

Beilage Nr. 6

Kanton Bern
Gemeinde Heimberg

BLS Strecke Hasle-Rüegsau - Thun

Umbau Bahnhof Heimberg

km 29.068 - 29.655 (Umbau Bahnhof)

km 29.655 - 29.987 (Fahrbahnerneuerung 1)

km 30.698 - 31.089 (Fahrbahnerneuerung 2)

Auflageprojekt 2020

NIS Bericht

BLS Netz AG Multiprojekte & Ingenieurbau, Genfergasse 11, 3001 Bern Plan Nr.: ECH-132.70_36-004

Format:
A4

Datum: 31.07.2020

B. Märklin
Leiter Fahrweg



T. Kähr
Projektleiter



Gezeichnet

Datum: 31.07.2020
Name: C. Sauter

Geprüft

Datum: 31.07.2020
Name: J.Tschumi

Projektverfasser

ENOTRAC
ENGINEERING-ORGANISATION-TRACTION

ENOTRAC AG
Seefeldstrasse 8
CH-3600 Thun

Tel. +41 (03)33 346 66 11
Tel. +41 (03)33 346 66 12
e-mail: info@enotrac.com

Rev.	Bemerkungen	Datum
	Erstausgabe	31.07.2020
A	_____	_____
B	_____	_____
C	_____	_____
D	_____	_____
E	_____	_____



BLS Netz AG, NIS Heimberg

NIS Nachweis Umbau Bahnhof Heimberg

ECH-132.70_36-004
Version 1.0

Auftraggeber:

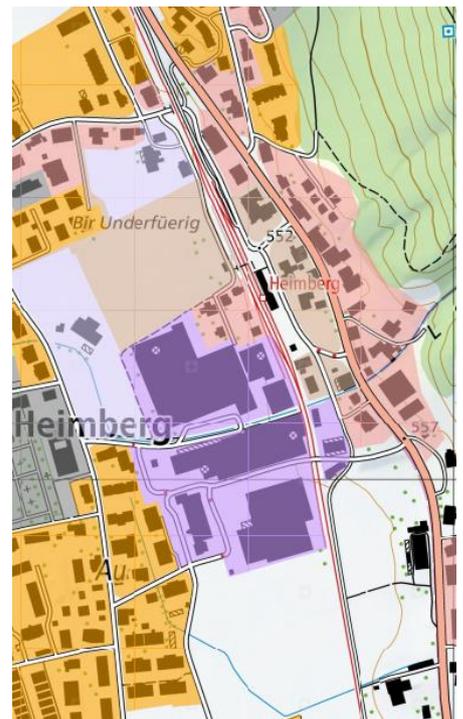
BLS Netz AG
Genfergasse 11
3001 Bern

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
29.05.2020

ECH-132.70_36-004.V1.0.NIS_Bericht_Heimberg.docx
© ENOTRAC AG



Quelle: map.geo.admin.ch

Aktuelle Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	29.05.2020	Freigegeben	C. Sauter	J. Tschumi	R. Schär

Vorherige Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

Änderungen seit der vorherigen Version

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

Projekttitlel	ProjTitle1	BLS Netz AG, NIS Heimberg
	ProjTitle2	
Berichttitlel	DocTitle1	NIS Nachweis Umbau Bahnhof Heimberg
	DocTitle2	
	DocTitle3	
Berichtnummer	DocNumber	ECH-132.70_36-004
Auftraggeber	ClientName	BLS Netz AG
	ClientAddr	Genfergasse 11 3001 Bern
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	4
1.2	Aufgabenstellung	4
1.3	Zusammenfassung	5
2	Beschreibung des Simulationsmodells	6
2.1	Allgemeines	6
2.1.1	Koordinatenfestlegung	6
2.1.2	Modellbereich	6
2.2	Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)	6
2.3	Feld verursachender Strom	10
2.3.1	Allgemeines	10
2.3.2	Massgebender Strom in Heimberg	11
2.3.3	Massgebender Strom Bahnhofsgelise	11
2.4	Anordnung und Parameter der Leiter	12
2.4.1	Leitereigenschaften	12
2.4.2	Relevante Querprofile entlang dem Projektperimeter	12
2.5	Querverbindungen Oberleitung	13
2.6	Erdung und Querverbindung Rückleiter	13
3	Verwendete Tools	15
3.1	SIMNET	15
3.2	EMFCALC	16
4	Ergebnisse	17
4.1	Isolinien magnetische Flussdichte	17
4.2	Maximalwerte bei den OMEN	26
5	Referenzen	27
6	Anhang	28
6.1	Querprofile der modellierten Fahrleitungsanlagen	28
6.1.1	Querprofil A	29
6.1.2	Querprofil B	30
6.1.3	Querprofil C	31
6.1.4	Querprofil D	32
6.1.5	Querprofil E	33
6.1.6	Querprofil F	34
6.1.7	Querprofil G	35
6.1.8	Querprofil H	36
6.1.9	Querprofil I	37
6.1.10	Querprofil J	38
6.2	Verwendete Abkürzungen	39

1 EINLEITUNG, ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Ausgangslage

Die BLS baut den Bahnhof Heimberg entsprechend den aktuellen und künftigen Anforderungen (u.a. Zugang zur Bahn für Reisende mit eingeschränkter Mobilität) um. In diesem Zusammenhang wird im Bereich der Streckenkilometer 29.041 – 29.912 (Bereich zwischen den Streckentrennungen) auch die Fahrleitungsanlage ersetzt. Die Anlage wird im Bahnhofsbereich auf eine Doppelspur zurückgebaut und die weiterhin bestehenden Gleise verbleiben in ihrer aktuellen Lage.

Aufgrund der Inbetriebnahme der Strecke Konolfingen - Thun vor dem Inkrafttreten der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, [1]) am 1. Februar 2000 und gemäss dem aktuellen Situationsplan [2] gilt das Vorhaben als Ersatz einer alten Anlage am bestehenden Standort und die Fahrleitungsanlage behält den Status einer alten Anlage im Sinne der NISV. Weil auch zukünftig durchgängig ein Rückleiterseil vorhanden ist, werden dort alle Anforderungen der NISV für die Emissionen einer alten Anlage eingehalten. Gleichwohl wünscht die BLS die Abklärung der NIS-Situation für den Projektbereich.

1.2 Aufgabenstellung

Für die Erstellung des Standortdatenblatts gemäss Art. 11, Abs. 2 NISV [1] sind im vorliegenden Fall folgende Arbeiten auszuführen:

- Identifizieren der vorhandenen Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) gemäss NISV beidseitig des betroffenen Streckenabschnitts.
- Berechnen, ob im vorgesehenen Projekt der Anlagegrenzwert (AGW, vorsorglicher Emissionsgrenzwert von 1 μ T gemäss NISV) an den OMEN eingehalten wird.

Nach NISV müssen die Immissionsgrenzwerte für die magnetische Flussdichte (300 μ T) 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 wird dieser Immissionsgrenzwert 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. Bei Kabeln ist aufgrund der Isolation eine unmittelbare Annäherung möglich und der Immissionsgrenzwert für die magnetische Flussdichte kann überschritten werden. Für die Kabelaufstiege ist daher der Immissionsgrenzwert zu beachten – an allen anderen Orten verlaufen die Kabel in Rohrblöcken und eine unmittelbare Annäherung ist nicht möglich.

Innerhalb des Projektbereichs betrifft dies die beiden Kabelaufstiege der Speise- und Umgehungsleitung bei der Überführung der Stockhornstrasse (Streckenkilometer 29.568, Mast 29 und Streckenkilometer 29.603, Mast 31). Die Masten mit den Kabelaufstiegen und der Kabelrohrblock bleiben durch den Umbau unverändert. Gemäss den Bildern von Google Street-View [3] sind die Gebäude in der Nähe der Kabelaufstiege (Werkhof und Unterstand auf Parzelle 813) umzäunt und die Standorte sind weit weg von Publikumsanlagen. Die beiden Masten können nur über einen Grasstreifen entlang der Bahn oder auf dem Trassee selbst erreicht werden. Dass sich jemand an die Masten mit den Kabelaufstiegen anlehnt (nur so ist eine gemäss NISV Art. 13 Absatz 2 [1] gleichmässig auf den ganzen menschlichen Körper einwirkende Strahlung über dem Grenzwert überhaupt möglich) ist daher nicht ausgeschlossen aber sicher extrem selten. Zudem müsste zum Zeitpunkt der Anlehnung an einen

der Kabelaufstiege zusätzlich ein für die Bahnlinie aussergewöhnlicher Spitzenstrom auftreten: Ohne Berücksichtigung von kompensierenden Rückströmen müssen in der Speise- und Umgehungsleitung 600 A (entspricht 9 MW bei Nennspannung) fliessen um 300 μ T in einem Abstand von 40 cm von den Kabeln zu erreichen. Zum Vergleich: Auf dieser Linie verkehren typisch NINA-Treibzüge mit Spitzenleistungen von 1 MW (Einfachtraktion) oder RDe 565 Pendelzüge mit 1.65 MW Spitzenleistung. Dieser Zusammenfall der Ereignisse - jemand lehnt sich an diese Masten an und mindestens 5 Züge beziehen zwischen Heimberg und Konolfingen gleichzeitig die Spitzenleistung - wird als sehr unwahrscheinlich betrachtet. Die Immissionsgrenzwerte werden somit eingehalten und müssen hier nicht weiter untersucht werden.

1.3 Zusammenfassung

Bei der geplanten Erneuerung der Fahrleitungsanlage im Bereich des Bahnhofs Heimberg (Streckenkilometer 29.041 – 29.912) handelt es sich um den „Ersatz einer alten Anlage am bestehenden Standort“ gemäss NISV [1]. Da die Fahrleitungsanlage durchgehend mit einem Rückleiterseil ausgerüstet ist, erfüllt sie alle relevanten und bindenden Anforderungen der NISV für die Emissionen [1].

Der über 24 Stunden gemittelte Effektivwert der magnetischen Flussdichte ist bei allen Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) im Projektbereich kleiner als 1 μ T. Als Maximum wird ein Wert von 0.69 μ T erreicht. Damit wird der AGW („vorsorglicher Emissionsgrenzwert“) bei allen OMEN eingehalten und die geplante Anlage erfüllt auch die Anforderungen, die an „neue Anlagen“ im Sinne der NISV gestellt werden.

Für die Berechnungen und die Berücksichtigung eines allfälligen künftigen Mehrverkehrs wurde ausgehend von den aktuellen Stromwerten eine Stromzunahme von 20 % berücksichtigt (Details siehe Kapitel 2.3).

2 BESCHREIBUNG DES SIMULATIONSMODELLS

2.1 Allgemeines

2.1.1 Koordinatenfestlegung

- x-Achse: Ursprung in der Mitte des Gleises im Einspurbereich und in der Mitte von Gleis 2 im Bereich der Bahnhofgleise in Heimberg („Referenzgleis“, siehe Abbildung 2-6). Positive Werte nach rechts bei Blick Richtung Thun / in Richtung aufsteigender Kilometrierung.
- y-Achse: Ursprung auf Schienenoberkante (SOK), positive Werte nach oben.
- z-Achse: Entlang der Strecke wird die Streckenkilometrierung verwendet. Aufsteigende Kilometrierung in Richtung Brenzikofen → Thun.

2.1.2 Modellbereich

Der zu beurteilende Projektbereich für den Umbau des Bahnhofs Heimberg liegt im Bereich der Streckenkilometer 29.041 – 29.912. Damit die Erdströme im Projektperimeter korrekt erfasst werden und die Aufteilung des Stroms auf Kettenwerke/Umgehungsleitung und Speiseleitungen¹ durch SIMNET unter Berücksichtigung der induktiven und kapazitiven Kopplung bestimmt werden kann (Speiseleitung und Kettenwerk sind in Oberdiessbach, Brenzikofen, Heimberg und Steffisburg querverbunden), wurde für das Modell der Untersuchungsperimeter mit Standard-Fahrleitungskonfigurationen (einspurig Seite Brenzikofen und Thun) ergänzt. Der Modellbereich erstreckt sich daher in z-Richtung von km 20.000 bis km 38.000.

2.2 Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)

Tabelle 2-1 listet die im Projektperimeter zur Bahnlinie am nächsten liegenden OMEN auf. Diese nächstliegenden OMEN sind jeweils im Sinne eines Worst-Case repräsentativ für alle gleich oder weiter entfernt liegenden OMEN innerhalb eines Bereichs mit einheitlicher Leiteranordnung.

