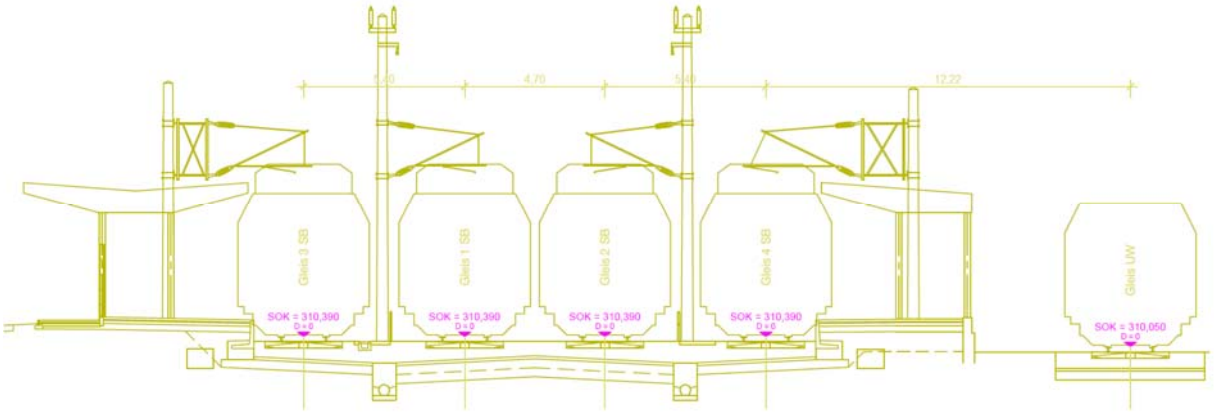


Abbildung 6-6: Bahnsteig Werndorf [T2] [T7]

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-7 zeigt die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der die Fußbodenoberkante auf Basis des:

- Thermischen Stromes
- Maximalen Laststromes
- 24-h-Mittelwert des Stroms.

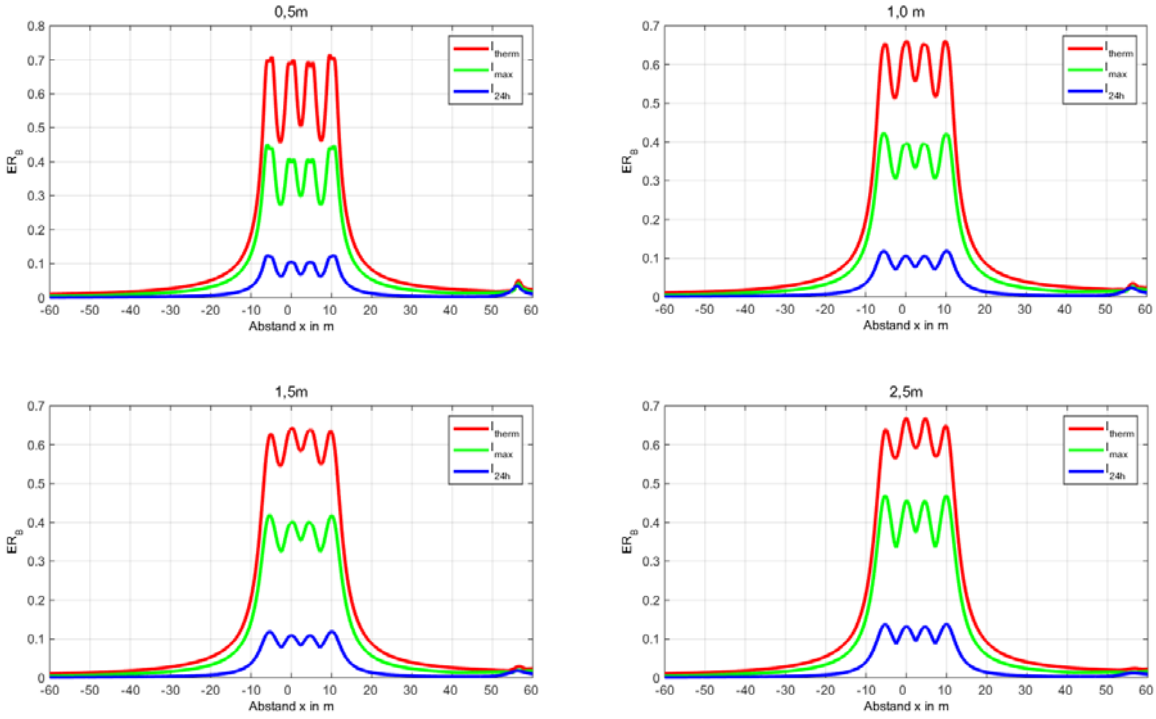


Abbildung 6-7: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Bahnsteigoberkante des Bahnsteigs Werndorf – SB-Bahnkilometer 229,600

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-17 dargestellt.

Tabelle 6-17: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante, HüB: Höhe über Bahnsteigoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüB in m
1,0	0,71	0,451	0,125	0,5
1,5	0,661	0,423	0,118	1
2,0	0,643	0,419	0,119	1,5
3,0	0,669	0,469	0,138	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante (HüB) eingehalten.

6.2.4.4 Querprofil 2: SB-Bahnkilometer 229,700

Die Abbildung 6-3 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um das Ende des Bahnhofs Werndorf.

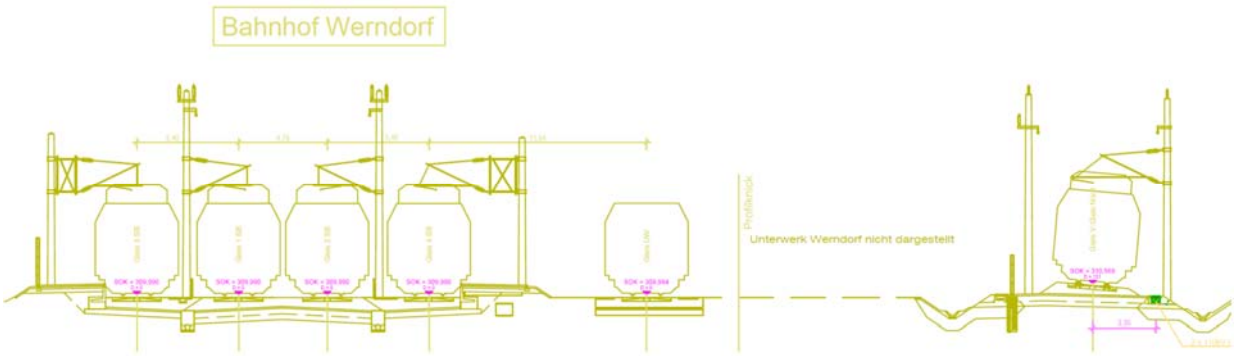


Abbildung 6-8: Querprofil 2 bei SB-Bahnkilometer 229,700 [T1] [T7]

6.2.4.4.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 2 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	G4	G5	V1	V2	K1	K2	V5	V6	V7	V8	V9
Varianten mit Strömen in A													
1027	1027	1027	919	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
919	1027	1027	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
1027	919	1027	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	1027	919	1027	1027	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	1027	1027	0	132	650	-650	907	907	0	0	0
132	1027	0	1027	0	907	907	650	-650	0	0	0	0	0
1027	132	1027	0	0	907	907	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	0	372	907	907	650	-650	0	0	907	907	0
0	0	0	372	0	907	907	650	-650	0	0	907	907	0
0	0	372	0	0	907	907	650	-650	0	0	907	907	0
0	372	0	0	0	907	907	650	-650	0	0	907	907	0
372	0	0	0	0	907	907	650	-650	0	0	907	907	0
0	0	0	0	1027	0	252	650	-650	907	907	0	0	907
0	0	0	0	0	0	907	650	-650	907	907	0	372	907

Tabelle 6-18: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 2

G1	G2	G3	G4	G5	V1	V2	K1	K2	V5	V6	V7	V8	V9
Varianten mit Strömen in A													
1027	0	628	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
628	0	1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
1027	628	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
628	1027	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	1027	0	628	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	628	0	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	907	748	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	748	907	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	907	748	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	748	907	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	907	748	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	748	907	0
0	0	0	0	1027	0	0	650	-650	0	0	638	0	0
0	0	0	0	1027	0	0	650	-650	0	0	0	638	0
0	0	0	0	748	0	0	650	-650	0	0	0	907	0
0	0	0	0	748	0	0	650	-650	0	0	907	0	0
0	0	1027	0	0	638	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	638	0	0
0	0	748	0	0	907	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	748	0	0	0	0	650	-650	0	0	907	0	0
0	0	0	1027	0	0	638	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	638	0
0	0	0	748	0	0	907	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	0	748	0	0	0	650	-650	0	0	0	907	0
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	748	0	0	0	907
0	0	0	0	0	0	0	650	-650	907	0	0	0	748

Tabelle 6-19: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 2

G1	G2	G3	G4	G5	V1	V2	K1	K2	V5	V6	V7	V8	V9
Varianten mit Strömen in A													
356	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	356	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	356	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	0	356	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	0	0	356	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	356	0	227	-227	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	356	277	-227	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	356	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	356	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	356	0	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	356	0
0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	356

Tabelle 6-20: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 2

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

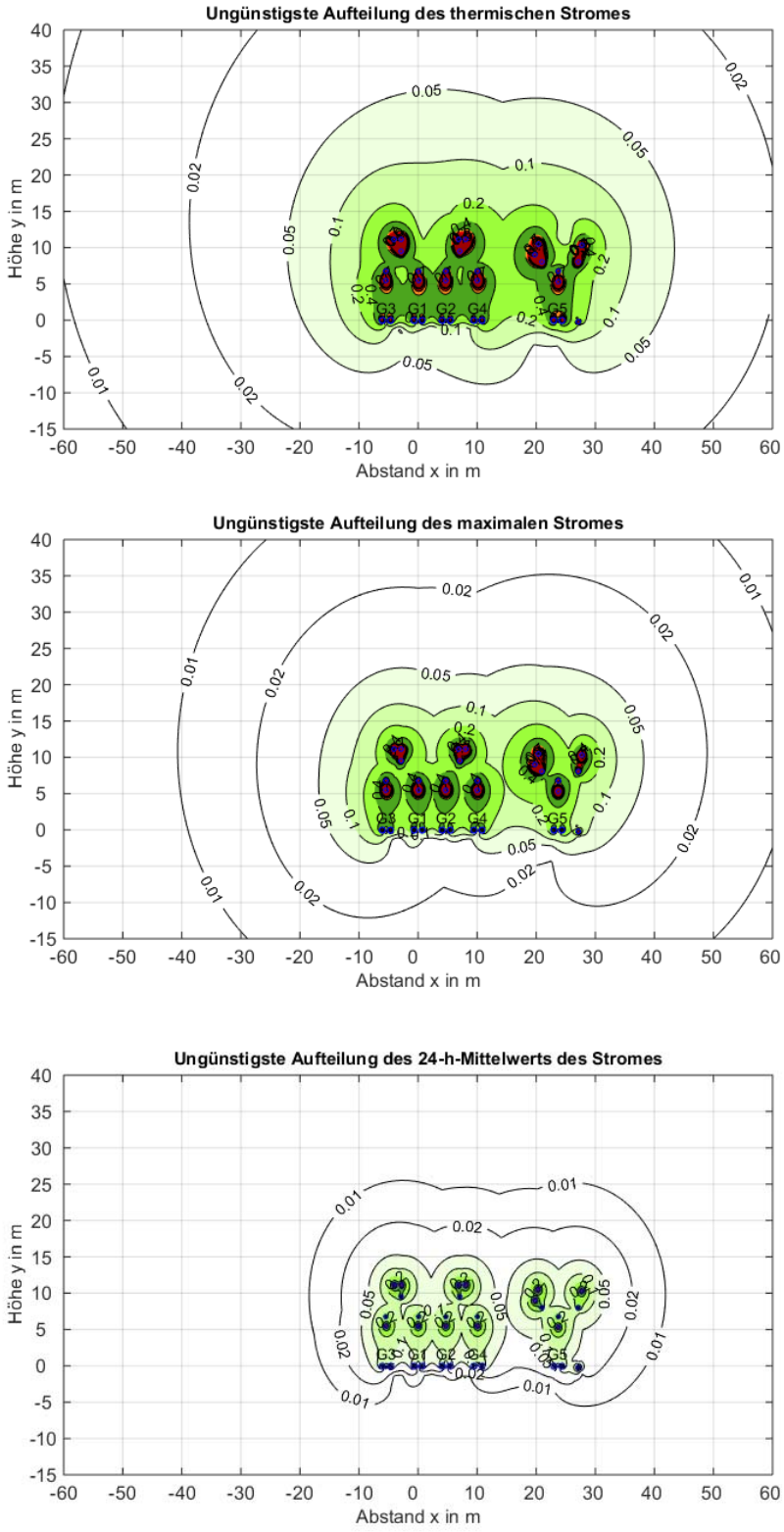


Abbildung 6-9: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 2 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,700

	Abstand x in m																		
	-125	-105	-55,4	-25,4	-20,4	-15,4	-10,4	-7,4	-6,4	24,7	25,7	28,7	33,7	38,7	43,7	73,7	123,7	143,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G5 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05
25	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,01	0,01	0,00	0,07
20	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,06	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,08	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,11
15	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,08	0,14	0,20	0,22	0,17	0,17	0,17	0,11	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,22
9	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,18	0,31	0,39	0,33	0,46	0,60	0,14	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,60
4	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,09	0,20	0,46	0,64	0,67	0,48	0,22	0,11	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,67
2	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,08	0,18	0,42	0,54	0,57	0,44	0,21	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,57
1,5	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,08	0,18	0,42	0,57	0,61	0,45	0,21	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,61
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,42	0,64	0,70	0,45	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,70
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,16	0,41	0,83	0,95	0,46	0,19	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,95
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,23	0,26	0,33	0,28	0,14	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,33
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,20	0,46	0,83	0,95	0,48	0,60	0,14	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-21: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 2 bei ungünstigster Aufteilung des thermischen Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,700

	Abstand x in m																		
	-125	-105	-55,4	-25,4	-20,4	-15,4	-10,4	-7,4	-6,4	24,7	25,7	28,7	33,7	38,7	43,7	73,7	123,7	143,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G5 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,12	0,14	0,12	0,11	0,12	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,14
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,18	0,22	0,27	0,35	0,51	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,51
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,15	0,36	0,52	0,48	0,31	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,52
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,30	0,38	0,30	0,22	0,12	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,38
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,29	0,39	0,30	0,21	0,11	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,39
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,29	0,42	0,33	0,20	0,11	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,42
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,11	0,27	0,54	0,44	0,21	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,54
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,15	0,17	0,17	0,15	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,17
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,15	0,36	0,54	0,48	0,35	0,51	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-22: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 2 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,700

	Abstand x in m																		
	-125	-105	-55,4	-25,4	-20,4	-15,4	-10,4	-7,4	-6,4	24,7	25,7	28,7	33,7	38,7	43,7	73,7	123,7	143,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G5 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,08	0,09	0,13	0,18	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,16	0,16	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,11	0,10	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,11	0,10	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,12	0,11	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07	0,15	0,15	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,16	0,16	0,13	0,18	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-23: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 2 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei SB-Bahnkilometer 229,700

Aus der Abbildung 6-9 bzw. der Tabelle 6-22 und Tabelle 6-23 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 1 (siehe Abbildung 6-10) gewählt. Der Punkt P 2 befindet sich in ca. 47m Abstand zum Gleis G3 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-21 zwischen 0,01 bis 0,04 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 4% ausgeschöpft werden.

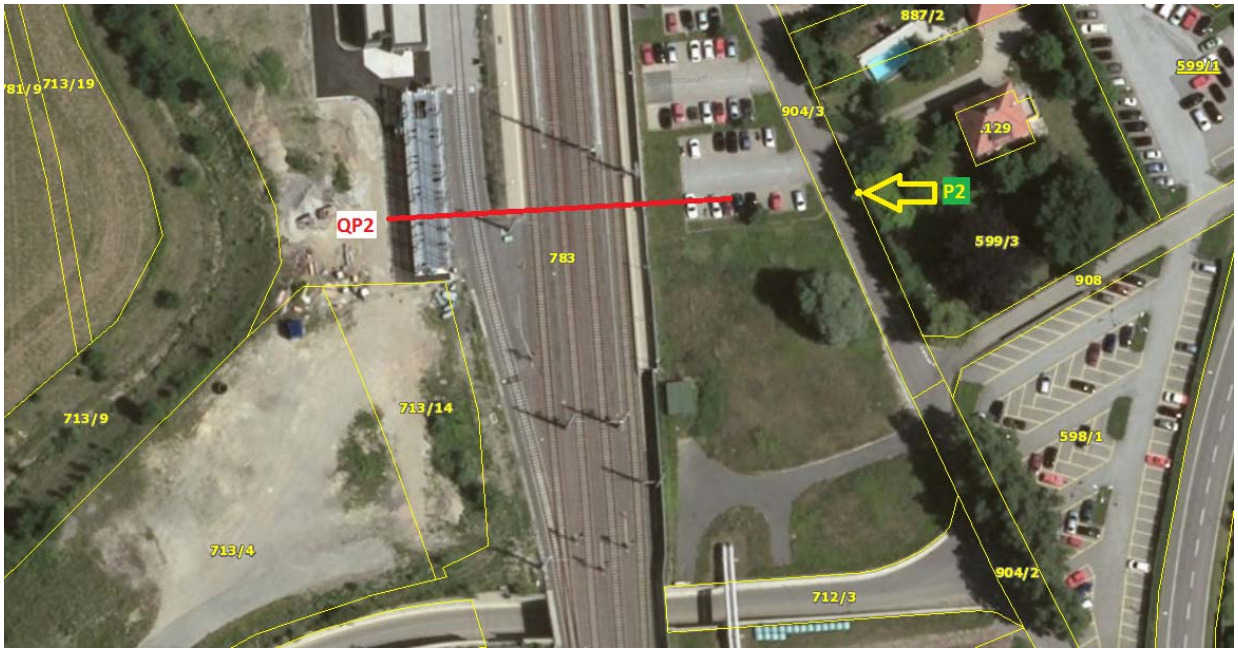


Abbildung 6-10: Querprofil 2 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 599/3 im Punkt P2[26]

[26] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.4.5 Querprofil 3: SB-Bahnkilometer 230,325

Die Abbildung 6-11 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die freie Strecke direkt nach dem Bahnhof Werndorf.

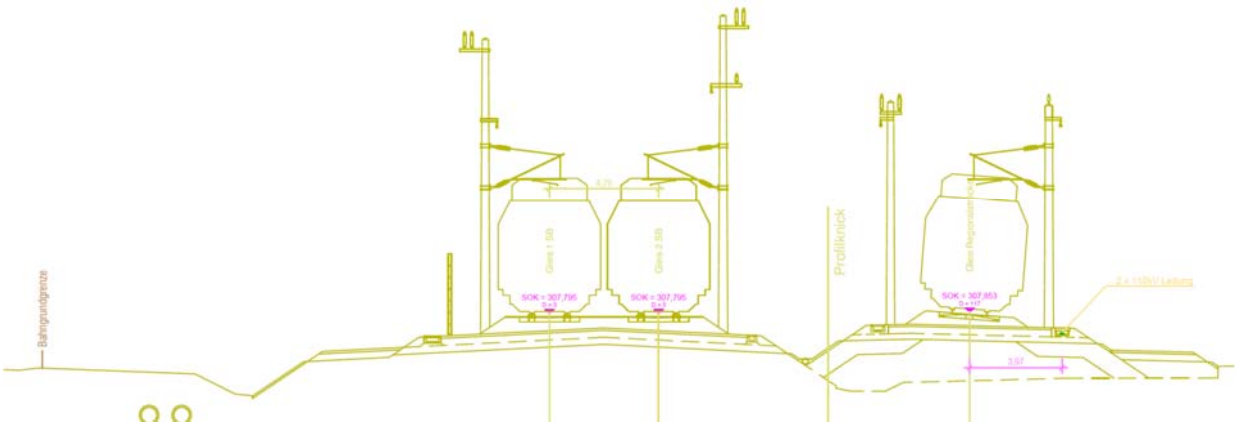


Abbildung 6-11: Querprofil 3 bei SB-Bahnkilometer 230,325 [T2] [T9]

6.2.4.5.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 3 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	K1	K2	V1	V2	V3	V4	S1	S2	S3	S4
Varianten mit Strömen in A												
1027	1027	1027	650	-650	907	12	0	0	0	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	907	12	0	0	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	0	907	12	0	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	907	12	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	0	907	12	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	0	0	907	12	0
1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0	907	12
1027	1027	1027	650	-650	12	0	0	0	0	0	0	907
1027	1027	0	650	-650	907	907	0	0	132	0	0	0
1027	1027	0	650	-650	0	0	907	907	132	0	0	0
1027	1027	0	650	-650	0	0	132	907	907	0	0	0
1027	1027	0	650	-650	0	0	907	132	907	0	0	0
1027	0	0	650	-650	907	907	907	252	0	0	0	0
1027	0	0	650	-650	0	907	907	907	252	0	0	0
1027	0	0	650	-650	252	0	907	907	907	0	0	0
0	1027	0	650	-650	907	907	907	252	0	0	0	0
0	1027	0	650	-650	0	907	907	907	252	0	0	0
0	1027	0	650	-650	252	0	907	907	907	0	0	0
0	0	1027	650	-650	0	0	0	0	252	907	907	907
0	0	0	650	-650	907	907	907	907	372	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	907	907	907	907	372	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	907	907	907	907	372	0
0	0	0	650	-650	0	0	0	907	907	907	907	372
0	0	0	650	-650	372	0	0	0	907	907	907	907

Tabelle 6-24: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 3

G1	G2	G3	K1	K2	V1	V2	V3	V4	S1	S2	S3	S4
Varianten mit Strömen in A												
1027	628	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1027	628	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0
0	628	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1027	650	-650	0	0	0	0	0	628	0	0
0	0	748	650	-650	0	0	0	0	0	907	0	0
0	0	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0	628	0
0	0	748	650	-650	0	0	0	0	0	0	907	0
0	0	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	628
0	0	748	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	907
1027	0	0	650	-650	628	0	0	0	0	0	0	0
748	0	0	650	-650	907	0	0	0	0	0	0	0
1027	0	0	650	-650	0	628	0	0	0	0	0	0
748	0	0	650	-650	0	907	0	0	0	0	0	0
0	1027	0	650	-650	0	0	0	628	0	0	0	0
0	748	0	650	-650	0	0	0	907	0	0	0	0
0	1027	0	650	-650	0	0	628	0	0	0	0	0
0	748	0	650	-650	0	0	907	0	0	0	0	0
0	0	0	650	-650	907	748	0	0	0	0	0	0
0	0	0	650	-650	748	907	0	0	0	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	907	748	0	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	748	907	0	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	0	748	907	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	748	0	907	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	907	0	748	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	0	907	748	0	0	0
0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	748	0	907
0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	748	907
0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	907	0	748
0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	907	748
0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	907	748	0
0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	748	907	0

Tabelle 6-25: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 3

G1	G2	G3	K1	K2	V1	V2	V3	V4	S1	S2	S3	S4
Varianten mit Strömen in A												
356	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0
0	356	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	356	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	356	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	356	0	0	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	356	0	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	356	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	356	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	356	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	356	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	356

Tabelle 6-26: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 3

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

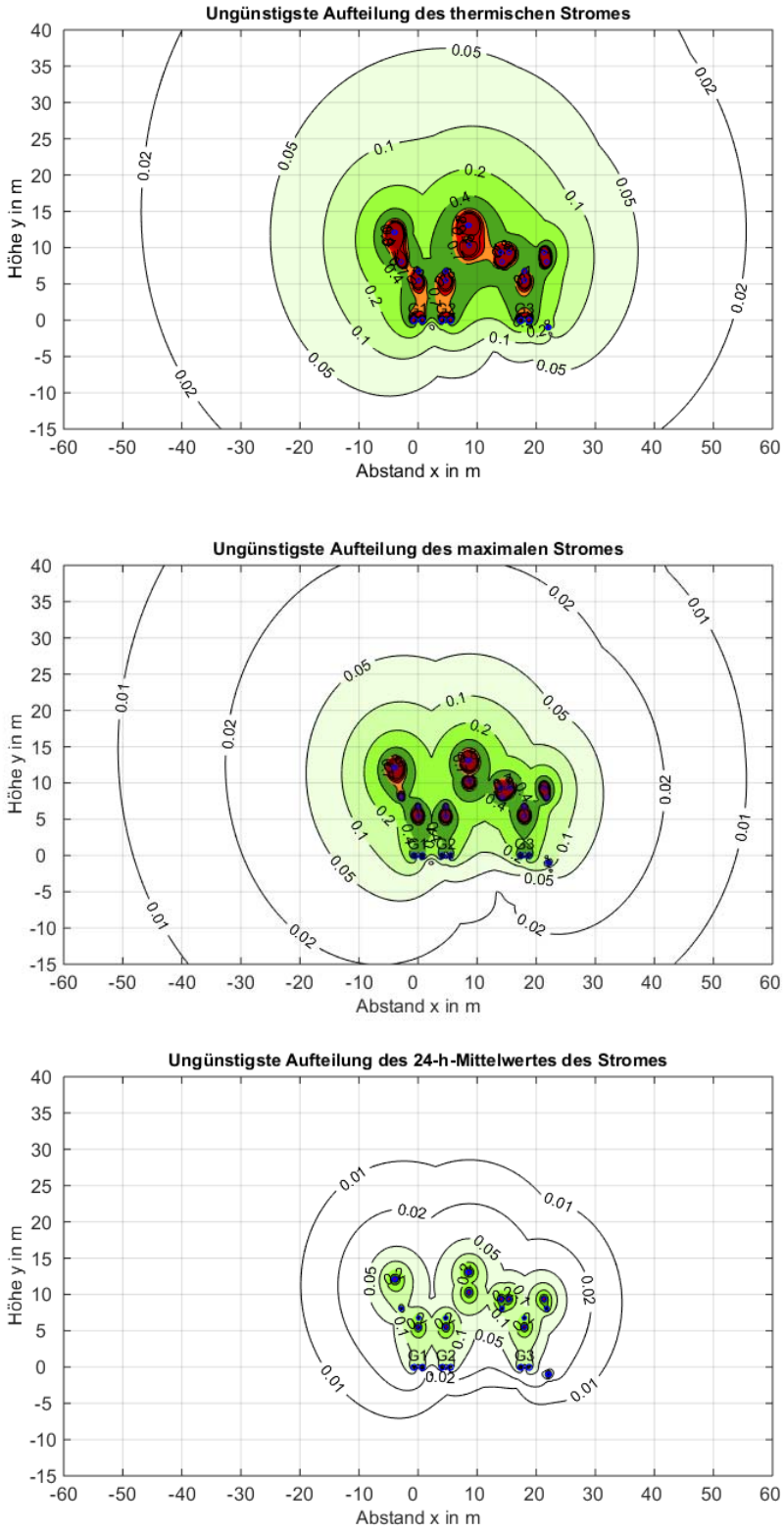


Abbildung 6-12: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 3 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei SB-Bahnkilometer 230,325

	Abstand x in m																		
	-153	-133	-83	-53	-48	-43	-38	-35	-34	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06
25	0,00	0,00	0,02	0,05	0,06	0,07	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,01	0,01	0,00	0,09
20	0,00	0,00	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,15
15	0,00	0,00	0,02	0,06	0,09	0,16	0,31	0,31	0,28	0,18	0,22	0,23	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,31
9	0,00	0,00	0,02	0,06	0,10	0,18	0,84	0,66	0,49	0,34	0,40	0,39	0,11	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	0,84
4	0,00	0,00	0,02	0,06	0,08	0,13	0,25	0,51	0,70	0,72	0,51	0,22	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,72
2	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,12	0,23	0,49	0,63	0,61	0,47	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,63
1,5	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,11	0,22	0,51	0,68	0,65	0,47	0,19	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,68
1	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,11	0,21	0,52	0,79	0,73	0,48	0,18	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,79
0,5	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,10	0,20	0,53	1,09	0,97	0,47	0,17	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	1,09
-1	0,00	0,00	0,02	0,05	0,06	0,09	0,16	0,32	0,42	0,34	0,28	0,14	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,42
-5	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,00	0,02	0,06	0,10	0,18	0,84	0,66	1,09	0,97	0,51	0,39	0,11	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-27: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 3 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei SB-Bahnkilometer 230,325

	Abstand x in m																		
	-153	-133	-83	-53	-48	-43	-38	-35	-34	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,08
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,17	0,16	0,19	0,22	0,20	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,22
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,43	0,25	0,21	0,22	0,25	0,24	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,43
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,36	0,54	0,54	0,36	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,54
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,12	0,29	0,38	0,38	0,30	0,13	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,38
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,11	0,29	0,39	0,39	0,29	0,12	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,39
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,11	0,29	0,44	0,43	0,29	0,12	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,44
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,28	0,59	0,55	0,28	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,59
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,16	0,21	0,19	0,16	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,21
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,43	0,36	0,59	0,55	0,36	0,24	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-28: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 3 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei SB-Bahnkilometer 230,325

	Abstand x in m																		
	-153	-133	-83	-53	-48	-43	-38	-35	-34	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,06	0,05	0,07	0,08	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,15	0,13	0,10	0,07	0,08	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,16	0,15	0,07	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,15	0,13	0,17	0,17	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-29: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 3 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei SB-Bahnkilometer 230,325

Aus der Abbildung 6-12 bzw. der Tabelle 6-27 und Tabelle 6-28 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 3 (siehe Abbildung 6-13) gewählt. Der Punkt P 2 befindet sich in ca. 29m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-27 zwischen 0,02 bis 0,07 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 7% ausgeschöpft werden.

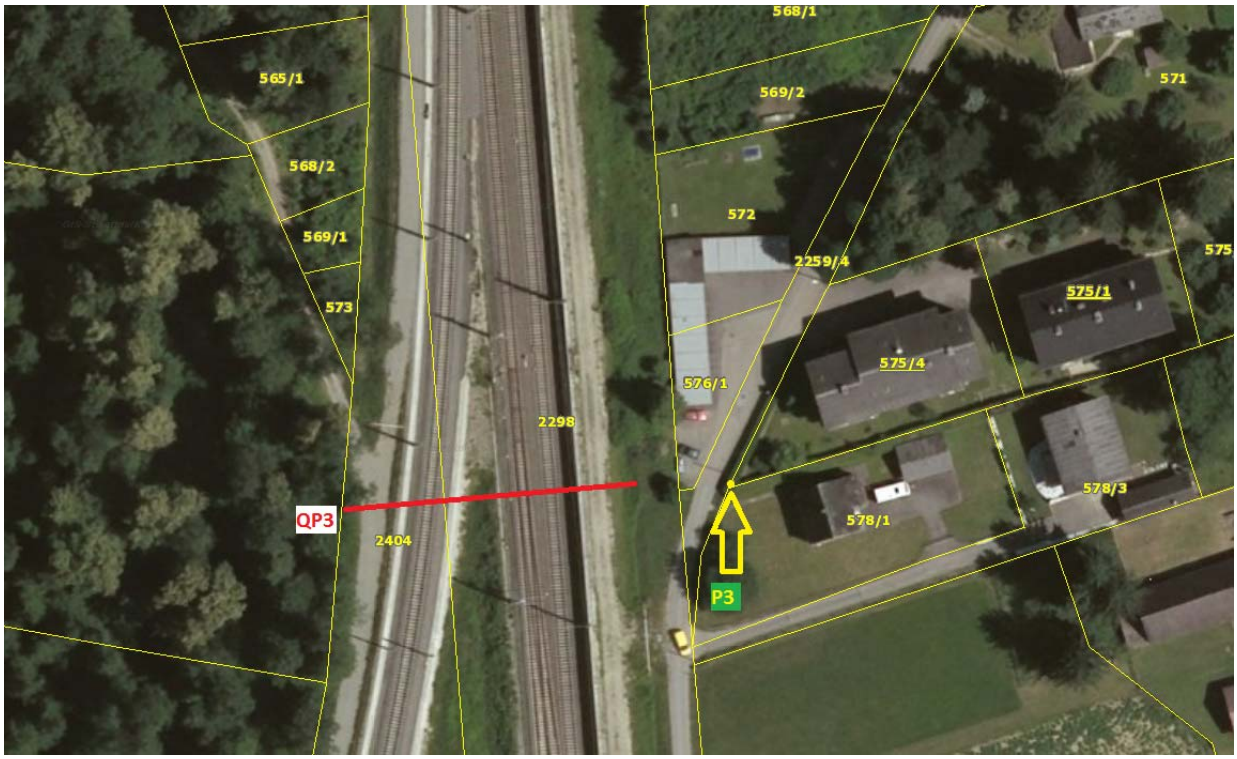


Abbildung 6-13: Querprofil 3 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 575/4 im Punkt P3[27]

[27] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.4.6 UW Werndorf

Im folgenden Kapitel werden die Auswirkungen der Änderungsarbeiten im UW Werndorf sowie die Auswirkungen der 110-kV-Kabelanlage auf die magnetischen und elektrischen Immissionen in und im Nahbereich der elektrischen Anlage dargestellt. In allgemein zugänglichen Bereichen werden die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E8850: 2006 eingehalten. Hinsichtlich der beruflichen Exposition ist zu beachten, dass eine berufsbedingte Annäherung an stromführende Kabeln möglich ist, aus diesem Grund werden die Mitarbeiter entsprechend geschult, so dass der Schutz gegen elektromagnetische Felder gewährleistet ist.

Abbildung 6-14: UW Werndorf – Grundriss-Darstellung der magnetischen Flussdichte in 0,5m Höhe zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 300 µT), maximal zu erwartende Ströme, 16,7 Hz

Abbildung 6-15: UW Werndorf – Grundriss-Darstellung der magnetischen Flussdichte in 0,5m Höhe zur Bewertung der beruflichen Exposition (Grenze 1500 µT), maximal zu erwartende Ströme, 16,7 Hz

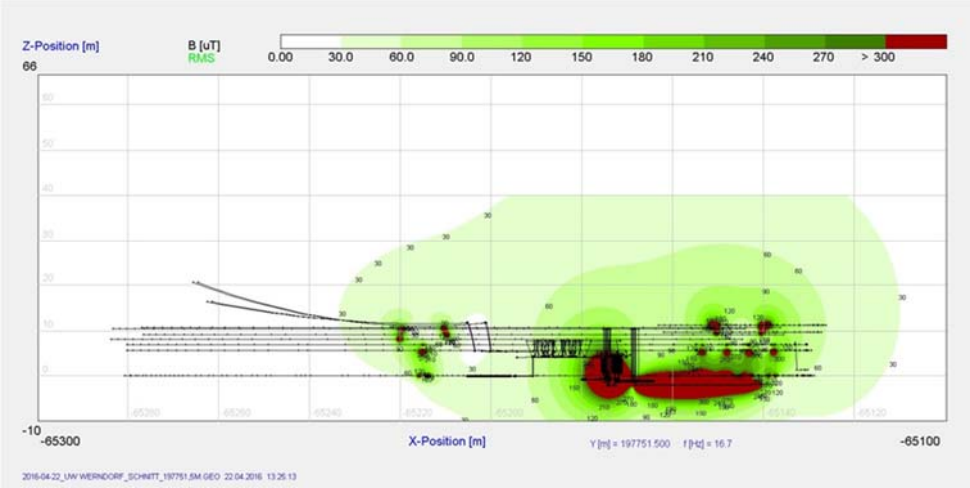


Abbildung 6-16: UW Werndorf – Querprofil-Darstellung der magnetischen Flussdichte in zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 300 µT), maximal zu erwartende Ströme, 16,7 Hz, Blickrichtung nach Graz

Abbildung 6-17: UW Werndorf – Grundriss-Darstellung der elektrischen Feldstärke in 0,5m Höhe zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 10kV/m), maximal zu erwartende Spannungen, 16,7 Hz, Blickrichtung nach Graz

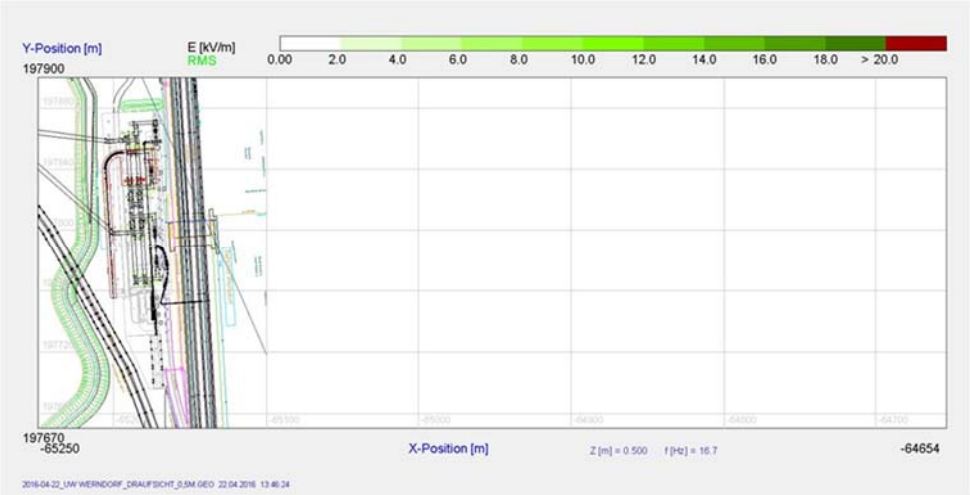


Abbildung 6-18: UW Werndorf – Grundriss-Darstellung der elektrischen Feldstärke in 0,5m Höhe zur Bewertung der beruflichen Exposition (Grenze 20 kV/m), maximal zu erwartende Spannungen, 16,7 Hz, Blickrichtung nach Graz

Abbildung 6-19: UW Werndorf – Querprofil-Darstellung der elektrischen Feldstärke zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 10 kV/m), maximal zu erwartende Spannungen, 16,7 Hz, Blickrichtung nach Graz

6.2.5 Abschnitt 2 Werndorf bis Weststeiermark

6.2.5.1 Bauphase

In der Bauphase treten im Fachbereich „Elektromagnetische Felder“ keine im Vergleich zum abgeschlossenen Bauvorhaben relevanten Auswirkungen auf. Basierend auf Reglementierungen des AschG idgF [38] werden in der Bauphase geeignete Maßnahmen zum Schutze der Arbeiter getroffen [5], [7] (z.B. Minimierungsmaßnahmen, Einhaltung von Mindestabständen im Betrieb elektrischer Anlagen, Unterweisung, Kennzeichnung, Absperrung, Schulung etc.).

