



NIS Abklärung
Entwicklungsprojekt Niederhasli

Lage der 1- μ T-Grenzlinie unter den Bedingungen der Emission gemäss NISV

ECH-286.06-001
Version 2.0

Auftraggeber:

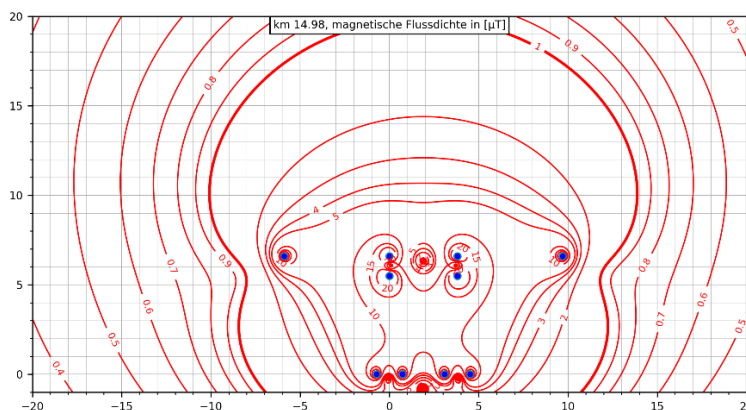
Schweizerische Bundesbahnen SBB
Kreditoren Immobilien
Poststrasse 6
3000 Bern 65

Herausgeber:

ENOTRAC AG
Seefeldstrasse 8
CH-3600 Thun
Tel. +41 33 346 66 11
Fax +41 33 346 66 12
info@enotrac.com
www.enotrac.com

Freigegeben
13.10.2020

ECH-286.06-001.V2.0.NIS_Bericht_Niederhasli.docx
© ENOTRAC AG



Aktuelle Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
2.0	13.10.2020	Freigegeben	C. Sauter	S. Nydegger	S. Nydegger

Vorherige Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	21.09.2020	Freigegeben	C. Sauter	J. Tschumi	S. Nydegger

Änderungen seit der vorherigen Version

Korrektur der Lage des zukünftigen Gleises gemäss neuen Angaben SBB.

Urheberrecht

Dieses Dokument wurde durch ENOTRAC AG im Auftrag des Kunden erarbeitet. Für das Dokument und den darin dargestellten Gegenstand erhält der Kunde das Nutzungsrecht. Die Urheberrechte liegen bei ENOTRAC AG. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhalts über die vorgesehene Nutzung hinaus sind ohne schriftliche Zustimmung verboten.

© ENOTRAC AG

Bookmarks

Projekttitel	ProjTitle1	NIS Abklärung
	ProjTitle2	Entwicklungsprojekt Niederhasli
Berichttitel	DocTitle1	Lage der 1- μ T-Grenzlinie unter den Bedingungen
	DocTitle2	der Emission gemäss NISV
	DocTitle3	
Berichtnummer	DocNumber	ECH-286.06-001
Auftraggeber	ClientName	Schweizerische Bundesbahnen SBB
	ClientAddr	Kreditoren Immobilien Poststrasse 6 3000 Bern 65
Logos	EnoLogoHeader	
	ClientLogo1Header	
	ClientLogo2Header	
Kontakt	Contact	Claudia Sauter, Tel. +41 33 346 66 47
	Contact_Mail	claudia.sauter@enotrac.com

Inhalt:

1	Einleitung, Zusammenfassung	4
1.1	Ausgangslage, Aufgabenstellung	4
1.2	Zusammenfassung	5
2	Beschreibung des Simulationsmodells	7
2.1	Allgemeines	7
2.1.1	Koordinatenfestlegung	7
2.1.2	Modellbereich	7
2.2	Feld verursachender Strom	8
2.2.1	Allgemeines	8
2.2.2	Hochrechnung Doppelspurausbau	8
2.2.3	Massgebender Strom Niederhasli	8
2.3	Anordnung und Parameter der Leiter	8
2.3.1	Leitereigenschaften	8
2.3.2	Relevante Querprofile entlang dem Untersuchungsperimeter	9
2.4	Querverbindungen Oberleitung	10
2.5	Erdung und Querverbindung Rückleiter	11
3	Verwendete Tools	12
3.1	SIMNET	12
3.2	EMFCALC	13
4	Ergebnisse	14
5	Referenzen	15
6	Anhang	16
6.1	Verwendete Abkürzungen	16