Die Entfernung Aussenwand OMEN zur Mitte des Referenzgleises (siehe Kapitel 2.1.1) und die Position entlang der Strecke wurden aus dem Situationsplan in [2] entnommen und auf 10 cm gerundet. Die in der Tabelle 2-1 aufgeführten Parzellen-Nr., die Hausnummern und die Gebäudenutzung wurden dem Geoportal des Kantons Bern [5] entnommen und die Bauzonen aus dem harmonisierten Bauzonenplan Schweiz [6]. Die minimalen Grenzabstände für unbebaute Bauparzellen wurden dem Baureglement der Gemeinde Heimberg in [8] entnommen.

Bei einigen Querprofilen sind lediglich auf einer Seite der Bahn OMEN ausgewiesen, da sich im betroffenen Gebiet keine OMEN in relevanter Nähe zur Bahn befinden.

¹ Nach aktueller Definition ist diese Leitung eine Hilfsleitung (mehrere Querverbindungen zum Kettenwerk). Da in den Unterlagen zur Studie jedoch immer der Begriff Speiseleitung auftritt, wird dieser Begriff beibehalten.

Aufgrund der Ergebnisse (siehe Kapitel 4) sind sowohl Terrainhöhe relativ zu SOK als auch Gebäudehöhe aller OMEN für die Einhaltung des AGW nicht relevant. Für alle OMEN wird daher für die Auswertung eine Höhe bis 15 m über SOK verwendet.

OMEN	Bezeichnung	Parzellen Nr.	Gebäude Nr.	z-Position [km]	x-Koordinate [m]	Querprofil (siehe 2.4.2)	OMEN, Grund gemäss NISV
1	Wohnhaus	528	4	29.032	11.08	A	Wohnraum
2	Wohnhaus	1165	2a	29.096	14.89	B	Wohnraum
3	Wohnhaus	1165	2	29.138	14.33	C	Wohnraum
4	Wohnhaus, Scheune	65	3	29.199	33.86	D	Wohnraum, Arbeitsplätze
5	Wohnhaus	236	22	29.186	-17.36	D	Wohnraum
6	Wohnhaus	236	22	29.207	-20.65	E	Wohnraum
7	unbebaute Parzelle 891	891		29.234	11.42	E	In Bauzone
8	unbebaute Parzelle 891	891		29.261	17.95	F	In Bauzone
9	Wohn- & Geschäftshaus	1348	311	29.271	-24.93	F	Wohnraum, Arbeitsplätze
10	Wohnhaus	428	1	29.365	12.68	G	Wohnraum
11	Stationsgebäude	1353	19	29.363	-8.16	G	Wohnraum, Arbeitsplätze
12	Lagerhalle	239	13	29.482	11.28	H	Arbeitsplätze
13	Bürogebäude	240	9	29.484	-9.07	H	Arbeitsplätze
14	Fabrik	752	21	29.570	9.11	I	Arbeitsplätze
15	Werkhof	813	3	29.565	-10.91	I	Arbeitsplätze
16	Geschäftshaus	814	19	29.646	14.20	J	Arbeitsplätze
17	Wohnhaus, Scheune	27	275	29.847	-37.68	J	Wohnraum, Arbeitsplätze

Tabelle 2-1: Relevante OMEN und deren Position entlang der Strecke, Entfernung zum Referenzgleis. Die Angabe zum Querprofil bezieht sich auf Kapitel 2.4.2.

Anmerkungen:

- Das Gebäude 4a auf Parzelle 528 im Bereich des Querprofils A ist eine Garage und daher kein OMEN.
- Das Gebäude 3a auf Parzelle 65 im Bereich des Querprofils D ist ein Schopf und daher kein OMEN.
- Die OMEN 5 und 6 stellen das gleiche Gebäude dar, befinden sich jedoch in unterschiedlichen Querprofilen der Fahrleitungsanlage.
- Das Gebäude 22a auf Parzelle 236 im Bereich des Querprofils E ist ein Schuppen und daher kein OMEN.
- Die OMEN 7 und 8 stellen die unbebaute Parzelle 891 dar, befinden sich jedoch in unterschiedlichen Querprofilen der Fahrleitungsanlage (Querprofile E – F). Gemäss dem Zonenplan in [7] und dem Baureglement der Gemeinde Heimberg in [8] gehört die Parzelle 891

zur Zone mit Planungspflicht Nr. 7 mit einem minimalen kleinen Grenzabstand von 5 m. Dieser wurde bei der Ermittlung des minimalen Abstandes zum Referenzgleis berücksichtigt.

Die unbebaute Parzelle 891 erstreckt sich bis in den Bereich des Querprofils G. Unter Berücksichtigung des minimalen Grenzabstandes liegt jedoch der OMEN 10 näher bei der Bahn und wurde daher als nächstgelegener OMEN auf der rechten Seite der Bahn im Querprofil G verwendet.

- Das Gebäude 9a auf Parzelle 240 im Bereich des Querprofils H ist eine Garage und daher kein OMEN.
- Im Querprofil H liegt die unbebaute Bauparzelle 1913 (Grundstück 813). Unter der Berücksichtigung des minimalen Grenzabstandes für Arbeitszonen von 6 m gemäss dem Zonenplan in [7] und dem Baureglement der Gemeinde Heimberg in [8] hat die zulässige Baulinie den gleichen Abstand zur Speise- und Umgehungsleitung wie der angrenzende OMEN 13. Es wurde daher OMEN 13 als nächstliegender OMEN im Querprofil H auf der linken Seite der Bahn verwendet.
- Das Gebäude 3a auf Parzelle 813 im Bereich des Querprofils I ist ein offener Unterstand und daher kein OMEN.
- Im Querprofil J gibt es bis auf die Parzelle des OMEN 16 keine Bauzonen.
- Das Gebäude 275b auf Parzelle 27 im Bereich des Querprofils J ist ein kleines Hühnerhaus und daher kein OMEN.

In den nachfolgenden Ausschnitten aus dem Situationsplan in [2] sind die identifizierten und zur Fahrleitungsanlage nächstliegenden OMEN dargestellt (bestehende Gebäude in Rot, unbebaute Bauparzellen in Grün). Die pro Querprofil (abgegrenzt durch blauen Linien) beidseits zur Bahn jeweils nächstliegenden OMEN sind mit der Nummer gemäss Tabelle 2-1 gekennzeichnet.

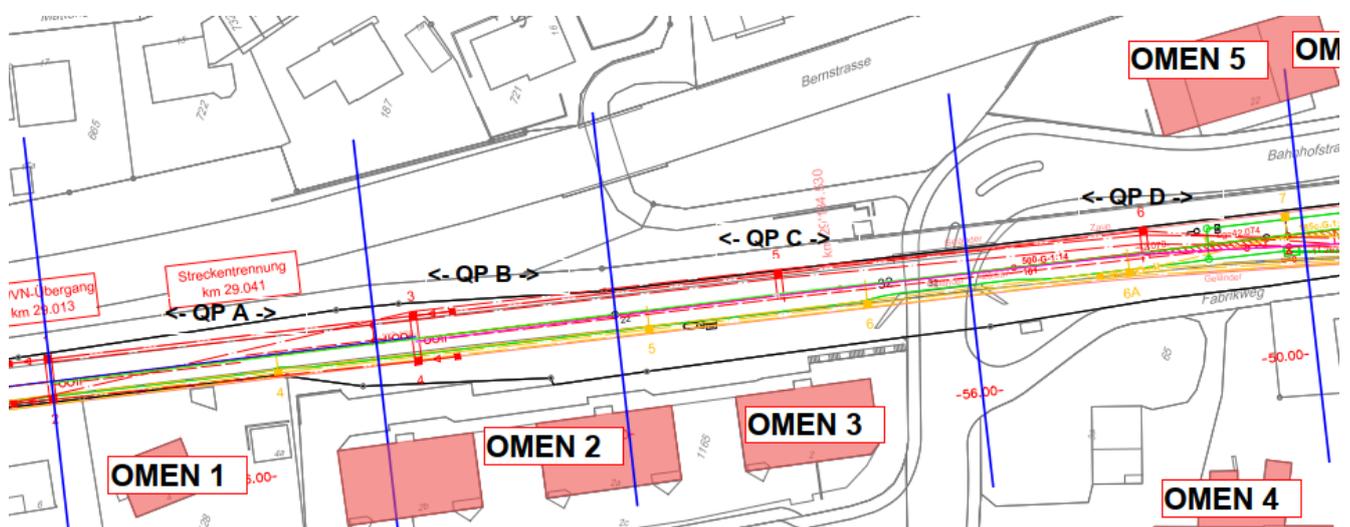


Abbildung 2-1: OMEN 1 – 5 im Bereich der Querprofile A – D. Quelle [2] ergänzt.

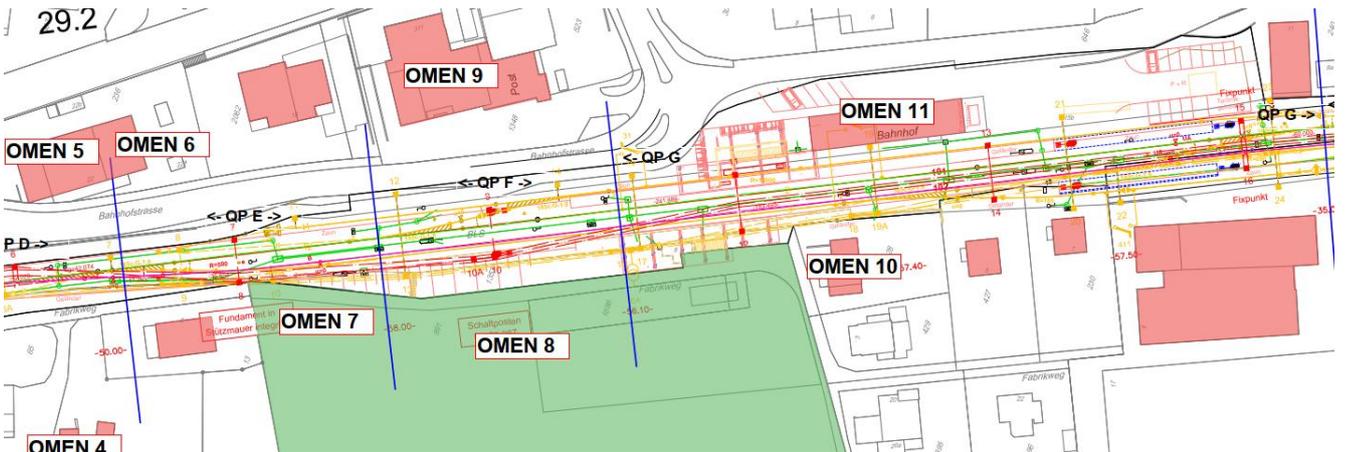


Abbildung 2-2: OMEN 5 – 11 im Bereich der Querprofile D – G. Quelle [2] ergänzt.

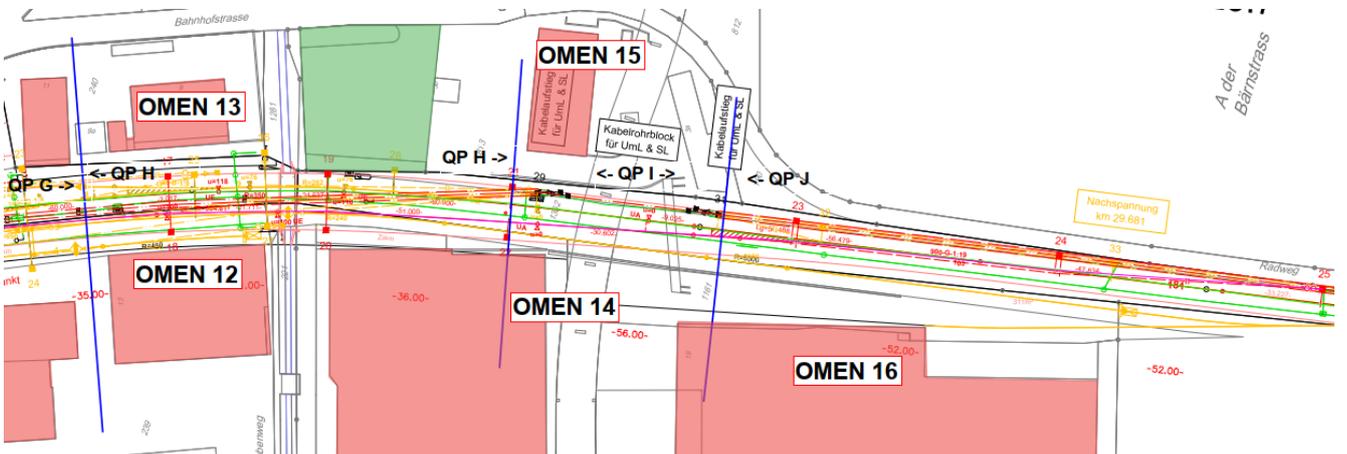


Abbildung 2-3: OMEN 12 – 16 im Bereich der Querprofile H – J. Quelle [2] ergänzt.