6.2.5.2 Betriebsphase

In diesem Abschnitt wurden folgende Querprofile untersucht:

- QP4: KAB-Bahnkilometer 19,800
- QP5: KAB-Bahnkilometer 20,150
- QP6: KAB-Bahnkilometer 20,700
- QP7: KAB-Bahnkilometer 21,700
- QP8: KAB-Bahnkilometer 23,860
- QP9: KAB-Bahnkilometer 24,650
- QP10: KAB-Bahnkilometer 24,681
- QP11: KAB-Bahnkilometer 26,175
- QP12: KAB-Bahnkilometer 26,214
- QP13: KAB-Bahnkilometer 31,330
- QP14: KAB-Bahnkilometer 33,250

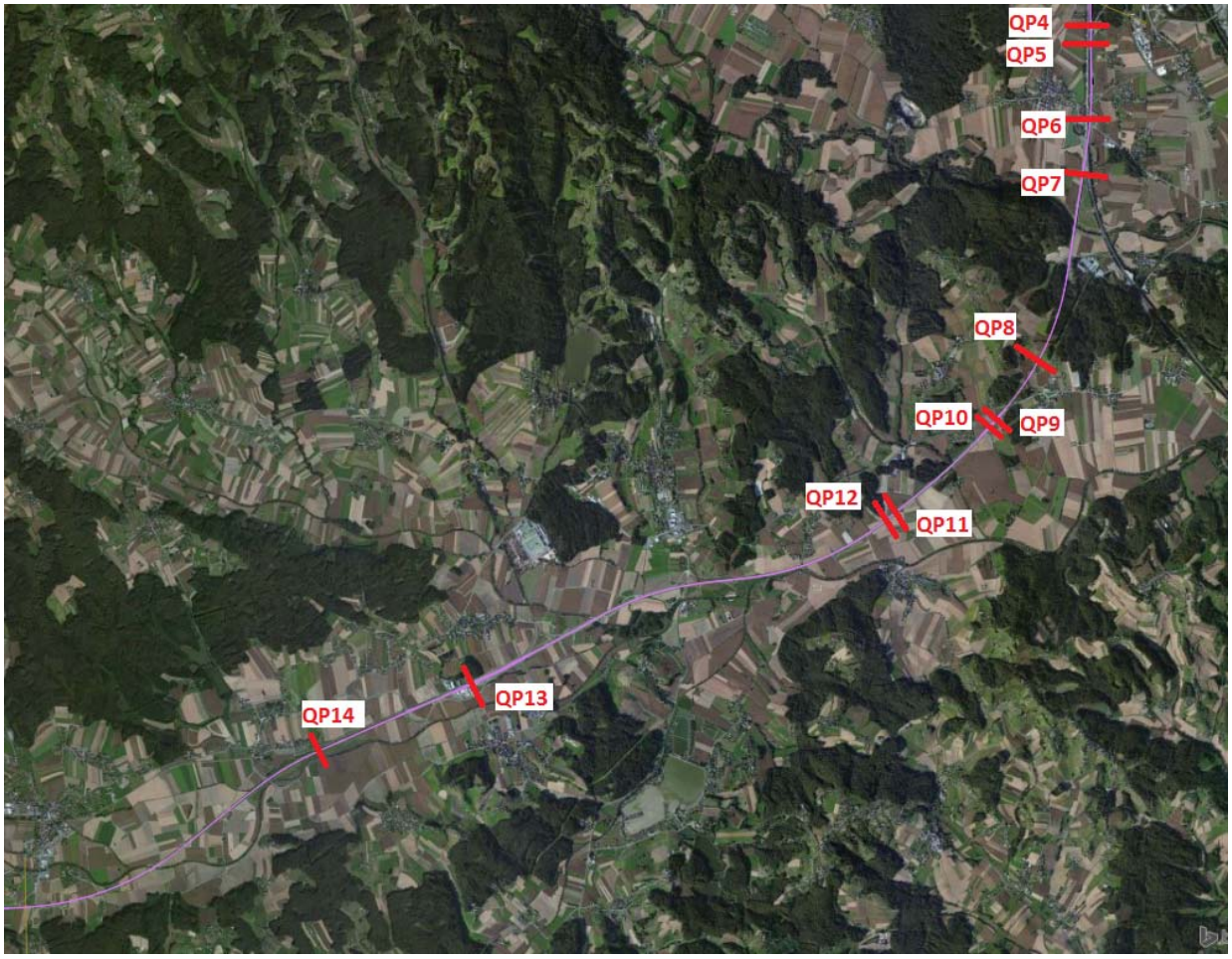


Abbildung 6-20: Übersichtsplan der Querprofile 4-14 im Abschnitt 2 – Werndorf - Weststeiermark[28]

[28] Orthofotos von Bing Aerial am 04.04.2016 und http://www.qgis.org/de/site/

6.2.5.3 Querprofil 4: KAB-Bahnkilometer 19,800

Die Abbildung 6-21 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Übergang der Regionalstrecke zur Koralmbahn.

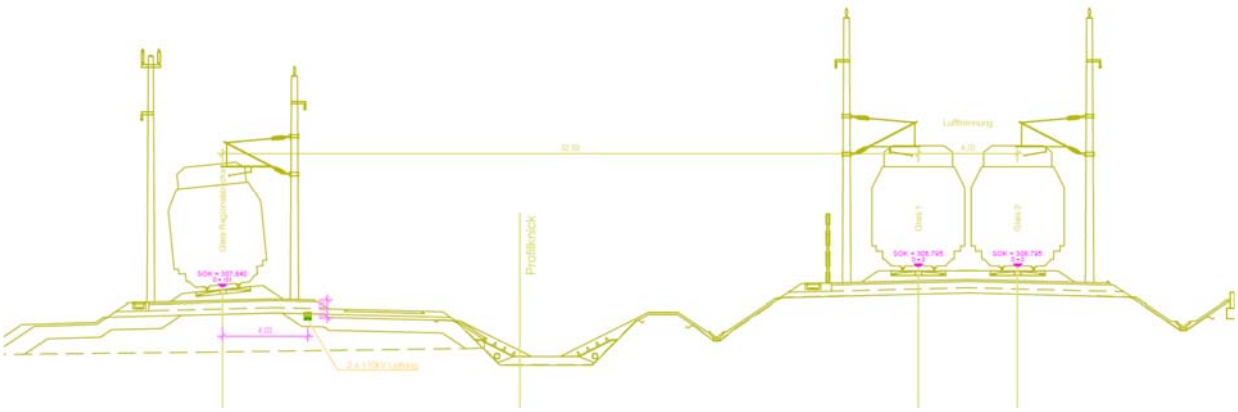


Abbildung 6-21: Querprofil 4 bei KAB-Bahnkilometer 19,800 [T2] [T8]

6.2.5.3.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 4 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	K1	K2	V1	V2	V3	V4	V5
Varianten mit Strömen in A									
1027	1027	0	650	-650	0	0	132	907	907
252	0	1027	650	-650	907	907	907	0	0
0	0	0	650	-650	907	907	907	907	372
1027	1027	1027	650	-650	907	0	12	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	907	12	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	12	907	0	0
1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	907	12
1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	12	907
0	0	0	650	-650	907	907	907	907	372
0	0	0	650	-650	907	907	907	372	907
0	0	0	650	-650	372	907	907	907	907
0	0	0	650	-650	907	372	907	907	907
0	0	0	650	-650	907	907	372	907	907

Tabelle 6-30: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 4

G1	G2	G3	K1	K2	V1	V2	V3	V4	V5
Varianten mit Strömen in A									
1027	628	0	650	-650	0	0	0	0	0
0	1027	628	650	-650	0	0	0	0	0
0	628	1027	650	-650	0	0	0	0	0
0	0	1027	650	-650	628	0	0	0	0
0	0	748	650	-650	907	0	0	0	0
0	0	1027	650	-650	0	628	0	0	0
0	0	748	650	-650	0	907	0	0	0
0	0	1027	650	-650	0	0	628	0	0
0	0	748	650	-650	0	0	907	0	0
1027	0	0	650	-650	0	0	0	628	0
748	0	0	650	-650	0	0	0	907	0
1027	0	0	650	-650	0	0	0	0	628
748	0	0	650	-650	0	0	0	0	907
0	1027	0	650	-650	0	0	0	628	0
0	748	0	650	-650	0	0	0	907	0
0	1027	0	650	-650	0	0	0	0	628
0	748	0	650	-650	0	0	0	0	907

Tabelle 6-31: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 4

G1	G2	G3	K1	K2	V1	V2	V3	V4	V5
Varianten mit Strömen in A									
356	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	356	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	356	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	356	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	356	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	356	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	356	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	356

Tabelle 6-32: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 4

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

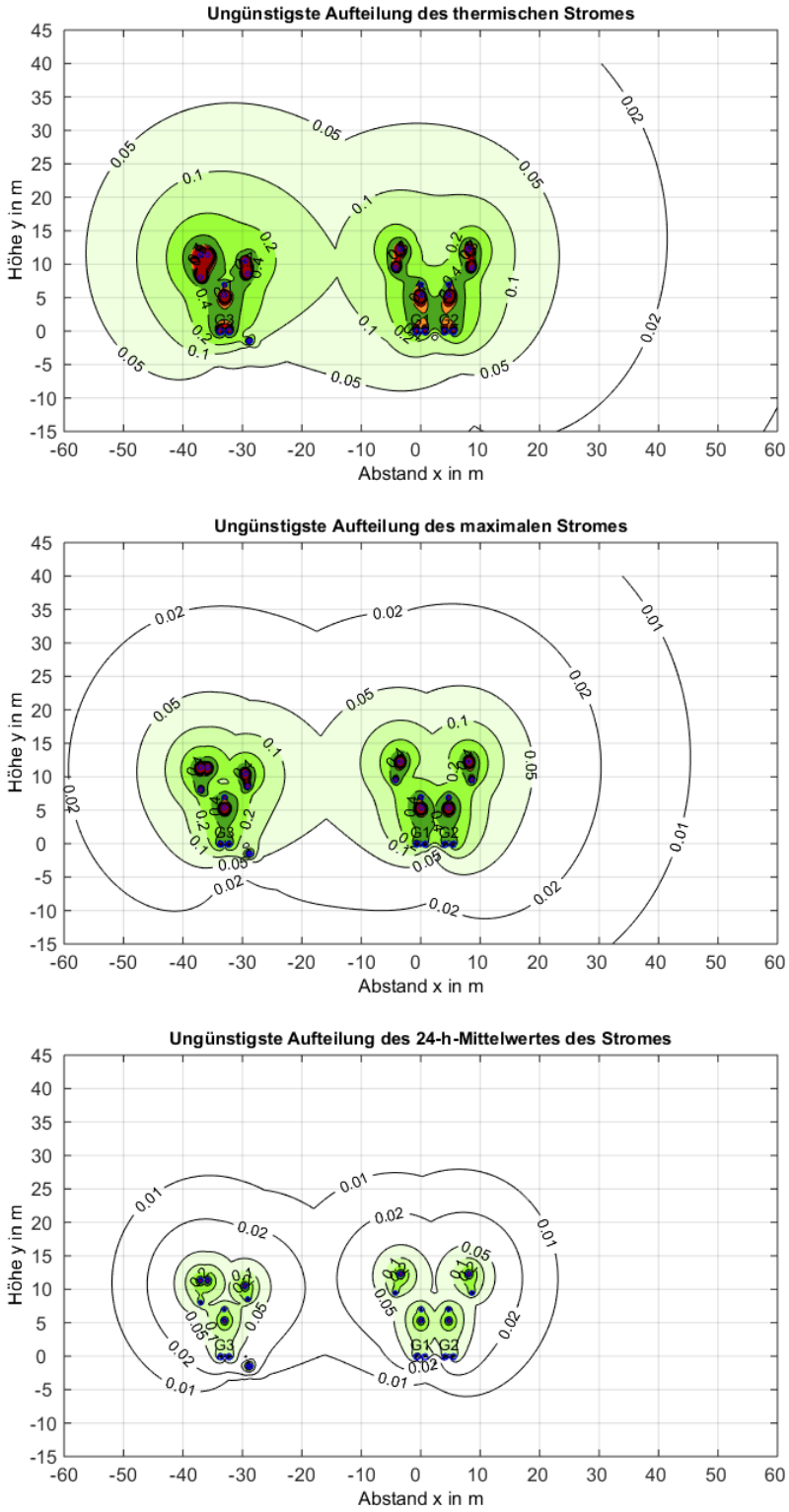


Abbildung 6-22: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 4 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 19,800

	Abstand x in m																		
	-153	-133	-83	-53	-48	-43	-38	-35	-34	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06
25	0,00	0,00	0,02	0,05	0,06	0,07	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,01	0,01	0,00	0,09
20	0,00	0,00	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,15
15	0,00	0,00	0,02	0,06	0,09	0,16	0,31	0,31	0,28	0,18	0,22	0,23	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,31
9	0,00	0,00	0,02	0,06	0,10	0,18	0,84	0,66	0,49	0,34	0,40	0,39	0,11	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	0,84
4	0,00	0,00	0,02	0,06	0,08	0,13	0,25	0,51	0,70	0,72	0,51	0,22	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,72
2	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,12	0,23	0,49	0,63	0,61	0,47	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,63
1,5	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,11	0,22	0,51	0,68	0,65	0,47	0,19	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,68
1	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,11	0,21	0,52	0,79	0,73	0,48	0,18	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,79
0,5	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,10	0,20	0,53	1,09	0,97	0,47	0,17	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	1,09
-1	0,00	0,00	0,02	0,05	0,06	0,09	0,16	0,32	0,42	0,34	0,28	0,14	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,42
-5	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,00	0,02	0,06	0,10	0,18	0,84	0,66	1,09	0,97	0,51	0,39	0,11	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-33: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 4 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 19,800

	Abstand x in m																		
	-153	-133	-83	-53	-48	-43	-38	-35	-34	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,08
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,17	0,16	0,19	0,22	0,20	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,22
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,43	0,25	0,21	0,22	0,25	0,24	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,43
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,36	0,54	0,54	0,36	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,54
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,12	0,29	0,38	0,38	0,30	0,13	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,38
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,11	0,29	0,39	0,39	0,29	0,12	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,39
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,11	0,29	0,44	0,43	0,29	0,12	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,44
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,28	0,59	0,55	0,28	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,59
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,16	0,21	0,19	0,16	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,21
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,43	0,36	0,59	0,55	0,36	0,24	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-34: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 4 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 19,800

	Abstand x in m																		
	-153	-133	-83	-53	-48	-43	-38	-35	-34	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,06	0,05	0,07	0,08	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,15	0,13	0,10	0,07	0,08	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,16	0,15	0,07	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,15	0,13	0,17	0,17	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-35: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 4 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 19,800

Aus der Abbildung 6-22 bzw. der Tabelle 6-33 und Tabelle 6-34 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 4 (siehe Tabelle 6-23) gewählt. Der Punkt P 4 befindet sich in ca. 70m Abstand zum Gleis G3 (Regionalstrecke) und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-33 unter 0,02 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 2% ausgeschöpft werden.

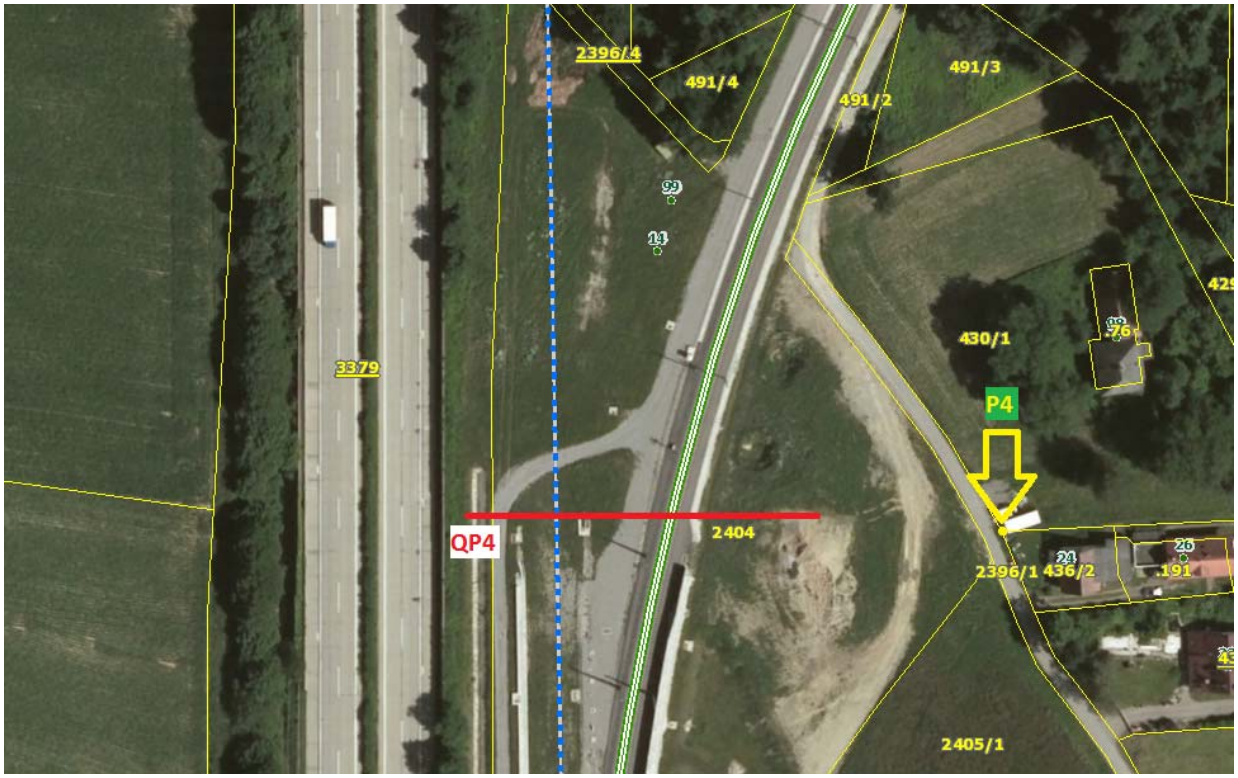


Abbildung 6-23: Querprofil 4 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 436/2 im Punkt P4[29]

[29] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.4 Querprofil 5: KAB-Bahnkilometer 20,150

Die Abbildung 6-24 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die freie Strecke im Bereich Weitendorf.

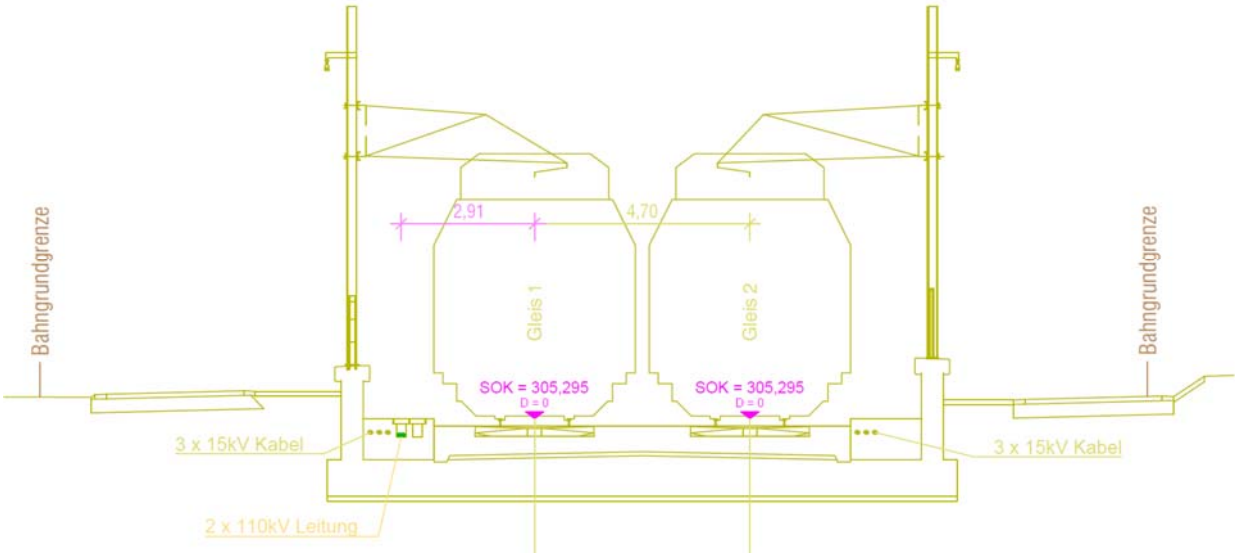


Abbildung 6-24: Querprofil 5 bei SB-Bahnkilometer 20,150 [T2] [T7]

6.2.5.4.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 5 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	K1	K2
Varianten mit Strömen in A									
1027	430	591	591	591	0	0	0	650	-650
430	1027	591	591	591	0	0	0	650	-650
1027	430	0	0	0	591	591	591	650	-650
430	1027	0	0	0	591	591	591	650	-650

Tabelle 6-36: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 5

G1	G2	V1	V2	V3	V4	V5	V8	K1	K2
Varianten mit Strömen in A									
1027	628	0	0	0	0	0	0	650	-650
628	1027	0	0	0	0	0	0	650	-650
0	0	591	591	473	0	0	0	650	-650
1027	0	591	37	0	0	0	0	650	-650
1027	0	0	591	37	0	0	0	650	-650
1027	0	73	0	591	0	0	0	650	-650
0	1027	0	0	0	591	37	0	650	-650
0	1027	0	0	0	0	591	37	650	-650
0	1027	0	0	0	37	0	591	650	-650

Tabelle 6-37: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 5

G1	G2	V1	V2	V3	V4	V5	V8	K1	K2
Varianten mit Strömen in A									
356	0	0	0	0	0	0	0	277	-277
0	356	0	0	0	0	0	0	277	-277
0	0	356	0	0	0	0	0	277	-277
0	0	0	356	0	0	0	0	277	-277
0	0	0	0	356	0	0	0	277	-277
0	0	0	0	0	356	0	0	277	-277
0	0	0	0	0	0	356	0	277	-277
0	0	0	0	0	0	0	356	277	-277

Tabelle 6-38: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 5

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

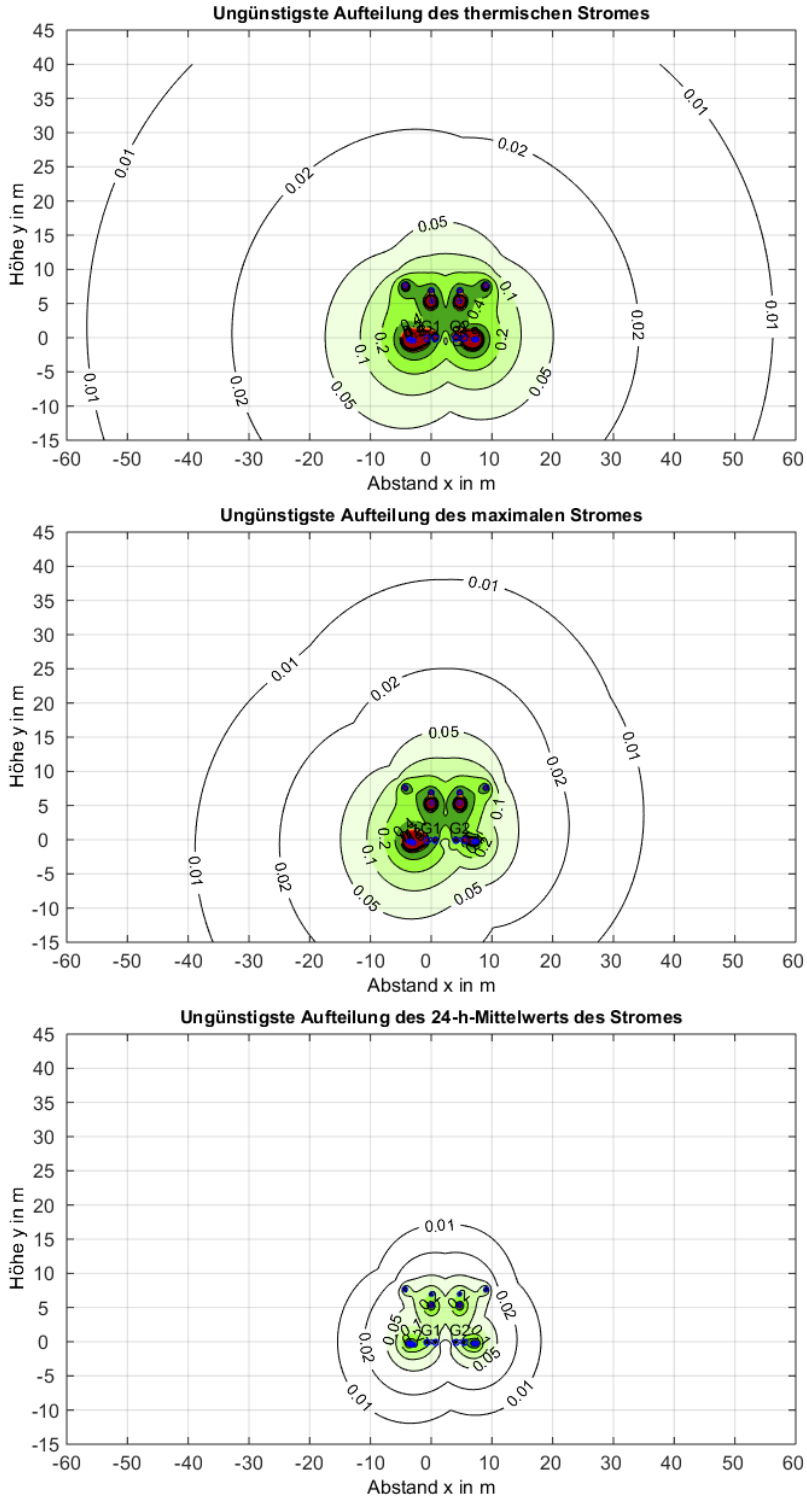


Abbildung 6-25: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 5 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,150

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
15	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06
9	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,07	0,19	0,24	0,24	0,24	0,25	0,18	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,25
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,12	0,28	0,40	0,59	0,60	0,41	0,24	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,60
2	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,41	0,47	0,53	0,46	0,40	0,28	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,53
1,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,48	0,66	0,70	0,66	0,62	0,31	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,70
1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,58	0,94	0,96	0,99	1,01	0,34	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,01
0,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,68	1,28	1,52	1,71	1,74	0,37	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,74
-1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,69	1,21	0,96	1,16	1,68	0,37	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,68
-5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,19	0,22	0,20	0,18	0,19	0,15	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,22
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,13	0,69	1,28	1,52	1,71	1,74	0,37	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-39: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 5 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,150

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,22	0,23	0,23	0,22	0,13	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,23
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,10	0,25	0,39	0,57	0,57	0,39	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,57
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,41	0,51	0,42	0,39	0,29	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,51
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,48	0,66	0,52	0,40	0,28	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,66
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,56	0,87	0,69	0,50	0,36	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,87
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,65	1,12	1,07	0,83	0,63	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	1,12
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,62	1,03	0,78	0,50	0,68	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	1,03
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,16	0,18	0,17	0,08	0,08	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,18
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,65	1,12	1,07	0,83	0,68	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-40: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 5 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,150

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,12	0,17	0,17	0,11	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,11	0,15	0,12	0,12	0,15	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,13	0,20	0,16	0,18	0,22	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,16	0,27	0,26	0,31	0,38	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,15	0,25	0,18	0,23	0,34	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,16	0,27	0,26	0,31	0,38	0,08	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-41: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 5 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,150

Aus der Abbildung 6-25 bzw. der Tabelle 6-39 und Tabelle 6-40 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 5 (siehe Abbildung 6-26) gewählt. Der Punkt P 5 befindet sich in ca. 52m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-39 bei etwa 0,01 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 1% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-26: Querprofil 5 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 2414 im Punkt P5[30]

[30] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.5 Querprofil 6: KAB-Bahnkilometer 20,700

Die Abbildung 6-27 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um das Unterführungsbauwerk Weitendorf.

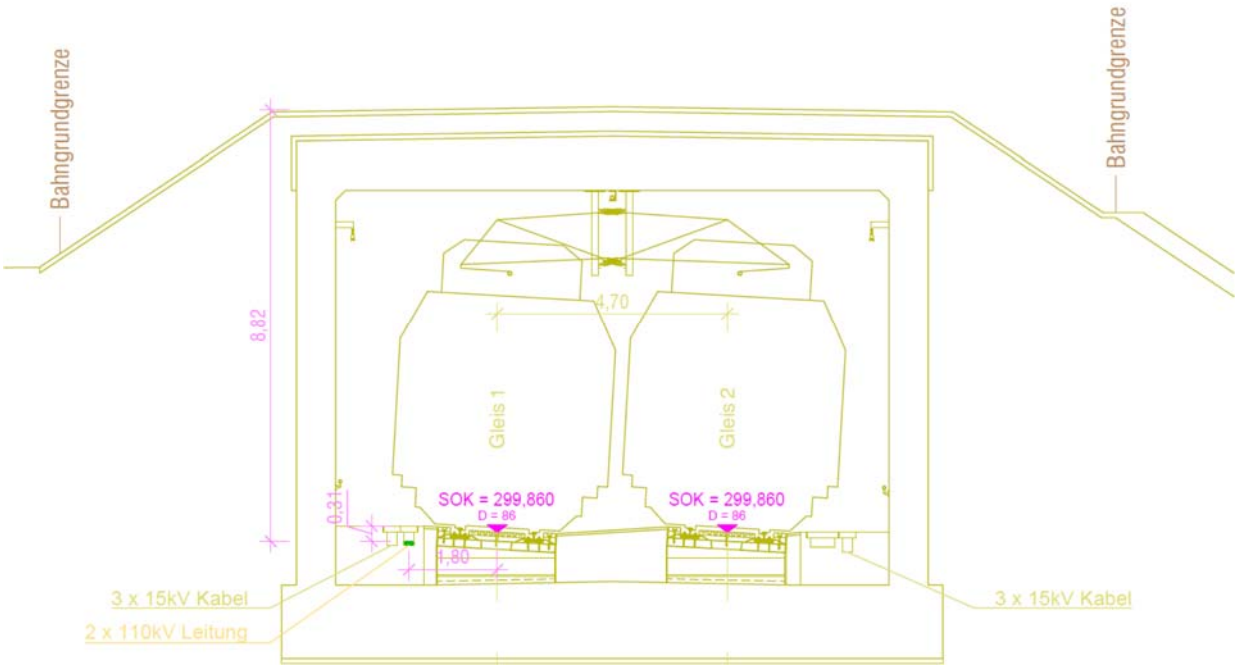


Abbildung 6-27: Querprofil 6 bei KAB-Bahnkilometer 20,700 [T2] [T9]

6.2.5.5.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 6 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	K1	K2
Varianten mit Strömen in A									
1027	430	591	591	591	0	0	0	650	-650
430	1027	591	591	591	0	0	0	650	-650
1027	430	0	0	0	591	591	591	650	-650
430	1027	0	0	0	591	591	591	650	-650

Tabelle 6-42: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 6

G1	G2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	K1	K2
Varianten mit Strömen in A									
1027	628	0	0	0	0	0	0	650	-650
628	1027	0	0	0	0	0	0	650	-650
0	0	591	591	473	0	0	0	650	-650
1027	0	591	37	0	0	0	0	650	-650
1027	0	0	591	37	0	0	0	650	-650
1027	0	0	0	591	37	0	0	650	-650
0	1027	0	0	0	591	37	0	650	-650
0	1027	0	0	0	0	591	37	650	-650
0	1027	0	0	0	37	0	591	650	-650

Tabelle 6-43: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 6

G1	G2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	K1	K2
Varianten mit Strömen in A									
356	0	0	0	0	0	0	0	277	-277
0	356	0	0	0	0	0	0	277	-277
0	0	356	0	0	0	0	0	277	-277
0	0	0	356	0	0	0	0	277	-277
0	0	0	0	356	0	0	0	277	-277
0	0	0	0	0	356	0	0	277	-277
0	0	0	0	0	0	356	0	277	-277
0	0	0	0	0	0	0	356	277	-277

Tabelle 6-44: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 6

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

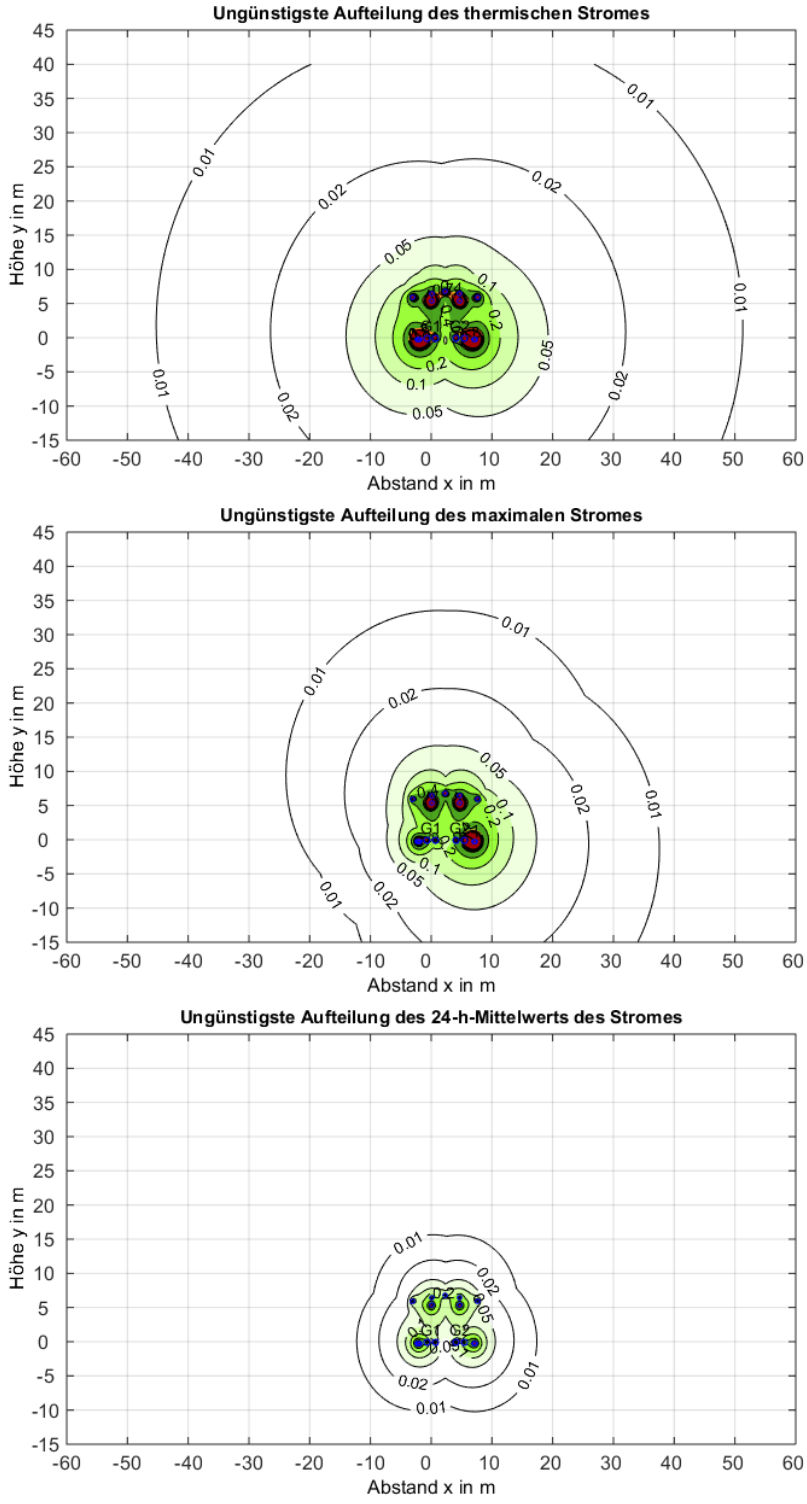


Abbildung 6-28: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 6 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,12	0,14	0,14	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,14
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,21	0,35	0,51	0,51	0,35	0,23	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,51
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,25	0,45	0,41	0,43	0,47	0,29	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,47
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,27	0,65	0,60	0,62	0,68	0,31	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,68
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,29	1,03	0,93	0,93	1,06	0,34	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,06
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,30	1,91	1,67	1,60	1,81	0,36	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,91
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,29	1,80	1,21	1,12	1,69	0,35	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,80
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,17	0,17	0,18	0,18	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,18
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,30	1,91	1,67	1,60	1,81	0,36	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-45: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 6 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,13	0,15	0,15	0,13	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,15
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,34	0,51	0,51	0,34	0,20	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,51
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,23	0,32	0,44	0,52	0,27	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,52
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,23	0,32	0,57	0,70	0,30	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,70
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,37	0,35	0,79	1,04	0,32	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	1,04
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,70	0,65	1,27	1,71	0,34	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	1,71
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,09	0,65	0,45	0,97	1,52	0,32	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	1,52
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,07	0,15	0,16	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,16
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,70	0,65	1,27	1,71	0,34	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-46: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 6 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,11	0,16	0,16	0,11	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,10	0,09	0,09	0,11	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,14	0,12	0,12	0,15	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,22	0,18	0,17	0,22	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,40	0,32	0,30	0,38	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,36	0,24	0,22	0,33	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,40	0,32	0,30	0,38	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-47: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 6 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 20,700

Aus der Abbildung 6-28 bzw. der Tabelle 6-45 und Tabelle 6-46 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 6 (siehe Abbildung 6-29) gewählt. Der Punkt P 6 befindet sich in ca. 46m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-45 zwischen 0,01 bis 0,03 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 3% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-29: Querprofil 6 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 2564 im Punkt P6[31]

[31] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.5.2 Expositionsverhältnis im Nahbereich des Unterführungsbauwerks Weitendorf

In Abbildung 6-30 ist ersichtlich, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

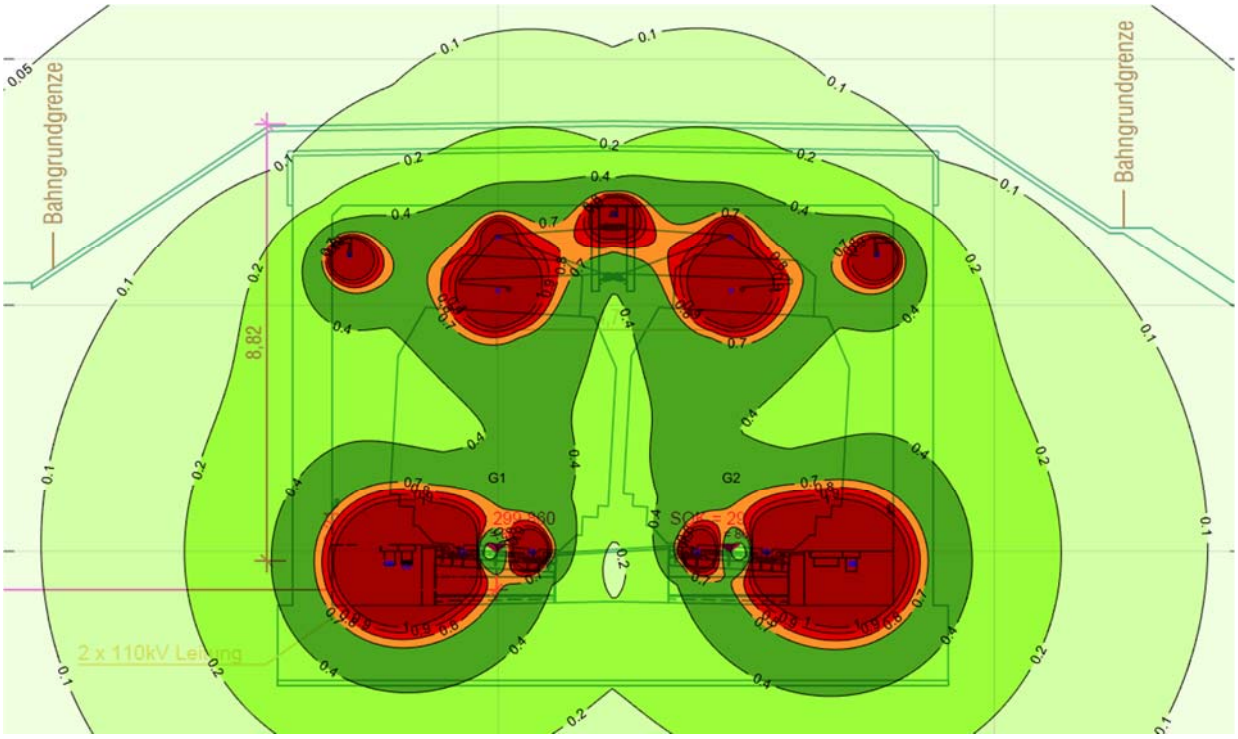


Abbildung 6-30: Isolinien des Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 6 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes im Nahbereich

6.2.5.6 Querprofil 7: KAB-Bahnkilometer 21,700

Die Abbildung 6-31 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die zweigleisige freie Strecke direkt nach der Unterquerung der A9 Pyhrn-Autobahn.