1 EINLEITUNG, ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Ausgangslage, Aufgabenstellung

SBB Immobilien plant auf der Parzelle 2990 bei der Station Niederhasli eine Arealentwicklung (siehe Abbildung 1-1). In diesem Zusammenhang soll auf der Nordseite der Bahn die von der Fahrleitungsanlage verursachte Belastung mit nichtionisierender Strahlung (NIS) gemäss den Vorgaben der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) [1] bestimmt werden. Die maximale horizontale Ausdehnung des Bereichs magnetischer Flussdichten $>1 \mu\text{T}$ (Anlagegrenzwert AGW), wie sie sich unter den Bedingungen der Emission gemäss NISV ergibt, ist dabei entlang der Strecke im Untersuchungsperimeter von km 14.98 bis 15.16 auszuweisen.

Niederhasli liegt an der SBB-Linie Oberglatt – Niederweningen, die im Stich ab Oberglatt gespeist wird. Da die Linie Oberglatt – Niederweningen vor Inkrafttreten der NISV am 1. Februar 2000 in Betrieb war (und damit eine «alte Anlage» im Sinne der NISV ist) und ein Rückleiterseil vorhanden ist, erfüllt die aktuelle Anlage die Anforderungen der NISV an alte Anlagen. Gleichzeitig darf im Rahmen der geltenden Bauordnungen gebaut werden, auch wenn dadurch Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) im Bereich magnetischer Flussdichten über dem AGW entstehen.

Die Linie Oberglatt – Niederweningen ist im aktuellen kantonalen Richtplan [2] als Objekt Nr. 48 mit Zeithorizont «langfristig (Trasseesicherung)» für den Doppelspurausbau vorgesehen. Das zusätzliche Gleis käme dabei gemäss den Angaben von SBB in [7] und [8] im Bereich der heutigen Station Niederhasli auf der südlichen Seite des bestehenden Gleises (links bei Blickrichtung aufsteigende Kilometrierung der Eisenbahnlinie) zu liegen [3]. Bezüglich der Bahn-Infrastruktur und deren Betrieb ist daher für die vorliegende Untersuchung der Zustand 2040+ mit Doppelspurausbau relevant.

Nach aktueller Praxis des BAFU (und einem Bundesgerichtsentscheid für einen Doppelspurausbau in Goldach¹) müsste die SBB beim Doppelspurausbau nachweisen, dass der AGW bei allen OMEN – d.h. auch auf der Südseite der Bahnlinie – eingehalten wird. Es wird daher auch eine Aussage zur Einhaltung des AGW bei den OMEN auf der Südseite gemacht.

Nach NISV müssen die Immissionsgrenzwerte für die magnetische Flussdichte (300 μT) und das elektrische Feld (10 kV/m) überall eingehalten werden, wo sich Menschen aufhalten können (NISV Art. 13; Grenzwerte gemäss NISV Anhang 2, Ziff. 11 für 16.7 Hz [1]). Für Freileiter von Fahrleitungsanlagen werden diese Immissionsgrenzwerte erfahrungsgemäss an allen zugänglichen Orten eingehalten, weil die Sicherheitsabstände gegen elektrischen Schlag bei 15 kV grösser sind als die Bereiche, in welchen die Immissionsgrenzwerte überschritten werden. Kabel – aufgrund der Isolation ist eine unmittelbare Annäherung möglich – sind in der Fahrleitungsanlage des Untersuchungsbereichs auch künftig nicht vorgesehen. Die Immissionsgrenzwerte werden somit problemlos eingehalten und stehen hier nicht weiter zur Diskussion.

¹ Bundesgerichtsurteil 1C_315/2017



Abbildung 1-2: Maximale horizontale Ausdehnung der 1 μ T-Grenzlinie (gestrichelte dunkelvioletten Linien) beidseitig der Gleise entlang der Strecke im Untersuchungsperimeter. Quelle [3] ergänzt. Als Basis wurden die Grafiken mit Linien konstanter magnetischer Flussdichte gemäss Kapitel 4 verwendet.