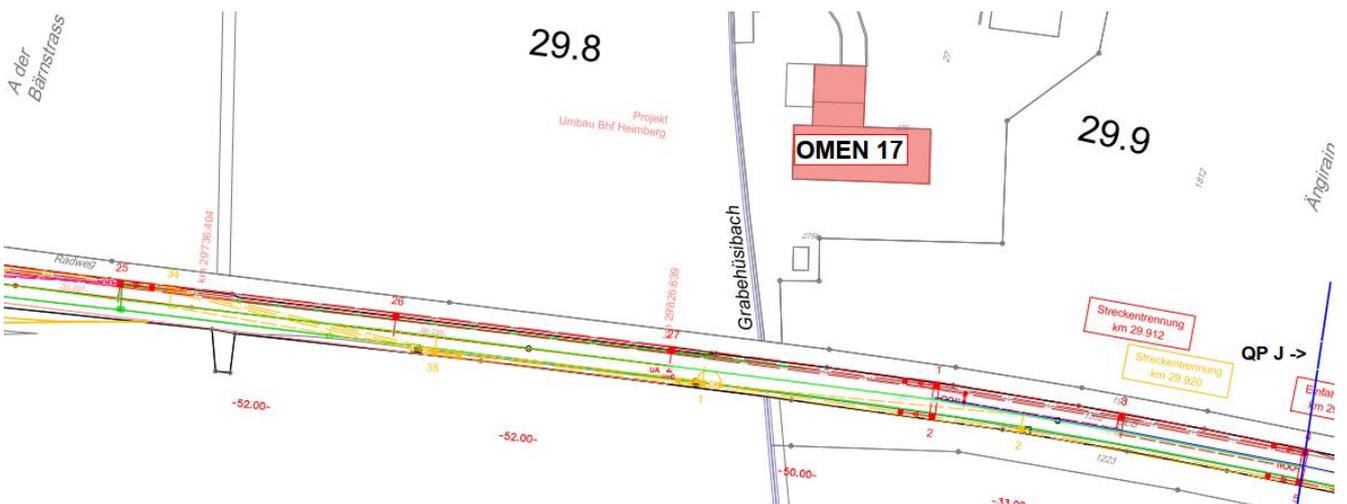


Abbildung 2-4: OMEN 17 im Bereich der Querprofils J. Quelle [2] ergänzt.

2.3 Feld verursachender Strom

2.3.1 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 Linie Konolfingen – Thun wird im Stich ab dem Abgang 1005 im UW Thun gespeist. Die Schalter 7S und 18S in Konolfingen zur Speisung der Fahrleitung, resp. der Speiseleitung der Linie ab Konolfingen sind im Normalfall offen.

Für die Ströme ab dem UW Thun wurden von SBB auf Messungen basierende Bestimmungen des 24-h-Mittels zur Verfügung gestellt [9]. Die Bestimmungen erfolgen zwei Mal jährlich jeweils über einen Zeitraum von 4 Wochen in den Winter- respektive Sommermonaten. Es standen zusätzlich die Messwerte des Februars 2020 zur Verfügung. Da der daraus ermittelte 24-h-Strom leicht höher ist als die Werte aus den Jahren 2014-2017, welche für die bereits durchgeführte NIS Studie Brenzikofen ausgewertet wurden [10], wurde der 24-h-Strom aus dem Jahr 2020 für die vorliegende Studie verwendet. Für die Berücksichtigung eines allfälligen Mehrverkehrs (eine Taktverdichtung ist auf absehbare Zeit nicht geplant) wurde der Strom für die vorliegende Studie trotzdem um 20 % erhöht (analog zur Studie in [10]). Tabelle 2-2 zeigt den entsprechenden Strom.

Abgang	24-h-Strom [A]	zukünftiger 24-h-Strom [A]
1005 (Thun - Konolfingen)	37.3	44.8

Tabelle 2-2: 24-h-Mittelwerte des Stroms ab UW Thun. Für die Bestimmung der magnetischen Flussdichte wurde der zukünftige 24-h-Strom verwendet.

Für den massgebenden Strom in Heimberg wurde die Annahme getroffen, dass aufgrund der Steigungsverhältnisse auf dem Streckenteil Heimberg – Konolfingen (10.547 km lang; von km 29.287 bis km 18.74) die Stromabnahme/km Strecke doppelt so gross ist, als auf dem flachen Teil Thun – Heimberg (3.503 km lang; von Speisung der BLS Linie bei km 32.790 bis km 29.287). Dies führt zu einem massgebenden 24-h-Strom in Heimberg (SP bei km 29.287) von 38.4 A (siehe Abbildung 2-5). Anmerkung: Die gleiche Annahme wurde bereits für die NIS Studie Brenzikofen [10] angewendet.

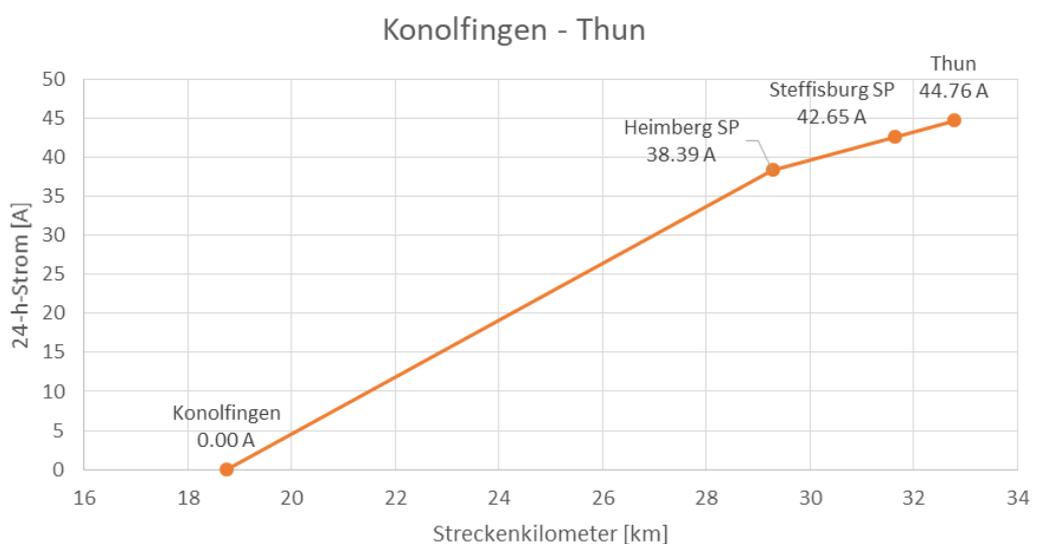


Abbildung 2-5: 24-h-Strom entlang der BLS Linie Konolfingen Thun.

2.3.2 Massgebender Strom in Heimberg

Der 24-h-Strom in der Umgehungsleitung und Speiseleitung und für den Standort Heimberg (siehe Schaltschema in Abbildung 2-6) beträgt gemäss Kapitel 2.3.1 38.4 A. Die Verteilung des Stroms auf diese Leiter wurde durch SIMNET unter Berücksichtigung der induktiven und kapazitiven Kopplung berechnet. Dazu wurde das Simulationsmodell erweitert (siehe Kapitel 2.1.2) um die Querverbindungen der Umgehungs- und Speiseleitungen in Steffisburg, Brenzikofen und Oberdiessbach miteinzubeziehen. Der 24-h-Strom fliesst in Richtung Thun → Brenzikofen.

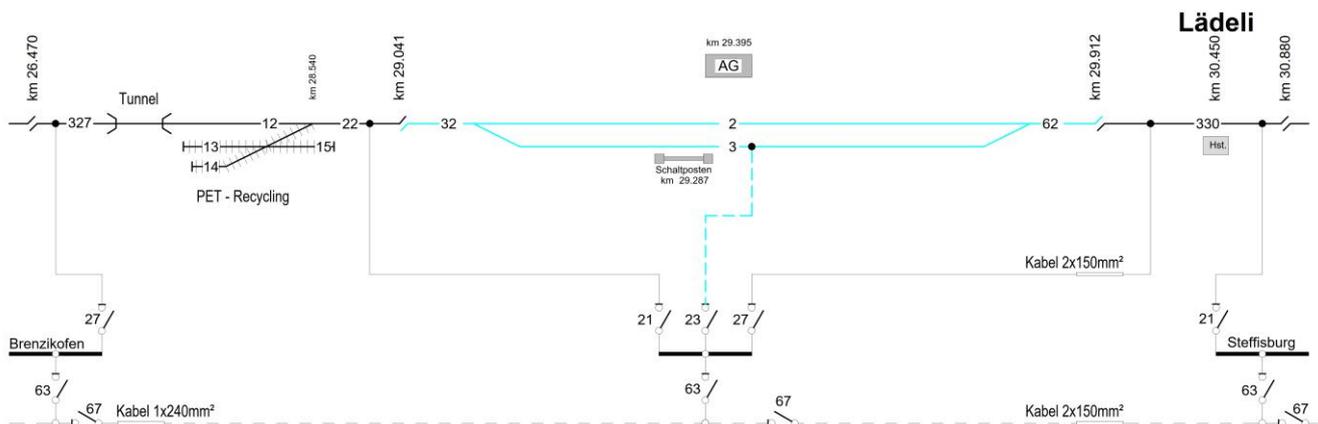


Abbildung 2-6: Auszug aus dem Projektschaltplan des Bahnhofs Heimberg [4].

2.3.3 Massgebender Strom Bahnhofsgleise

Der 24-h-Strom für die Bahnhofsgleise beträgt, basierend auf der Stromabnahme gemäss Abbildung 2-5 und der Länge des Bahnhofabschnitts, 2 A. Der Schaltposten befindet sich nahe der Streckentrennung Seite Brenzikofen und speist gemäss Abbildung 2-5 das Kettenwerk von Gleis 3. Aufgrund dieser Konfiguration fliesst der Bahnhofstrom im 24-h-Mittel überwiegend Richtung Thun: Der 24-h-Strom im Kettenwerk von Gleis 3 fliesst vom Schaltposten zu den beiden Ausfahrweichen. Der Anteil des Stromes, welcher vom Schaltposten bis zur Ausfahrweiche Seite Brenzikofen fliesst, ist sehr klein, da der entsprechende Abschnitt sehr kurz ist und sich die Züge lediglich für kurze Zeit in diesem Abschnitt aufhalten. Der 24-h-Strom im Kettenwerk von Gleis 2 fliesst vom Schaltposten über eine der beiden Kettenwerksverbindungen bei den Ausfahrweichen zum Verbraucher auf Gleis 2. Da sich der Schaltposten deutlich näher bei der Streckentrennung Seite Brenzikofen als bei der Streckentrennung Seite Thun befindet, ergibt sich die Hauptstromrichtung nach Thun. Die Ströme, welche im Bereich der Ausfahrweichen in beiden Kettenwerken (Gleis 2 und 3) in entgegengesetzte Richtung fließen, kompensieren teilweise das vom gegensinnigen Strom erzeugte Magnetfeld.

Im Modell wurde dieser überwiegend Richtung Thun fließende 24-h-Strom abgebildet, indem beim Schaltposten in den beiden Bahnhofsgleisen jeweils ein Strom von 1 A eingepreßt wurde und ein Verbraucher bei der Ausfahrweiche Seite Thun angenommen wurde. Im Abschnitt zwischen der Ausfahrweiche und der Streckentrennung Seite Thun fliesst im Modell kein 24-h-Strom. Einerseits würde dieser aufgrund der kurzen Aufenthaltsdauer der Züge (höhere Streckengeschwindigkeiten nach der Ausfahrweiche) auf diesem Abschnitt sehr klein ausfallen. Andererseits entspricht die beschriebene Modellierung einer Worst-Case Betrachtung bezüglich der Belastung bei den OMEN, da der Bahnhofstrom gegensinnig zu den Strömen in der Umgehungs- und Speiseleitung fließen würde (teilweise Kompensation der erzeugten Magnetfelder).