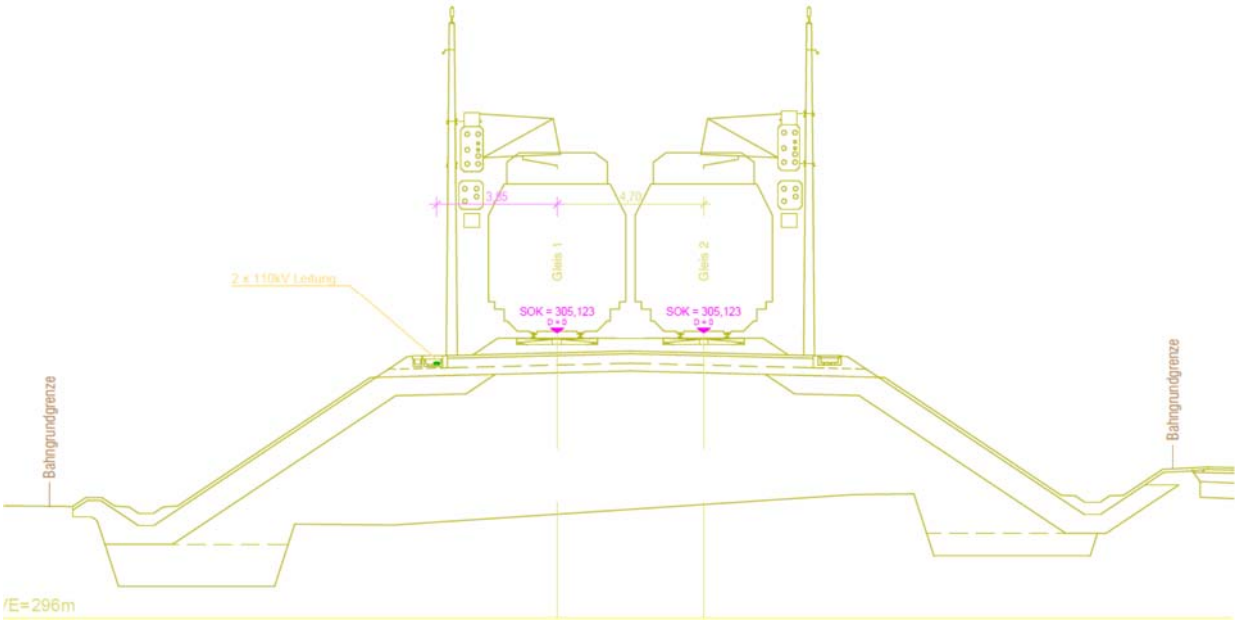


Abbildung 6-31: Querprofil 7 bei KAB-Bahnkilometer 21,700 [T2] [T7]

6.2.5.6.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 7 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
1027	1027	907	269	650	-650
1027	1027	269	907	650	-650
389	1027	907	907	650	-650
1027	389	907	907	650	-650

Tabelle 6-48: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 7

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
1027	628	0	0	650	-650
628	1027	0	0	650	-650
0	0	907	748	650	-650
0	0	748	907	650	-650
1027	0	628	0	650	-650
0	1027	628	0	650	-650
1027	0	0	628	650	-650
0	1027	0	628	650	-650
748	0	907	0	650	-650
0	748	0	907	650	-650

Tabelle 6-49: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 7

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
356	0	0	0	277	-277
0	356	0	0	277	-277
0	0	356	0	277	-277
0	0	0	356	277	-277

Tabelle 6-50: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 7

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

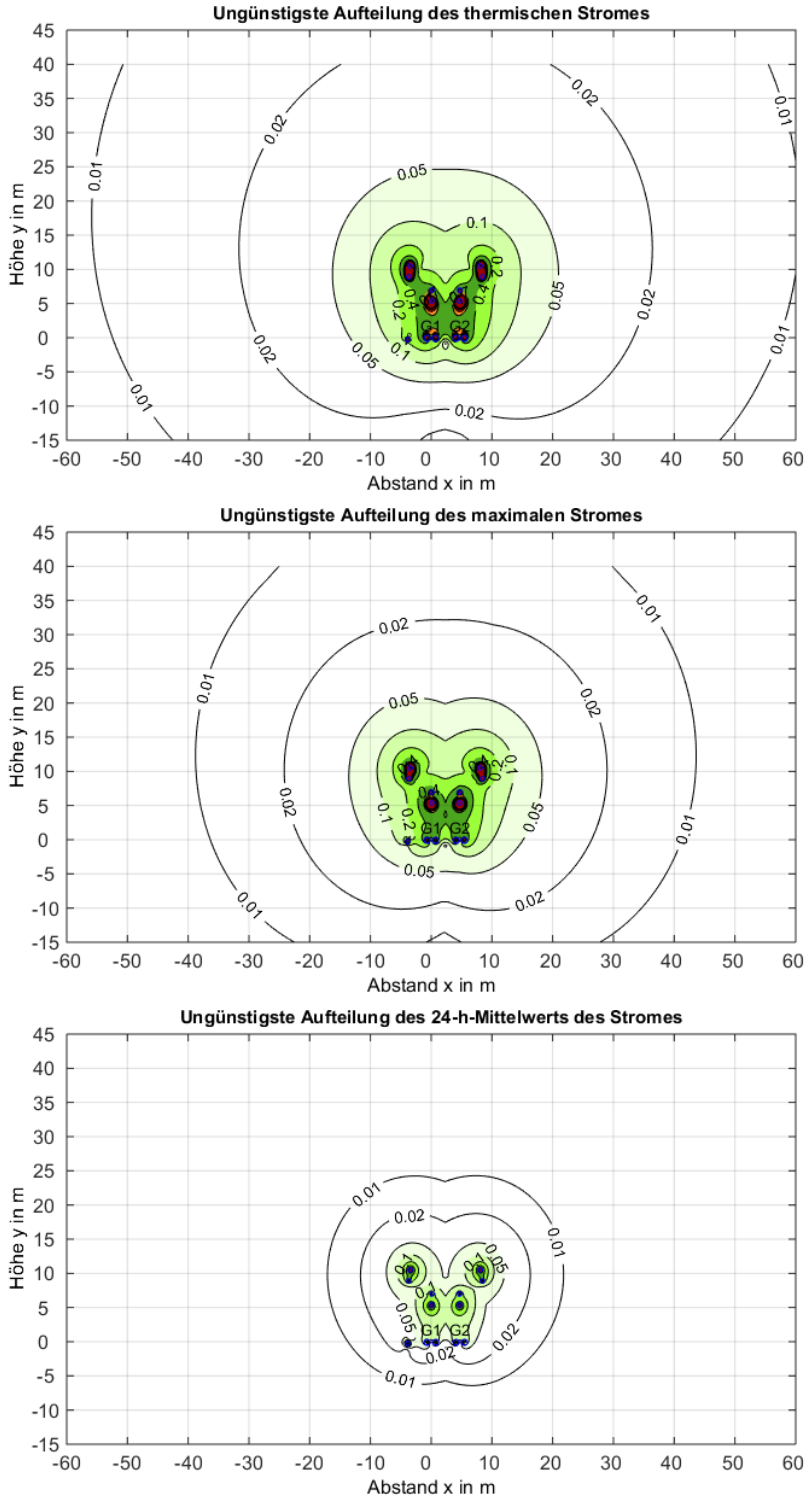


Abbildung 6-32: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 7 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 21,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05
20	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
15	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,08	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,13
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,39	0,39	0,29	0,29	0,39	0,39	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,39
4	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09	0,21	0,49	0,69	0,69	0,49	0,21	0,09	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,69
2	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,20	0,44	0,58	0,58	0,45	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,58
1,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,19	0,45	0,62	0,62	0,45	0,18	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,62
1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,19	0,45	0,70	0,70	0,46	0,18	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,70
0,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,19	0,45	0,93	0,93	0,45	0,17	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,93
-1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,12	0,29	0,35	0,35	0,28	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,35
-5	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,39	0,49	0,93	0,93	0,49	0,39	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-51: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 7 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 21,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,13
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,33	0,34	0,26	0,26	0,34	0,32	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,34
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,15	0,38	0,56	0,56	0,38	0,15	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,56
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,14	0,30	0,39	0,40	0,31	0,13	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,40
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,30	0,41	0,41	0,30	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,41
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,30	0,45	0,45	0,30	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,45
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,30	0,59	0,58	0,30	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,59
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,19	0,21	0,21	0,18	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,21
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,33	0,38	0,59	0,58	0,38	0,32	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-52: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 7 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 21,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,12	0,13	0,09	0,09	0,13	0,12	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,15	0,15	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,12	0,13	0,17	0,17	0,13	0,12	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-53: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 7 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 21,700

Aus der Abbildung 6-32 bzw. der Tabelle 6-51 und Tabelle 6-52 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 7 (siehe Abbildung 6-33) gewählt. Der Punkt P 7 befindet sich in ca. 12m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-51 zwischen 0,06 bis 0,1 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 10% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-33: Querprofil 7 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 3120/1 im Punkt P7[32]

[32] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.7 Querprofil 8: KAB-Bahnkilometer 23,860

Die Abbildung 6-34 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Hengsbergtunnel.

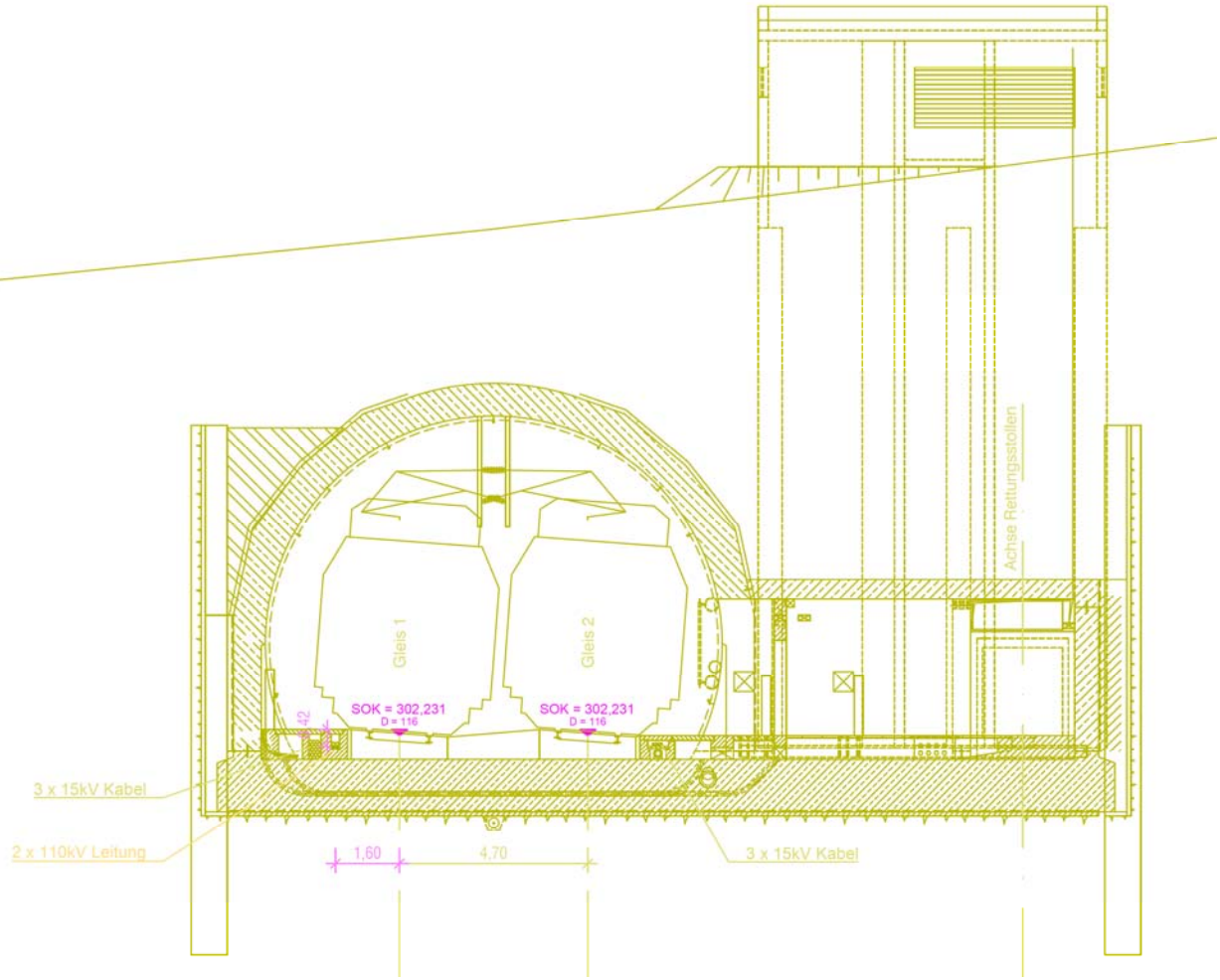


Abbildung 6-34: Querprofil 8 bei KAB-Bahnkilometer 23,860 [T2] [T8]

6.2.5.7.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 8 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	K1	K2	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Varianten mit Strömen in A									
1027	1027	650	-650	591	591	591	0	0	0
1027	1027	650	-650	0	0	0	591	591	591

Tabelle 6-54: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 8

G1	G2	K1	K2	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Varianten mit Strömen in A									
1027	628	650	-650	0	0	0	0	0	0
628	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	0	650	-650	591	591	473	0	0	0
0	0	650	-650	473	591	591	0	0	0
0	0	650	-650	591	473	591	0	0	0
0	0	650	-650	0	0	0	591	591	473
0	0	650	-650	0	0	0	473	591	591
0	0	650	-650	0	0	0	591	473	591
1027	0	650	-650	591	37	0	0	0	0
1027	0	650	-650	0	591	37	0	0	0
1027	0	650	-650	0	37	591	0	0	0
0	1027	650	-650	0	0	0	591	37	0
0	1027	650	-650	0	0	0	0	591	37
0	1027	650	-650	0	0	0	0	37	591

Tabelle 6-55: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 8

G1	G2	K1	K2	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Varianten mit Strömen in A									
356	0	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	356	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	0	277	-277	356	0	0	0	0	0
0	0	277	-277	0	356	0	0	0	0
0	0	277	-277	0	0	356	0	0	0
0	0	277	-277	0	0	0	356	0	0
0	0	277	-277	0	0	0	0	356	0
0	0	277	-277	0	0	0	0	0	356

Tabelle 6-56: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 8

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

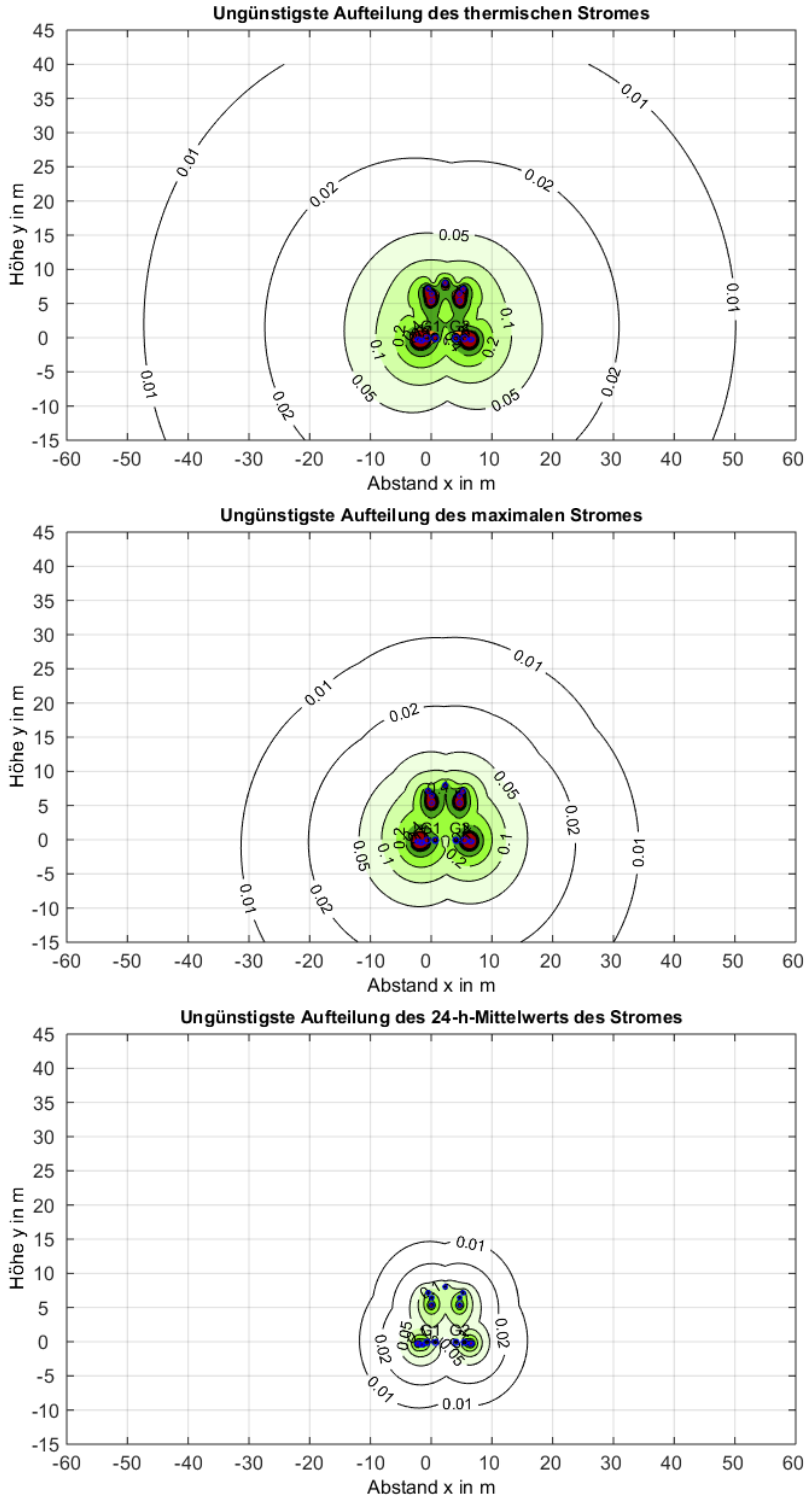


Abbildung 6-35: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 8 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 23,860

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,11	0,18	0,19	0,19	0,18	0,11	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,19
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,31	0,47	0,47	0,30	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,47
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,22	0,34	0,40	0,38	0,29	0,19	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,40
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,24	0,54	0,59	0,54	0,46	0,20	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,59
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,26	0,90	0,93	0,90	0,78	0,22	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,93
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,28	1,72	1,73	1,79	1,49	0,23	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	1,79
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,28	1,65	1,27	1,36	1,52	0,24	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	1,65
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,16	0,16	0,15	0,15	0,12	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,16
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,28	1,72	1,73	1,79	1,52	0,24	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-57: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 8 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 23,860

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,07	0,12	0,14	0,14	0,12	0,07	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,14
4	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,06	0,15	0,29	0,45	0,45	0,29	0,13	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,45
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,22	0,47	0,43	0,41	0,43	0,19	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,47
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,24	0,64	0,56	0,55	0,58	0,20	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,64
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,25	0,96	0,81	0,82	0,87	0,22	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,96
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,27	1,70	1,39	1,49	1,53	0,23	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	1,70
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,26	1,48	1,11	1,20	1,41	0,22	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	1,48
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,11	0,14	0,14	0,13	0,13	0,10	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,14
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,27	1,70	1,39	1,49	1,53	0,23	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-58: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 8 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 23,860

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,15	0,15	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,10	0,09	0,09	0,09	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,13	0,12	0,12	0,12	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,20	0,17	0,18	0,19	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,36	0,32	0,34	0,35	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,30	0,25	0,26	0,32	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,36	0,32	0,34	0,35	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-59: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 8 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 23,860

Aus der Abbildung 6-35 bzw. der Tabelle 6-57 und Tabelle 6-58 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

6.2.5.7.2 Expositionsverhältnis im Nahbereich des Hengsbergtunnels

In Abbildung 6-36 ist ersichtlich, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

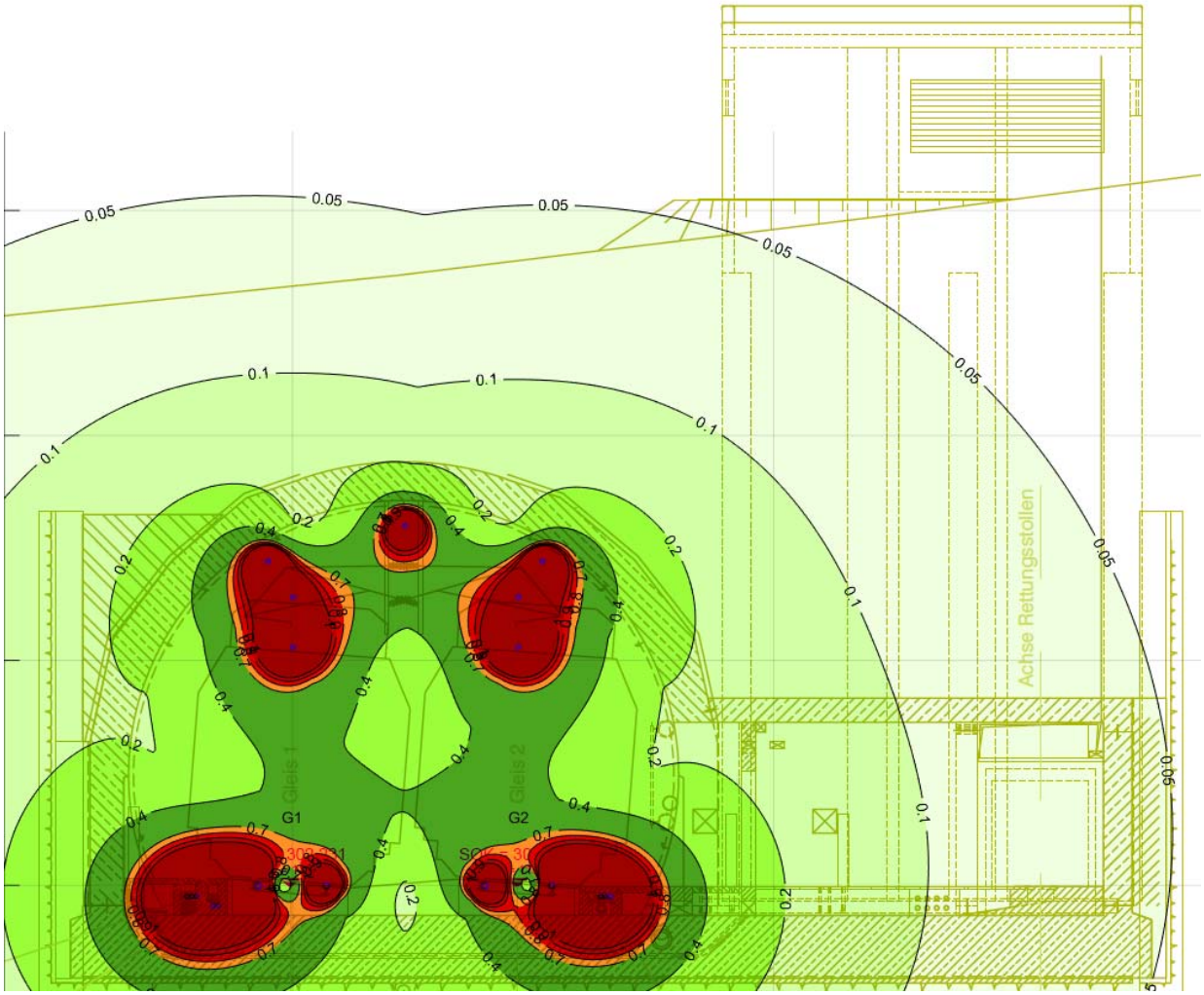


Abbildung 6-36: Isolinien des Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 8 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes im Nahbereich

6.2.5.8 Querprofil 9: KAB-Bahnkilometer 24,650

Die Abbildung 6-37 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Bf. Hengsberg.

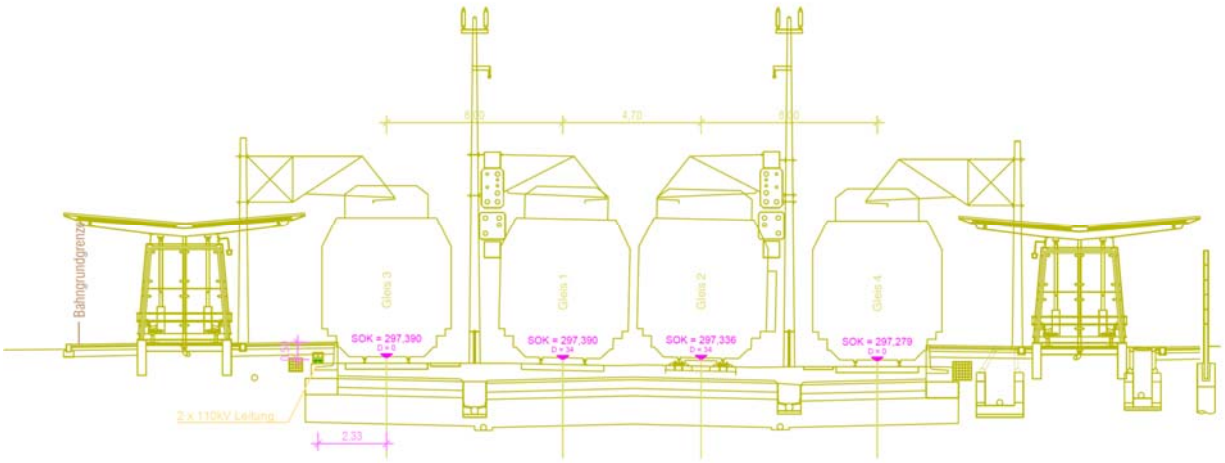


Abbildung 6-37: Querprofil 9 bei KAB-Bahnkilometer 24,650 [T2] [T7]

6.2.5.8.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 9 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	G4	V1	V2	K1	K2	V3	V4
Varianten mit Strömen in A									
1027	1027	1027	919	0	0	650	-650	0	0
1027	132	1027	0	907	0	650	-650	907	0
132	1027	0	1027	0	907	650	-650	0	907
372	0	0	0	907	907	650	-650	907	907
0	372	0	0	907	907	650	-650	907	907
0	0	372	0	907	469	650	-650	907	907
0	0	0	372	907	907	650	-650	907	907

Tabelle 6-60: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 9

G1	G2	G3	G4	V1	V2	K1	K2	V3	V4
Varianten mit Strömen in A									
1027	0	628	0	0	0	650	-650	0	0
628	0	1027	0	0	0	650	-650	0	0
0	1027	0	628	0	0	650	-650	0	0
0	628	0	1027	0	0	650	-650	0	0
0	0	1027	0	628	0	650	-650	0	0
0	0	1027	0	0	0	650	-650	628	0
0	0	748	0	0	0	650	-650	907	0
0	0	748	0	907	0	650	-650	0	0
0	0	0	1027	0	628	650	-650	0	0
0	0	0	1027	0	0	650	-650	0	628
0	0	0	748	0	0	650	-650	0	907
0	0	0	748	0	907	650	-650	0	0
0	0	0	0	0	907	650	-650	0	748
0	0	0	0	0	748	650	-650	0	907
0	0	0	0	907	0	650	-650	748	0
0	0	0	0	748	0	650	-650	907	0

Tabelle 6-61: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 9

G1	G2	G3	G4	V1	V2	K1	K2	V3	V4
Varianten mit Strömen in A									
356	0	0	0	0	0	277	-277	0	0
0	356	0	0	0	0	277	-277	0	0
0	0	356	0	0	0	277	-277	0	0
0	0	0	356	0	0	277	-277	0	0
0	0	0	0	356	0	277	-277	0	0
0	0	0	0	0	356	277	-227	0	0
0	0	0	0	0	0	277	-227	356	0
0	0	0	0	0	0	277	-277	0	356

Tabelle 6-62: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 9

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

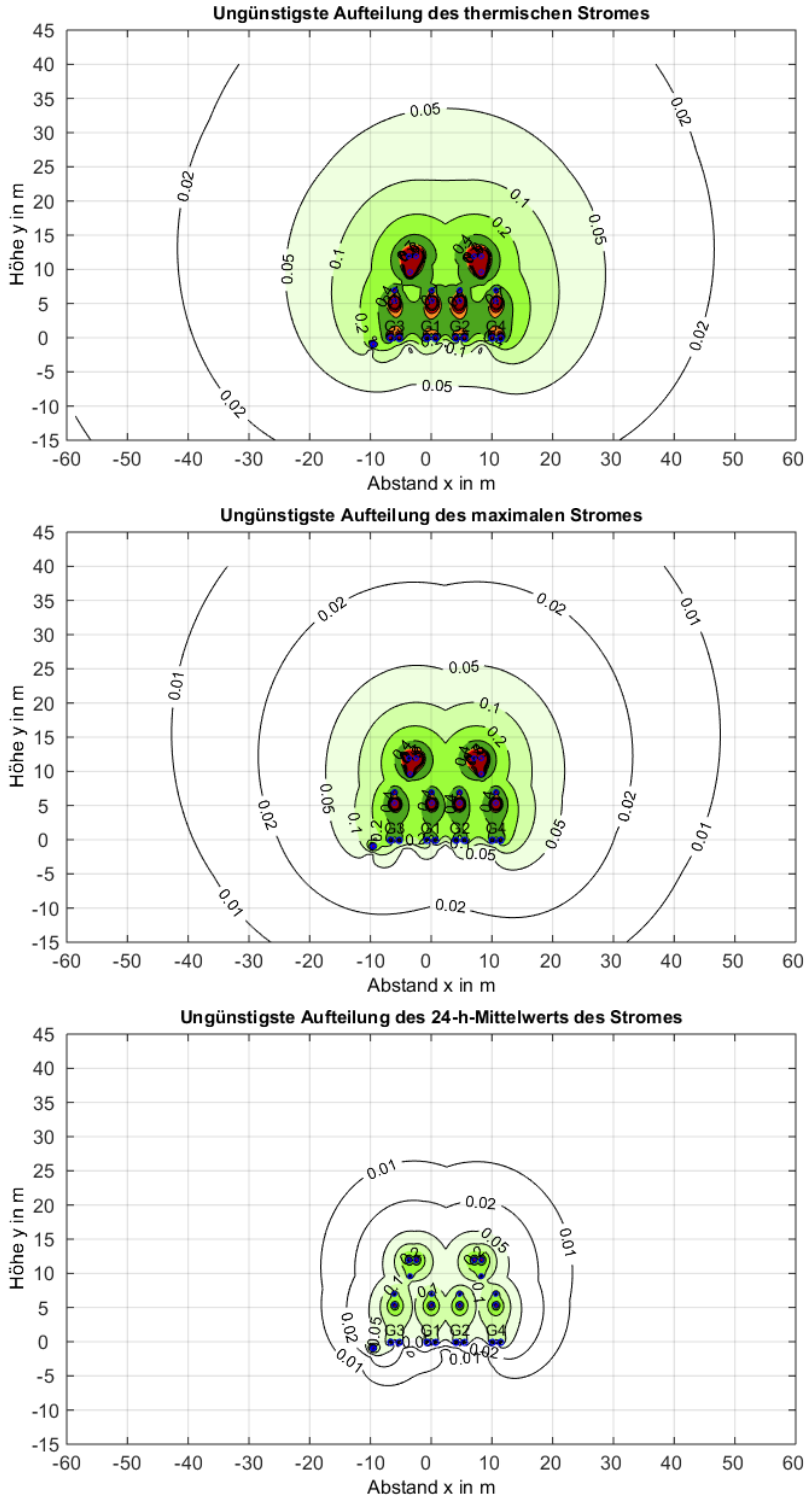


Abbildung 6-38: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 9 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,650

	Abstand x in m																		
	-126	-106	-56	-26	-21	-16	-11	-8	-7	11,7	12,7	15,7	20,7	25,7	30,7	60,7	110,7	130,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06
25	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,08
20	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	0,10	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,13
15	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,14	0,21	0,24	0,24	0,21	0,14	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,24
9	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,10	0,18	0,27	0,32	0,32	0,27	0,18	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,32
4	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,10	0,23	0,50	0,71	0,71	0,50	0,23	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,71
2	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,10	0,22	0,47	0,61	0,61	0,48	0,21	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,61
1,5	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,22	0,47	0,64	0,65	0,48	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,65
1	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,21	0,47	0,73	0,73	0,48	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,73
0,5	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,09	0,21	0,46	0,97	0,97	0,48	0,18	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,97
-1	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,08	0,18	0,32	0,34	0,32	0,28	0,15	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,34
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,08
max	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,10	0,23	0,50	0,97	0,97	0,50	0,23	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-63: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 9 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,650

	Abstand x in m																		
	-126	-106	-56	-26	-21	-16	-11	-8	-7	11,7	12,7	15,7	20,7	25,7	30,7	60,7	110,7	130,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09	0,09	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,09
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,16	0,19	0,19	0,16	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,19
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,19	0,23	0,23	0,19	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,23
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,36	0,54	0,54	0,36	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,54
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,29	0,38	0,39	0,30	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,39
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,28	0,39	0,40	0,29	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,40
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,27	0,43	0,43	0,29	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,43
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,27	0,56	0,55	0,28	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,56
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,11	0,20	0,19	0,18	0,16	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,20
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,36	0,56	0,55	0,36	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-64: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 9 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,650

	Abstand x in m																		
	-126	-106	-56	-26	-21	-16	-11	-8	-7	11,7	12,7	15,7	20,7	25,7	30,7	60,7	110,7	130,7	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,07	0,07	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,11	0,11	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,07	0,12	0,12	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,07	0,16	0,16	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,07	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-65: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 9 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,650

Aus der Abbildung 6-38 bzw. der Tabelle 6-63 und Tabelle 6-64und Tabelle 6-64 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 9 (siehe Abbildung 6-39) gewählt. Der Punkt P 9 befindet sich in ca. 18m Abstand zum Gleis G3 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-63 zwischen 0,04 bis 0,06 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 6% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-39: Querprofil 9 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 304/5 im Punkt P9[33]

[33] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.8.2 Aufpunktgerade – Bahnsteig Bahnhof Hengsberg – KAB-Bahnkilometer 24,650

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-37 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Bahnsteigoberkante durchgeführt.