2 BESCHREIBUNG DES SIMULATIONSMODELLS

2.1 Allgemeines

2.1.1 Koordinatenfestlegung

- x-Achse: Ursprung in der Mitte des Gleises 2, welches südlich des bestehenden Gleises zu liegen kommt. Positive Werte nach rechts bei Blick Richtung Niederweningen / in Richtung aufsteigender Kilometrierung.
- y-Achse: Ursprung auf SOK, positive Werte nach oben.
- z-Achse: Entlang der Strecke wird die Streckenkilometrierung verwendet. Aufsteigende Kilometrierung in Richtung Oberglatt → Niederweningen.

2.1.2 Modellbereich

Damit die Erdströme im Untersuchungsperimeter korrekt erfasst werden und die Aufteilung des Stroms auf die Kettenwerke der beiden Gleise durch SIMNET unter Berücksichtigung der induktiven und kapazitiven Kopplung bestimmt werden kann, wird für das Modell der Untersuchungsperimeter mit Standard-Fahrleitungskonfigurationen (Seiten Oberglatt und Niederweningen) ergänzt. Der Modellbereich erstreckt sich daher in z-Richtung von km 9.000 bis km 25.150 (Das Linienende in Niederweningen liegt beim Streckenkilometer 25.156).

2.2 Feld verursachender Strom

2.2.1 Allgemeines

Für Eisenbahnanlagen ist der für den fahrplanmässigen Betrieb notwendige und über 24 Stunden gemittelte Strom der massgebende Strom für die Bestimmung der Emissionen [1].

Die Fahrleitungsanlage in Niederhasli wird im Stich ab dem Schalter 4 in Oberglatt gespeist. Es standen die auf Messungen im Januar und Juli (Perioden mit grossem Bedarf der Hilfsbetriebe für Heizen resp. Kühlen) basierenden Bestimmungen des 24-h-Mittels der Jahre 2014-2019 für diesen Abgang zur Verfügung. Das höchste Mittel betrug dabei 91 A (erreicht nach der Teilergänzung der S-Bahn Zürich für die Linie nach Niederweningen zum Fahrplanwechsel 2016) [5].

2.2.2 Hochrechnung Doppelspurausbau

Aktuell verkehren auf der Linie nach Niederweningen 300 m lange Doppelstockzüge im Halbstundentakt [6]. Nach dem Doppelspurausbau werden gemäss den Unterlagen in [7] in beide Fahrtrichtungen gleichzeitig zwei Doppelstockzüge von je 300 m unterwegs sein, was bei der heutigen Fahrzeit einem Viertelstundentakt entspricht. Für die vorliegende Untersuchung wurde daher für die Situation nach dem Ausbau eine Stromzunahme von 100 % angenommen. Dies ergibt einen hochgerechneten 24-h-Strom von 182 A ($2 \cdot 91$ A) für den Schalter 4 in Oberglatt.

2.2.3 Massgebender Strom Niederhasli

Gemäss dem Streckenschaltschema 11 [9] und dem Schaltplan Oberglatt [10] der SBB speist der Schalter 4 in Oberglatt eine Strecke von 11.524 km. Der Beginn des Untersuchungsperimeters liegt bei km 14.98 und damit 1.348 km von der Einspeisung entfernt. Unter der Annahme, dass der 24-h-Strom von 182 A bei der Einspeisung (siehe Kapitel 2.2.2) linear entlang der Strecke abnimmt (0 A am Streckenende in Niederweningen), ergibt sich ein 24-h-Strom von 161 A für den Untersuchungsbereich im Zustand mit Doppelspurausbau.

2.3 Anordnung und Parameter der Leiter

2.3.1 Leitereigenschaften

Gemäss den Unterlagen in [7] wird in Niederhasli zukünftig eine Doppelspur ohne Hilfsleitung gebaut.

Die Parameter der im Modell verwendeten Leiter sind in Tabelle 2-1 aufgeführt.

Leiter	Material	Querschnitt [mm ²]	Äquivalenter Radius [mm]	Relative Permeabilität	Spezifischer elektrischer Widerstand (20°C) [Ω /m]	Bemerkungen
Schiene SBB VI	Stahl	7686	108	50	3.000E-05	Leitwert gegenüber Erde 0.001 S/m
Fahrdraht Cu 107 mm ²	Cu	107	6.125	1	1.661E-04	
Tragseil StaKu 92 mm ²	StaKu	92	6.15	1	2.220E-04	
Seil Cu 95 mm ²	Cu	95	6.25	1	1.871E-04	Verwendet als Rückleiterseil

Tabelle 2-1: Parameter der im Modell eingesetzten Leiter basierend auf [7].