2.4 Anordnung und Parameter der Leiter

2.4.1 Leitereigenschaften

Die Parameter der im Modell verwendeten Leiter sind in Tabelle 2-3 aufgeführt.

Die Kabel der Speise- und Umgehungsleitung bei der Unterführung der Stockhornstrasse im kurzen Abschnitt zwischen den Streckenkilometern 29.568 und 29.603 wurden vereinfachend als Freileiter wie beidseits des Kabelbereichs und mit der horizontalen Achse des Kabelrohrblocks modelliert. Da dadurch sowohl die Abstände zwischen den beiden unter Spannung stehenden Leitern als auch die Abstände der Hin- und Rückleiter grösser sind, wird dadurch das erzeugte Magnetfeld überschätzt. Die Ergebnisse in Kapitel 4 zeigen, dass der AGW bei den OMEN in diesem Abschnitt unabhängig von der Höhe eingehalten werden kann. Dies gilt daher auch für die tatsächlich vorhandenen Kabel für die Speise- und Umgehungsleitung im betroffenen Abschnitt.

Leiter	Material	Querschnitt [mm ²]	Äquivalenter Radius [mm]	Relative Permeabilität	Spezifischer elektrischer Widerstand (20°C) [Ω/m]	Bemerkungen
Fahrdraht Cu 107 mm ²	Cu	107	6.125	1	1.661E-04	
Schiene UIC 54	Stahl	6855	94	50	3.300E-05	Leitwert gegenüber Erde 0.001 S/m
Seil Cu 95 mm ²	Cu	95	6.25	1	1.871E-04	Verwendet als Rückleiterseile, Umgehungsleitung und Speiseleitung
Tragseil StaKu 50 mm ²	StaKu	50	4.5	1	1.000E-03	

Tabelle 2-3: Parameter der im Modell eingesetzten Leiter.

2.4.2 Relevante Querprofile entlang dem Projektperimeter

Bezüglich geometrischer Anordnung der Leiter folgen sich im Projektperimeter 10 relevante Konfigurationen, die mit A – J bezeichnet wurden (siehe Tabelle 2-4). Die Querprofile wurden den Querprofilen in [11] und [12], den Angaben in [13] und dem Situationsplan in [2] entnommen.

Die genaue Leiterlage innerhalb eines Querprofils ist in Kapitel 6.1 für alle Querprofile spezifiziert.

z-Position [km]	Querprofil	Bemerkung
20.000		Anfang des Modells, Einspur
29.013	A	Beginn UmL, 2 Rückleiterseile
29.061	B	Speisung UmL, 1 Rückleiterseil
29.097	C	Andere relative Leiterabstände
29.153	D	Andere relative Leiterabstände
29.206	E	Beginn Gleis 3, SL, UmL und RL queren nach rechts
29.260	F	Andere relative Leiterabstände
29.317	G	SL, UmL und RL queren nach links
29.478	H	Andere relative Leiterabstände
29.563	I	SL, UmL und RL auf der linken Seite der Bahn, Worst-Case Modellierung der UmL und SL als Freileiter
29.604	J	Ende Gleis 3, Einspur
29.947		Ende UmL, RL auf der rechten Seite der Bahn
38.000		Ende des Modells

Tabelle 2-4: Modellbereich entlang der Strecke. Die angegebenen Querprofile beginnen jeweils beim Streckenkilometer der entsprechenden Zeile und enden beim Streckenkilometer der nachfolgenden Zeile.

2.5 Querverbindungen Oberleitung

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

Die Speiseleitung ist in Steffisburg, Heimberg, Brenzikofen und Oberdiessbach mit dem Kettenwerk niederohmig querverbunden.

Die Umgehungsleitung ist bei den Streckentrennungen mit dem Kettenwerk von Gleis 2 und beim SP Heimberg mit der Speiseleitung niederohmig verbunden.

Die Kettenwerke der Gleise 2 und 3 des Bahnhofs Heimberg sind bei den Weichen gemäss dem Schaltplan in Abbildung 2-6 niederohmig verbunden.

2.6 Erdung und Querverbindung Rückleiter

Im Projektperimeter werden jeweils beide Schienen eines Gleises für die Stromrückführung verwendet.

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

Bei jedem Masten sind Rückleiterseil und näher liegende Schiene niederohmig verbunden (BLS spezifische Anbindung der Masten an die Schienen).

Bei den Weichen sind die Schienen der entsprechenden Gleise miteinander verbunden.

Für die Erdung wurden Erfahrungswerte gemäss Tabelle 2-5 verwendet:

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

Tabelle 2-5: 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

4.1 Isolinien magnetische Flussdichte

Die Blickrichtung der nachfolgenden Abbildungen der Isolinien der magnetischen Flussdichte geht in Richtung der aufsteigenden Kilometrierung (Blickrichtung Brenzikofen → Thun). Modellierte Leiter sind mit blauen Punkten dargestellt, wobei der Durchhang für Tragseil, Rückleiterseile, Umgehungsleitung und Speiseleitung in der Darstellung berücksichtigt ist. Die Lage der OMEN (Aussenwände der gebauten Gebäude respektive zulässige Baulinie bei unbebauten Parzellen) ist mit blauen Linien markiert. Der AGW von 1 μT ist als dicke rote Isolinie dargestellt.

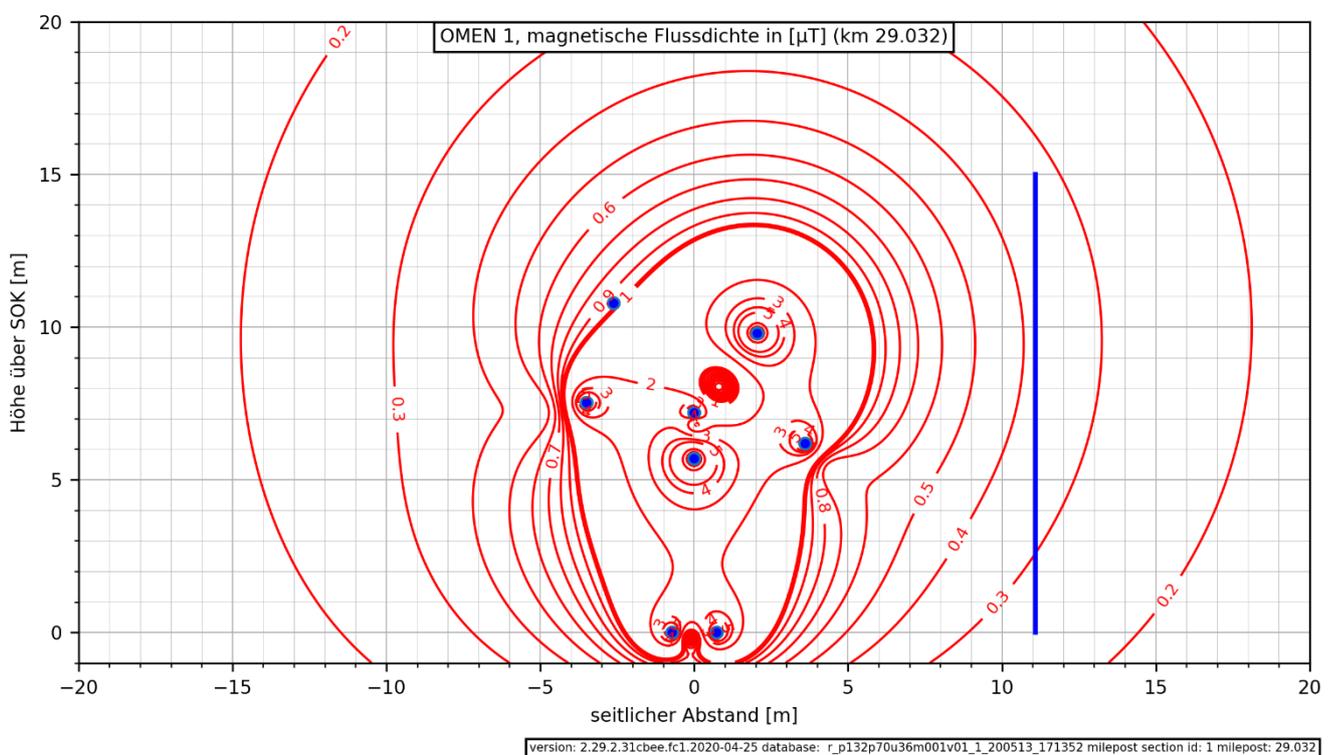


Abbildung 4-1: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.032, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 1, Gebäude Nr. 4 auf Parzelle 528).

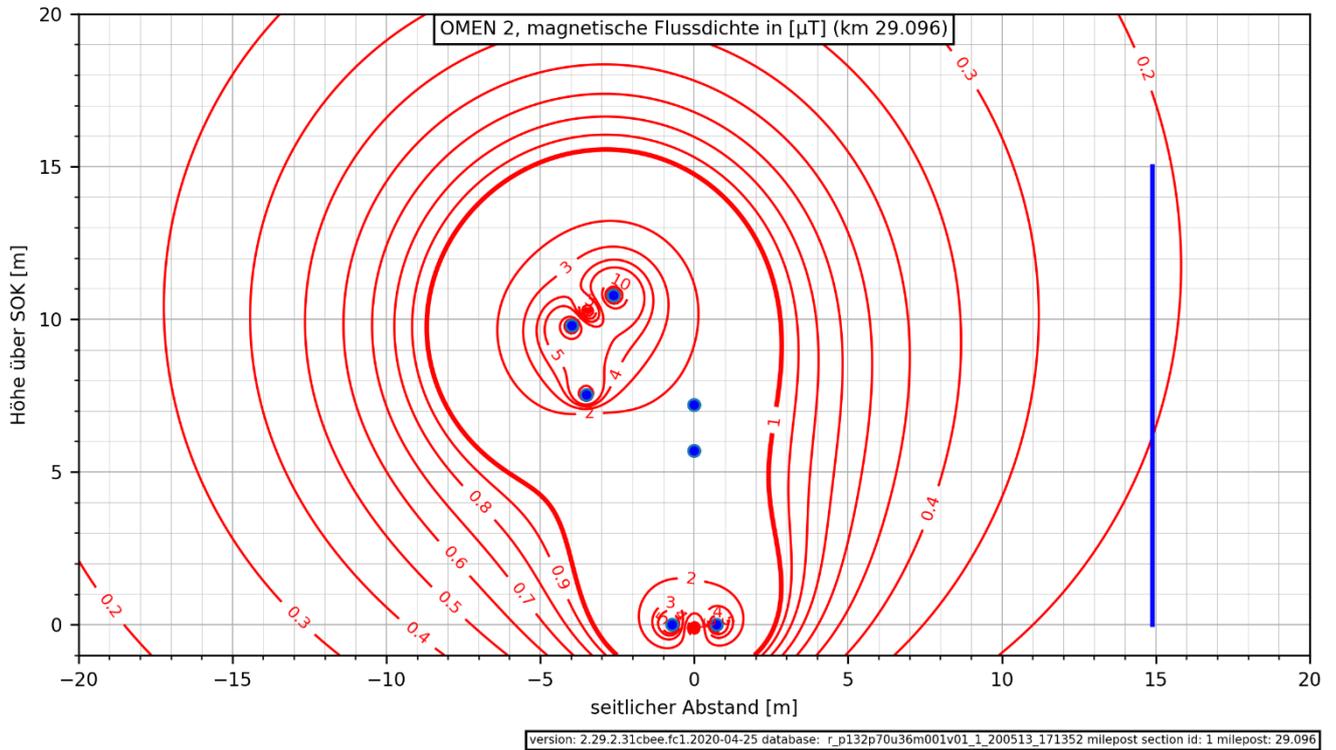


Abbildung 4-2: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.096, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 2, Gebäude Nr. 2a auf Parzelle 1165).