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-40 zeigt die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der die Fußbodenoberkante auf Basis des:

- ❑ Thermischen Stromes
- ❑ Maximalen Laststromes
- ❑ 24-h-Mittelwert des Stroms

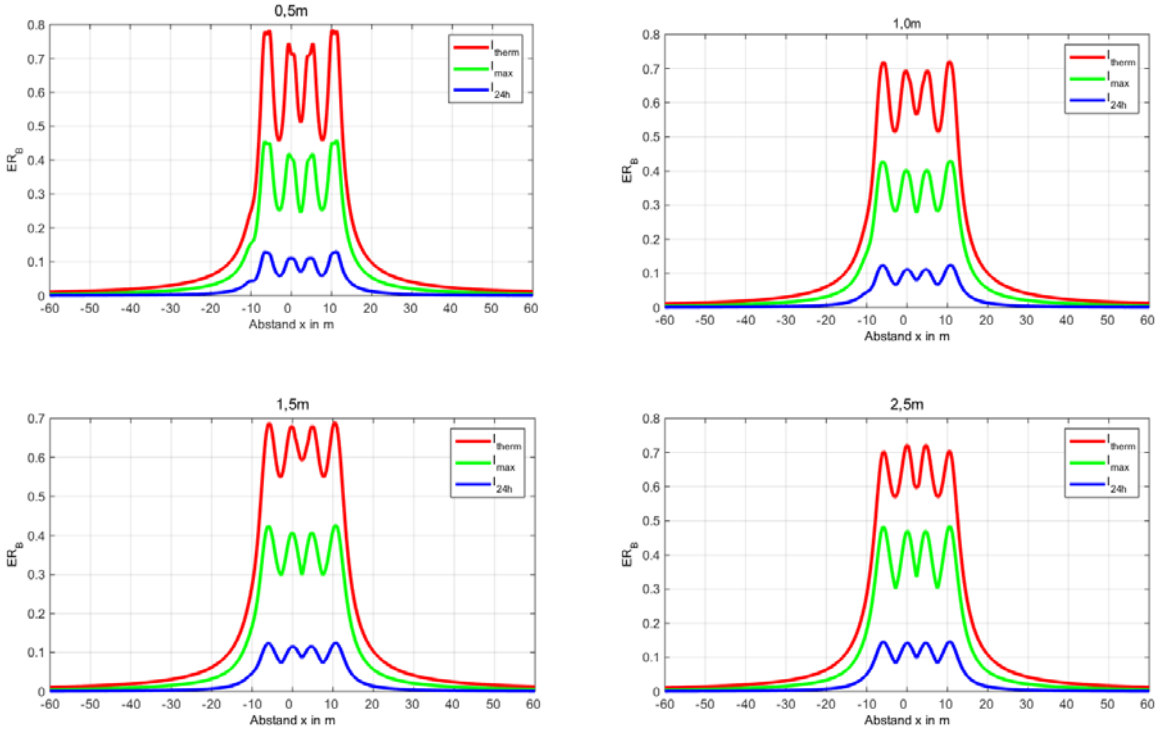


Abbildung 6-40: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Bahnsteigoberkante des Bahnsteigs Hengsberg – KAB-Bahnkilometer 24,650

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-66 dargestellt.

Tabelle 6-66: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante, HüB: Höhe über Bahnsteigoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüB in m
1,0	0,784	0,459	0,131	0,5
1,5	0,721	0,430	0,124	1
2,0	0,690	0,427	0,124	1,5
3,0	0,723	0,485	0,147	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante (HüB) eingehalten.

6.2.5.9 Querprofil 10: KAB-Bahnkilometer 24,681

Die Abbildung 6-41 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die Unterführung am Ende des Bahnhofs Hengsberg.

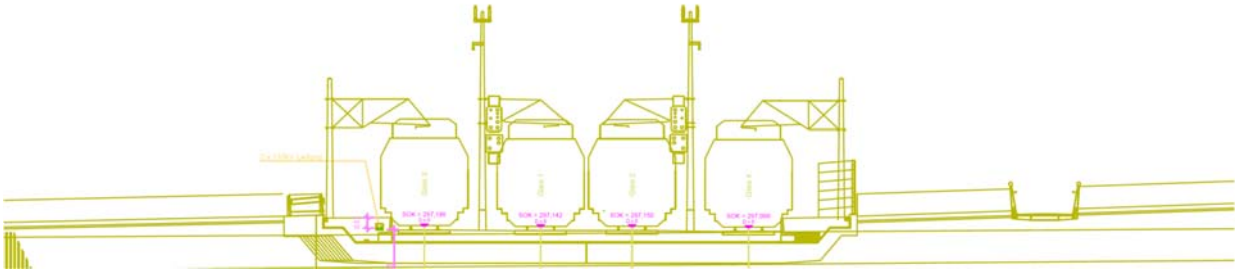


Abbildung 6-41: Querprofil 10 bei KAB-Bahnkilometer 24,681 [T2] [T7]

6.2.5.9.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 10 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	G4	K1	K2	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A									
1027	1027	1027	919	650	-650	0	0	0	0
1027	132	1027	0	650	-650	907	907	0	0
132	1027	0	1027	650	-650	0	0	907	907
1027	1027	0	0	650	-650	0	907	907	132
372	0	0	0	650	-650	907	907	907	907
0	372	0	0	650	-650	907	907	907	907
0	0	372	0	650	-650	907	907	907	907
0	0	0	372	650	-650	907	907	907	907

Tabelle 6-67: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 10

G1	G2	G3	G4	K1	K2	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A									
1027	628	0	0	650	-650	0	0	0	0
628	1027	0	0	650	-650	0	0	0	0
1027	0	628	0	650	-650	0	0	0	0
628	0	1027	0	650	-650	0	0	0	0
0	1027	0	628	650	-650	0	0	0	0
0	628	0	1027	650	-650	0	0	0	0
0	0	1027	0	650	-650	628	0	0	0
0	0	748	0	650	-650	907	0	0	0
0	0	748	0	650	-650	0	907	0	0
0	0	1027	0	650	-650	0	628	0	0
1027	0	0	0	650	-650	628	0	0	0
748	0	0	0	650	-650	907	0	0	0
1027	0	0	0	650	-650	0	628	0	0
748	0	0	0	650	-650	0	907	0	0
0	1027	0	0	650	-650	0	0	628	0
0	748	0	0	650	-650	0	0	907	0
0	1027	0	0	650	-650	0	0	0	628
0	748	0	0	650	-650	0	0	0	907
0	0	0	1027	650	-650	0	0	628	0
0	0	0	748	650	-650	0	0	907	0
0	0	0	1027	650	-650	0	0	0	628
0	0	0	748	650	-650	0	0	0	907
0	0	0	0	650	-650	907	748	0	0
0	0	0	0	650	-650	748	907	0	0
0	0	0	0	650	-650	0	0	907	748
0	0	0	0	650	-650	0	0	748	907

Tabelle 6-68: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 10

G1	G2	G3	G4	K1	K2	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A									
356	0	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	356	0	0	277	-277	0	0	0	0
0	0	356	0	277	-277	0	0	0	0
0	0	0	356	277	-277	0	0	0	0
0	0	0	0	277	-277	356	0	0	0
0	0	0	0	277	-277	0	356	0	0
0	0	0	0	277	-277	0	0	356	0
0	0	0	0	277	-277	0	0	0	356

Tabelle 6-69: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 10

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

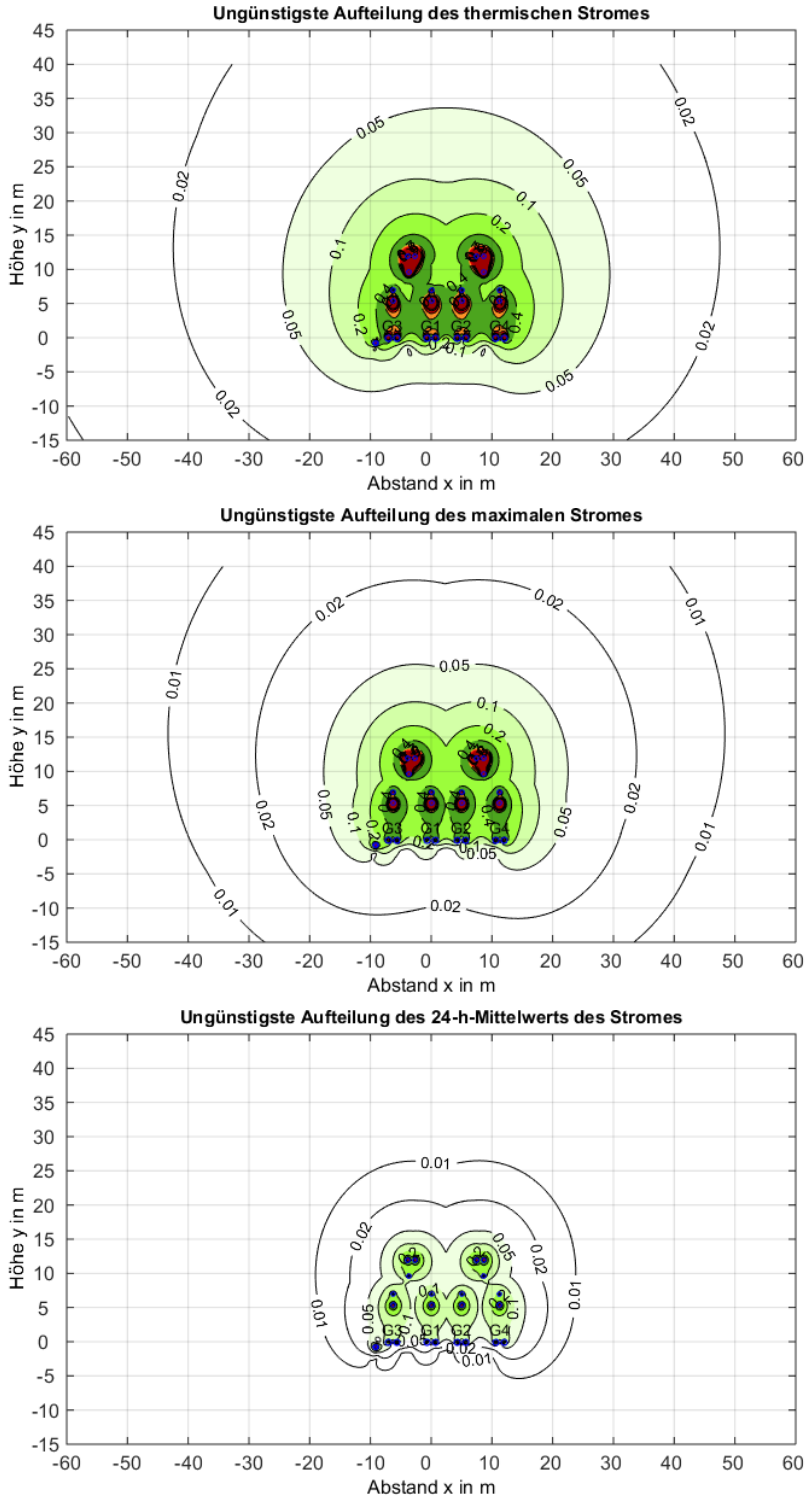


Abbildung 6-42: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 10 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,681

	Abstand x in m																		
	-126,3	-106,3	-56,3	-26,3	-21,3	-16,3	-11,3	-8,3	-7,3	12,3	13,3	16,3	21,3	26,3	31,3	61,3	111,3	131,3	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,08
20	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,13	0,12	0,10	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,13
15	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,14	0,21	0,24	0,24	0,20	0,14	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,24
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,19	0,26	0,31	0,31	0,26	0,18	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,31
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,23	0,51	0,72	0,72	0,51	0,23	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,72
2	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,22	0,47	0,61	0,62	0,48	0,21	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,62
1,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,22	0,47	0,65	0,66	0,48	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,66
1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,21	0,46	0,73	0,74	0,49	0,20	0,09	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,74
0,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,20	0,44	0,97	0,98	0,48	0,19	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,98
-1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,08	0,16	0,42	0,35	0,33	0,28	0,15	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,42
-5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,08
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,23	0,51	0,97	0,98	0,51	0,23	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-70: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 10 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,681

	Abstand x in m																		
	-126,3	-106,3	-56,3	-26,3	-21,3	-16,3	-11,3	-8,3	-7,3	12,3	13,3	16,3	21,3	26,3	31,3	61,3	111,3	131,3	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,09	0,09	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,09
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,16	0,19	0,18	0,15	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,19
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,19	0,23	0,23	0,19	0,11	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,23
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,36	0,54	0,54	0,36	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,54
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,30	0,39	0,39	0,30	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,39
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,28	0,39	0,40	0,30	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,40
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,27	0,43	0,44	0,29	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,44
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,24	0,56	0,56	0,28	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,56
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,30	0,20	0,18	0,16	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,30
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,36	0,56	0,56	0,36	0,14	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-71: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 10 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,681

	Abstand x in m																		
	-126,3	-106,3	-56,3	-26,3	-21,3	-16,3	-11,3	-8,3	-7,3	12,3	13,3	16,3	21,3	26,3	31,3	61,3	111,3	131,3	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,07	0,07	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,11	0,11	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,07	0,12	0,12	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,16	0,16	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,10	0,06	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-72: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 10 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 24,681

Aus der Abbildung 6-42 bzw. der Tabelle 6-70 und Tabelle 6-71 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 10 (siehe Abbildung 6-43) gewählt. Der Punkt P 10 befindet sich in ca. 24m Abstand zum Gleis G4 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle *6-70* zwischen 0,01 bis 0,04 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 4% ausgeschöpft werden.

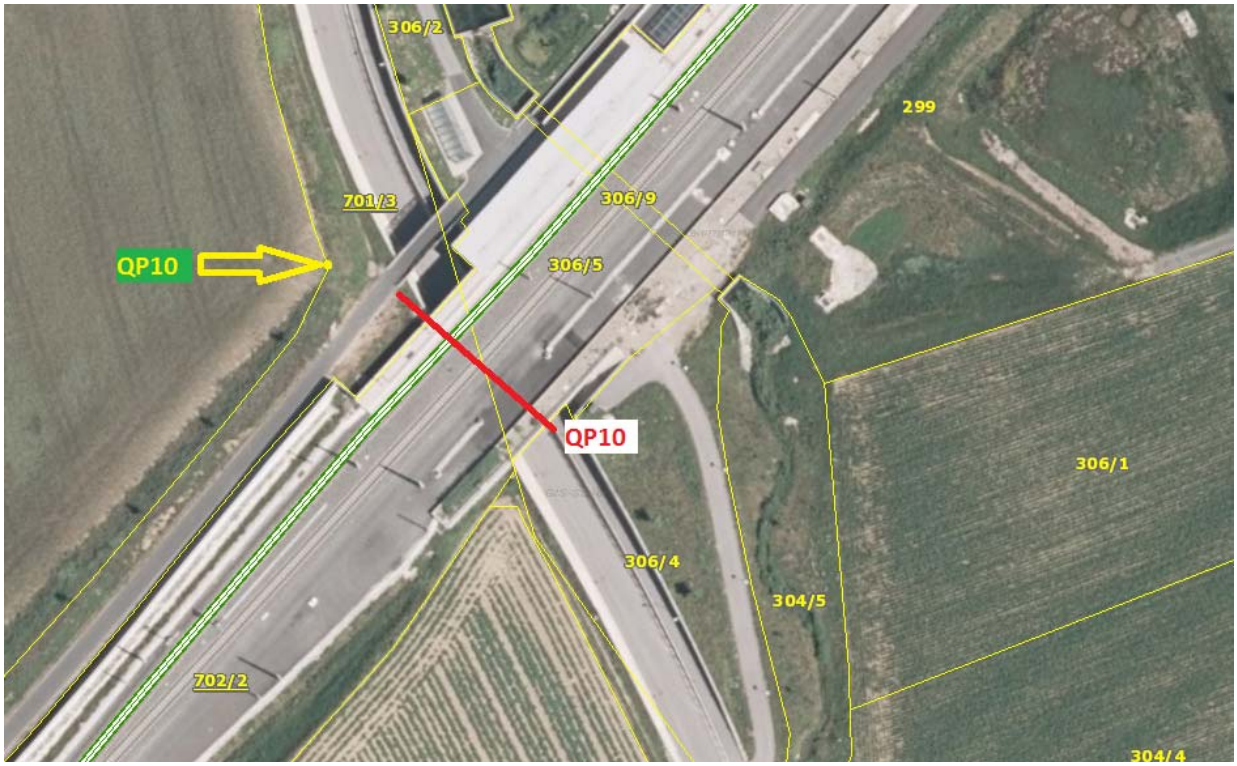


Abbildung 6-43: Querprofil 10 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 704/5 im Punkt P10[34]

[34] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.9.2 Aufpunktgerade – Unterführung FW16 – KAB-Bahnkilometer 24,681

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Tabelle 6-44 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Fahrbahn- bzw. Gehsteigoberkante durchgeführt.

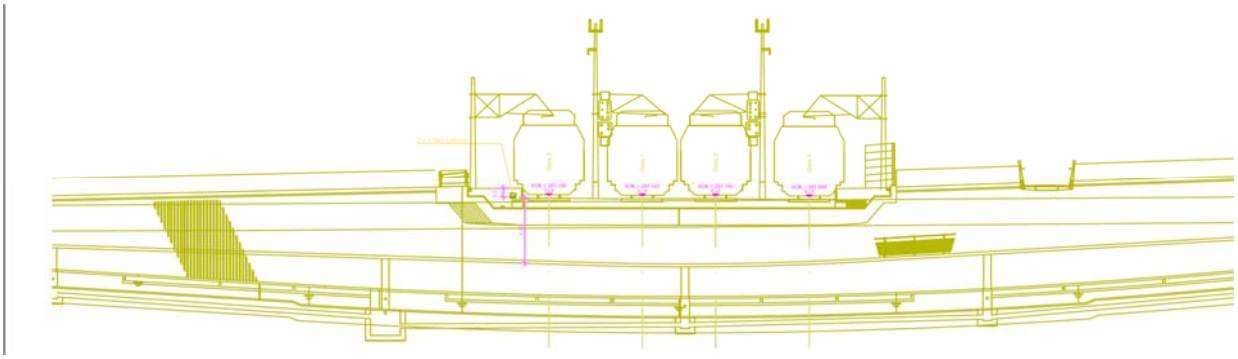


Abbildung 6-44: Unterführung FW16 am Bahnhof Hengsberg

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-45 und Abbildung 6-46 zeigen die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der Fahrbahn- bzw. Gehsteigoberkante auf Basis des:

- Thermischen Stromes
- Maximalen Laststromes
- 24-h-Mittelwert des Stroms

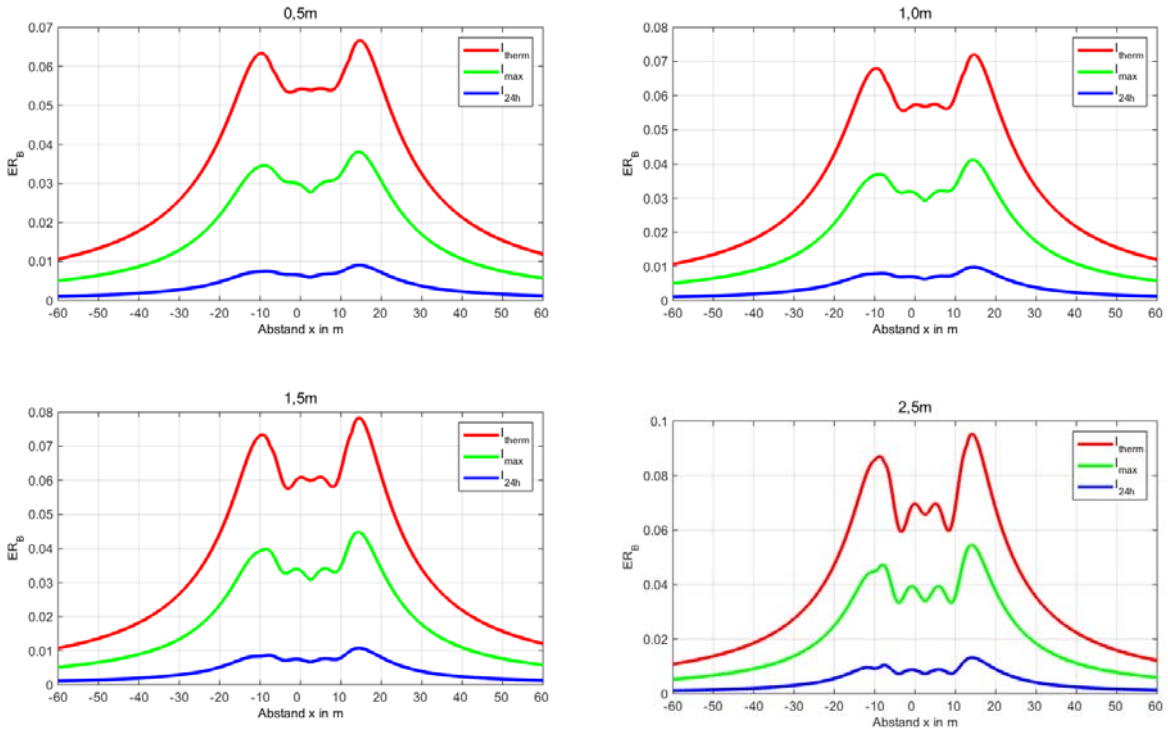


Abbildung 6-45: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Fahrbahnoberkante der Unterführung FW16 – KAB-Bahnkilometer 24,681

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-73 dargestellt.

Tabelle 6-73: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante, HüF: Höhe über Fahrbahnoberkante

Höhe in m über SOK	Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte			
	Itherm	Imax	I24h	HüF in m
-6,0	0,067	0,038	0,009	0,5
-5,5	0,072	0,041	0,001	1
-5,0	0,078	0,045	0,011	1,5
-4,5	0,095	0,055	0,013	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante (HüF) eingehalten.

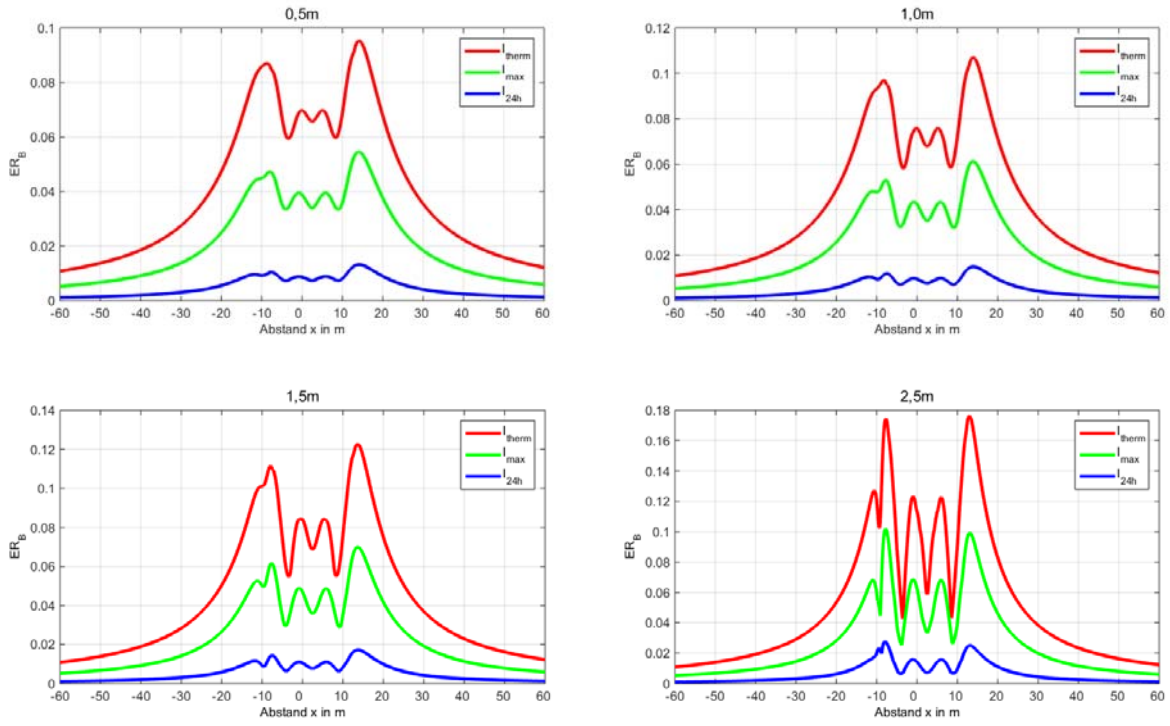


Abbildung 6-46: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Gehsteigoberkante der Unterführung FW16 – KAB-Bahnkilometer 24,681

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-74 dargestellt.

Tabelle 6-74: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante, HüG: Höhe über Gehsteigoberkante

Höhe in m über SOK	Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte			
	Itherm	Imax	I24h	HüG in m
-4,0	0,176	0,102	0,028	0,5
-3,5	0,107	0,061	0,015	1
-3,0	0,123	0,070	0,017	1,5
-2,5	0,095	0,055	0,013	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Gehsteigoberkante (HüG) eingehalten.

6.2.5.10 Querprofil 11: KAB-Bahnkilometer 26,175

Die Abbildung 6-47 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die freie zweigleisige Strecke Kainachtal.

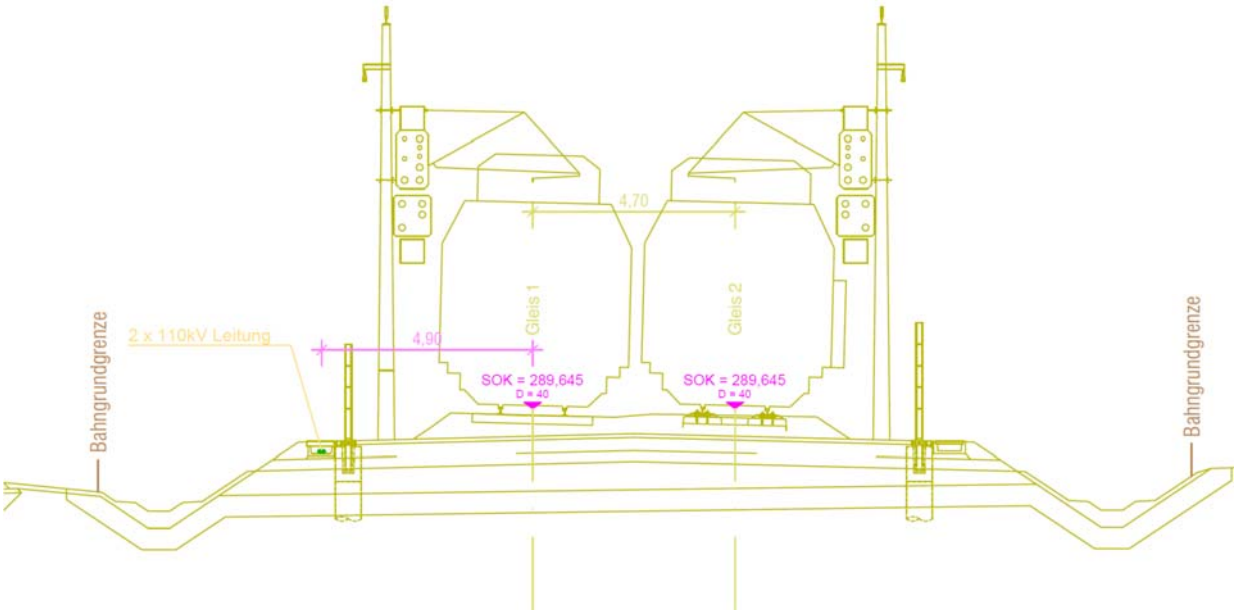


Abbildung 6-47: Querprofil 11 bei KAB-Bahnkilometer 26,175 [T2] [T7]

6.2.5.10.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 11 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
1027	1027	907	269	650	-650
1027	1027	269	907	650	-650
389	1027	907	907	650	-650
1027	389	907	907	650	-650

Tabelle 6-75: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 11

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
1027	628	0	0	650	-650
628	1027	0	0	650	-650
1027	0	628	0	650	-650
748	0	907	0	650	-650
0	1027	0	628	650	-650
0	748	0	907	650	-650
0	0	907	748	650	-650
0	0	748	907	650	-650

Tabelle 6-76: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 11

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
356	0	0	0	277	-277
0	356	0	0	277	-277
0	0	356	0	277	-277
0	0	0	356	277	-277

Tabelle 6-77: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 11

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

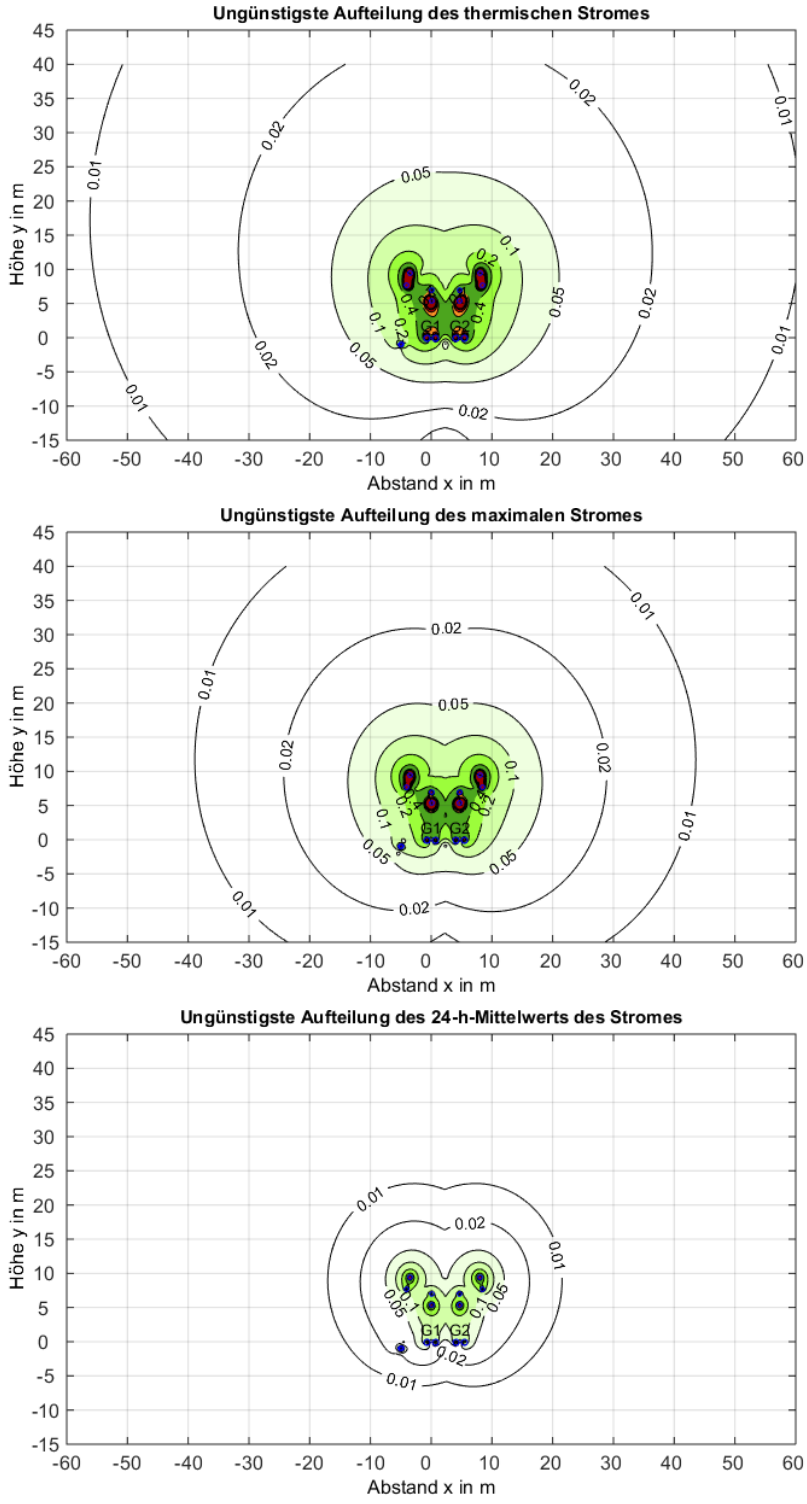


Abbildung 6-48: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 11 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,175

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05
20	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
15	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,12
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,56	0,29	0,23	0,23	0,37	0,47	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,56
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,22	0,51	0,71	0,71	0,51	0,22	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,71
2	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09	0,20	0,46	0,60	0,60	0,46	0,20	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,60
1,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,19	0,46	0,63	0,63	0,46	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,63
1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,18	0,47	0,71	0,71	0,47	0,18	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,71
0,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,46	0,95	0,95	0,46	0,17	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,95
-1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,00	0,29	0,36	0,35	0,28	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,36
-5	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,56	0,51	0,95	0,95	0,51	0,47	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-78: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 11 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,175

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,10
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,48	0,42	0,23	0,26	0,49	0,41	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,49
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,16	0,38	0,57	0,56	0,38	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,57
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,07	0,14	0,31	0,40	0,41	0,32	0,14	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,41
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,13	0,31	0,42	0,42	0,31	0,13	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,42
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,13	0,31	0,46	0,46	0,31	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,46
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,30	0,60	0,60	0,30	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,60
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,00	0,19	0,22	0,22	0,18	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,22
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,48	0,42	0,60	0,60	0,49	0,41	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-79: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 11 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,175

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,17	0,18	0,11	0,11	0,20	0,15	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,11	0,17	0,17	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,08	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,15	0,15	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05	0,06	0,05	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,17	0,18	0,17	0,17	0,20	0,15	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-80: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 11 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,175

Aus der Abbildung 6-46 bzw. der Tabelle 6-78 und Tabelle 6-79 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 11 (siehe Abbildung 6-49) gewählt. Der Punkt P 11 befindet sich in ca. 17m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-78 zwischen 0,04 bis 0,06 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 6% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-49: Querprofil 11 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 630/1 im Punkt P11[35]

[35] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.11 Querprofil 12: KAB-Bahnkilometer 26,214

Die Abbildung 6-50 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die Unterführung L634-St.Nikolaistraße.

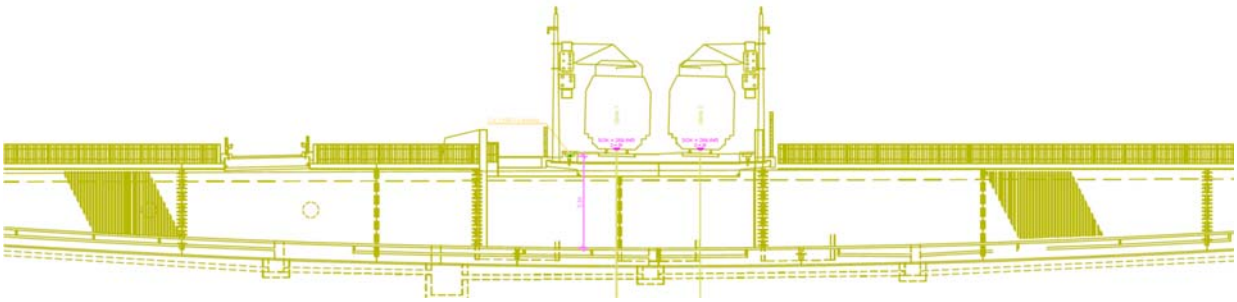


Abbildung 6-50: Querprofil 12 bei KAB-Bahnkilometer 26,214 [T2] [T7]

6.2.5.11.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 12 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
1027	1027	907	269	650	-650
1027	1027	269	907	650	-650
389	1027	907	907	650	-650
1027	389	907	907	650	-650

Tabelle 6-81: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 12

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
1027	628	0	0	650	-650
628	1027	0	0	650	-650
1027	0	628	0	650	-650
748	0	907	0	650	-650
0	1027	0	628	650	-650
0	748	0	907	650	-650
0	0	907	748	650	-650
0	0	748	907	650	-650

Tabelle 6-82: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 12

G1	G2	V1	V2	K1	K2
Varianten mit Strömen in A					
356	0	0	0	277	-277
0	356	0	0	277	-277
0	0	356	0	277	-277
0	0	0	356	277	-277

Tabelle 6-83: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 12

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

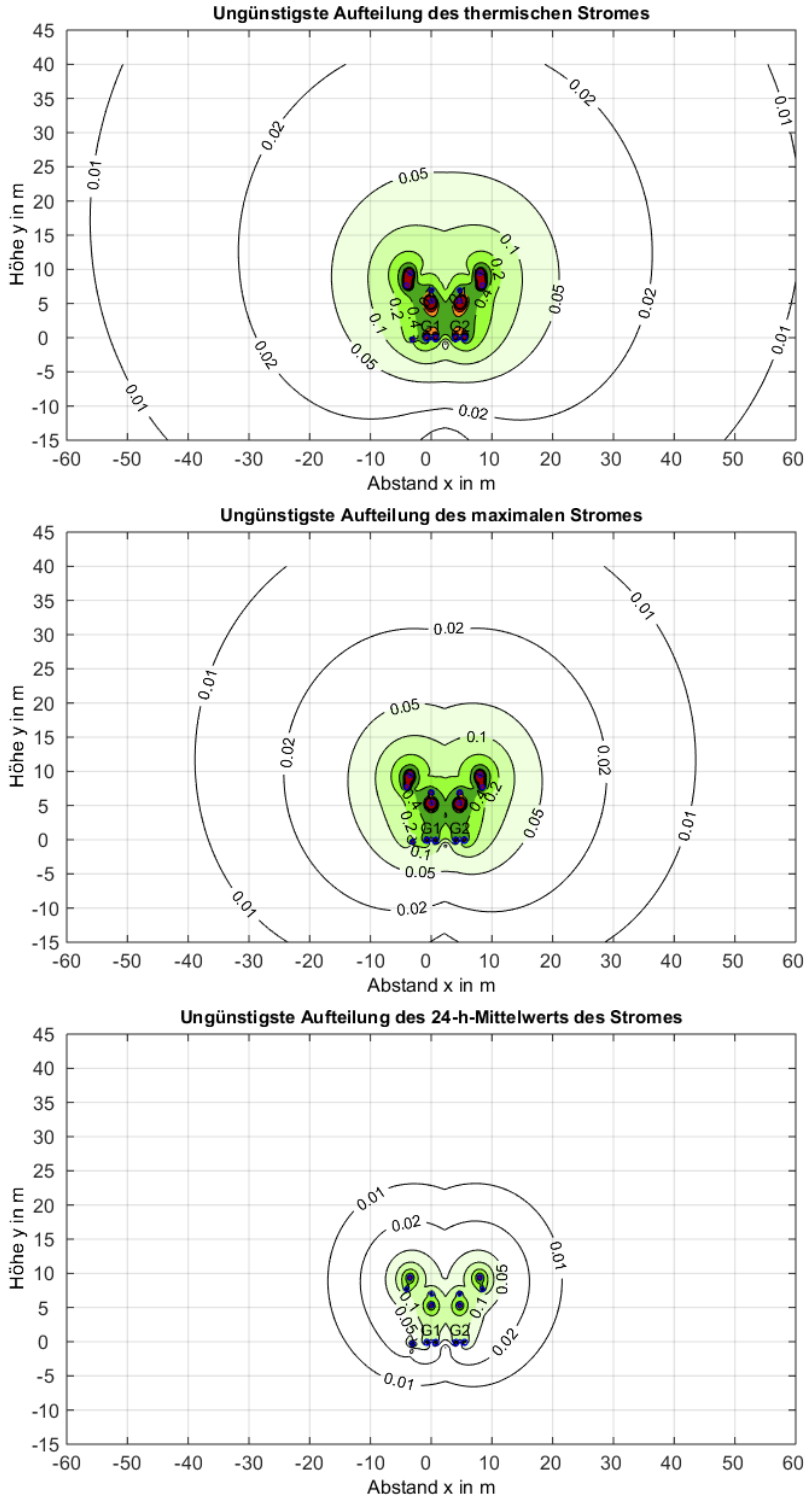


Abbildung 6-51: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 12 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,214

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05
20	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
15	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,08	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,12
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,56	0,29	0,23	0,23	0,37	0,47	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,56
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,22	0,51	0,71	0,71	0,51	0,22	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,71
2	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,20	0,45	0,59	0,60	0,46	0,20	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,60
1,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,20	0,45	0,63	0,63	0,46	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,63
1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,19	0,45	0,71	0,71	0,47	0,18	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,71
0,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,18	0,45	0,95	0,95	0,46	0,17	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,95
-1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,14	0,30	0,36	0,35	0,28	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,36
-5	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,56	0,51	0,95	0,95	0,51	0,47	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-84: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 12 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,214

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,10
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,48	0,42	0,23	0,26	0,49	0,41	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,49
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,16	0,38	0,57	0,56	0,38	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,57
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,15	0,31	0,40	0,40	0,32	0,14	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,40
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,14	0,30	0,41	0,42	0,31	0,13	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,42
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,14	0,29	0,46	0,46	0,31	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,46
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,13	0,29	0,60	0,60	0,30	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,60
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,20	0,22	0,22	0,18	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,22
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,48	0,42	0,60	0,60	0,49	0,41	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-85: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 12 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,214

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,17	0,18	0,11	0,11	0,20	0,15	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,11	0,17	0,17	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,15	0,15	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,06	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,17	0,18	0,17	0,17	0,20	0,15	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-86: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 12 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 26,214

Aus der Abbildung 6-51 bzw. der Tabelle 6-84 und Tabelle 6-85 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 12 (siehe Abbildung 6-52) gewählt. Der Punkt P 12 befindet sich in ca. 20m Abstand zum Gleis G2 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-84 bei 0,04 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 4% ausgeschöpft werden.