2.3.2 Relevante Querprofile entlang dem Untersuchungsperimeter

Das Querprofil für die Station Niederhasli ist in Abbildung 2-1 dargestellt und entspricht den Angaben in [7] und [8] mit einem neuen Gleis südlich des bestehenden Gleises 1 (links in Richtung aufsteigender Kilometrierung). Die genaue Lage der Leiter ist in Tabelle 2-3 spezifiziert. Die angegebenen y-Positionen (Höhen über SOK des Referenzgleises) der Leiter entsprechen der Aufhängungshöhe. Bei Rückleiterseilen und Tragseilen wird im Modell jedoch ein mittlerer Durchhang von 0.5 m berücksichtigt. Ebenso erscheinen diese Leiter dann in den Darstellungen der magnetischen Flussdichte (Ergebnisse in Kapitel 4) bei dieser geringeren Höhe.

Die Einteilung der Querprofile entlang der Strecke ist in Tabelle 2-2 dargestellt. Wie bereits in Kapitel 2.1.2 erwähnt, wurde der Modellbereich mit Standard Doppelspuren auf den Seiten Oberglatt und Niederweningen ergänzt.

z-Position [km]	Querprofil	Bemerkung
9.000		Anfang des Modells, Standard Doppelspur
14.880	QP Niederhasli	Doppelspur Station Niederhasli
15.260		Standard Doppelspur
25.150		Modellende

Tabelle 2-2: Modellbereich entlang der Strecke. Die angegebenen Querprofile beginnen jeweils beim Streckenkilometer der entsprechenden Zeile und enden beim Streckenkilometer der nachfolgenden Zeile.

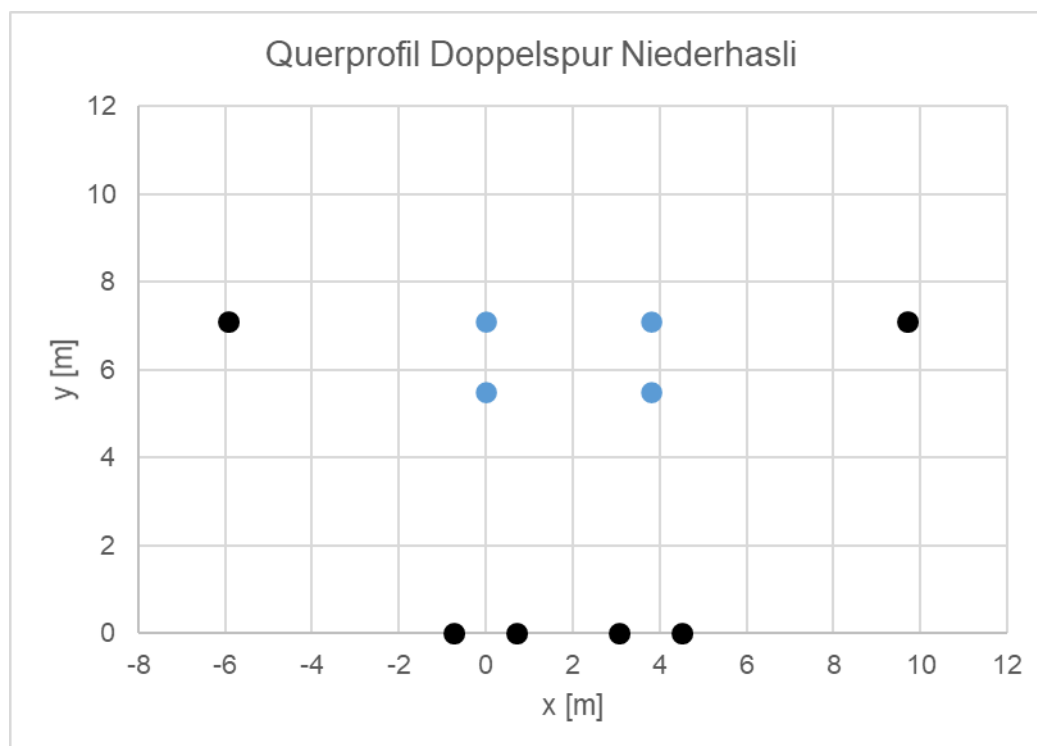


Abbildung 2-1: Leiteranordnung im Querprofil Niederhasli nach dem Doppelspurausbau (blau Kettenwerke, schwarz Rückleiter/Schienen). Positionen gemäss [7] und [8].