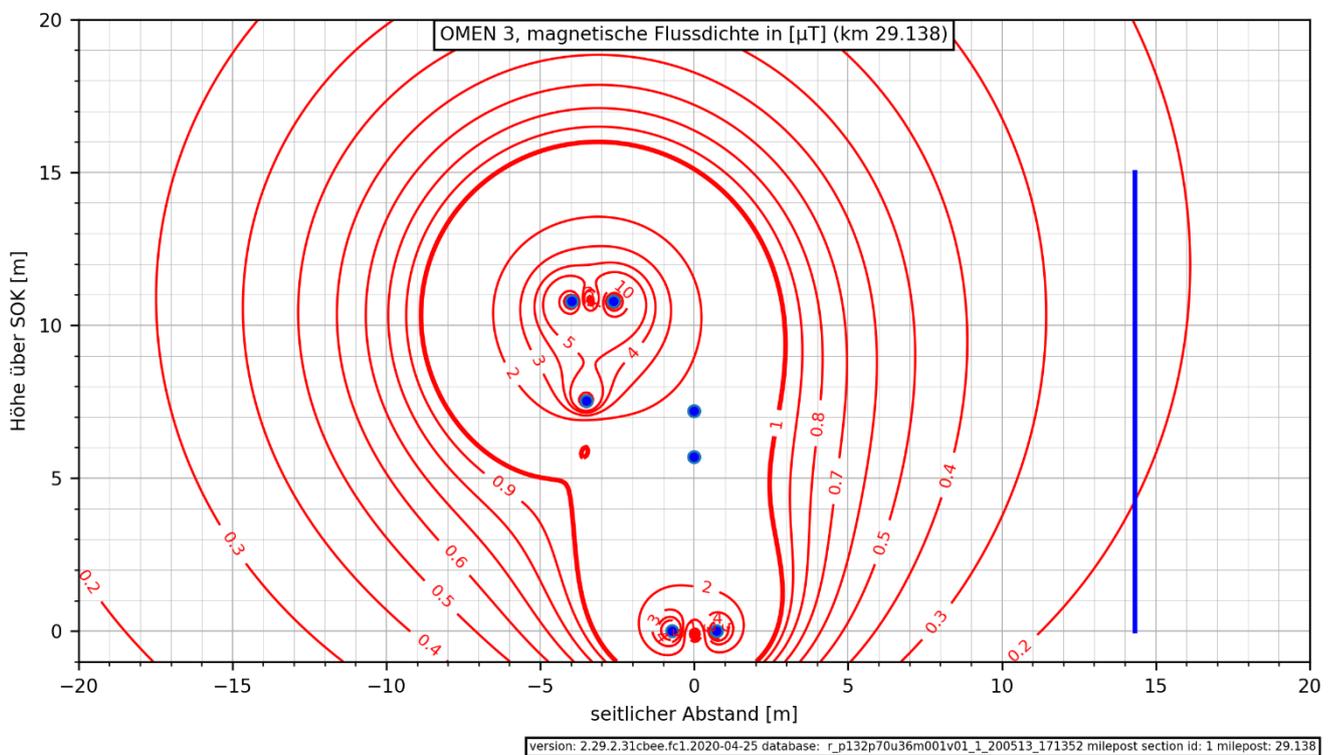


Abbildung 4-3: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.138, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 3, Gebäude Nr. 2 auf Parzelle 1165).

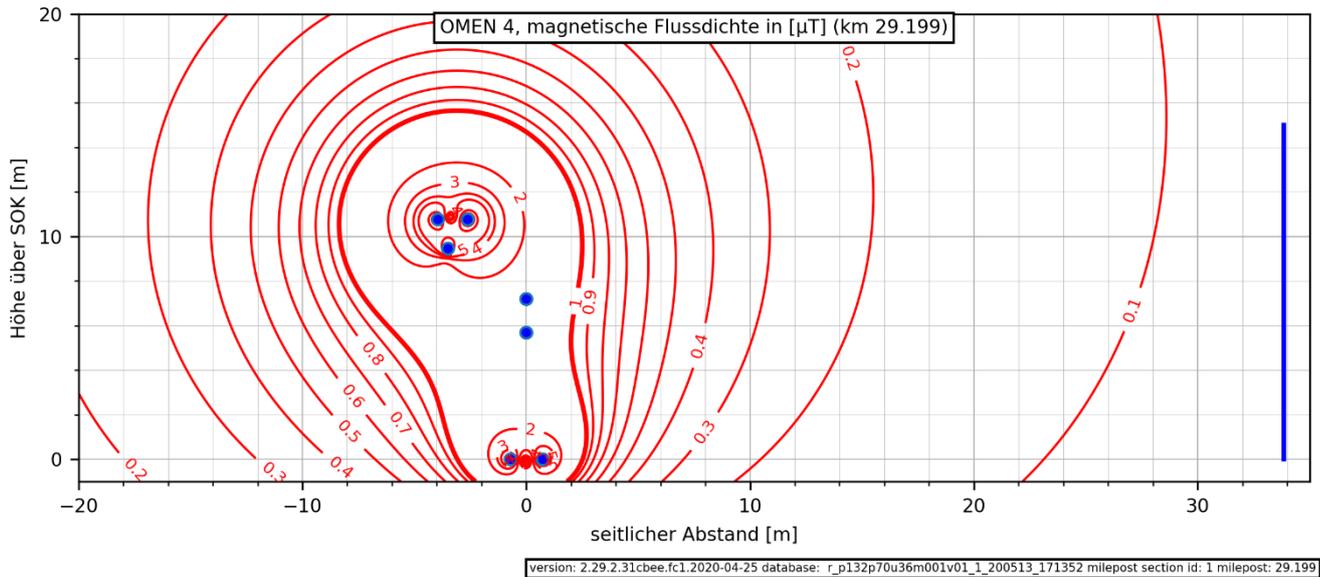


Abbildung 4-4: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.199, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 4, Gebäude Nr. 3 auf Parzelle 65).

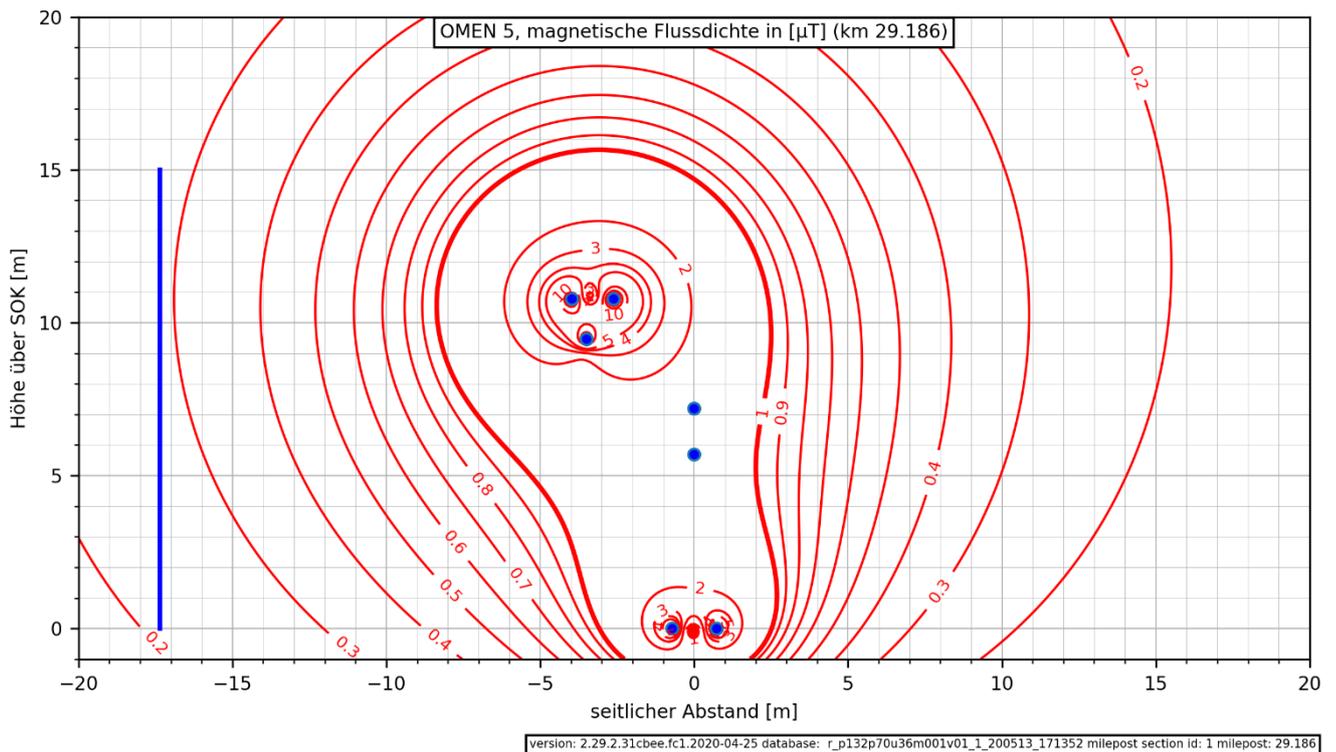


Abbildung 4-5: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.186, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 5, Gebäude Nr. 22 auf Parzelle 236).

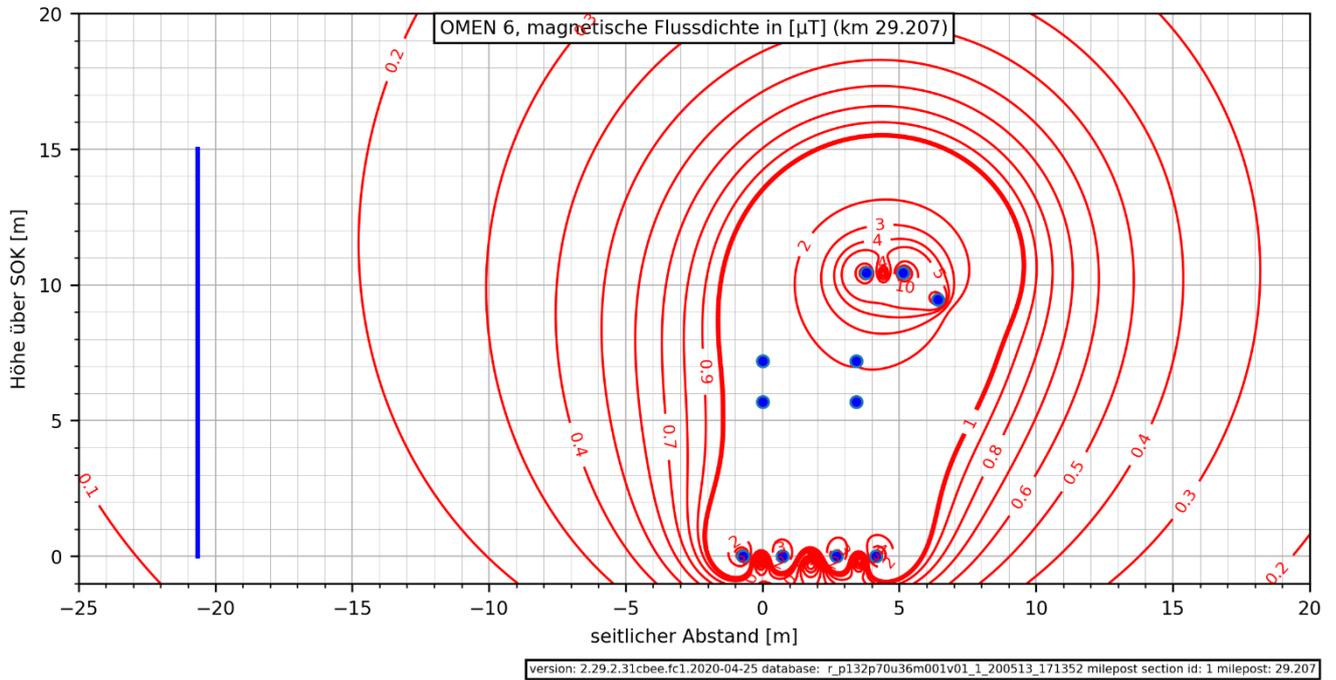


Abbildung 4-6: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.207, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 6, Gebäude Nr. 22 auf Parzelle 236).