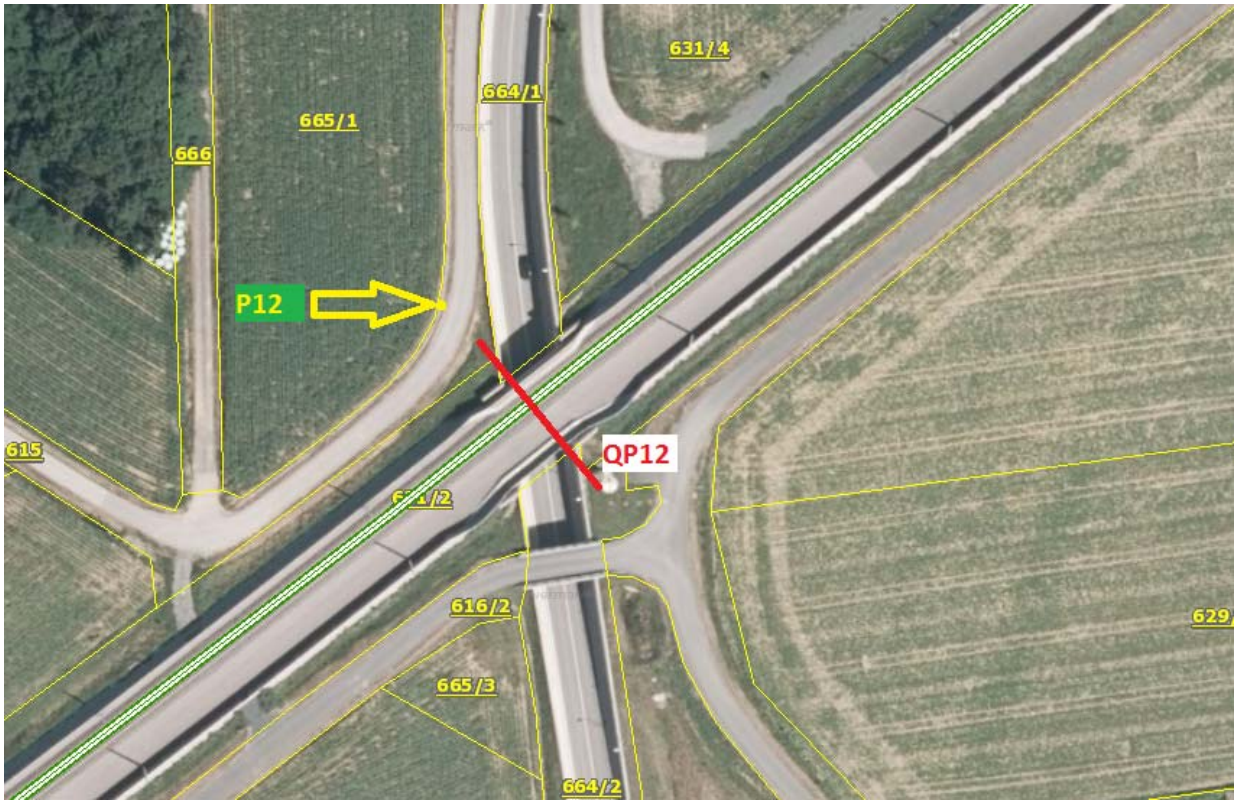


Abbildung 6-52: Querprofil 12 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 665/1 im Punkt P12[36]

[36] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.11.2 Aufpunktgerade – Unterführung FW19 St. Nikolaistraße– KAB-Bahnkilometer 26,214

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-50 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Bahnsteigoberkante durchgeführt.

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-53 zeigt die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der die Fahrbahnoberkante auf Basis des:

- ❑ Thermischen Stromes
- ❑ Maximalen Laststromes
- ❑ 24-h-Mittelwert des Stroms

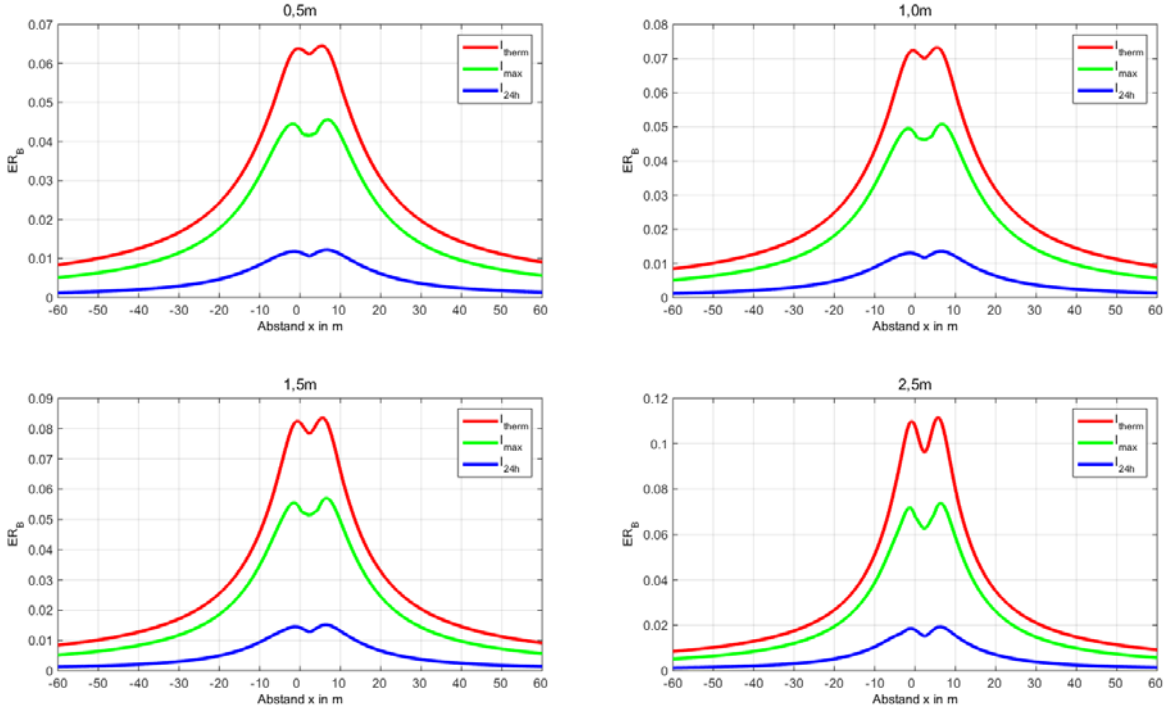


Abbildung 6-53: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Fahrbahnoberkante der Unterführung St.Nikolaistraße– KAB-Bahnkilometer 26,214

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-87 dargestellt.

Tabelle 6-87: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante, HüF: Höhe über Fahrbahnoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüF in m
-5,5	0,065	0,046	0,012	0,5
-5,0	0,073	0,051	0,014	1
-4,5	0,084	0,057	0,015	1,5
-3,5	0,112	0,074	0,020	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante (HüF) eingehalten.

6.2.5.12 Querprofil 13: KAB-Bahnkilometer 31,330

Die Abbildung 6-54 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Bf. Wettmannstätten.

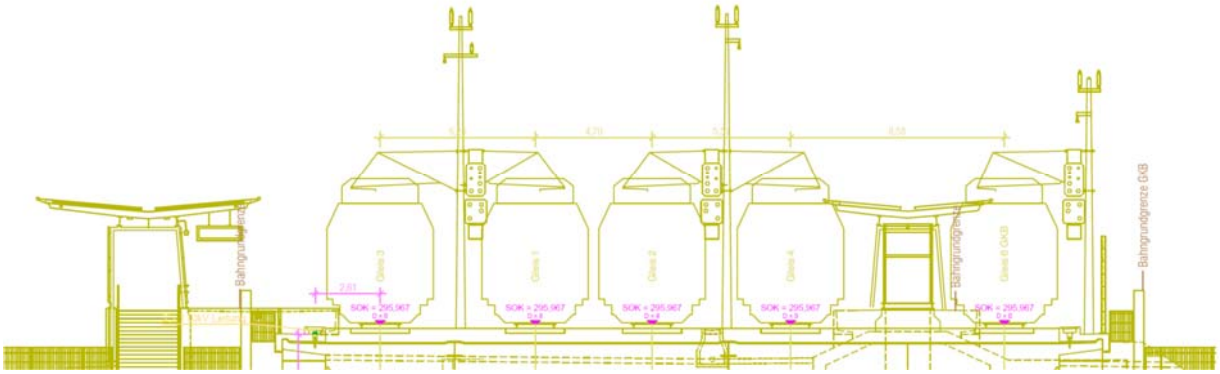


Abbildung 6-54: Querprofil 13 bei KAB-Bahnkilometer 31,330 [T2] [T8]

6.2.5.12.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 13 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	G4	G6	K1	K2	V1	V2	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A												
1027	1027	1027	919	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	1027	1027	1027	919	650	-650	0	0	0	0	0	0
919	0	1027	1027	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0
1027	919	0	1027	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0
1027	1027	919	0	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1027	1027	650	-650	907	907	0	0	0	132
0	1027	0	1027	0	650	-650	0	0	0	132	907	907
1027	1027	0	0	0	650	-650	0	0	907	907	132	0
1027	0	1027	0	0	650	-650	0	0	907	907	132	0
0	0	0	0	0	650	-650	372	0	907	907	907	907
0	0	0	0	0	650	-650	907	907	0	372	907	907

Tabelle 6-88: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 13

G1	G2	G3	G4	G6	K1	K2	V1	V2	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A												
1027	628	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
628	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
1027	0	628	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
628	0	1027	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	1027	0	628	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	628	0	1027	0	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1027	628	650	-650	0	0	0	0	0	0
0	0	0	628	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0
1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	628	0	0	0
748	0	0	0	0	650	-650	0	0	907	0	0	0
1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	628	0	0
748	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	907	0	0
0	0	1027	0	0	650	-650	0	0	628	0	0	0
0	0	748	0	0	650	-650	0	0	907	0	0	0
0	0	1027	0	0	650	-650	0	0	0	628	0	0
0	0	748	0	0	650	-650	0	0	0	907	0	0
0	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	628	0
0	748	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	907	0
0	1027	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	628
0	748	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	907
0	0	0	1027	0	650	-650	0	0	0	0	628	0
0	0	0	748	0	650	-650	0	0	0	0	907	0
0	0	0	1027	0	650	-650	0	0	0	0	0	628
0	0	0	748	0	650	-650	0	0	0	0	0	907
0	0	0	0	1027	650	-650	628	0	0	0	0	0
0	0	0	0	748	650	-650	907	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1027	650	-650	0	628	0	0	0	0
0	0	0	0	748	650	-650	0	907	0	0	0	0

Tabelle 6-89: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 13

G1	G2	G3	G4	G6	V3	V4	V1	V2	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A												
356	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	356	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	0	356	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	0	0	356	0	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	356	277	-277	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	277	-277	356	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	277	-277	0	356	0	0	0	0
0	0	0	0	0	277	-277	0	0	356	0	0	0
0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	356	0	0
0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	356	0
0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	356

Tabelle 6-90: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 13

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

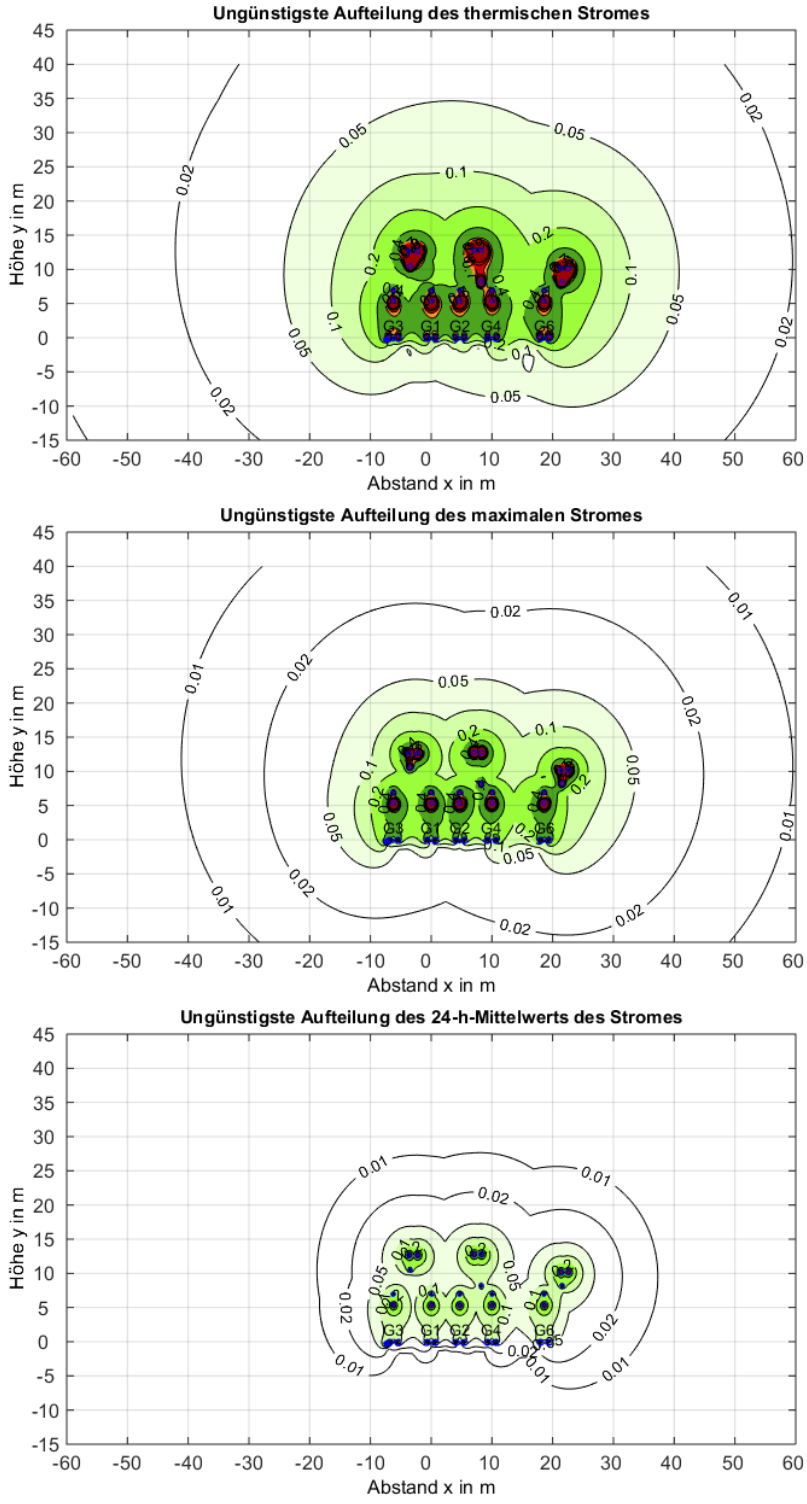


Abbildung 6-55: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 13 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 31,330

	Abstand x in m																		
	-126,2	-106,2	-56,2	-26,2	-21,2	-16,2	-11,2	-8,2	-7,2	19,6	20,6	23,6	28,6	33,6	38,6	68,6	118,6	138,6	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G6 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,08
20	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11	0,09	0,06	0,05	0,01	0,01	0,00	0,13
15	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,14	0,21	0,25	0,23	0,24	0,23	0,14	0,08	0,06	0,01	0,01	0,00	0,25
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,18	0,24	0,28	0,59	1,07	0,77	0,18	0,09	0,06	0,01	0,01	0,00	1,07
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,22	0,50	0,71	0,70	0,51	0,28	0,15	0,08	0,06	0,01	0,01	0,00	0,71
2	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,21	0,47	0,60	0,62	0,50	0,25	0,13	0,08	0,05	0,01	0,01	0,00	0,62
1,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,20	0,48	0,63	0,66	0,50	0,24	0,12	0,08	0,05	0,01	0,01	0,00	0,66
1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,09	0,19	0,48	0,70	0,75	0,51	0,23	0,12	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,75
0,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,18	0,49	0,89	1,00	0,51	0,22	0,11	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	1,00
-1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,08	0,15	0,28	0,20	0,35	0,30	0,17	0,10	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,35
-5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,09
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,22	0,50	0,89	1,00	1,07	0,77	0,18	0,09	0,06	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-91: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 13 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 31,330

	Abstand x in m																		
	-126,2	-106,2	-56,2	-26,2	-21,2	-16,2	-11,2	-8,2	-7,2	19,6	20,6	23,6	28,6	33,6	38,6	68,6	118,6	138,6	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G6 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,07
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,11	0,14	0,13	0,14	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,14
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,18	0,22	0,23	0,55	0,46	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,55
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,36	0,54	0,54	0,36	0,15	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,54
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,13	0,30	0,39	0,39	0,30	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,39
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,30	0,39	0,40	0,30	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,40
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,12	0,30	0,42	0,44	0,30	0,13	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,44
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,11	0,31	0,51	0,57	0,29	0,12	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,57
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,16	0,08	0,19	0,17	0,10	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,19
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,36	0,54	0,57	0,55	0,46	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-92: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 13 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 31,330

	Abstand x in m																		
	-126,2	-106,2	-56,2	-26,2	-21,2	-16,2	-11,2	-8,2	-7,2	19,6	20,6	23,6	28,6	33,6	38,6	68,6	118,6	138,6	max
	Abstand von Gleis G3 nach links in m									Abstand von Gleis G6 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,07	0,13	0,23	0,18	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,23
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,11	0,17	0,17	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,09	0,12	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,12	0,11	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,14	0,15	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,04	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,11	0,17	0,17	0,23	0,18	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-93: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 13 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 31,330

Aus der Abbildung 6-55 bzw. der Tabelle 6-91 und Tabelle 6-92 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 13 (siehe Abbildung 6-56) gewählt. Der Punkt P 13 befindet sich in ca. 80m Abstand zum Gleis G2 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle *6-91* bei 0,01 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 1% ausgeschöpft werden.

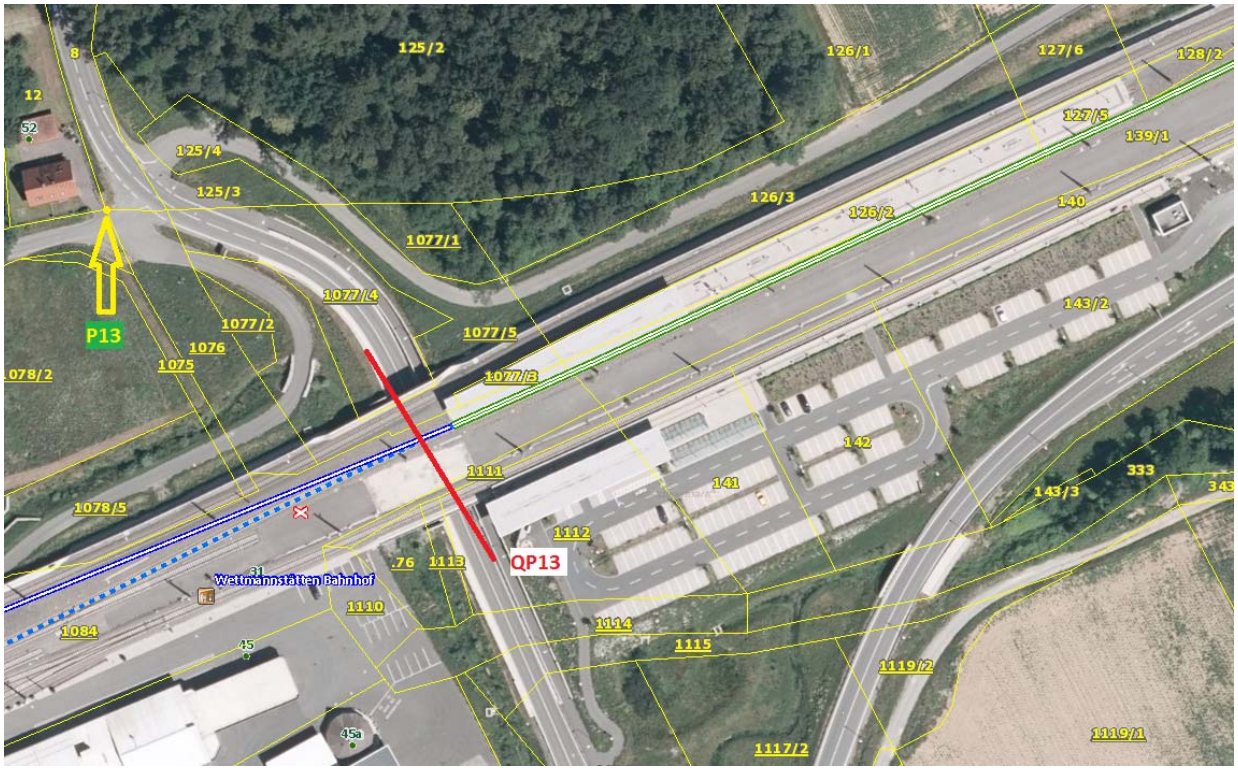


Abbildung 6-56: Querprofil 13 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 12 im Punkt P13[37]

[37] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.5.12.2 Aufpunktgerade – Unterführung FW31 Wohldorferstraße – KAB-Bahnkilometer 31,330

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-55 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Fahrbahn- bzw. Gehsteigoberkante durchgeführt.

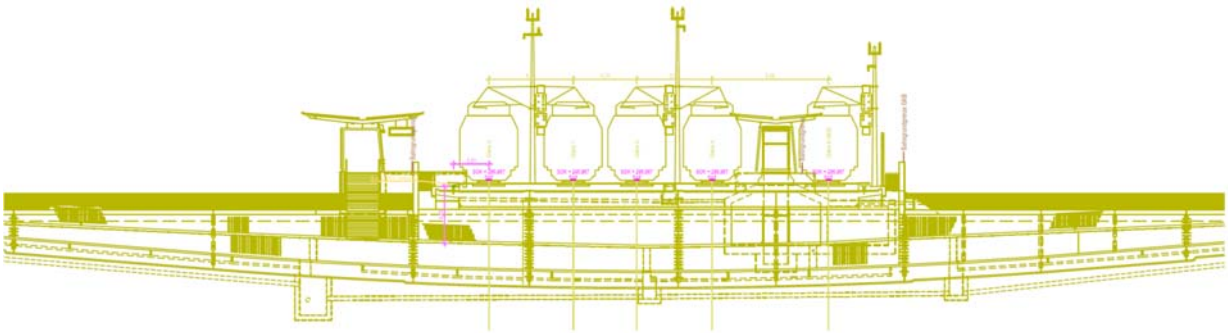


Abbildung 6-57: Unterführung FW31 Wohldorferstraße [T2] [T9]

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-58 und Abbildung 6-59 zeigen die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der Fahrbahn- bzw. Gehsteigoberkante auf Basis des:

- Thermischen Stromes
- Maximalen Laststromes
- 24-h-Mittelwert des Stroms

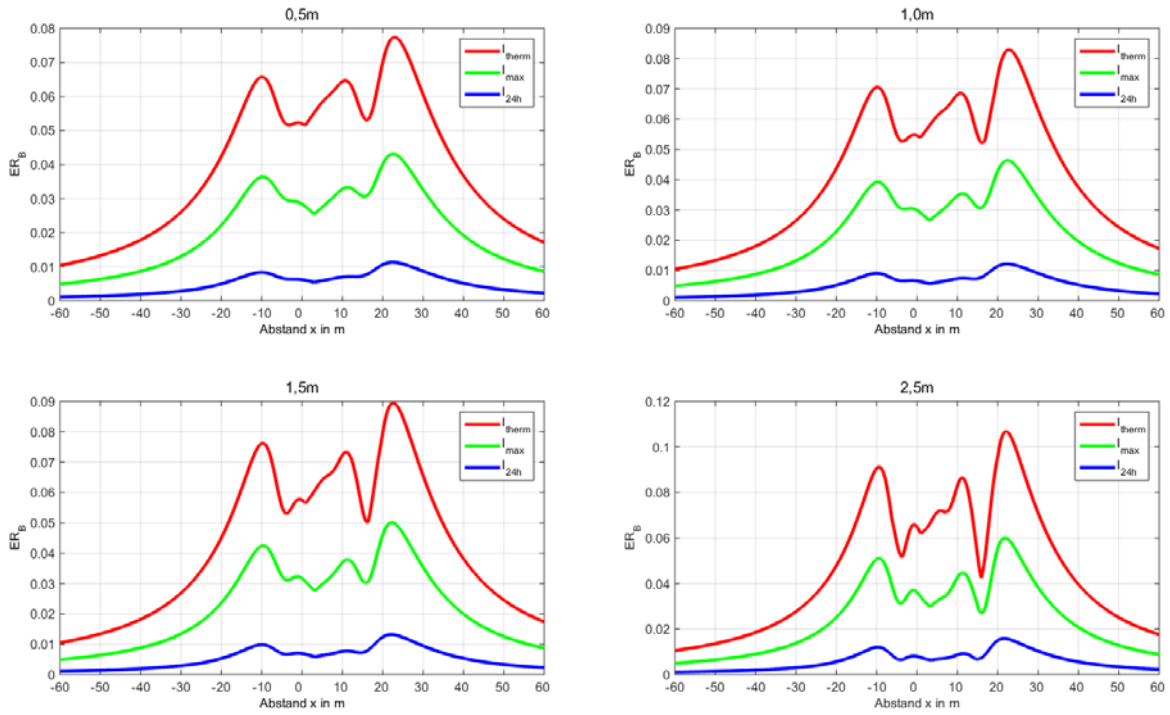


Abbildung 6-58: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Fahrbahnoberkante der Unterführung FW31 – KAB-Bahnkilometer 31,330

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-94 dargestellt.

Tabelle 6-94: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante, HüF: Höhe über Fahrbahnoberkante

Höhe in m über SOK	Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte			
	Itherm	Imax	I24h	HüF in m
-6,0	0,077	0,043	0,011	0,5
-5,5	0,083	0,046	0,012	1
-5,0	0,090	0,050	0,013	1,5
-4,5	0,107	0,060	0,016	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante (HüF) eingehalten.

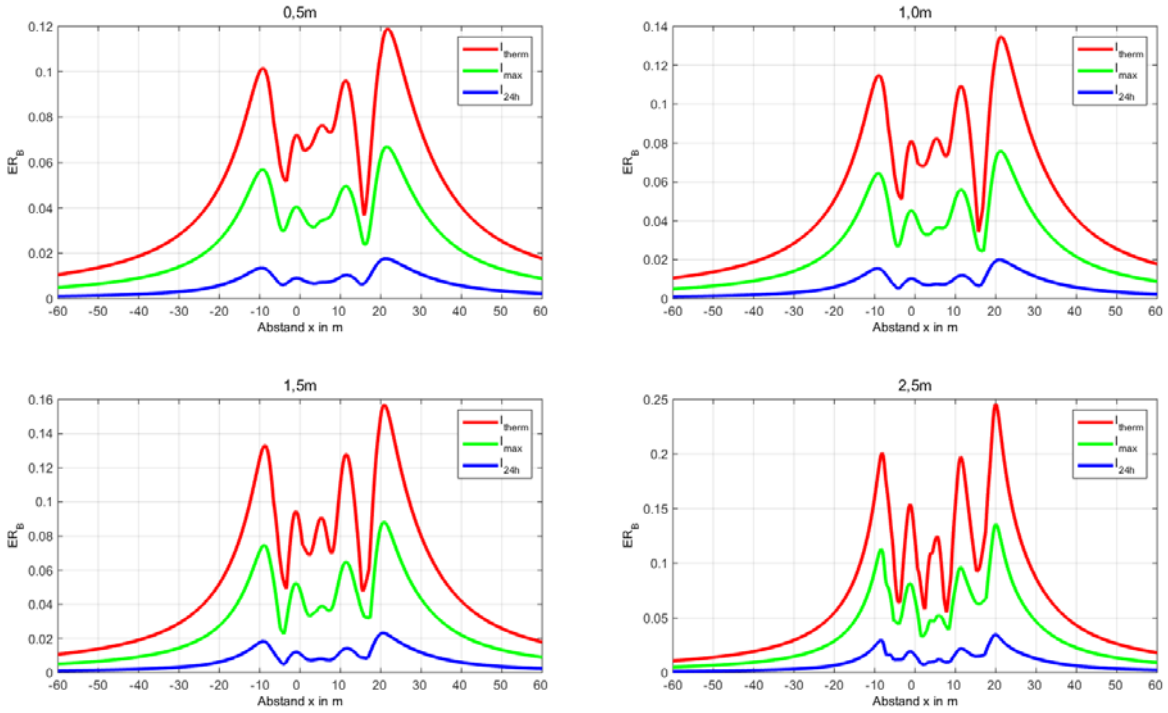


Abbildung 6-59: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Gehsteigoberkante der Unterführung FW31 – KAB-Bahnkilometer 31,330

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-95 dargestellt.

Tabelle 6-95: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Gehsteigoberkante, HüG: Höhe über Gehsteigoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüG in m
-6,0	0,119	0,067	0,018	0,5
-5,5	0,135	0,076	0,020	1
-5,0	0,157	0,088	0,023	1,5
-4,5	0,246	0,136	0,035	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Gehsteigoberkante (HüG) eingehalten.

6.2.5.12.3 Aufpunktgerade – Bahnsteig Bahnhof Wettmannstätten– KAB-Bahnkilometer 31,330

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-57 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Bahnsteigoberkante durchgeführt.

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-60 zeigt die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der Bahnsteigoberkante auf Basis des:

- ❑ Thermischen Stromes
- ❑ Maximalen Laststromes
- ❑ 24-h-Mittelwert des Stroms

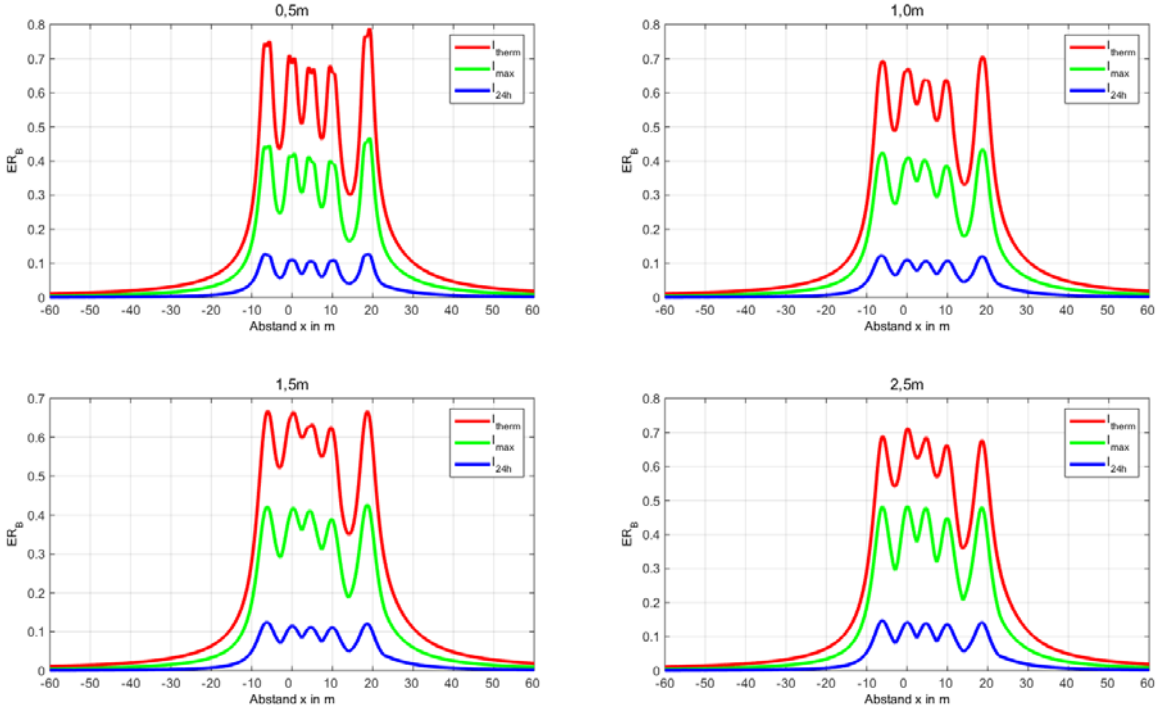


Abbildung 6-60: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Bahnsteigoberkante am Bahnsteig Wettmanstätten– KAB-Bahnkilometer 31,330

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-96 dargestellt.

Tabelle 6-96: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante, HüB: Höhe über Bahnsteigoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüB in m
1,0	0,790	0,468	0,127	0,5
1,5	0,706	0,434	0,121	1
2,0	0,667	0,427	0,121	1,5
3,0	0,712	0,480	0,142	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante (HüB) eingehalten.

6.2.5.13 Querprofil 14: KAB-Bahnkilometer 33,250

Die Abbildung 6-61 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die freie zweigleisige Strecke Gussendorf.