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links Gleis 2	-0.72	0.00
Schiene rechts Gleis 2	0.72	0.00
Fahrdraht Gleis 2	0.00	5.50
Tragseil Gleis 2	0.00	7.10
Schiene links Gleis 1	3.08	0.00
Schiene rechts Gleis 1	4.52	0.00
Fahrdraht Gleis 1	3.80	5.50
Tragseil Gleis 1	3.80	7.10
Rückleiterseil Gleis 2	-5.90	7.10
Rückleiterseil Gleis 1	9.70	7.10

Tabelle 2-3: Leiter und deren Position im Querprofil Niederhasli.

2.4 Querverbindungen Oberleitung

Fahrdrähte und zugehörige Tragseile sind im Modell alle 10 m niederohmig verbunden (Hänger).

2.5 Erdung und Querverbindung Rückleiter

Es dienen jeweils beide Schienen eines Gleises der Rückstromführung.

Alle 250 m (bei einem typischen Mastabstand von 50 m bei jedem fünften Masten) verbinden niederohmige Querverbindungen Rückleiterseil und Schienen.

Für die Erdung wurden Erfahrungswerte gemäss Tabelle 2-4 verwendet.

Erdungsparameter	Wert
Masterdung Fahrleitung	alle 50 m mit 25 Ω pro Mast
Leitwert zwischen Schienen und Erde	0.001 S/m

Tabelle 2-4: Verwendete Erfahrungswerte für die Erdung.

3 VERWENDETE TOOLS

3.1 SIMNET

Das Softwarewerkzeug SIMNET dient der Berechnung von Strömen und Spannungen in einem Netzwerk mit parallel verlaufenden Leitern, also wie dies typischerweise in einer Bahntrasse mit Fahrdrabt, Tragseil, Speiseleitungen, Feeder, Rückleiterseilen, Schienen und Kabel der Fall ist. Das Programm gelangt insbesondere zur Anwendung bei der

- Berechnung der Rückstromführung in Tunneln und auf offener Strecke (Rückleiterseile, Schienen, Armierung, Erdreich etc.)
- Berechnung der Stromaufteilung zwischen verschiedenen, parallel verlaufenden Hin- und Rückleitern
- Berechnung der magnetischen Flussdichte bei einer bestimmten Leiteranordnung und Leiterbelastung
- Berechnung der Impedanzen für verschiedene Fahrleitungs- und Rückleitungskonfigurationen als Grundlage für FABEL
- Berechnung der Beeinflussung von parallel verlaufenden Signal- und Fernmeldekabeln
- Ermittlung von Spannungen und Potenzialen von Leitern und der Erde in Kurzschlussfällen und während des Normalbetriebs
- Abschätzung der Auswirkungen von Erdungen und unterschiedlichen Leiteranordnungen

SIMNET führt eine Netzwerkberechnung unter Berücksichtigung einer beliebig langen Aneinanderreihung von Abschnitten durch, die jeweils aus parallelen Leitern und Verbindungen (Impedanzen, Quellen) zwischen den Leitern und nach Erde bestehen. Die Berechnung erfolgt für eine wählbare Frequenz. Basierend auf den ermittelten Stromverteilungen kann EMFCALC die resultierende magnetische Flussdichte in senkrecht zu den Leitern stehenden Ebenen berechnen.

Für jede in einem System vorkommende Leiteranordnung (Trasseotyp) werden die geometrischen und physikalischen Daten der Leiter in einer Bibliothek abgelegt. Zu den Leiterdaten gehören: Position jedes Leiters im Querschnitt-Koordinatensystem, Leiterdurchmesser, relative Permeabilität, spezifischer Gleichstromwiderstand, Ableitungswiderstand nach Erde. Ebenso wird eine Bibliothek aller Querverbindungen zwischen den Leitern angelegt, z. B. für Einspeisungen, Verbraucher (Züge), Erdverbindungen, Masterdungen, Leiterverbindungen etc. Der zu untersuchende Streckenabschnitt wird modelliert, indem die vorkommenden Leiteranordnungen als Abschnitte entsprechender Länge aneinander gereiht und die verschiedenen Arten von Querverbindungen an den gewünschten Stellen platziert werden.