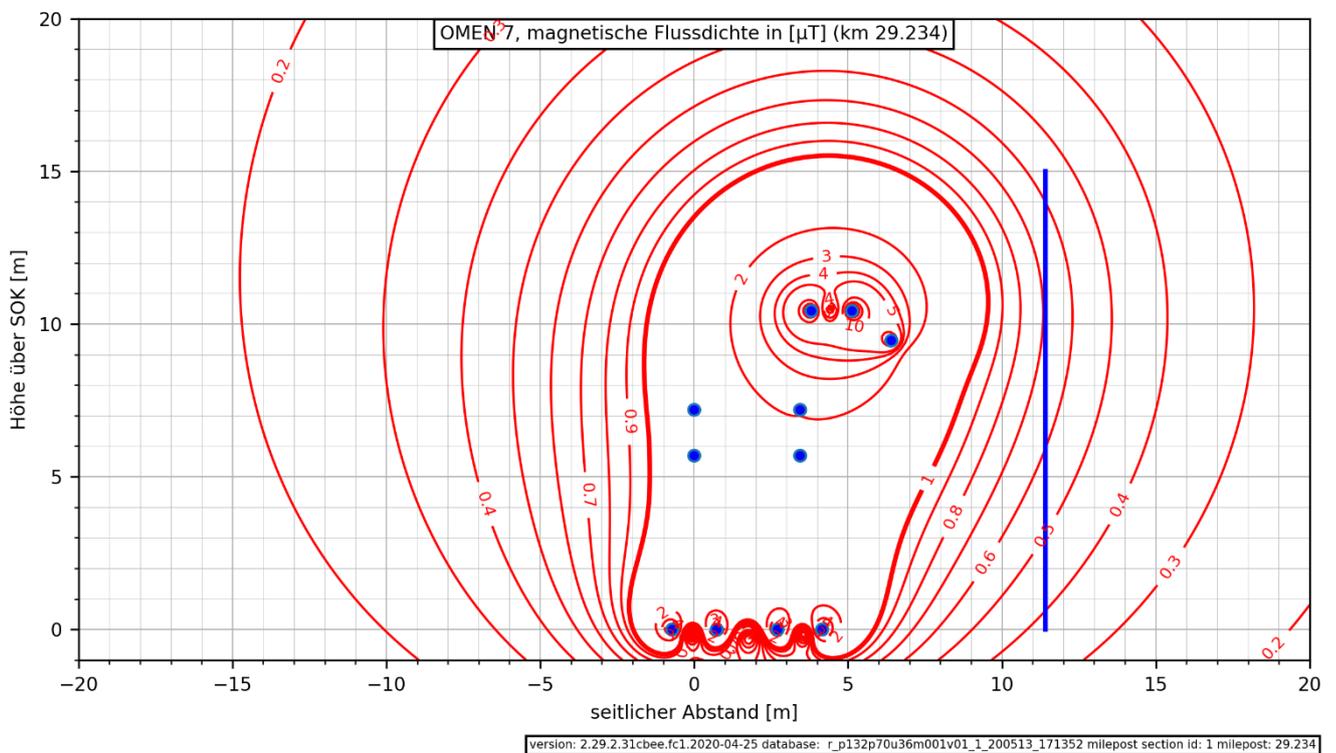


Abbildung 4-7: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.234, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 7, Parzelle 891).

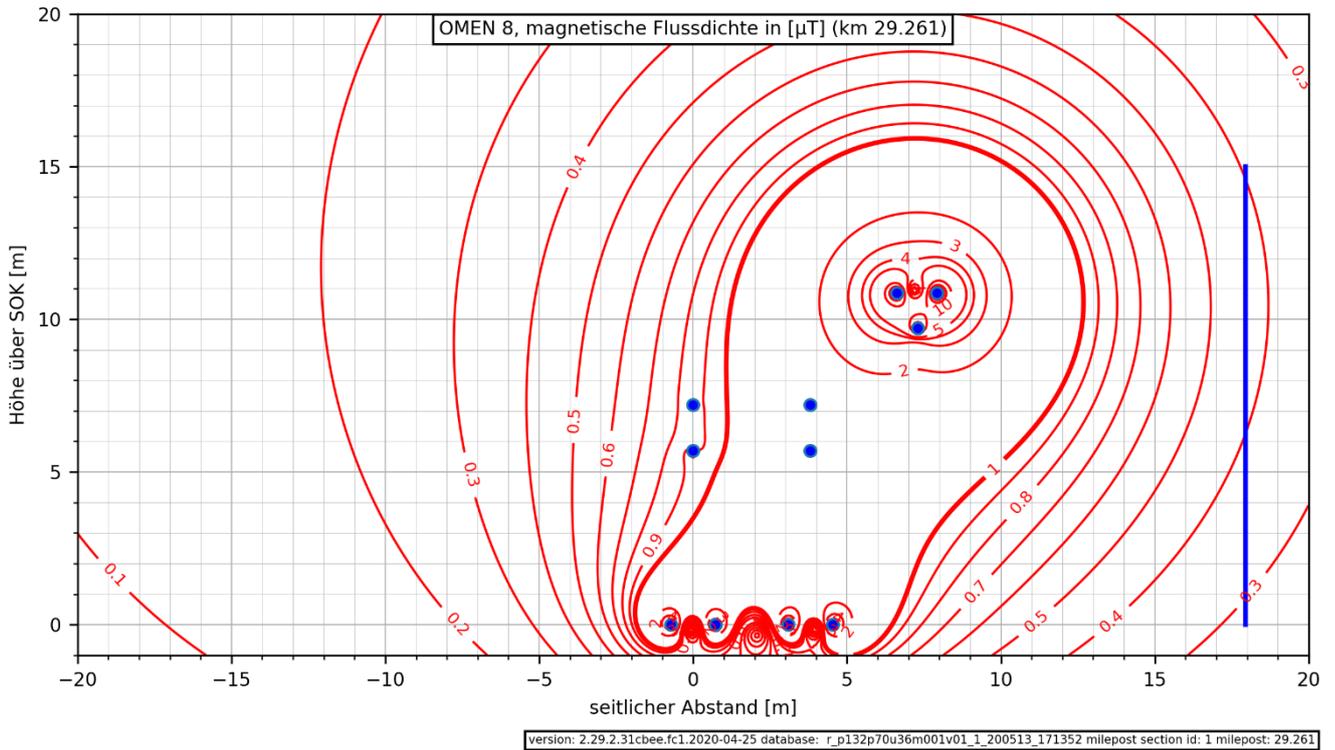


Abbildung 4-8: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.261, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 8, Parzelle 891).

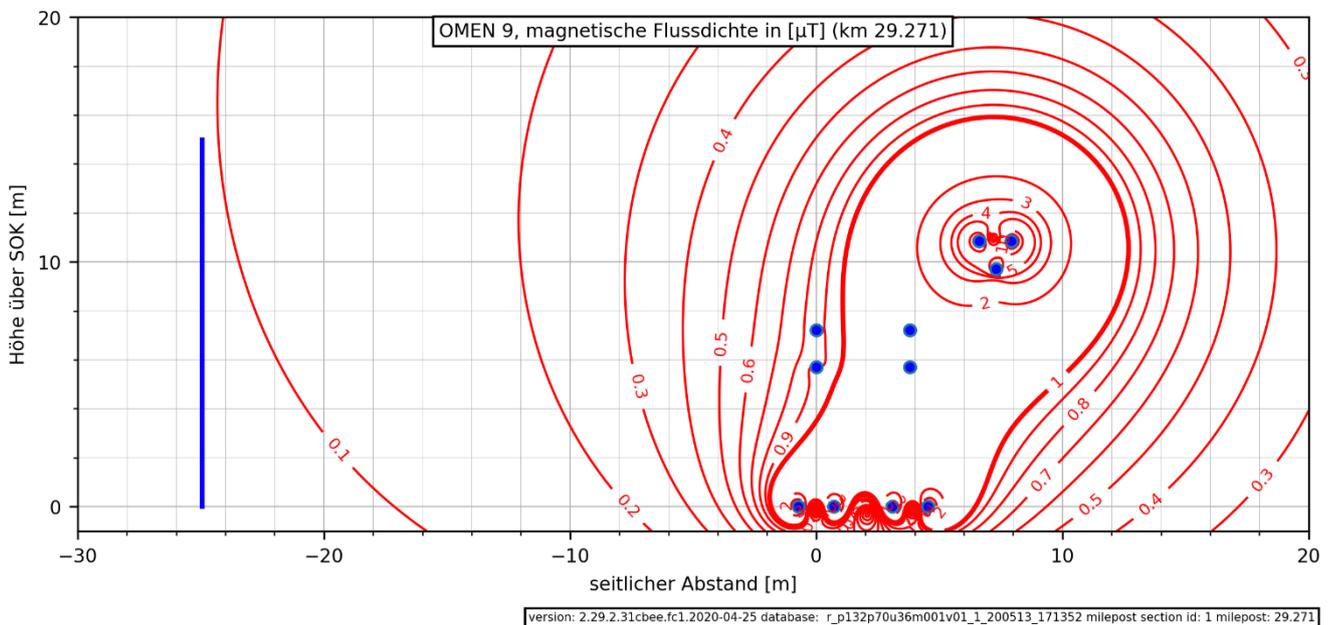


Abbildung 4-9: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.271, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 9, Gebäude Nr. 311 auf Parzelle 1348).

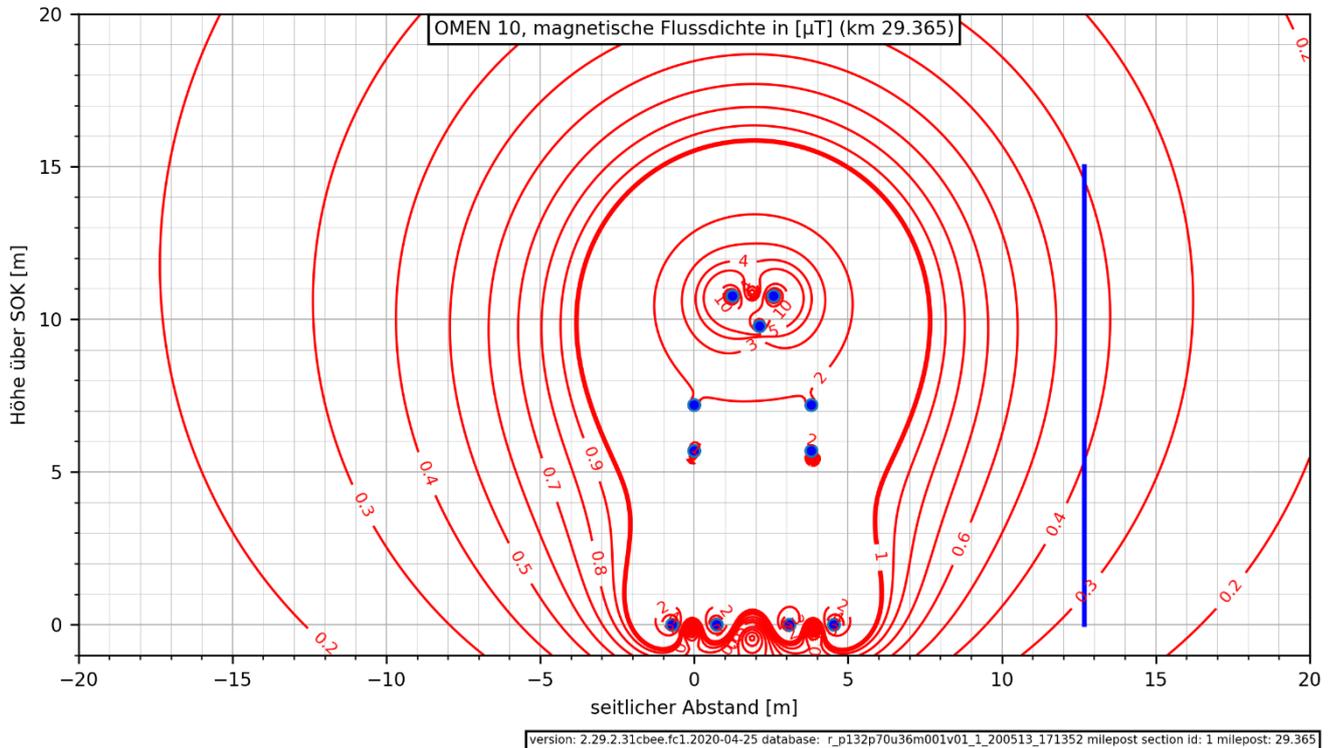


Abbildung 4-10: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.365, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 10, Gebäude Nr. 1 auf Parzelle 428).