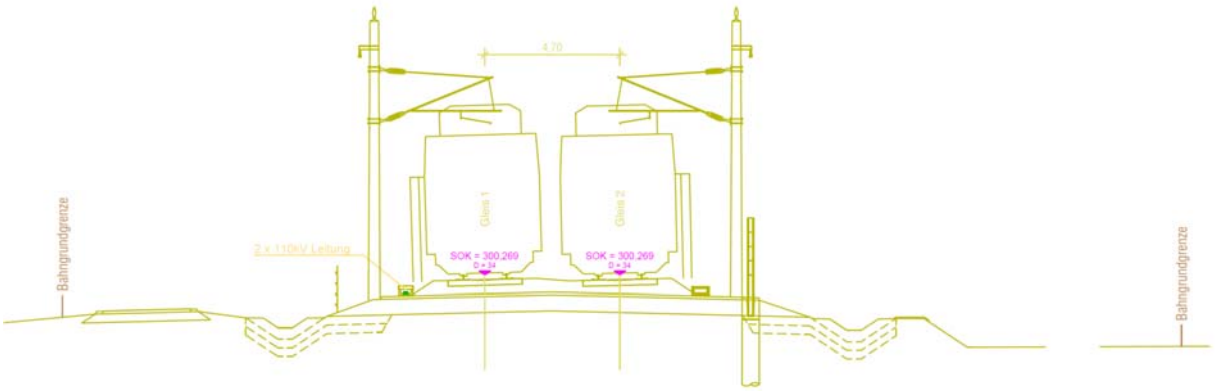


Abbildung 6-61: Querprofil 14 bei KAB-Bahnkilometer 33,250 [T2] [T8]

6.2.5.13.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 14 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	K1	K2	V1	V2
Varianten mit Strömen in A					
1027	1027	650	-650	907	269
1027	1027	650	-650	269	907
389	1027	650	-650	907	907
1027	389	650	-650	907	907

Tabelle 6-97: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 14

G1	G2	K1	K2	V1	V2
Varianten mit Strömen in A					
1027	628	650	-650	0	0
628	1027	650	-650	0	0
1027	0	650	-650	628	0
748	0	650	-650	907	0
748	0	650	-650	0	907
1027	0	650	-650	0	628
0	0	650	-650	907	748
0	0	650	-650	748	907

Tabelle 6-98: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 14

G1	G2	K1	K2	V1	V2
Varianten mit Strömen in A					
356	0	277	-277	0	0
0	356	277	-277	0	0
0	0	277	-277	356	0
0	0	277	-277	0	356

Tabelle 6-99: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 14

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

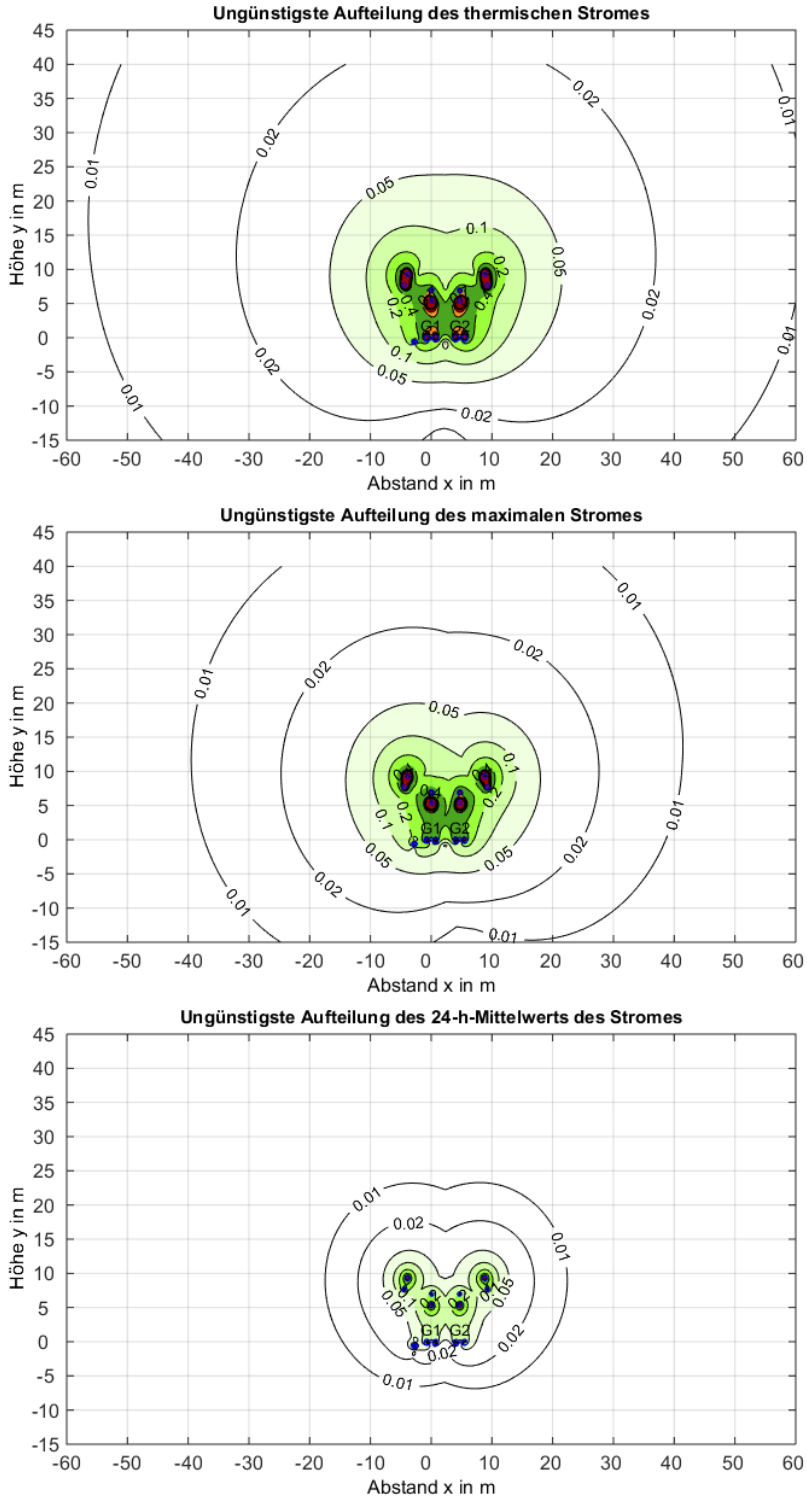


Abbildung 6-62: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 14 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 33,250

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05
20	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
15	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,08	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,12
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,79	0,21	0,23	0,23	0,21	0,96	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,96
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,10	0,23	0,52	0,72	0,72	0,51	0,23	0,10	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,72
2	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09	0,20	0,46	0,60	0,60	0,46	0,20	0,09	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,60
1,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,20	0,46	0,63	0,64	0,47	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,64
1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,19	0,46	0,71	0,72	0,47	0,18	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,72
0,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,18	0,45	0,96	0,96	0,47	0,17	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,96
-1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,14	0,33	0,36	0,36	0,29	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,36
-5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,79	0,52	0,96	0,96	0,51	0,96	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-100: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 14 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 33,250

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,10
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,69	0,32	0,23	0,23	0,29	0,83	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,83
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,17	0,39	0,57	0,57	0,39	0,14	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,57
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,07	0,15	0,32	0,41	0,40	0,29	0,12	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,41
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,14	0,31	0,42	0,40	0,29	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,42
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,14	0,30	0,46	0,44	0,28	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,46
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,13	0,28	0,60	0,57	0,27	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,60
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,24	0,23	0,20	0,16	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,24
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09	0,69	0,39	0,60	0,57	0,39	0,83	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-101: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 14 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 33,250

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,25	0,14	0,09	0,09	0,13	0,31	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,31
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,12	0,18	0,18	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,15	0,15	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,07	0,06	0,06	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,25	0,14	0,18	0,18	0,13	0,31	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-102: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 14 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 33,250

Aus der Abbildung 6-62 bzw. der Tabelle 6-100 und Tabelle 6-101 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 14 (siehe Abbildung 6-63) gewählt. Der Punkt P 14 befindet sich in ca. 7m Abstand zum Gleis G2 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-100 zwischen 0,11 und 0,96 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt zu maximal 96% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-63: Querprofil 14 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 1548/1 im Punkt P14[38]

[38] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.6 Abschnitt 3 Weststeiermark

6.2.6.1 Bauphase

In der Bauphase treten im Fachbereich „Elektromagnetische Felder“ keine im Vergleich zum abgeschlossenen Bauvorhaben relevanten Auswirkungen auf. Basierend auf Reglementierungen des AschG idgF [38] werden in der Bauphase geeignete Maßnahmen zum Schutze der Arbeiter getroffen [5], [7] (z.B. Minimierungsmaßnahmen, Einhaltung von Mindestabständen im Betrieb elektrischer Anlagen, Unterweisung, Kennzeichnung, Absperrung, Schulung etc.).

6.2.6.2 Betriebsphase

In diesem Abschnitt wurden folgende Querprofile untersucht:

- ❑ QP15: KAB-Bahnkilometer 37,775
- ❑ QP16: KAB-Bahnkilometer 38,400

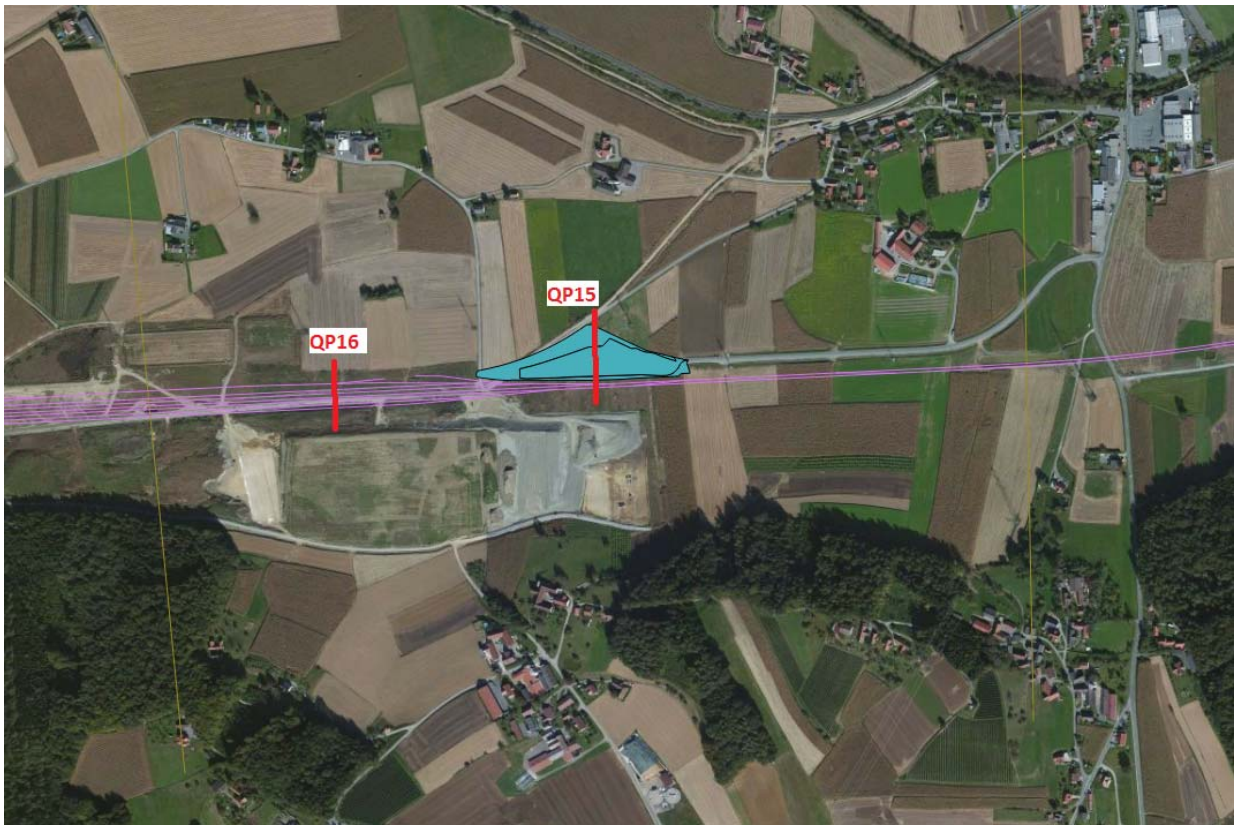


Abbildung 6-64: Übersichtsplan der Querprofile 15-16 im Abschnitt 3 –Weststeiermark[39]

[39] Orthofotos von Bing Aerial am 04.04.2016 und http://www.qgis.org/de/site/

6.2.6.3 Querprofil 15: KAB-Bahnkilometer 37,775

Die Abbildung 6-65 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Bereich des FU/UW Weststeiermark.

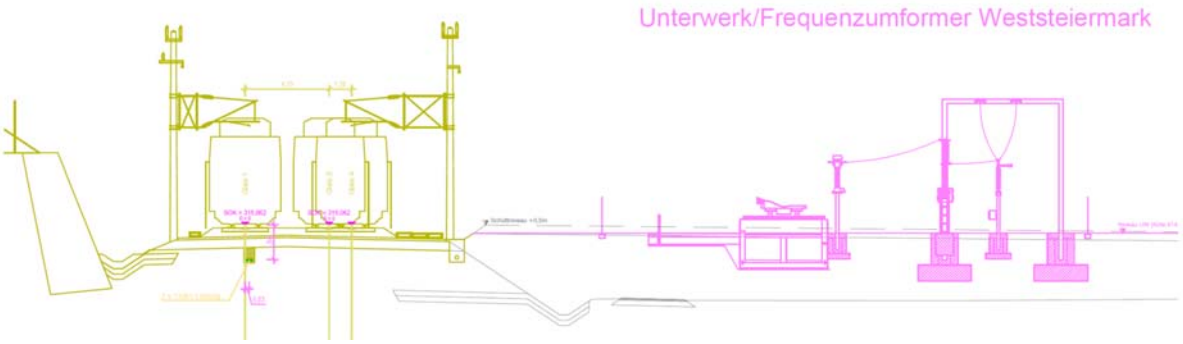


Abbildung 6-65: Querprofil 15 bei KAB-Bahnkilometer 37,775 [T2] [T8]

6.2.6.3.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 15 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G4	K1	K2	V1	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A									
1027	1027	0	650	-650	907	907	132	0	0
1027	1027	0	650	-650	132	907	907	0	0
1027	1027	0	650	-650	907	132	907	0	0
1027	0	1027	650	-650	0	0	132	907	907
1027	0	1027	650	-650	0	0	907	132	907
1027	0	1027	650	-650	0	0	907	907	132
0	0	0	650	-650	907	907	907	372	907
0	0	0	650	-650	907	907	907	907	372
0	0	0	650	-650	372	907	907	907	907
0	0	0	650	-650	907	372	907	907	907
0	0	0	650	-650	907	907	372	907	907

Tabelle 6-103: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 15

G1	G2	G4	K1	K2	V1	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A									
1027	1027	0	650	-650	907	48	0	0	0
1027	1027	0	650	-650	0	907	48	0	0
1027	1027	0	650	-650	0	0	907	48	0
1027	1027	0	650	-650	0	0	0	907	48
1027	1027	0	650	-650	48	0	0	0	907
1027	0	1027	650	-650	907	48	0	0	0
1027	0	1027	650	-650	0	907	48	0	0
1027	0	1027	650	-650	0	0	907	48	0
1027	0	1027	650	-650	0	0	0	907	48
1027	0	1027	650	-650	48	0	0	0	907
168	1027	0	650	-650	0	0	0	907	907
168	0	1027	650	-650	0	0	0	907	907
1027	0	0	650	-650	907	907	168	0	0
1027	0	0	650	-650	168	907	907	0	0
1027	0	0	650	-650	907	168	907	0	0
288	0	0	650	-650	907	907	907	0	0

Tabelle 6-104: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 15

G1	G2	G4	K1	K2	V1	U1	U2	U3	U4
Varianten mit Strömen in A									
356	0	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	356	0	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	356	277	-277	0	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	356	0	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	356	0	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	356	0	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	356	0
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	356

Tabelle 6-105: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 15

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

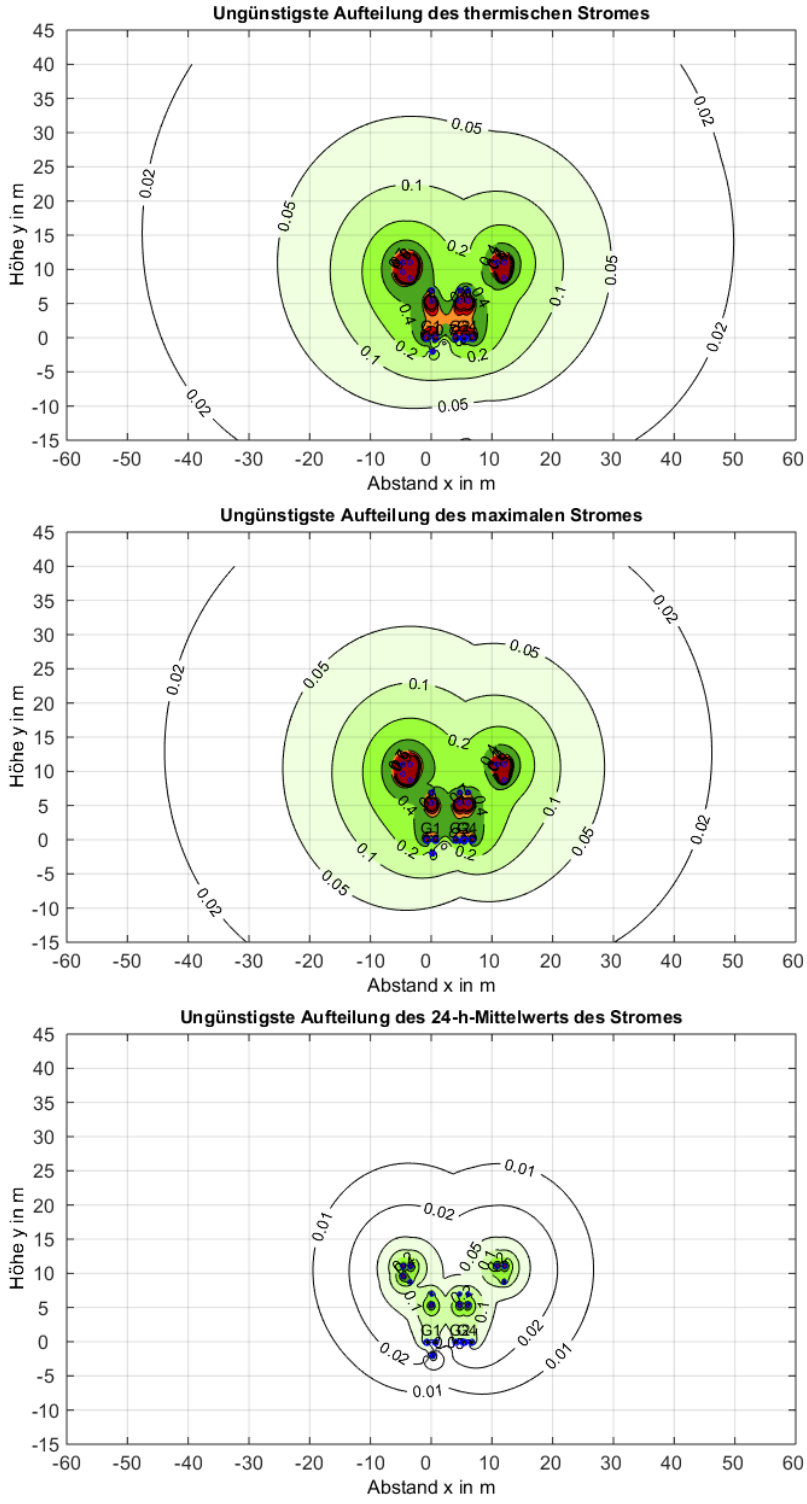


Abbildung 6-66: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 15 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 37,775

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	7	8	11	16	21	26	56	106	126	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,06
25	0,01	0,01	0,02	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,08
20	0,01	0,01	0,02	0,06	0,08	0,11	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,12	0,10	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,13
15	0,01	0,01	0,02	0,07	0,11	0,18	0,32	0,28	0,25	0,19	0,21	0,28	0,18	0,10	0,06	0,02	0,01	0,01	0,32
9	0,01	0,01	0,02	0,07	0,12	0,26	1,62	0,77	0,54	0,31	0,37	1,07	0,24	0,11	0,07	0,02	0,01	0,01	1,62
4	0,01	0,01	0,02	0,07	0,10	0,19	0,35	0,56	0,77	0,76	0,55	0,29	0,15	0,09	0,06	0,02	0,01	0,01	0,77
2	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,16	0,30	0,56	0,71	0,69	0,55	0,27	0,13	0,08	0,06	0,02	0,01	0,01	0,71
1,5	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,15	0,28	0,57	0,75	0,73	0,56	0,26	0,13	0,08	0,05	0,02	0,01	0,01	0,75
1	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,15	0,27	0,59	0,85	0,82	0,57	0,25	0,12	0,08	0,05	0,02	0,01	0,01	0,85
0,5	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,14	0,26	0,59	1,14	1,07	0,57	0,24	0,12	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	1,14
-1	0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,12	0,21	0,37	0,46	0,46	0,38	0,19	0,10	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,46
-5	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,10	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,13
max	0,01	0,01	0,02	0,07	0,12	0,26	1,62	0,77	1,14	1,07	0,57	1,07	0,24	0,11	0,07	0,02	0,01	0,01	

Tabelle 6-106: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 15 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 37,775

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	7	8	11	16	21	26	56	106	126	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,05
25	0,01	0,01	0,02	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,08
20	0,01	0,01	0,02	0,06	0,08	0,11	0,14	0,14	0,14	0,11	0,11	0,12	0,10	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,14
15	0,01	0,01	0,02	0,07	0,10	0,19	0,35	0,34	0,31	0,20	0,23	0,29	0,18	0,09	0,06	0,01	0,01	0,00	0,35
9	0,01	0,01	0,02	0,07	0,12	0,25	1,58	0,71	0,50	0,26	0,26	0,97	0,23	0,10	0,06	0,01	0,01	0,00	1,58
4	0,01	0,01	0,02	0,06	0,10	0,18	0,33	0,49	0,68	0,68	0,48	0,26	0,14	0,09	0,06	0,01	0,01	0,00	0,68
2	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,15	0,28	0,48	0,59	0,59	0,47	0,24	0,12	0,08	0,05	0,01	0,01	0,00	0,59
1,5	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,15	0,27	0,49	0,62	0,62	0,48	0,23	0,12	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,62
1	0,01	0,01	0,02	0,06	0,09	0,14	0,25	0,50	0,71	0,69	0,49	0,22	0,12	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,71
0,5	0,01	0,01	0,02	0,06	0,08	0,13	0,24	0,50	0,94	0,89	0,49	0,21	0,11	0,07	0,05	0,01	0,01	0,00	0,94
-1	0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,12	0,19	0,33	0,39	0,38	0,32	0,18	0,10	0,06	0,05	0,01	0,01	0,00	0,39
-5	0,01	0,01	0,01	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,11
max	0,01	0,01	0,02	0,07	0,12	0,25	1,58	0,71	0,94	0,89	0,49	0,97	0,23	0,10	0,06	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-107: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 15 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 37,775

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	7	8	11	16	21	26	56	106	126	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G4 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,38	0,12	0,09	0,07	0,08	0,19	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,38
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,11	0,17	0,18	0,12	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,09	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,11	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,12	0,12	0,08	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,15	0,15	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,38	0,12	0,17	0,18	0,12	0,19	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-108: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 15 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 37,775

Aus der Abbildung 6-66 bzw. der Tabelle 6-106 und Tabelle 6-107 und Tabelle 6-107 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 15 (siehe Abbildung 6-67) gewählt. Der Punkt P 15 befindet sich in ca. 7m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-106 zwischen 0,02 und 0,07 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 7% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-67: Querprofil 15 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 202/1 im Punkt P15[40]

[40] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.6.4 Querprofil 16: KAB-Bahnkilometer 38,400

Die Abbildung 6-68 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den Bf. Weststeiermark.

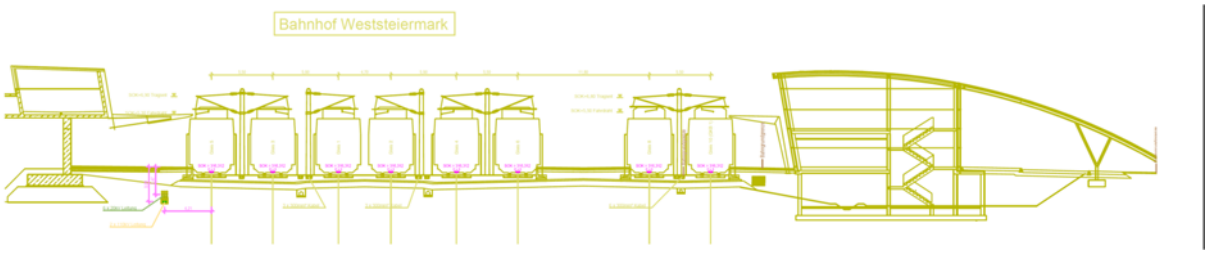


Abbildung 6-68: Querprofil 16 bei KAB-Bahnkilometer 38,400 [T2] [T7]

6.2.6.4.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 16 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G8	G10	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12
Varianten mit Strömen in A																											
1027	1027	1027	919	0	0	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1027	1027	1027	919	0	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1027	1027	1027	919	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1027	1027	1027	919	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	919	0	1027	1027	1027	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1027	0	1027	0	173	0	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	591	591	591	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	0	1027	0	1027	0	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	591	591	591	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1027	0	173	0	1027	0	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	591	591	591	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1027	0	1027	0	173	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	591	591	591	0	0	0	0	0	0
0	173	0	1027	0	1027	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	591	591	591	0	0	0	0	0	0
0	1027	0	173	0	1027	0	0	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	591	591	591	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	173	1027	1027	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	591	591	591	0	0	0
0	0	0	0	0	1027	173	1027	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	591	591	591	0	0	0
0	0	0	0	0	1027	1027	173	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	591	591	591	0	0	0
0	0	0	0	0	173	1027	1027	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591	591
0	0	0	0	0	1027	173	1027	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591	591
0	0	0	0	0	1027	1027	173	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591	591

Tabelle 6-109: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 16

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G8	G10	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	K5	K6
Varianten mit Strömen in A																											
1027	1027	955	0	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
1027	0	1027	0	955	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
1027	1027	0	955	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	1027	0	1027	0	955	0	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	0	0	1027	0	1027	955	0	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	0	0	0	0	1027	1027	955	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
1027	0	209	0	0	0	0	0	650	-650	591	591	591	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
209	0	1027	0	0	0	0	0	650	-650	591	591	591	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	1027	0	209	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	591	591	591	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	209	0	1027	0	0	0	0	650	-650	0	0	0	591	591	591	0	0	0	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	0	0	0	0	0	1027	209	650	-650	0	0	0	0	0	0	591	591	591	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	0	0	0	0	0	209	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0	591	591	591	0	0	0	-130	260	-130	-130	260	-130
0	0	0	0	0	0	1027	209	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591	591	-130	260	-130	-130	260	-130
0	0	0	0	0	0	209	1027	650	-650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	591	591	-130	260	-130	-130	260	-130

Tabelle 6-110: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 16

G1	G2	G3	G4	G5	G6	G8	G10	K1	K2	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A																											
391	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	391	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	391	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	391	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	391	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	391	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	391	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	391	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	391	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	391	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	391	0	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	391	0	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	391	0	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	391	0	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	391	0	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	391	0	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	391	0	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	0	0	0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	391	-50	100	-50	-50	100	-50

Tabelle 6-111: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 16

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

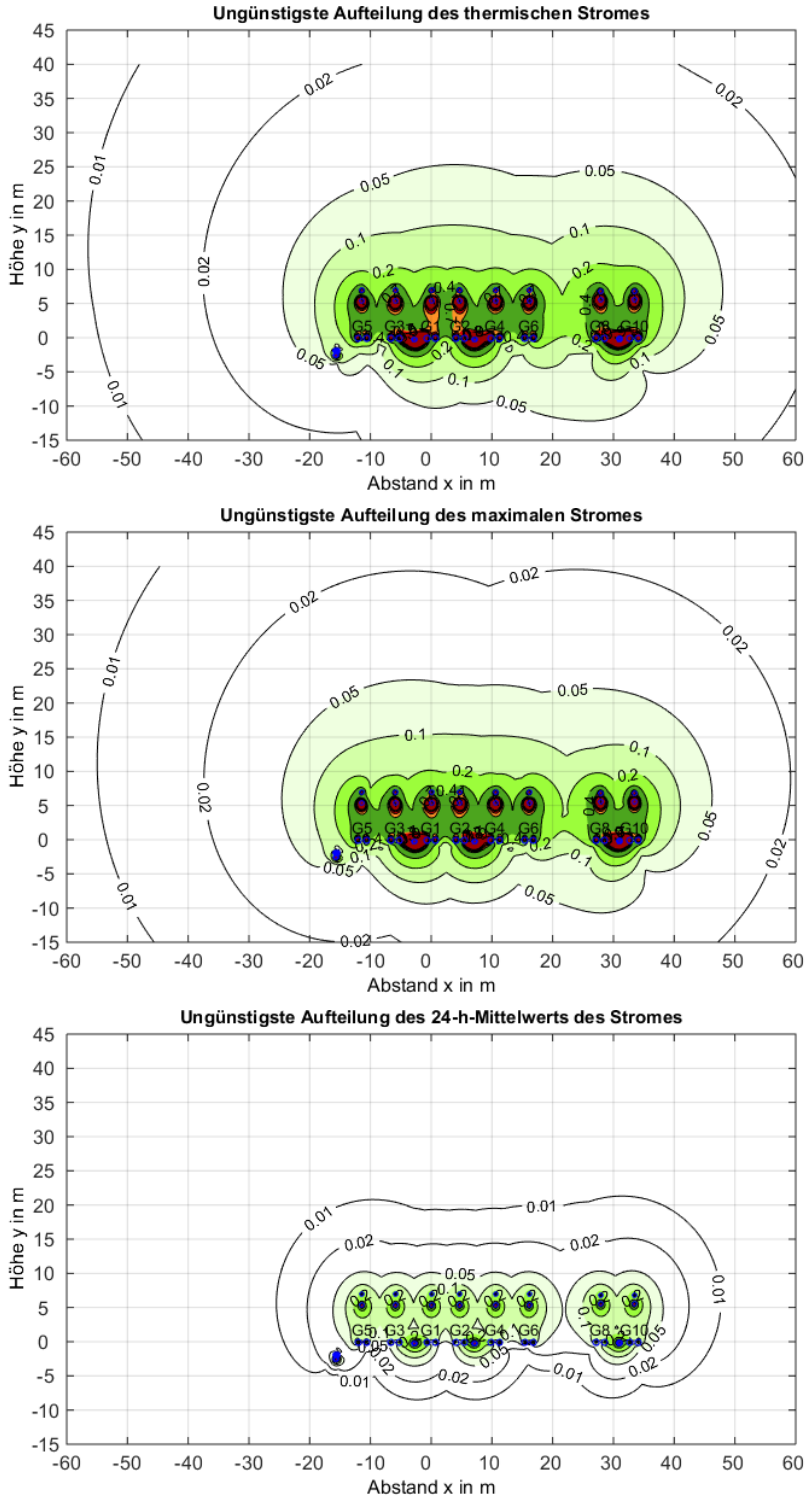


Abbildung 6-69: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 16 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 38,400

	Abstand x in m																		
	-131,4	-111,4	-61,4	-31,4	-26,4	-21,4	-16,4	-13,4	-12,4	34,4	35,4	38,4	43,4	48,4	53,4	83,4	133,4	153,4	max
	Abstand von Gleis G5 nach links in m									Abstand von Gleis G10 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,07
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,09	0,10	0,10	0,08	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,10
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,21	0,23	0,26	0,24	0,15	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,26
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,18	0,45	0,66	0,64	0,46	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,66
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,16	0,39	0,53	0,54	0,41	0,17	0,07	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,54
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,16	0,39	0,56	0,60	0,41	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,60
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,15	0,39	0,63	0,72	0,41	0,15	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,72
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,14	0,37	0,83	1,03	0,40	0,15	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	1,03
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,13	0,21	0,28	0,34	0,23	0,11	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,34
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,06
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,18	0,45	0,83	1,03	0,46	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-112: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 16 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 38,400

	Abstand x in m																		
	-131,4	-111,4	-61,4	-31,4	-26,4	-21,4	-16,4	-13,4	-12,4	34,4	35,4	38,4	43,4	48,4	53,4	83,4	133,4	153,4	max
	Abstand von Gleis G5 nach links in m									Abstand von Gleis G10 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,05	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,09
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,20	0,22	0,23	0,20	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,23
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,18	0,43	0,63	0,59	0,42	0,17	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,63
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,16	0,38	0,51	0,49	0,38	0,16	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,51
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,16	0,38	0,53	0,52	0,37	0,15	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,53
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,15	0,37	0,59	0,58	0,37	0,14	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,59
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,14	0,36	0,77	0,83	0,36	0,13	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,83
-1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,13	0,20	0,24	0,29	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,29
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,18	0,43	0,77	0,83	0,42	0,17	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-113: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 16 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 38,400

	Abstand x in m																		
	-131,4	-111,4	-61,4	-31,4	-26,4	-21,4	-16,4	-13,4	-12,4	34,4	35,4	38,4	43,4	48,4	53,4	83,4	133,4	153,4	max
	Abstand von Gleis G5 nach links in m									Abstand von Gleis G10 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,07	0,07	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,13	0,20	0,19	0,13	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,10	0,13	0,13	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,10	0,13	0,13	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,09	0,14	0,14	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,09	0,18	0,18	0,09	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,06
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,13	0,20	0,19	0,13	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-114: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 16 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 38,400

Aus der Abbildung 6-69 bzw. der Tabelle 6-112 und Tabelle 6-113 und Tabelle 6-113 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 16 (siehe Abbildung 6-70) gewählt. Der Punkt P 16 befindet sich in ca. 29m Abstand zum Gleis G5 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle *6-112* zwischen 0,01 und 0,03 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 3% ausgeschöpft werden.

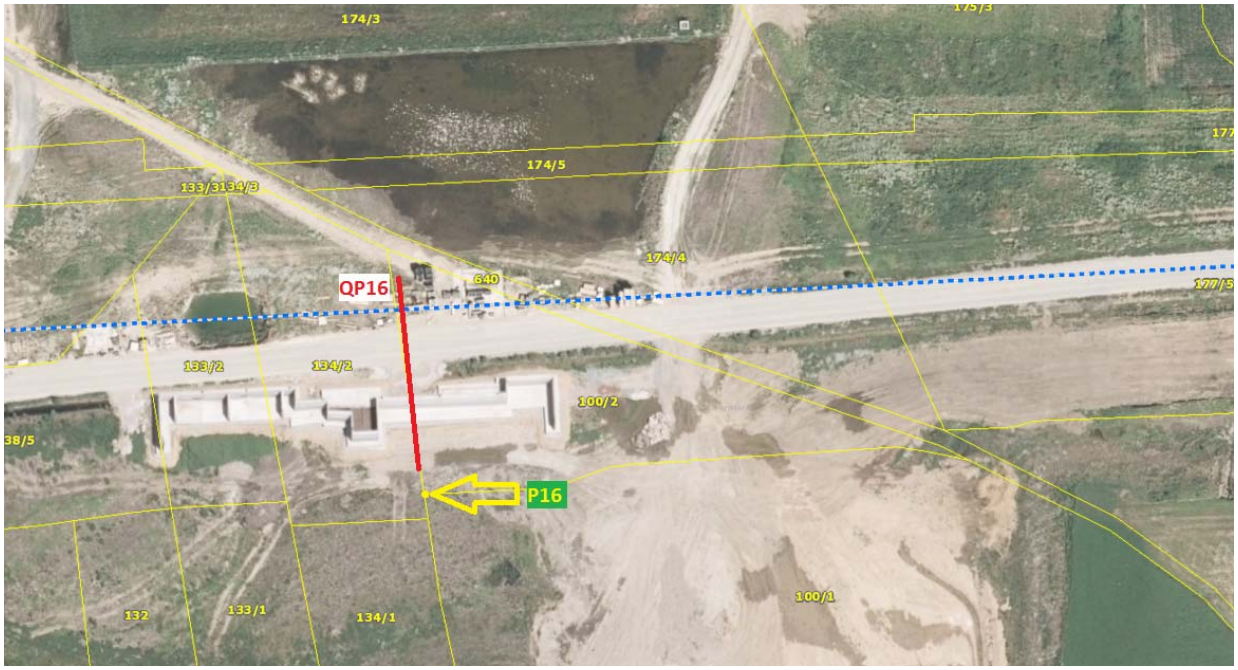


Abbildung 6-70: Querprofil 16 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 100/1 im Punkt P16[41]

[41] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.6.4.2 Aufpunktgerade – Bahnsteig Bahnhof Wettmannstätten– KAB-Bahnkilometer 38,400

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-69 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Bahnsteigoberkante durchgeführt.

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-71 zeigt die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der Bahnsteigoberkante auf Basis des:

- ❑ Thermischen Stromes
- ❑ Maximalen Laststromes
- ❑ 24-h-Mittelwert des Stroms

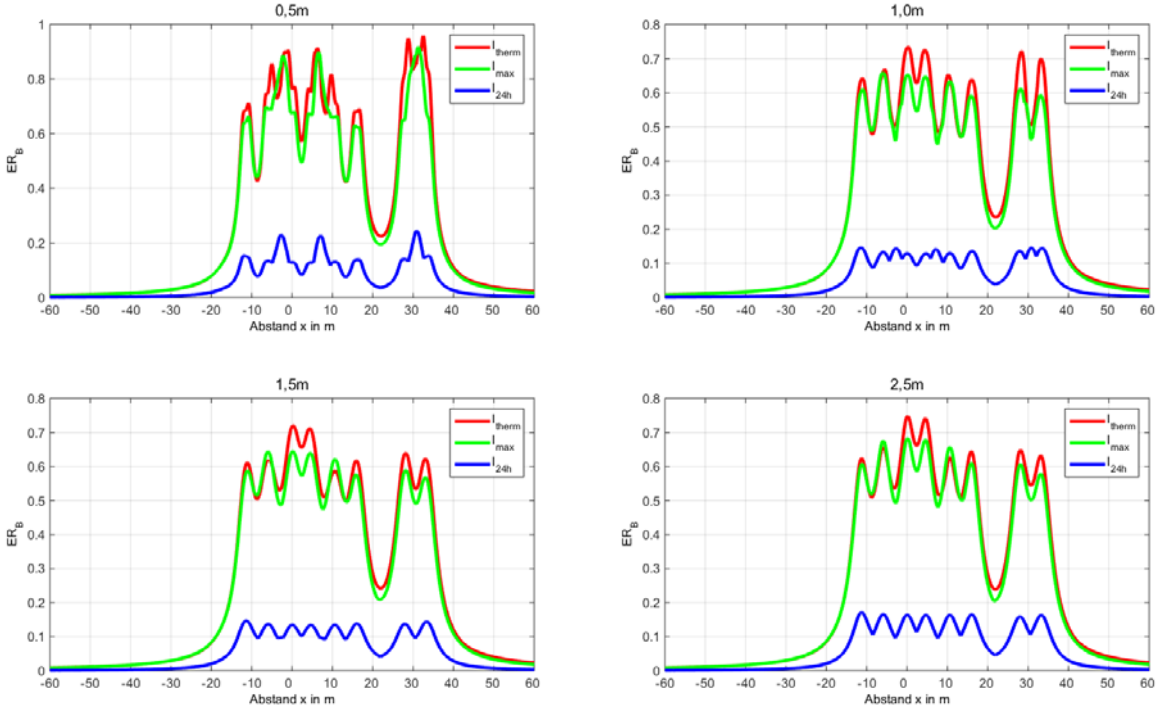


Abbildung 6-71: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Bahnsteigoberkante am Bahnsteig Weststeiermark– KAB-Bahnkilometer 38,400

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-115 dargestellt.

Tabelle 6-115: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante, HüB: Höhe über Bahnsteigoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüB in m
1,0	0,958	0,918	0,245	0,5
1,5	0,735	0,648	0,147	1
2,0	0,720	0,645	0,144	1,5
3,0	0,748	0,683	0,172	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Bahnsteigoberkante (HüB) eingehalten.

6.2.6.5 UW/FU Weststeiermark

Im folgenden Kapitel werden die Auswirkungen des UW/FU Weststeiermark sowie die Auswirkungen der 110-kV-Kabelanlage auf die magnetischen und elektrischen Immissionen in und im Nahbereich der elektrischen Anlage dargestellt. In allgemein zugänglichen Bereichen werden die Grenzen gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E8850: 2006 eingehalten. Hinsichtlich der beruflichen Exposition ist zu beachten, dass eine berufsbedingte Annäherung an stromführende Kabeln möglich ist, aus diesem Grund werden die Mitarbeiter entsprechend geschult, so dass der Schutz gegen elektromagnetische Felder gewährleistet ist.