SIMNET berechnet aufgrund der Modelldaten die ohmschen Widerstände, die Eigeninduktivitäten und die Kapazitätsbeläge der einzelnen Leiter, die induktiven und kapazitiven Kopplungen sämtlicher Leiter untereinander und nach Erde. Dabei wird die Stromverdrängung in den Leitern ebenso berücksichtigt wie die erwartete Erdstromtiefe und der Erdwiderstand.

3.2 EMFCALC

EMFCALC ist ein Programm zur Berechnung des magnetischen Feldes im Bereich einer Eisenbahnstrecke. Als Grundlage für eine Berechnung mit EMFCALC dient die mit SIMNET ermittelte Stromverteilung auf die verschiedenen Leiter.

EMFCALC berechnet die magnetische Flussdichte in Ebenen, die senkrecht zu den Leitern stehen. Die Flussdichte wird an vordefinierten Punkten in diesen Ebenen berechnet. Der Abstand dieser Punkte kann vom Benutzer gewählt werden. Die berechnete magnetische Flussdichte kann mit der Darstellung von Isolinien visualisiert werden.

4 ERGEBNISSE

Abbildung 4-1 zeigt die Isolinien der magnetischen Flussdichte für den Untersuchungsbereich bei der Station Niederhasli. Die Blickrichtung geht in Richtung der aufsteigenden Kilometrierung (Blickrichtung Oberglatt → Niederweningen). Modellerte Leiter sind mit blauen Punkten dargestellt, wobei der Durchhang für Tragseile und Rückleiterseile in der Darstellung berücksichtigt ist. Der AGW von 1 μ T ist als dicke rote Isolinie dargestellt.

Die maximale Ausdehnung des Bereichs magnetischer Flussdichten $>1 \mu$ T beträgt auf der rechten/nördlichen Seite der Bahn 10.1 m und auf der linken/südlichen Seite der Bahn 13.9 m. Diese Abstände beziehen sich auf das bestehende Gleis 1 (rechtes Gleis in Abbildung 1-2). In Bezug auf die Mitte der Fahrleitungsmasten (5.70 m Abstand zur jeweiliger Gleismitte gemäss [7]) beträgt der maximale horizontale Abstand auf beiden Seiten 4.4 m. Diese maximale horizontale Ausdehnung des Bereichs magnetischer Flussdichten $>1 \mu$ T („Grenzlinie“ unter den Bedingungen der NISV für die Emission) ist in Abbildung 1-2 in Kapitel 1.2 auf dem Situationsplan dargestellt.