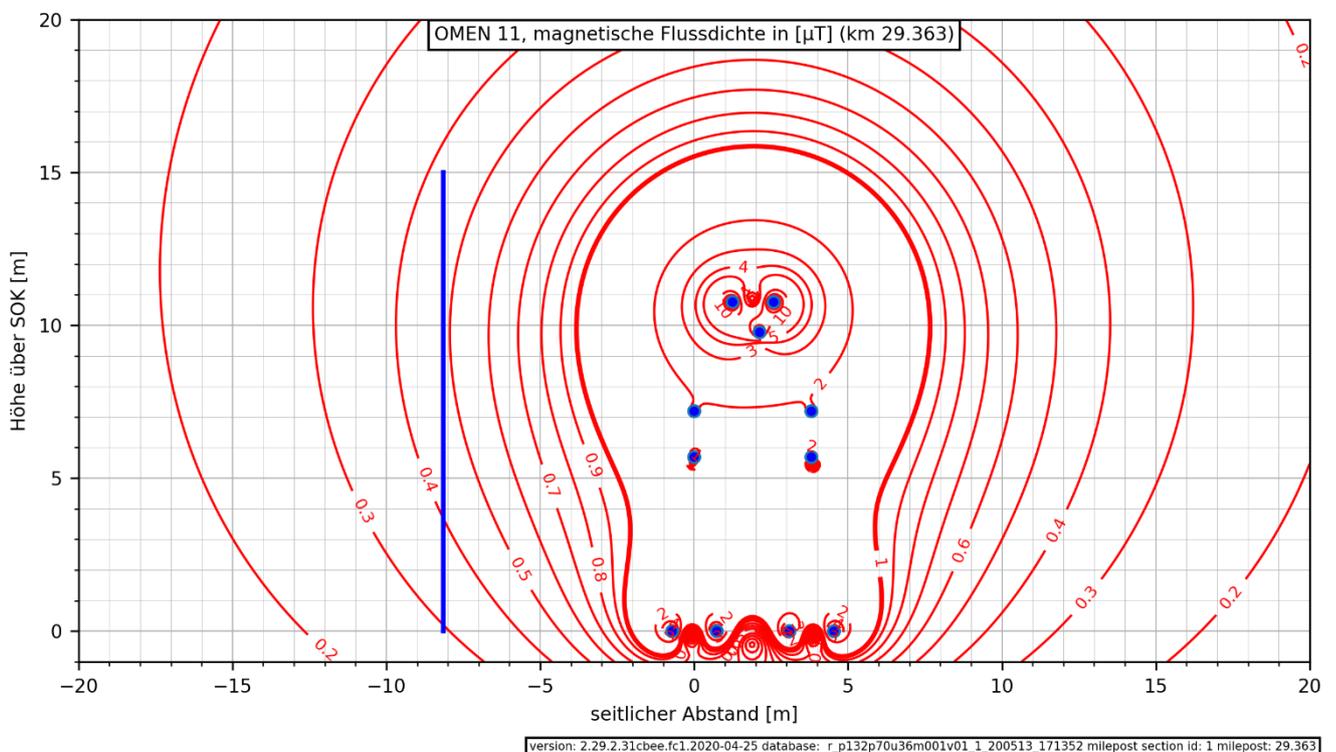


Abbildung 4-11: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.363, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 11, Gebäude Nr. 19 auf Parzelle 1353).

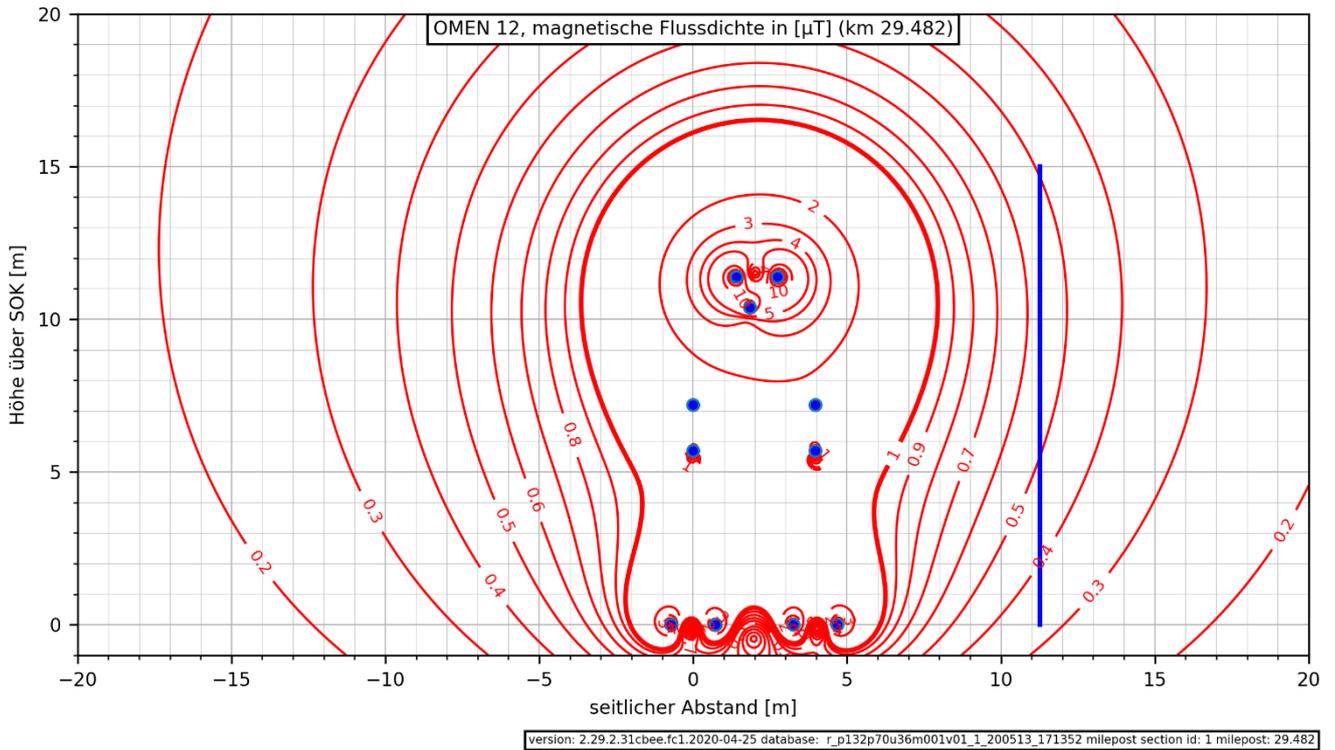


Abbildung 4-12: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.482, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 12, Gebäude Nr. 13 auf Parzelle 239).

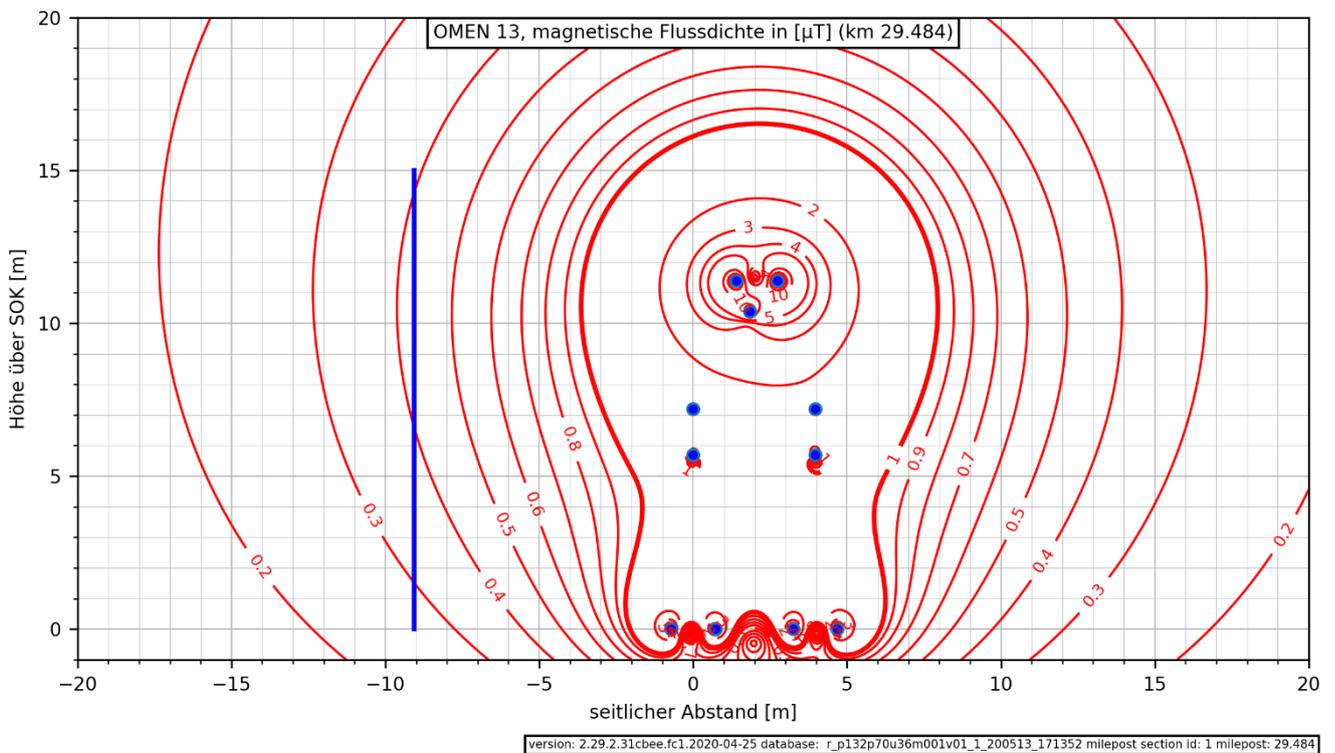


Abbildung 4-13: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.484, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 13, Gebäude Nr. 9 auf Parzelle 240).

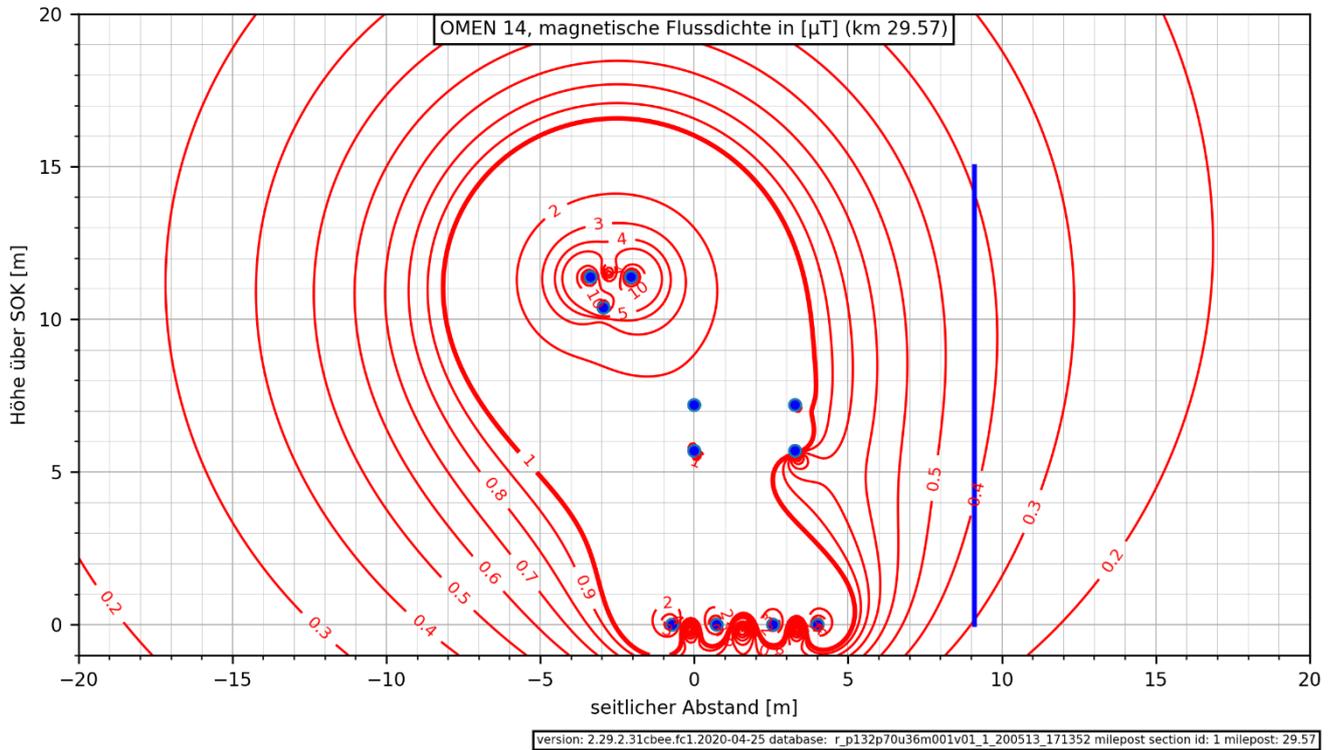


Abbildung 4-14: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.570, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 14, Gebäude Nr. 21 auf Parzelle 752).