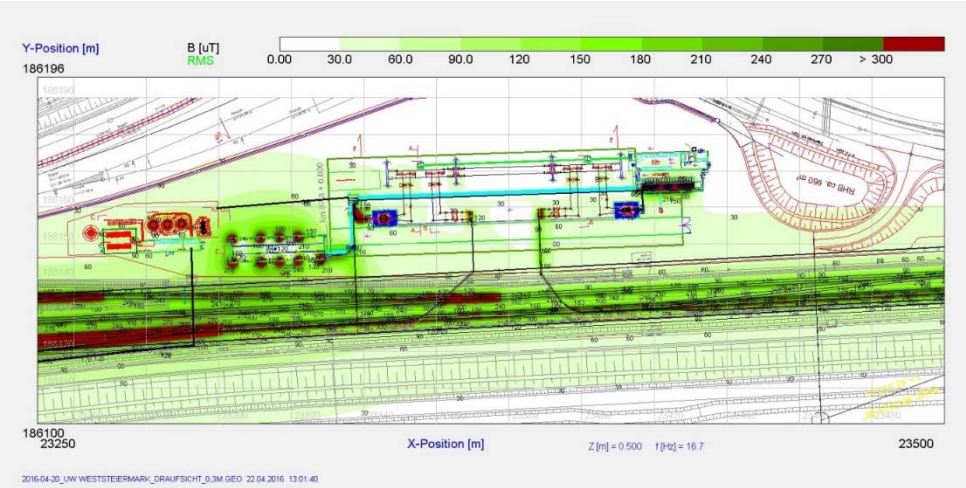


Abbildung 6-72: UW/FU Weststeiermark – Grundriss-Darstellung der magnetischen Flussdichte in 0,5m Höhe zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 300 µT), maximal zu erwartende Ströme, 16,7 Hz

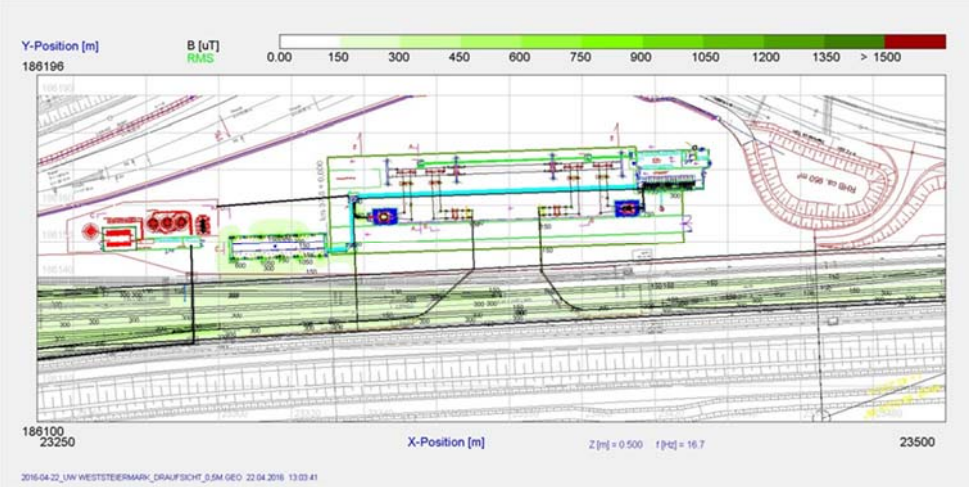


Abbildung 6-73: UW/FU Weststeiermark – Grundriss-Darstellung der magnetischen Flussdichte in 0,5m Höhe zur Bewertung der beruflichen Exposition (Grenze 1500 µT), maximal zu erwartende Ströme, 16,7 Hz

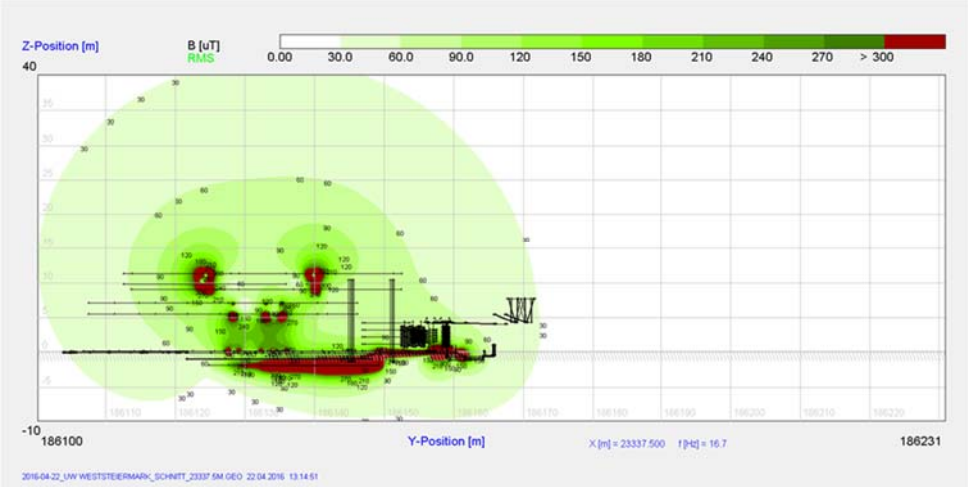


Abbildung 6-74: UW/FU Weststeiermark – Querprofil-Darstellung der magnetischen Flussdichte zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 300 µT), maximal zu erwartende Ströme, 16,7 Hz, Blickrichtung nach Klagenfurt

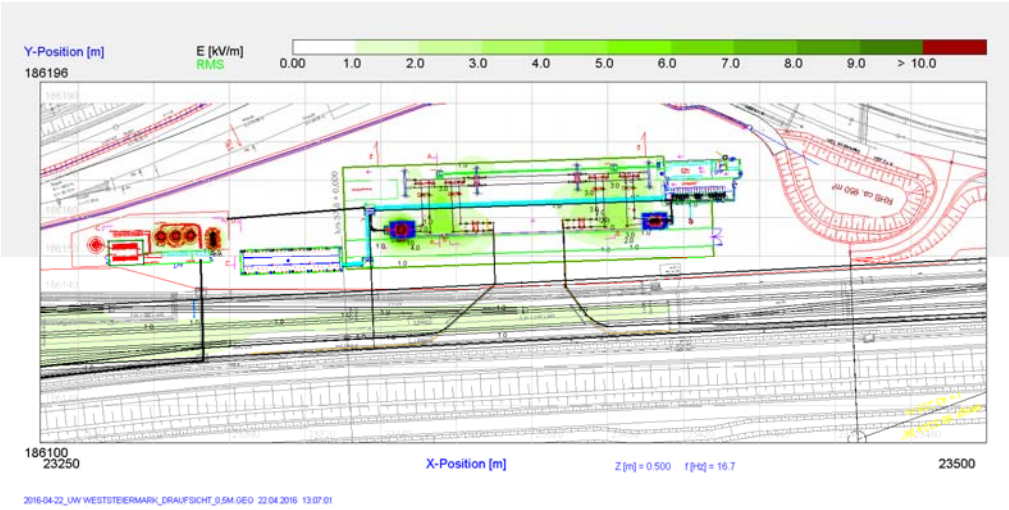


Abbildung 6-75: UW/FU Weststeiermark – Grundriss-Darstellung der elektrischen Feldstärke in 0,5m Höhe zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 10kV/m), maximal zu erwartende Spannungen, 16,7 Hz

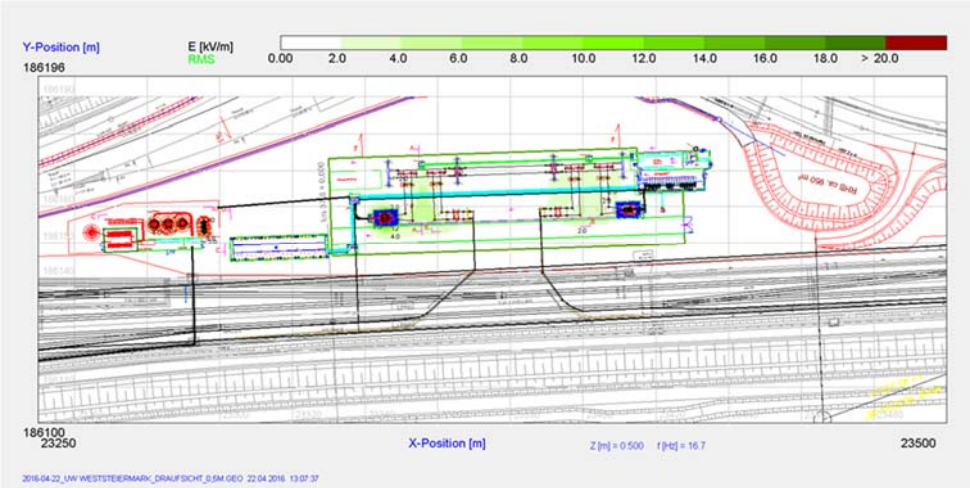


Abbildung 6-76: UW/FU Weststeiermark – Grundriss-Darstellung der elektrischen Feldstärke in 0,5m Höhe zur Bewertung der beruflichen Exposition (Grenze 20 kV/m), maximal zu erwartende Spannungen, 16,7 Hz

Abbildung 6-77: UW/FU Weststeiermark – Querprofil-Darstellung der elektrischen Feldstärke zur Bewertung der Exposition der Allgemeinbevölkerung (Grenze 10 kV/m), maximal zu erwartende Spannungen, 16,7 Hz, Blickrichtung nach Klagenfurt

6.2.7 Abschnitt 4 Weststeiermark bis Lavanttal

6.2.7.1 Bauphase

In der Bauphase treten im Fachbereich „Elektromagnetische Felder“ keine im Vergleich zum abgeschlossenen Bauvorhaben relevanten Auswirkungen auf. Basierend auf Reglementierungen des AschG idgF [38] werden in der Bauphase geeignete Maßnahmen zum Schutze der Arbeiter getroffen [5], [7] (z.B. Minimierungsmaßnahmen, Einhaltung von Mindestabständen im Betrieb elektrischer Anlagen, Unterweisung, Kennzeichnung, Absperrung, Schulung etc.).

6.2.7.2 Betriebsphase

In diesem Abschnitt wurden folgende Querprofile untersucht:

- QP17: KAB-Bahnkilometer 39,200
- QP18: KAB-Bahnkilometer 40,400
- QP19: KAB-Bahnkilometer 43,880
- QP20: KAB-Bahnkilometer 56,500
- QP21: KAB-Bahnkilometer 72,800
- QP22: KAB-Bahnkilometer 73,700

Abbildung 6-78: Übersichtsplan der Querprofile 17-22 im Abschnitt 4 –Weststeiermark - Lavanttal[42]

[42] Orthofotos von Bing Aerial am 04.04.2016 und http://www.qgis.org/de/site/

6.2.7.3 Querprofil 17: KAB-Bahnkilometer 39,200

Die Abbildung 6-79 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die Überführung der Gemeindestraße Lebing-Gleinz.

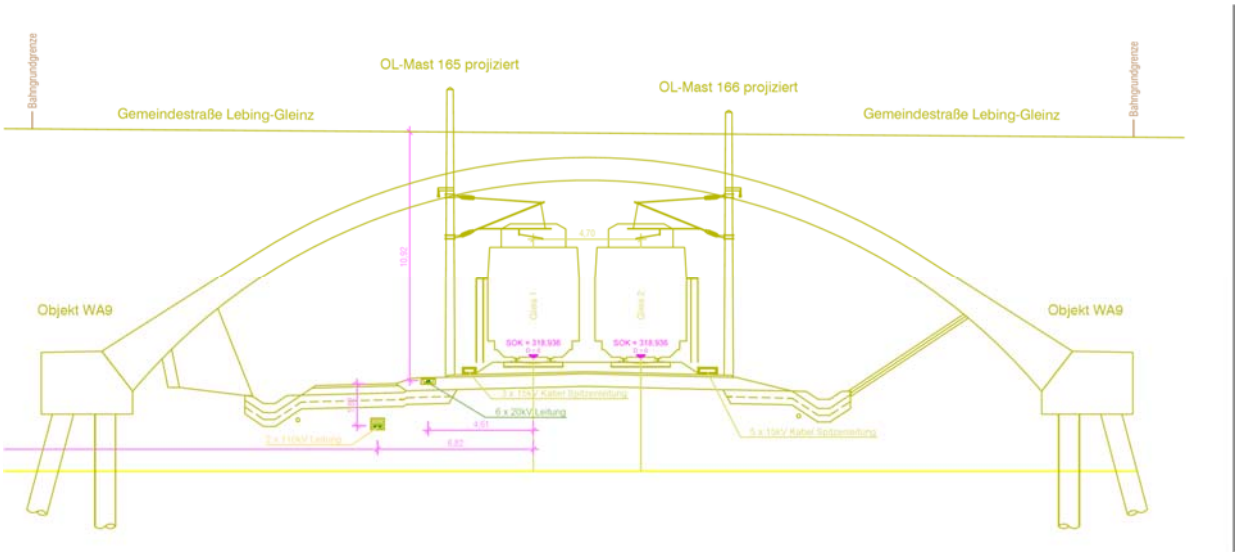


Abbildung 6-79: Querprofil 17 bei KAB-Bahnkilometer 39,200 [T2] [T8]

6.2.7.3.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 17 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	K1	K2	V1	V2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	U1	U2	U3	U4	U5	U6
Varianten mit Strömen in A																	
1027	1027	650	-650	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260	591	591	591	0	0	0
1027	1027	650	-650	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	591	591	591
1027	1027	650	-650	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	591	591	0
1027	1027	650	-650	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	591	591	0
1027	1027	650	-650	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	591	0	591
1027	1027	650	-650	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	591	0	591
1027	1027	650	-650	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	0	591	591
1027	1027	650	-650	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	0	591	591
1027	1027	650	-650	591	591	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	591	0	0
1027	1027	650	-650	591	591	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	0	591	0
1027	1027	650	-650	591	591	-130	-130	260	-130	-130	260	0	0	0	0	0	591

Tabelle 6-116: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 17

G1	G2	K1	K2	V1	V2	U1	U2	U3	U4	U5	U6	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A																	
1027	1027	650	-650	591	0	364	0	0	0	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	591	364	0	0	0	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	364	0	0	591	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	364	0	0	0	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	364	0	0	0	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	591	0	0	364	0	0	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	591	0	364	0	0	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	0	364	0	591	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	0	364	0	0	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	0	364	0	0	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	591	0	0	0	364	0	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	591	0	0	364	0	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	0	0	364	591	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	0	0	364	0	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260
1027	1027	650	-650	0	0	0	0	364	0	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260
0	0	650	-650	591	591	591	591	209	436	0	0	-130	-130	260	-130	-130	260
0	0	650	-650	591	436	209	591	591	0	591	0	-130	-130	260	-130	-130	260
0	0	650	-650	436	591	591	209	591	0	0	591	-130	-130	260	-130	-130	260
0	0	650	-650	0	591	591	591	209	591	436	0	-130	-130	260	-130	-130	260
0	0	650	-650	0	0	209	591	591	591	591	436	-130	-130	260	-130	-130	260

Tabelle 6-117: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 17

G1	G2	K1	K2	V1	V2	U1	U2	U3	U4	U5	U6	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A																	
227	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	391	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	391	0	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	391	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	0	227	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	0	0	227	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	0	0	0	227	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	0	0	0	0	391	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	391	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	391	-50	-50	100	-50	-50	100

Tabelle 6-118: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 17

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

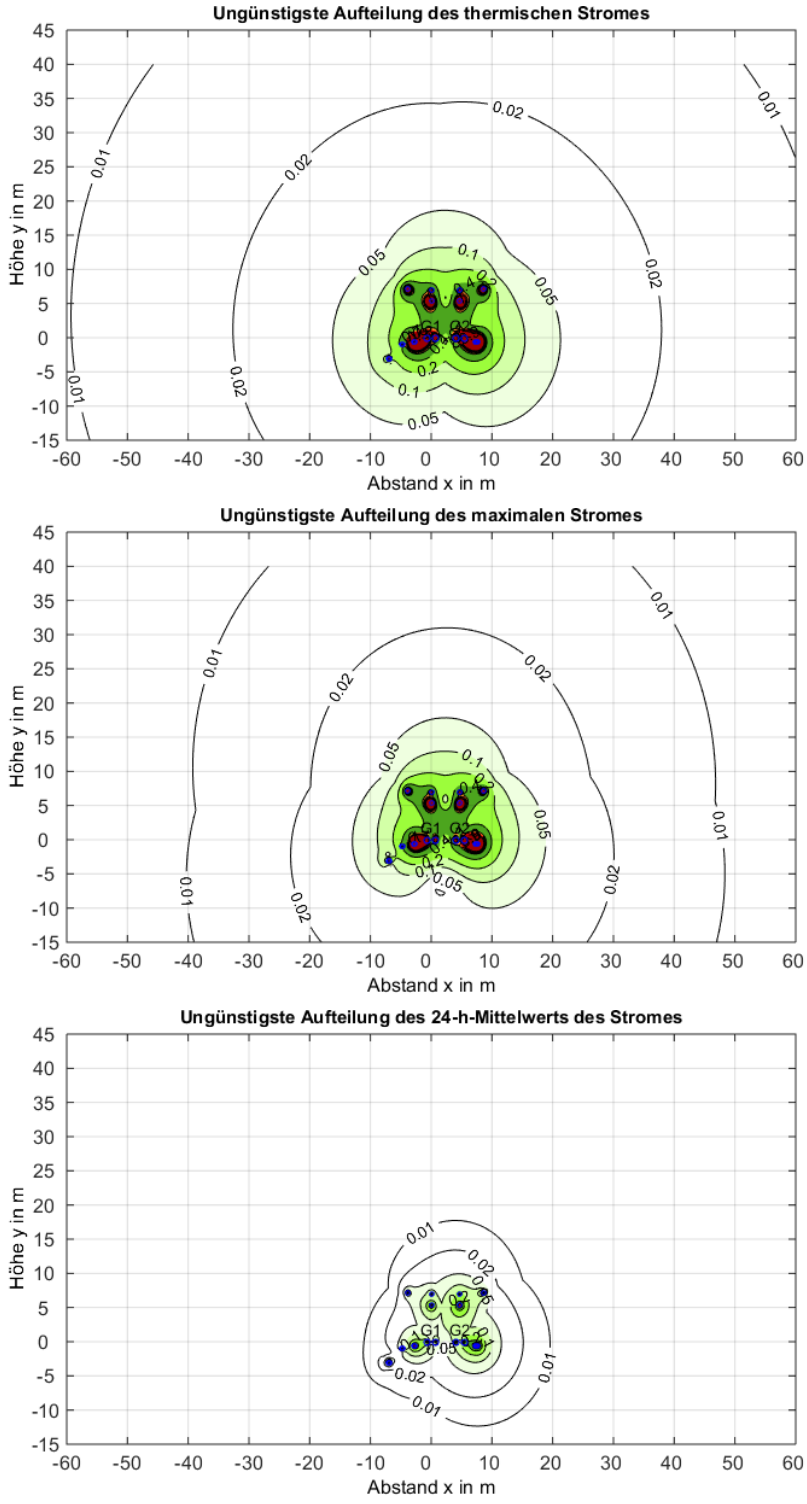


Abbildung 6-80: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 17 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 39,200

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02
25	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03
20	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04
15	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,07
9	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,16	0,28	0,28	0,28	0,28	0,15	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,28
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,25	0,45	0,66	0,66	0,45	0,25	0,10	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,66
2	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,10	0,27	0,36	0,51	0,51	0,36	0,29	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,51
1,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,30	0,51	0,65	0,67	0,54	0,33	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,67
1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,34	0,81	0,95	0,96	0,83	0,37	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,96
0,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,38	1,29	1,63	1,63	1,29	0,42	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	1,63
-1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,60	2,11	1,26	1,27	2,11	0,48	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	2,11
-5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,17	0,21	0,21	0,21	0,22	0,18	0,09	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,22
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,60	2,11	1,63	1,63	2,11	0,48	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-119: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 17 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 39,200

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,07
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,13	0,25	0,26	0,26	0,25	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,26
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,07	0,20	0,40	0,59	0,56	0,37	0,23	0,08	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,59
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,25	0,37	0,44	0,44	0,44	0,31	0,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,44
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,28	0,50	0,49	0,50	0,59	0,35	0,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,59
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,31	0,72	0,63	0,71	0,82	0,38	0,10	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,82
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,33	1,08	1,10	1,22	1,23	0,42	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,23
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,48	1,60	0,96	1,08	1,83	0,44	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,83
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06	0,10	0,10	0,08	0,12	0,14	0,13	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,14
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,48	1,60	1,10	1,22	1,83	0,44	0,10	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-120: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 17 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 39,200

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	5,7	6,7	9,7	14,7	19,7	24,7	54,7	104,7	124,7	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07	0,11	0,19	0,13	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,07	0,12	0,11	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,04	0,08	0,07	0,12	0,14	0,08	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,11	0,10	0,17	0,19	0,09	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	0,17	0,17	0,29	0,29	0,10	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,29
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,14	0,28	0,15	0,26	0,48	0,11	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,48
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,14	0,28	0,17	0,29	0,48	0,11	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-121: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 17 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 39,200

Aus der Abbildung 6-80 bzw. der Tabelle 6-119 und Tabelle 6-120 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 17 (siehe Abbildung 6-81) gewählt. Der Punkt P 17 befindet sich in ca. 70m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle *6-119* bei 0,01 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 1% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-81: Querprofil 17 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer .90 im Punkt P17[43]

[43] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.7.3.2 Aufpunktgerade – Überführung WA9 Gemeindestraße Lebing-Gleinz – KAB-Bahnkilometer 39,200

Für die Berechnung des magnetischen Feldes wurden die in Abbildung 6-80 dargestellten Abmessungen herangezogen. Ausgehend von diesen Abmessungen wurden die Berechnungen des magnetischen Feldes entlang von Aufpunktgeraden für die Fahrbahnoberkante durchgeführt.

Magnetisches Feld entlang einer Aufpunktgeraden

Die Abbildung 6-82 zeigt die Aufpunktgeraden des magnetischen Feldes in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m und 2,5 m über der die Fahrbahnoberkante auf Basis des:

- ❑ Thermischen Stromes
- ❑ Maximalen Laststromes
- ❑ 24-h-Mittelwert des Stroms

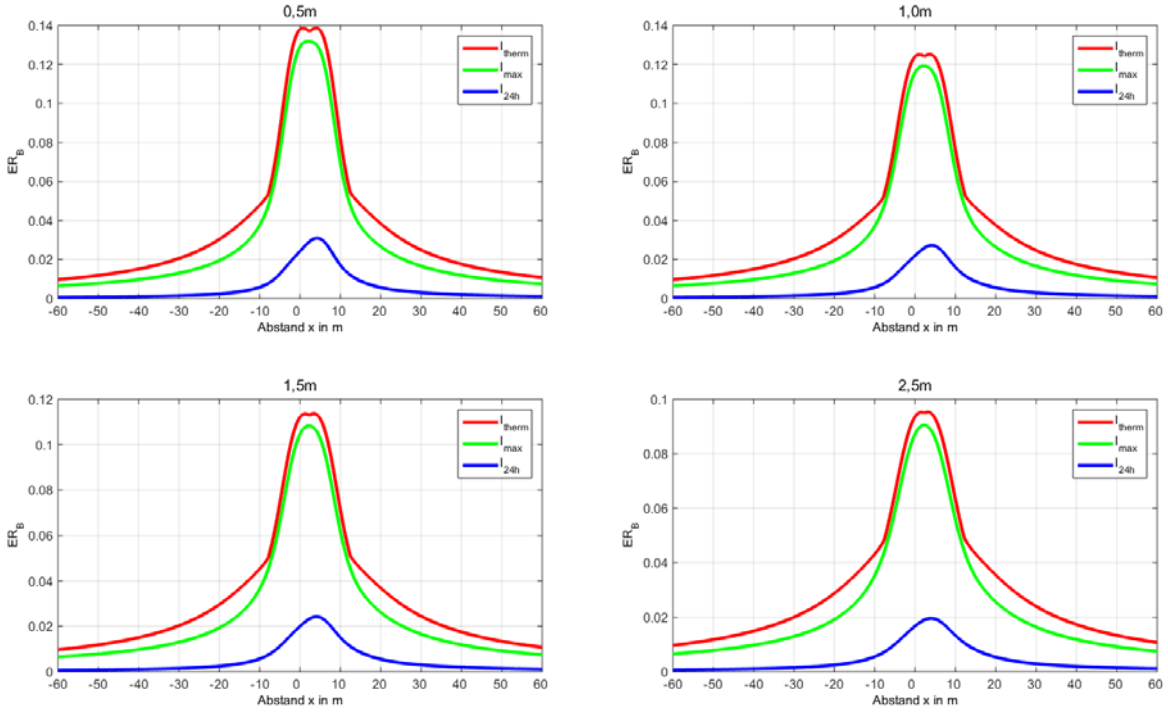


Abbildung 6-82: Expositionsverhältnis der magnetisches Flussdichte (16,7 Hz) entlang einer Aufpunktgeraden in 0,5, 1,0m, 1,5m und 2,5 m Höhe über der Fahrbahnoberkante der Überführung Gemeindestraße Lebing-Gleinz – KAB-Bahnkilometer 39,200

Die maximalen Werte für das Expositionsverhältnis des magnetischen Feldes entlang der Aufpunktgeraden in Abhängigkeit der Höhe und der unterschiedlichen Ströme sind in Tabelle 6-122 dargestellt.

Tabelle 6-122: Maximale Werte der magnetischen Flussdichte für den thermischen, maximalen Laststrom und den 24-h Mittelwert des Stromes in 0,5 m, 1,0 m 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante, HüF: Höhe über Fahrbahnoberkante

Höhe in m über SOK	**Expositionsverhältnis der magn. Flussdichte**			
	Itherm	**Imax**	**I24h**	HüF in m
11,5	0,139	0,132	0,031	0,5
12,0	0,125	0,119	0,027	1
12,5	0,114	0,108	0,024	1,5
13,5	0,095	0,090	0,020	2,5

Die maximal zulässigen Grenzen für das magnetische Feld TER kleiner 1 (entspricht z.B. 300 µT für 16,7 Hz, Allgemeinbevölkerung) gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [1], bzw. ICNIRP [5], [6] für den thermischen Strom werden in 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m bzw. 2,5 m über der Fahrbahnoberkante (HüF) eingehalten.

6.2.7.4 Querprofil 18: KAB-Bahnkilometer 40,400

Die Abbildung 6-83 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die freie zweigleisige Strecke kurz vor dem KAT-Ostportal.

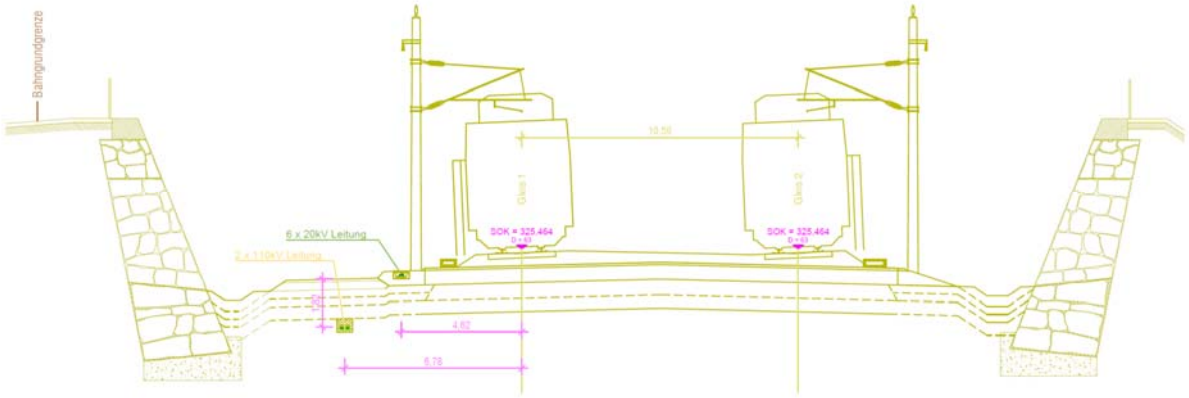


Abbildung 6-83: Querprofil 18 bei KAB-Bahnkilometer 40,400 [T2] [T7]

6.2.7.4.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 18 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	V1	V2	K1	K2	K3	K4	K5	K46	K7	K7
Varianten mit Strömen in A											
1027	1027	907	269	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130
1027	1027	269	907	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130
1027	389	907	907	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130
389	1027	907	907	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130

Tabelle 6-123: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 18

G1	G2	V1	V2	K1	K2	K3	K4	K5	K46	K7	K7
Varianten mit Strömen in A											
1027	1027	364	591	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130
1027	711	364	907	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130
484	1027	907	591	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130
484	711	907	907	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130

Tabelle 6-124: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 18

G1	G2	V1	V2	K1	K2	K3	K4	K5	K46	K7	K7
Varianten mit Strömen in A											
227	0	0	0	277	-277	-50	100	-50	-50	100	-50
0	391	0	0	277	-277	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	227	0	277	-277	-50	100	-50	-50	100	-50
0	0	0	391	277	-277	-50	100	-50	-50	100	-50

Tabelle 6-125: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 18

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

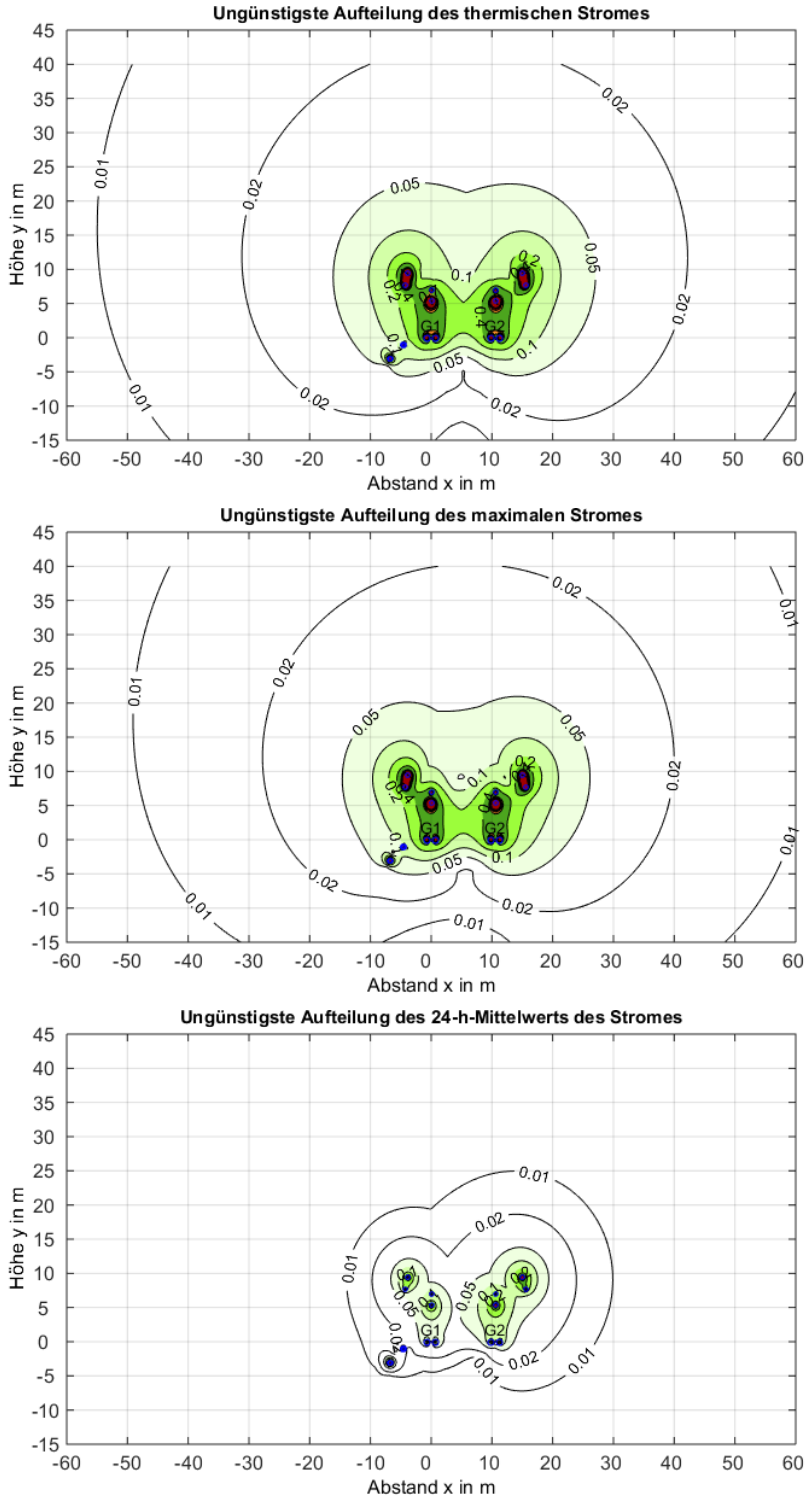


Abbildung 6-84: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 18 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 40,400

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	11,6	12,6	15,6	20,6	25,6	30,6	60,6	110,6	130,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,03
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,04
20	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,06
15	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,08	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,11
9	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,71	0,26	0,17	0,17	0,17	1,31	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	1,31
4	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09	0,21	0,47	0,66	0,66	0,47	0,21	0,09	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,66
2	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,18	0,43	0,55	0,55	0,43	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,55
1,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,17	0,43	0,59	0,59	0,43	0,18	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,59
1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,16	0,44	0,68	0,68	0,44	0,17	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,68
0,5	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,08	0,15	0,44	0,93	0,93	0,44	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,93
-1	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,24	0,27	0,35	0,35	0,27	0,12	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,35
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,06
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,71	0,47	0,93	0,93	0,47	1,31	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-126: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 18 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 40,400

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	11,6	12,6	15,6	20,6	25,6	30,6	60,6	110,6	130,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
25	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,05
15	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,10	0,07	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,10
9	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,68	0,25	0,15	0,12	0,13	1,28	0,11	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,28
4	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,08	0,17	0,43	0,62	0,63	0,44	0,19	0,08	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	0,63
2	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,15	0,36	0,48	0,51	0,39	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,51
1,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,14	0,37	0,52	0,54	0,39	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,54
1	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,07	0,13	0,37	0,59	0,62	0,40	0,15	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,62
0,5	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,12	0,37	0,81	0,85	0,39	0,14	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,85
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,22	0,23	0,32	0,32	0,24	0,11	0,06	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,32
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
max	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,09	0,68	0,43	0,81	0,85	0,44	1,28	0,11	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-127: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 18 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 40,400

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	11,6	12,6	15,6	20,6	25,6	30,6	60,6	110,6	130,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,14	0,09	0,06	0,08	0,12	0,48	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,48
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,11	0,20	0,13	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,06	0,07	0,13	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,13	0,09	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14	0,09	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,11	0,18	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,08	0,03	0,04	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,08
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,14	0,09	0,11	0,20	0,13	0,48	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-128: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 18 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 40,400

Aus der Abbildung 6-84 bzw. der Tabelle 6-126 und Tabelle 6-127 kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 18 (siehe Abbildung 6-85) gewählt. Der Punkt P 18 befindet sich in ca. 65m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle 6-126 bei 0,01 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 1% ausgeschöpft werden.

Abbildung 6-85: Querprofil 18 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 332/17 im Punkt P18[44]

[44] Aus GIS-Steiermark 2016

6.2.7.5 Querprofil 19: KAB-Bahnkilometer 43,880

Aufgrund der räumlichen Enge im Tunnel werden im Folgenden, zur Berechnung der magnetischen Felder, folgende 3 Varianten untersucht und nachgewiesen, dass unter der Voraussetzung der angegebenen Stromannahmen (Basis Lastflussberechnung, Schutzeinstellung) die magnetischen Felder in Bereichen, die der allgemeinen Bevölkerung zugänglich sind (das ist z.B.: der Fluchtweg im Tunnel oder die Aufenthaltsbereiche im Zug) eingehalten werden.

1. Variante: 1 Rückleiter mit 150mm² bei I_{max} = 1500A (Gleis2)
2. Variante: 1 Rückleiter mit 240mm² bei I_{max} = 1618A (Gleis2)
3. Variante: 2 Rückleiter mit 150mm² und I_{max} = 1618A (Gleis 2)

Die Abbildung 6-86 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den KAT-Anfang.