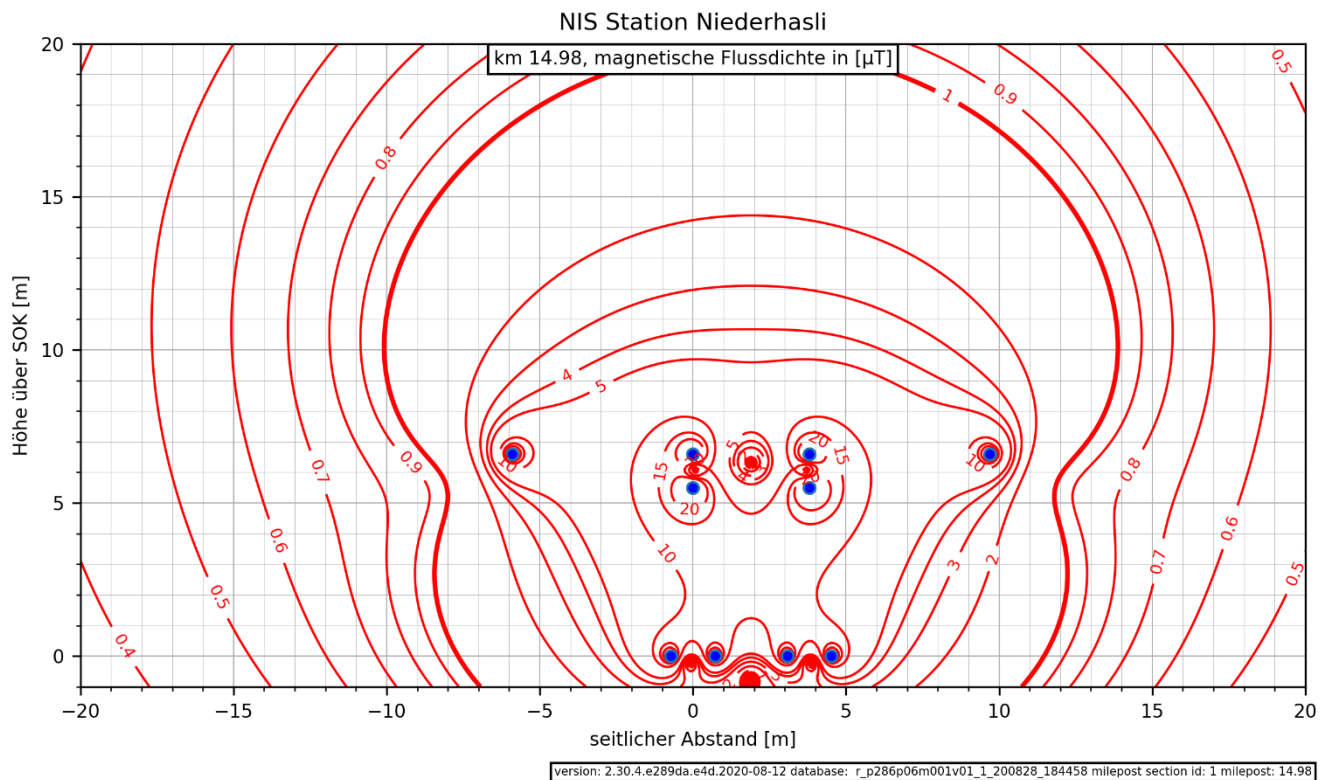


Abbildung 4-1: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 14.980, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (QP Station Niederhasli).

5 REFERENZEN

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710), 23. Dezember 1999 (Stand am 1. Juni 2019)
- [2] Kanton Zürich, Richtplan, Kapitel 4 Verkehr, Beschluss des Kantonsrates (Festsetzung), Stand 28.10.2019
- [3] Niederhasli, Freistellungsperimeter Parzelle 2990, SBB AG, 25.10.2018
- [4] Geoportal des Kantons Zürich, <https://www.geoportal.ch/ktzh/map>, abgerufen am 16.09.2020
- [5] 24-h-Mittel der Stromwerte beim Schalter 4 des Schaltpostens in Oberglatt, Werte der Jahre 2014-2019, SBB AG, Datenexport 15.08.2019
- [6] Aktuelles Betriebskonzept und Rollmaterial der Linie Oberglatt-Niederweningen, Informationen am 26.08.2020 per E-Mail von SBB erhalten
- [7] NISV – Unterlagen für Niederhasli, Anforderungen an Sektionierung und Elektrifizierung Horizont 2040+ und Querschnitt künftige Doppelspur am Bahnhof NIE, SBB AG, per E-Mail am 19.08.2020 erhalten
- [8] Lage der künftigen Doppelspur am Bahnhof Niederhasli, SBB AG, Informationen am 24.09.2020 per E-Mail von SBB erhalten
- [9] FL-Übersichtsplan, Streckenschaltschema 11, SBB AG, Zeichnungs-Nr. FS-14.20-0011 Index 07, gültig ab 01.07.2019
- [10] FL-Schaltplan Oberglatt, SBB AG; Zeichnungs-Nr. FS-OGL-126 Index 004a, gültig ab 13.11.2015

6 ANHANG

6.1 Verwendete Abkürzungen

Begriff	Definition
AGW	Anlagegrenzwert
Cu	Kupfer
FD	Fahrdraht
NIS	Nichtionisierende Strahlung
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [1]
RL	Rückleiterseil
SL	Speiseleitung
SOK	Schienenoberkante
SP	Schaltposten
StaKu	Stahl-Kupfer
TS	Tragseil

Tabelle 6-1: Tabelle der verwendeten Abkürzungen und Begriffe.