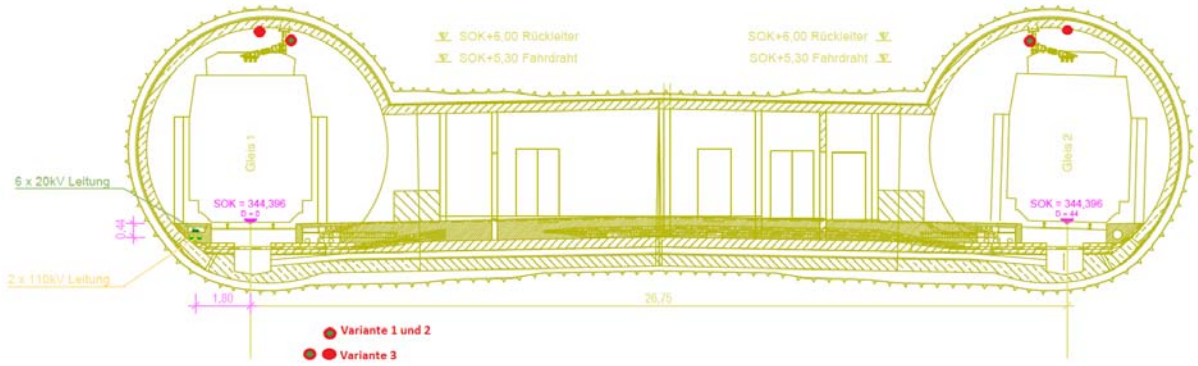


Abbildung 6-86: Querprofil 19 bei KAB-Bahnkilometer 43,880 [T2] [T7]

6.2.7.5.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 19 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Varianten mit Strömen in A															
1391	1500	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	150	-75	-75	-75	-75	150

Tabelle 6-129: Variante 1: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 19

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Varianten mit Strömen in A															
1391	1618	650	-650	-130	260	-130	-130	260	-130	150	-75	-75	-75	-75	150

Tabelle 6-130: Variante 2 bzw. Variante 3: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 19

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Varianten mit Strömen in A															
227	0	277	-277	-50	100	-50	-50	100	-50	75	-38	-38	-38	-38	150
0	391	277	-277	-50	100	-50	-50	100	-50	75	-38	-38	-38	-38	150

Tabelle 6-131: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 19

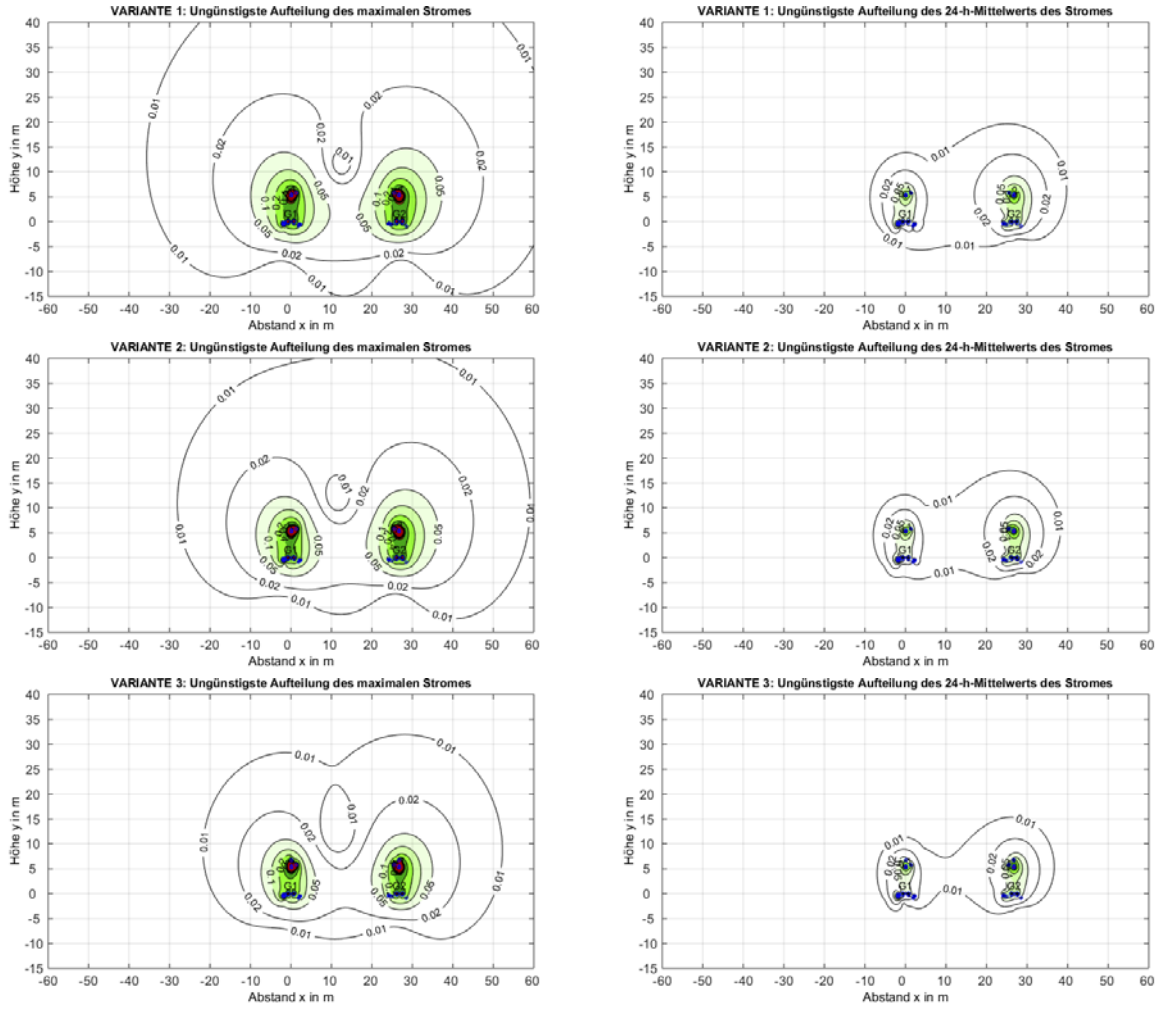


Abbildung 6-87: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27,8	28,8	31,8	36,8	41,8	46,8	76,8	126,8	146,8	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,14	0,15	0,17	0,16	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,17
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,43	0,67	0,72	0,46	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,72
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,37	0,48	0,51	0,38	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,51
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,13	0,37	0,50	0,54	0,38	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,54
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,12	0,36	0,55	0,61	0,38	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,61
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,12	0,35	0,74	0,82	0,38	0,12	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,82
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,09	0,32	0,27	0,30	0,25	0,09	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,32
-5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,43	0,74	0,82	0,46	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-132: Variante 1: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27,8	28,8	31,8	36,8	41,8	46,8	76,8	126,8	146,8	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,07	0,11	0,19	0,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,13	0,10	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,14	0,10	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,16	0,10	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,21	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,05	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,11	0,21	0,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-133: Variante 1: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27,8	28,8	31,8	36,8	41,8	46,8	76,8	126,8	146,8	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,12	0,13	0,16	0,14	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,16
4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,12	0,37	0,59	0,68	0,43	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,68
2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,31	0,40	0,46	0,34	0,12	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,46
1,5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,30	0,41	0,47	0,34	0,12	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,47
1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,10	0,30	0,45	0,53	0,34	0,11	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,53
0,5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,10	0,29	0,59	0,70	0,33	0,10	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,70
-1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,31	0,23	0,25	0,21	0,08	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,31
-5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,12	0,37	0,59	0,70	0,43	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-134: Variante 2: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27,8	28,8	31,8	36,8	41,8	46,8	76,8	126,8	146,8	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,17	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,12	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,07	0,13	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,18	0,08	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,05	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,10	0,18	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-135: Variante 2: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27,8	28,8	31,8	36,8	41,8	46,8	76,8	126,8	146,8	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,10	0,12	0,11	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,12
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,31	0,51	0,59	0,36	0,11	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,59
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,25	0,32	0,37	0,28	0,10	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,37
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,25	0,33	0,38	0,27	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,38
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,24	0,35	0,42	0,27	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,42
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,08	0,24	0,47	0,56	0,26	0,08	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,56
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,06	0,32	0,19	0,20	0,17	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,32
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,32	0,51	0,59	0,36	0,11	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-136: Variante 3: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27,8	28,8	31,8	36,8	41,8	46,8	76,8	126,8	146,8	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,09	0,15	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,05	0,09	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,10	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,11	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,07	0,15	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,05	0,05	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,09	0,15	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-137: Variante 3: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 19 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 43,880

Aus den Abbildungen und Tabellen kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden (siehe ÖVE/ÖNORM EN 50500 [81]).

6.2.7.6 Querprofil 20: KAB-Bahnkilometer 56,500

Aufgrund der räumlichen Enge im Tunnel werden im Folgenden, zur Berechnung der magnetischen Felder, folgende 3 Varianten untersucht und nachgewiesen, dass unter der Voraussetzung der angegebenen Stromannahmen (Basis Lastflussberechnung, Schutzeinstellung) die magnetischen Felder in Bereichen, die der allgemeinen Bevölkerung zugänglich sind (das ist z.B.: der Fluchtweg im Tunnel oder die Aufenthaltsbereiche im Zug) eingehalten werden.

1. Variante: 1 Rückleiter mit 150mm² bei I_{max} = 1500A (Gleis2)
2. Variante: 1 Rückleiter mit 240mm² bei I_{max} = 1618A (Gleis2)
3. Variante: 2 Rückleiter mit 150mm² und I_{max} = 1618A (Gleis 2)

Die Abbildung 6-88 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um die Nothaltestelle im KAT.

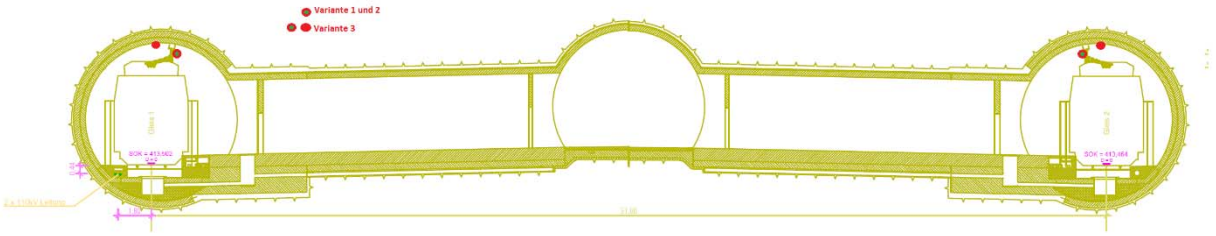


Abbildung 6-88: Querprofil 20 bei KAB-Bahnkilometer 56,500 [T2] [T7]

6.2.7.6.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 20 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A									
1391	1500	650	-650	150	-75	-75	-75	-75	150

Tabelle 6-138: Variante 1: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 20

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A									
1391	1618	650	-650	150	-75	-75	-75	-75	150

Tabelle 6-139: Variante 2 bzw. Variante 3: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 20

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A									
227	0	277	-277	75	-38	-38	-38	-38	75
0	391	277	-277	75	-38	-38	-38	-38	75

Tabelle 6-140: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 20

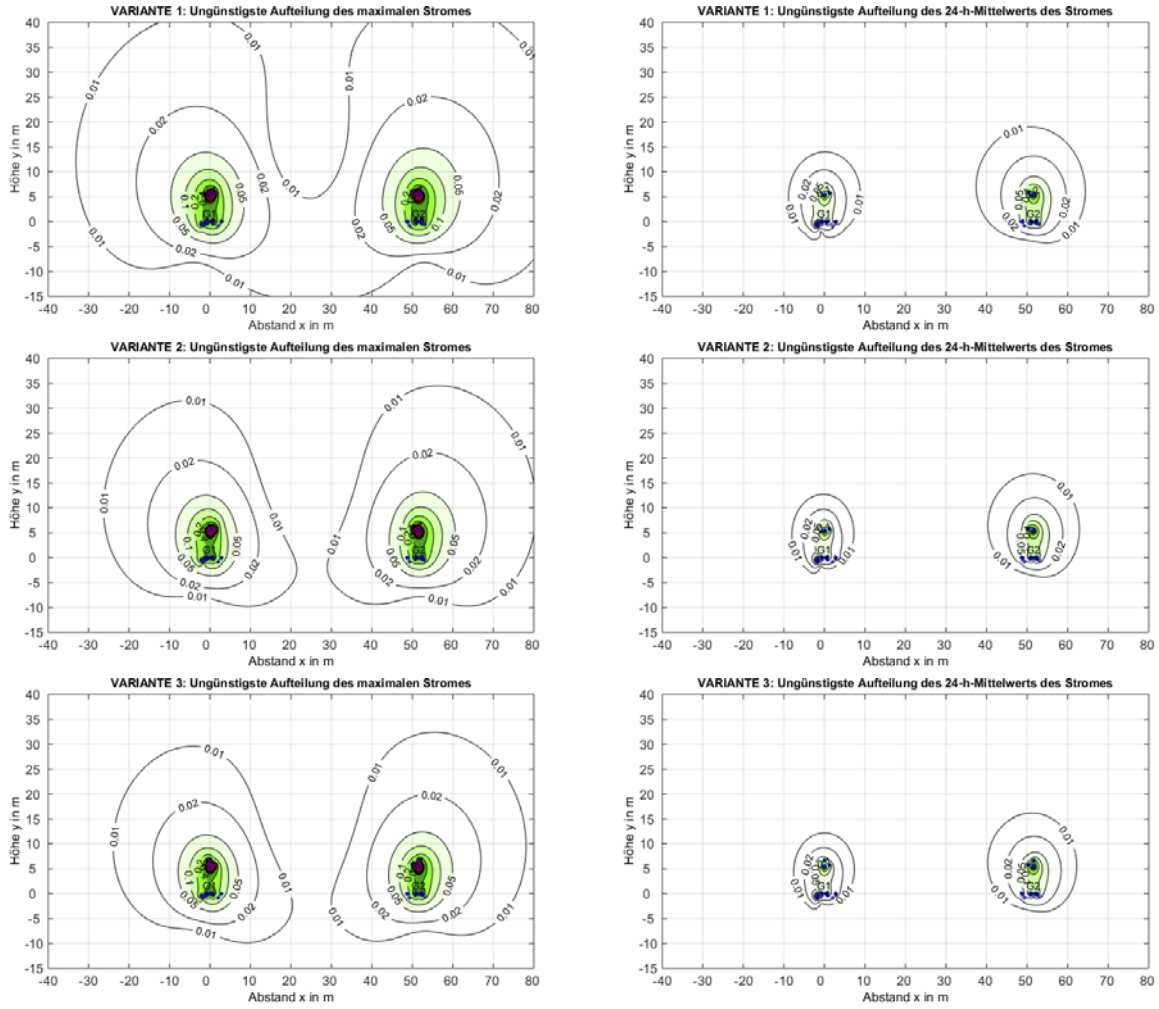


Abbildung 6-89: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	52,6	53,6	56,6	61,6	66,6	71,6	101,6	151,6	171,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,14	0,16	0,17	0,16	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,17
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,43	0,67	0,71	0,45	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,71
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,13	0,36	0,48	0,51	0,38	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,51
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,13	0,36	0,49	0,53	0,38	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,53
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,12	0,36	0,55	0,61	0,38	0,12	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,61
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,11	0,35	0,73	0,82	0,38	0,11	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,82
-1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,09	0,30	0,28	0,30	0,22	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,30
-5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,43	0,73	0,82	0,45	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-141: Variante 1: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	52,6	53,6	56,6	61,6	66,6	71,6	101,6	151,6	171,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,07	0,11	0,19	0,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,13	0,10	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,13	0,10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,15	0,10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,20	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,15	0,05	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,11	0,20	0,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-142: Variante 1: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	52,6	53,6	56,6	61,6	66,6	71,6	101,6	151,6	171,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,12	0,13	0,15	0,13	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,15
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,12	0,37	0,59	0,63	0,39	0,13	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,63
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,11	0,30	0,39	0,42	0,32	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,42
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,11	0,30	0,40	0,44	0,31	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,44
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,30	0,44	0,49	0,31	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,49
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,28	0,59	0,66	0,31	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,66
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,30	0,23	0,24	0,18	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,30
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,12	0,37	0,59	0,66	0,39	0,13	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-143: Variante 2: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	52,6	53,6	56,6	61,6	66,6	71,6	101,6	151,6	171,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,17	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,07	0,13	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,17	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,05	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,10	0,17	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-144: Variante 2: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	52,6	53,6	56,6	61,6	66,6	71,6	101,6	151,6	171,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,10	0,11	0,12	0,11	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,12
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,11	0,34	0,55	0,59	0,36	0,11	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,59
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,28	0,36	0,39	0,29	0,10	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,39
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,28	0,37	0,41	0,29	0,10	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,41
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,27	0,41	0,46	0,29	0,09	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,46
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,27	0,55	0,62	0,28	0,08	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,62
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,06	0,31	0,22	0,22	0,16	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,31
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,11	0,34	0,55	0,62	0,36	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-145: Variante 3: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	52,6	53,6	56,6	61,6	66,6	71,6	101,6	151,6	171,6	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
y in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,16	0,10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,10	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,12	0,08	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,16	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,10	0,16	0,10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-146: Variante 3: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 20 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 56,500

Aus den Abbildungen und Tabellen kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden (siehe ÖVE/ÖNORM EN 50500 [81]).

6.2.7.7 Querprofil 21: KAB-Bahnkilometer 72,800

Aufgrund der räumlichen Enge im Tunnel werden im Folgenden, zur Berechnung der magnetischen Felder, folgende 3 Varianten untersucht und nachgewiesen, dass unter der Voraussetzung der angegebenen Stromannahmen (Basis Lastflussberechnung, Schutzeinstellung) die magnetischen Felder in Bereichen, die der allgemeinen Bevölkerung zugänglich sind (das ist z.B.: der Fluchtweg im Tunnel oder die Aufenthaltsbereiche im Zug) eingehalten werden.

1. Variante: 1 Rückleiter mit 150mm² bei I_{max} = 1500A (Gleis2)
2. Variante: 1 Rückleiter mit 240mm² bei I_{max} = 1618A (Gleis2)
3. Variante: 2 Rückleiter mit 150mm² und I_{max} = 1618A (Gleis 2)

Die Abbildung 6-90 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den KAT3.

Abbildung 6-90: Querprofil 21 bei KAB-Bahnkilometer 72,800 [T2] [T7]

6.2.7.7.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 21 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A									
1391	1500	650	-650	150	-75	-75	-75	-75	150

Tabelle 6-147: Variante 1: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 21

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A									
1391	1618	650	-650	150	-75	-75	-75	-75	150

Tabelle 6-148: Variante 2 bzw. Variante 3: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 21

G1	G2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A									
227	0	277	-277	75	-38	-38	-38	-38	75
0	391	277	-277	75	-38	-38	-38	-38	75

Tabelle 6-149: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 21

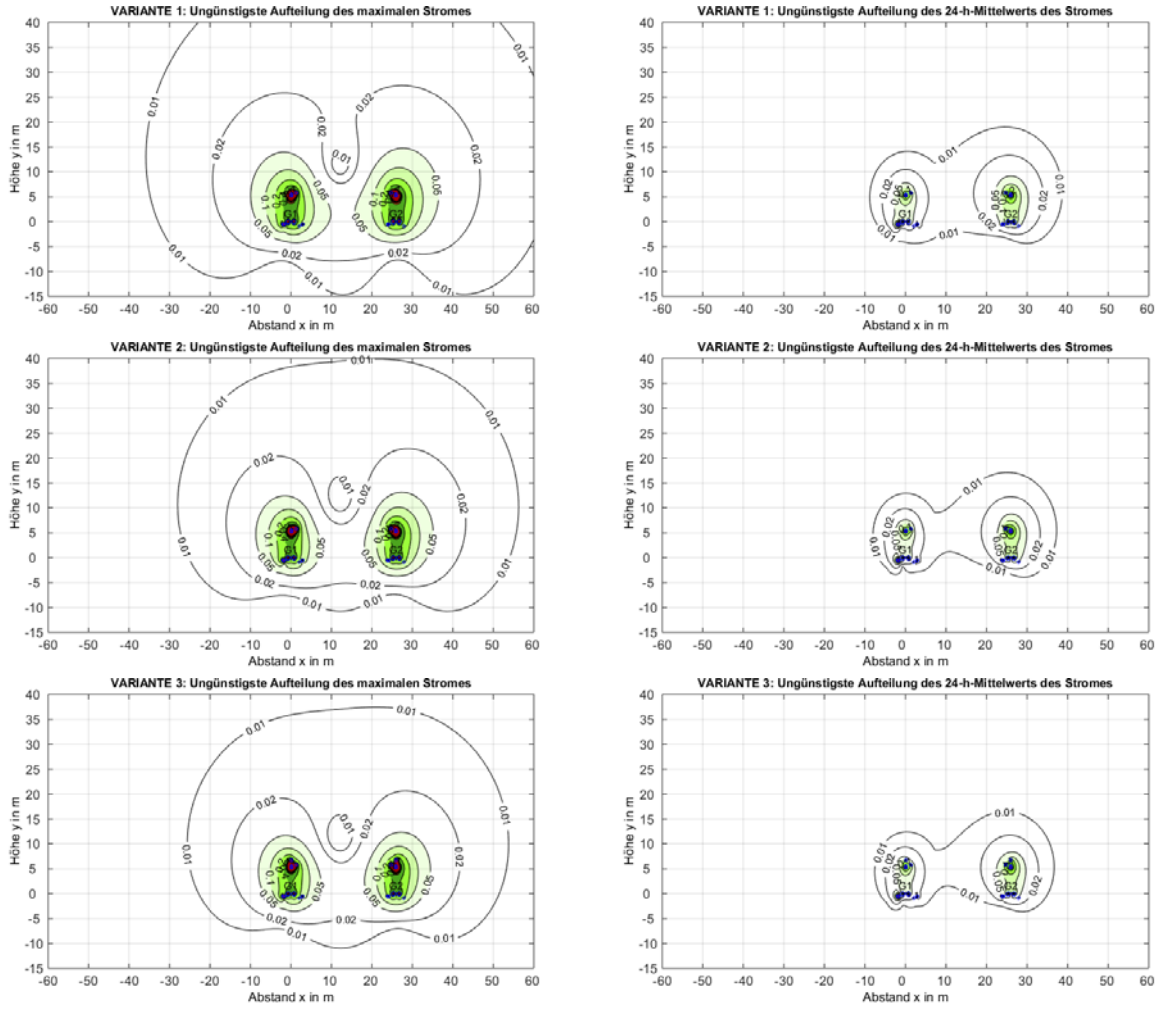


Abbildung 6-91: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27	28	31	36	41	46	76	126	146	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
15	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,05
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,14	0,15	0,19	0,17	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,19
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,43	0,67	0,77	0,49	0,16	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,77
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,37	0,48	0,55	0,41	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,55
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,13	0,37	0,50	0,57	0,41	0,14	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,57
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,12	0,37	0,56	0,65	0,41	0,13	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,65
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,04	0,12	0,36	0,75	0,87	0,40	0,12	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,87
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,09	0,31	0,28	0,31	0,28	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,31
-5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,14	0,43	0,75	0,87	0,49	0,16	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-150: Variante 1: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27	28	31	36	41	46	76	126	146	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,07	0,11	0,19	0,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,07	0,13	0,10	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,07	0,13	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,08	0,15	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,19	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,15	0,05	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,11	0,19	0,12	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-151: Variante 1: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27	28	31	36	41	46	76	126	146	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
9	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,07	0,12	0,13	0,15	0,13	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,15
4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,12	0,37	0,59	0,63	0,39	0,13	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,63
2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,30	0,39	0,42	0,32	0,11	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,42
1,5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,30	0,40	0,44	0,31	0,11	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,44
1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,10	0,30	0,45	0,49	0,31	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,49
0,5	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,10	0,29	0,59	0,66	0,31	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,66
-1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,30	0,23	0,24	0,21	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,30
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
max	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,12	0,37	0,59	0,66	0,39	0,13	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-152: Variante 2: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27	28	31	36	41	46	76	126	146	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,17	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,12	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,16	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,10	0,17	0,11	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-153: Variante 2: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27	28	31	36	41	46	76	126	146	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
25	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,10	0,11	0,12	0,11	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,12
4	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,11	0,34	0,55	0,59	0,36	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,59
2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,28	0,37	0,39	0,29	0,10	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,39
1,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,10	0,28	0,38	0,41	0,29	0,10	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,41
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,28	0,41	0,46	0,29	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,46
0,5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09	0,27	0,55	0,61	0,28	0,09	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,61
-1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,06	0,31	0,21	0,22	0,19	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,31
-5	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
max	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,11	0,34	0,55	0,61	0,36	0,11	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-154: Variante 3: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	27	28	31	36	41	46	76	126	146	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,16	0,10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,10	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,08	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,06	0,12	0,07	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,15	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,15	0,10	0,16	0,10	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-155: Variante 3: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 21 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 72,800

Aus den Abbildungen und Tabellen kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden (siehe ÖVE/ÖNORM EN 50500 [81]).

6.2.7.8 Querprofil 22: KAB-Bahnkilometer 73,700

Die Abbildung 6-92 zeigt den Aufbau des betreffenden Querprofils. Es handelt sich um den KAT-Westportal.

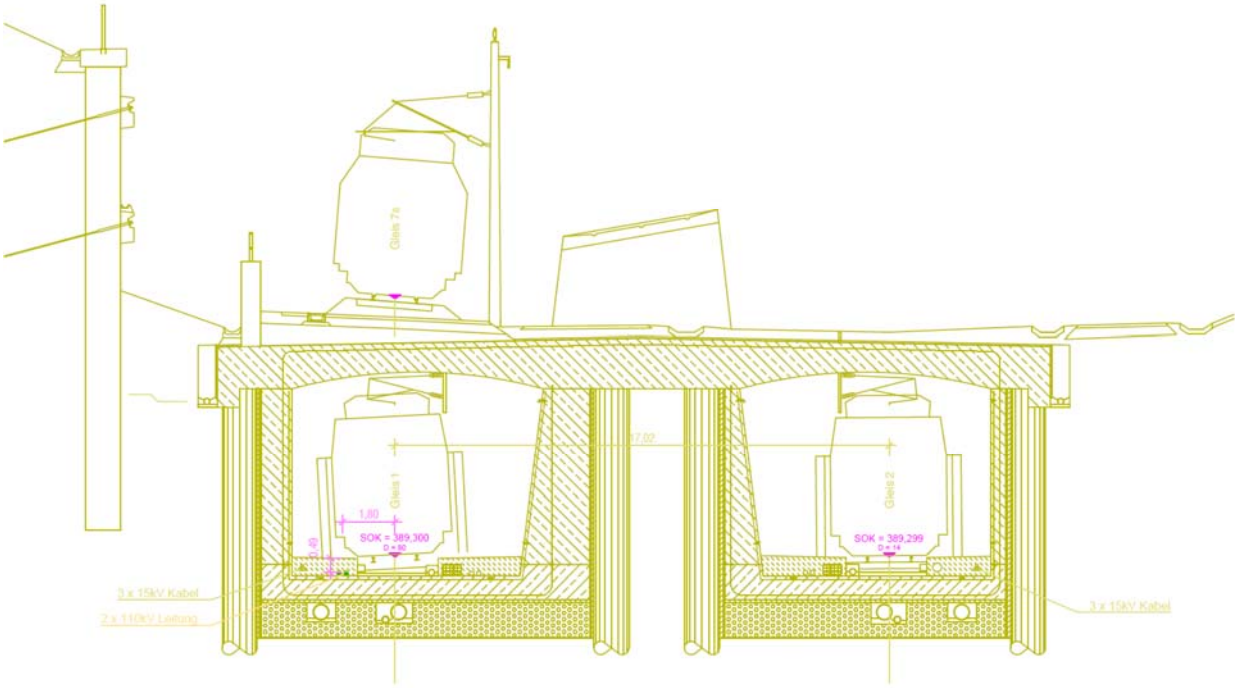


Abbildung 6-92: Querprofil 22 bei KAB-Bahnkilometer 73,700 [T2] [T8]

6.2.7.8.1 Berechnung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte

Die getroffenen Stromannahmen wurden aus den zur Verfügung gestellten Lastflusssimulationen der ÖBB unter Worst-Case Bedingungen ermittelt (siehe Kapitel 6.2.1).

Für die Berechnungen des Expositionsverhältnisses der magn. Flussdichte im Bereich des Querprofils 22 werden diese Ströme herangezogen, die im Sinne einer Worst-Case-Überlegung aufgeteilt werden.

G1	G2	G3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7
Varianten mit Strömen in A																	
1027	1027	173	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	0	0	591	591	591	0
173	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	0	0	591	591	591	0
1027	0	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	591	591	591	0	0	0	173
1027	0	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	448	591	0	0	0	907
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	12	0	0	0	0	0	907
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	591	328	0	0	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	591	328	0	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	0	591	328	0	0	0
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	0	0	591	328	0	0
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	0	0	0	591	328	0
1027	1027	1027	650	-650	-75	-75	150	-75	-75	150	0	0	0	0	0	591	328

Tabelle 6-156: Annahmen zur Aufteilung des thermischen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 22

G1	G2	G3	K1	K2	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A																	
1027	1027	643	650	-650	364	0	0	591	0	0	0	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	1027	643	650	-650	0	364	0	0	591	0	0	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	1027	643	650	-650	0	0	364	0	0	591	0	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	1027	0	650	-650	364	0	0	591	0	0	643	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	1027	0	650	-650	0	364	0	0	591	0	643	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	1027	0	650	-650	0	0	364	0	0	591	643	-75	-75	150	-75	-75	150
0	1027	643	650	-650	591	591	209	591	0	0	0	-75	-75	150	-75	-75	150
0	1027	643	650	-650	209	591	591	0	591	0	0	-75	-75	150	-75	-75	150
0	1027	643	650	-650	591	209	591	0	0	591	0	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	0	0	650	-650	364	0	0	591	591	436	643	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	0	0	650	-650	0	364	0	436	591	591	643	-75	-75	150	-75	-75	150
1027	0	0	650	-650	0	0	364	591	436	591	643	-75	-75	150	-75	-75	150

Tabelle 6-157: Annahmen zur Aufteilung des maximalen Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 22

G1	G2	K1	K2	V4	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Varianten mit Strömen in A																	
227	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	391	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	38	277	-277	0	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	227	0	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	0	277	0	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	0	0	277	0	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	0	0	0	391	0	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	391	0	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	391	0	-50	-50	100	-50	-50	100
0	0	0	277	-277	0	0	0	0	0	0	38	-50	-50	100	-50	-50	100

Tabelle 6-158: Annahmen zur Aufteilung des 24-h- Mittelwerts des Stroms auf die elektrische Bahnanlage im Querprofil 22

Simulationsergebnisse für den thermischen, den maximalen und den 24-h-Mittelwert des Stroms

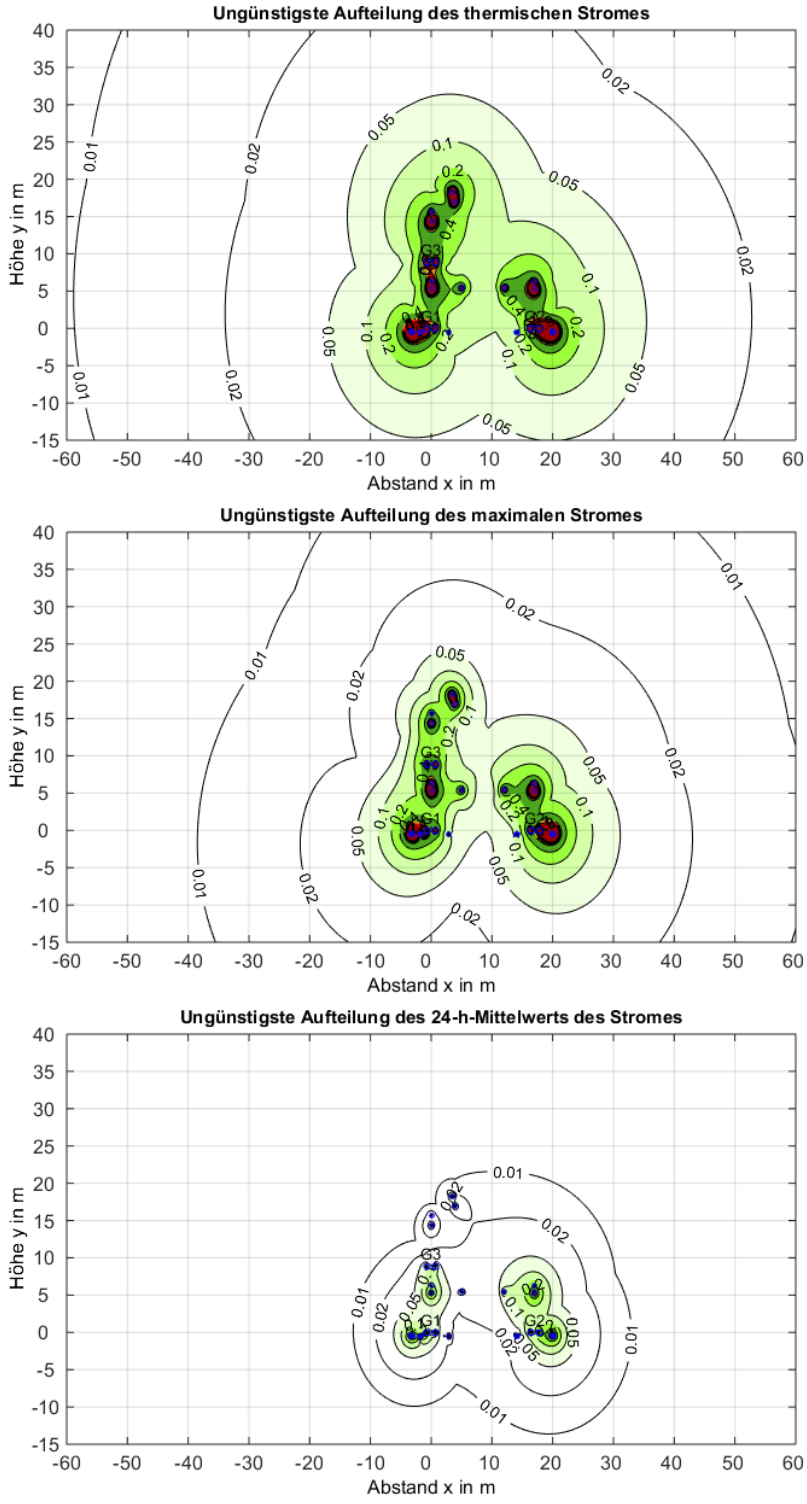


Abbildung 6-93: Isoliniendarstellung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte des Querprofils 22 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen, des maximalen und des 24-h-Mittelwert des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 73,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	18	19	22	27	32	37	67	117	137	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,05
25	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,09
20	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,11	0,15	0,16	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,16
15	0,00	0,01	0,01	0,03	0,05	0,07	0,16	0,39	0,66	0,09	0,09	0,07	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,66
9	0,00	0,01	0,01	0,03	0,04	0,06	0,10	0,43	1,62	0,23	0,20	0,13	0,08	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	1,62
4	0,00	0,01	0,01	0,04	0,05	0,09	0,17	0,29	0,48	0,56	0,37	0,15	0,11	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,56
2	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,30	0,43	0,48	0,54	0,42	0,27	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	0,54
1,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,35	0,62	0,64	0,72	0,63	0,32	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	0,72
1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,42	0,88	0,89	1,02	0,95	0,38	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	1,02
0,5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,11	0,50	1,20	1,47	1,68	1,42	0,45	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	1,68
-1	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,12	0,56	1,01	1,06	1,13	1,57	0,51	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	1,57
-5	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,10	0,19	0,21	0,20	0,20	0,22	0,19	0,10	0,06	0,04	0,01	0,01	0,00	0,22
max	0,00	0,01	0,01	0,04	0,06	0,12	0,56	1,20	1,62	1,68	1,57	0,51	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,00	

Tabelle 6-159: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 22 bei ungünstiger Aufteilung des thermischen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 73,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	18	19	22	27	32	37	67	117	137	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
20	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,06	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,07
15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,20	0,38	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,38
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,08	0,31	1,16	0,17	0,15	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	1,16
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,17	0,23	0,42	0,48	0,27	0,16	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,48
2	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,27	0,42	0,35	0,42	0,48	0,28	0,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,48
1,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,31	0,54	0,45	0,55	0,64	0,33	0,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,64
1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,36	0,73	0,62	0,77	0,90	0,38	0,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,90
0,5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,41	0,95	1,04	1,27	1,28	0,43	0,09	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	1,28
-1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,41	0,72	0,82	0,95	1,36	0,44	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	1,36
-5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,06	0,12	0,13	0,12	0,16	0,17	0,15	0,07	0,04	0,03	0,01	0,00	0,00	0,17
max	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,41	0,95	1,16	1,27	1,36	0,44	0,09	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00	

Tabelle 6-160: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 22 bei ungünstiger Aufteilung des maximalen Stromes bei KAB-Bahnkilometer 73,700

	Abstand x in m																		
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	18	19	22	27	32	37	67	117	137	max
	Abstand von Gleis G1 nach links in m									Abstand von Gleis G2 nach rechts in m									
	-120	-100	-50	-20	-15	-10	-5	-2	-1	1	2	5	10	15	20	50	100	120	
v in m	Expositionsverhältnis der magnetische Flussdichte ER_B																		
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,13	0,07	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,10	0,20	0,13	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,07	0,06	0,13	0,12	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13
1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,09	0,08	0,13	0,16	0,08	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,07	0,12	0,11	0,18	0,22	0,10	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,22
0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,09	0,15	0,19	0,31	0,32	0,11	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,32
-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,09	0,19	0,17	0,23	0,35	0,12	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,35
-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
max	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,09	0,19	0,19	0,31	0,35	0,12	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	

Tabelle 6-161: Expositionsverhältnis der magnetischen Flussdichte des Querprofils 22 bei ungünstiger Aufteilung des 24-h-Mittelwertes des Stromes bei KAB-Bahnkilometer 73,700

Aus den Abbildungen und Tabellen kann entnommen werden, dass in Bereichen, die der Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, die Grenzen von $ER_B \leq 1$ hinsichtlich der magnetischen Felder zum Schutz der Bevölkerung eingehalten werden.

Als Beispiel für die Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an einer Grundstücksgrenze wurde ein aussagekräftiger Punkt P 19 (siehe Abbildung 6-94) gewählt. Der Punkt P 19 befindet sich in ca. 13m Abstand zum Gleis G1 und dessen Maximalwert ER_B liegt nach Tabelle *6-159* zwischen 0,06 und 0,12 d.h. dass die maximal zulässigen Grenzen in diesem Punkt nur zu maximal 12% ausgeschöpft werden.

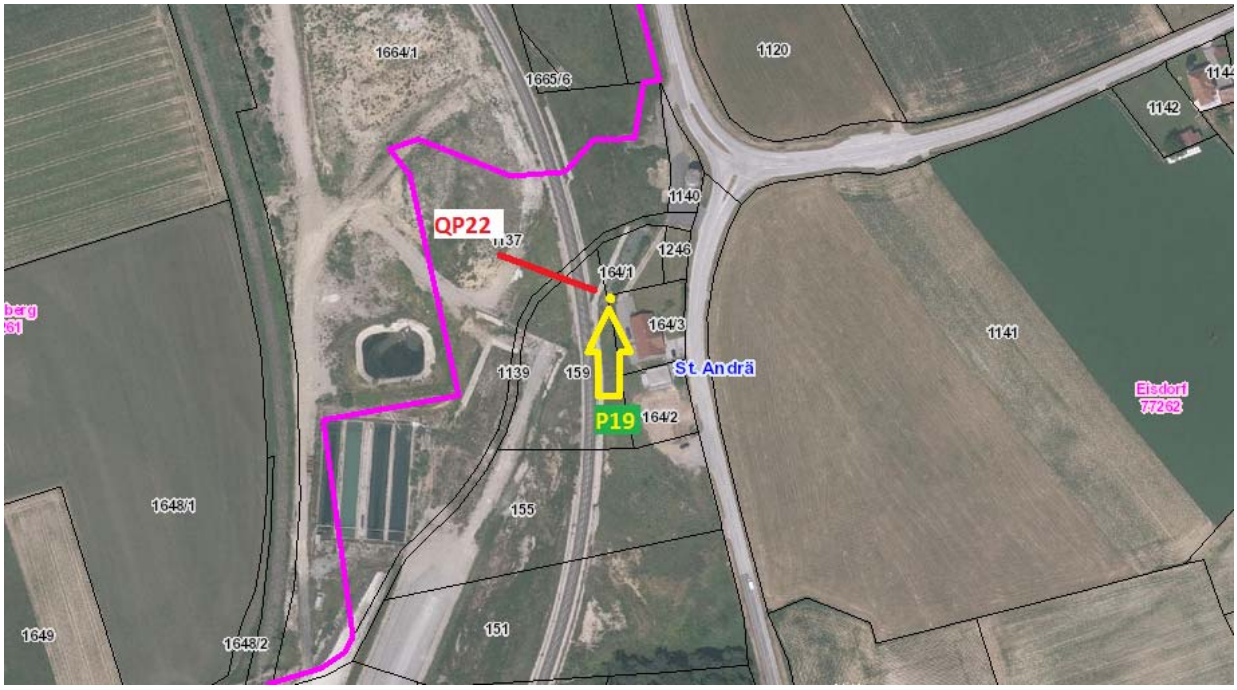


Abbildung 6-94: Querprofil 22 - Bild zur Ermittlung des Expositionsverhältnisses der magnetischen Flussdichte an der Grenze zur Gst.-Nummer 164/3 im Punkt P19[45]

[45] Aus GIS-Steiermark 2016