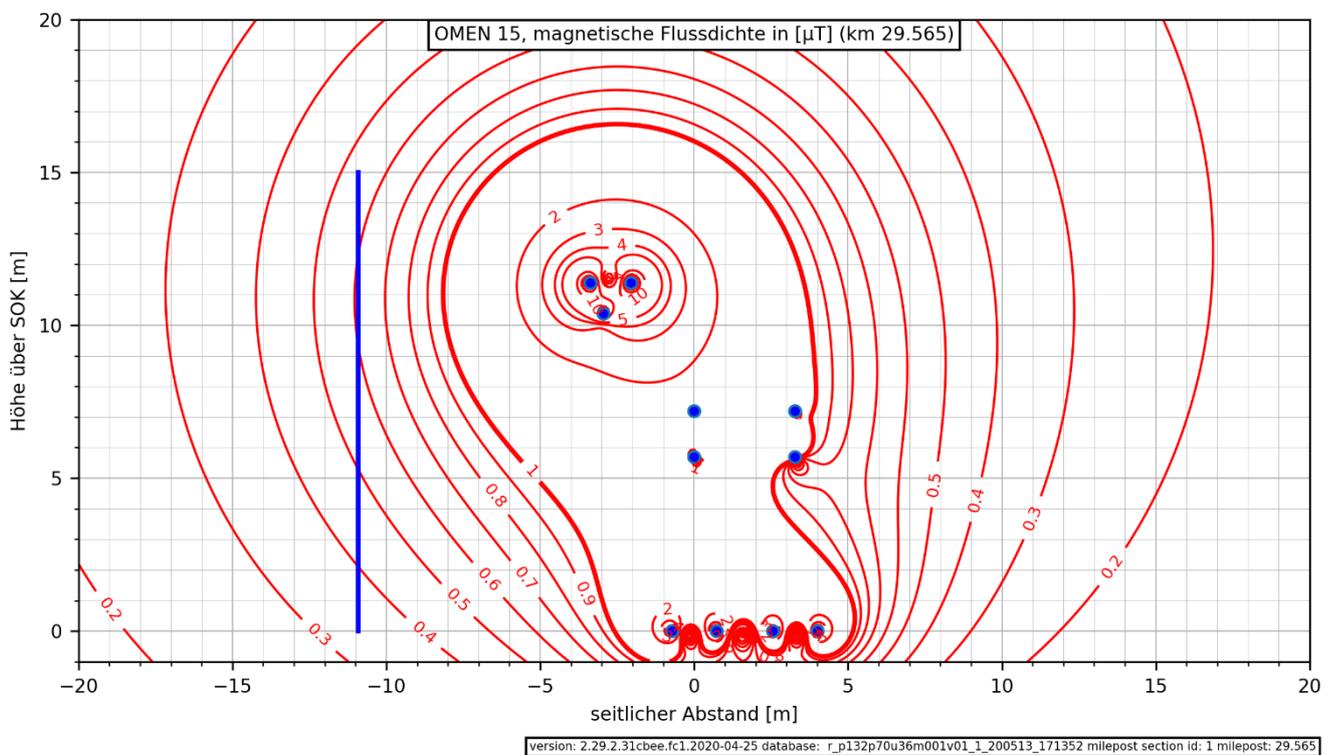


Abbildung 4-15: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.565, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 15, Gebäude Nr. 3 auf Parzelle 813).

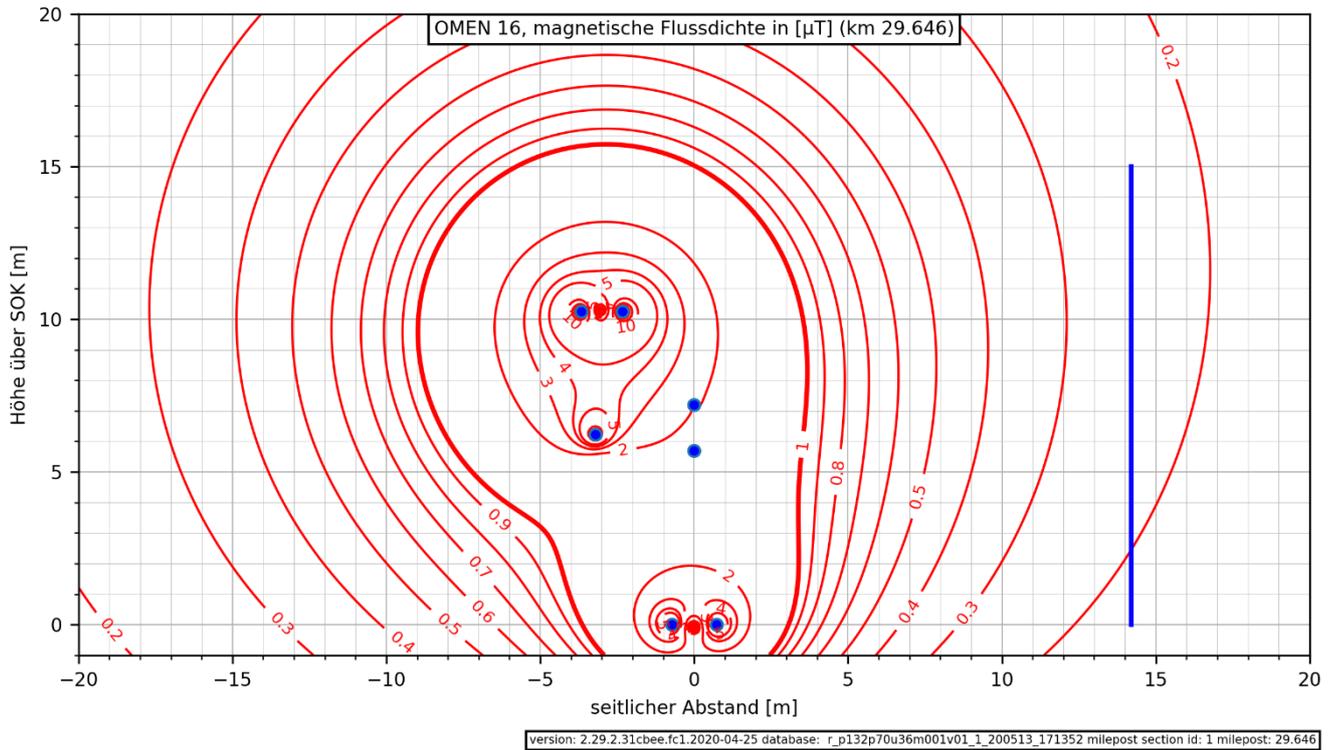


Abbildung 4-16: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.646, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 16, Gebäude Nr. 19 auf Parzelle 814).

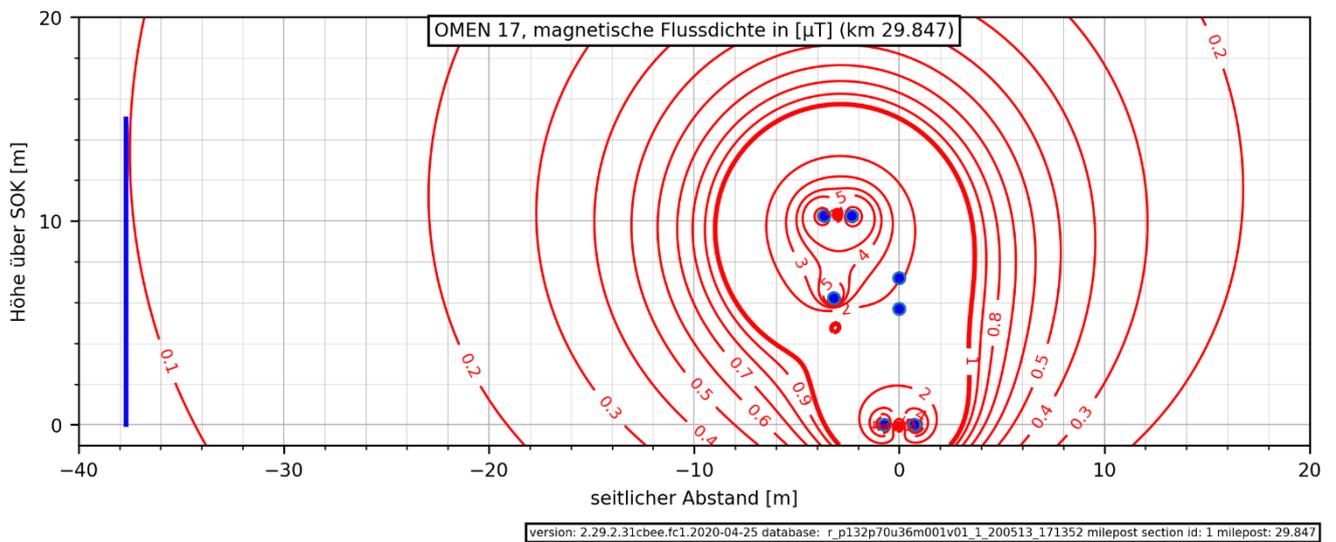


Abbildung 4-17: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 29.847, verursacht durch die Fahrleitungsanlage (OMEN 17, Gebäude Nr. 275 auf Parzelle 27).

4.2 Maximalwerte bei den OMEN

In Tabelle 4-1 sind die Maximalwerte der magnetischen Flussdichte bei allen relevanten OMEN gemäss Tabelle 2-1 dargestellt.

Nr.	Art, Parzellenummer, Hausnummer OMEN	Querprofil (siehe 2.4.2)	Max. magnetische Flussdichte [μT]
1	Wohnhaus, 528, 4	A	0.38
2	Wohnhaus, 1165, 2a	B	0.22
3	Wohnhaus, 1165, 2	C	0.23
4	Wohnhaus, Scheune, 65, 3	D	0.08
5	Wohnhaus, 236, 22	D	0.29
6	Wohnhaus, 236, 22	E	0.14
7	unbebaute Parzelle 891	E	0.69
8	unbebaute Parzelle 891	F	0.44
9	Wohn- & Geschäftshaus, 1348, 311	F	0.10
10	Wohnhaus, 428, 1	G	0.44
11	Stationsgebäude, 1353, 19	G	0.49
12	Lagerhalle, 239, 13	H	0.56
13	Bürogebäude, 240, 9	H	0.43
14	Fabrik, 752, 21	I	0.44
15	Werkhof, 813, 3	I	0.61
16	Geschäftshaus, 814, 19	J	0.25
17	Wohnhaus, Scheune, 27, 275	J	0.10

Tabelle 4-1: Zusammenfassung der maximalen magnetischen Flussdichte bei den OMEN, verursacht durch die Fahrleitungsanlage.

5 REFERENZEN

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710), 23. Dezember 1999 (Stand am 1. Juni 2019)
- [2] Kanton Bern, Gemeinde Heimberg, Strecke Hasle-Rüegsau – Thun, Programm SMB, Umbau Bahnhof Heimberg, km 28.750-29.950, Auflageprojekt 2020, Situationsplan 1:500, BLS Netz AG, Plan Nr.: PB 5675 – 01, 30.04.2020
- [3] Google Street-View Heimberg, <https://www.google.com/maps>, abgerufen am 15.05.2020
- [4] Fahrleitungsanlagen Heimberg, Schaltschema Projekt, BLS Netz AG, EA 8408, 30.04.2020
- [5] Geoportal Kanton Bern, <https://www.map.apps.be.ch>, abgerufen am 08.05.2020
- [6] Bauzonen Schweiz (harmonisiert), map.geo.admin.ch, abgerufen am 08.05.2020
- [7] Gemeinde Heimberg, Öffentliche Mitwirkung, Einwohnergemeinde Heimberg, Ortsplanungsrevision, Zonenplan 1:5000, Februar 2019
- [8] Gemeinde Heimberg, Öffentliche Mitwirkung, Einwohnergemeinde Heimberg, Revision der Ortsplanung, Baureglement, Februar 2019
- [9] 1-h-Ströme ab UW Thun Abgang 1005, „UW Thun SP1005 Imittel-h.xlsx“, SBB AG, am 01.05.2020 per Email von BLS erhalten
- [10] BLS Netz AG, NIS Brenzikofen, NIS Bericht Umbau Station Brenzikofen, ENOTRAC AG, ECH-132.70_17-001 Version 1.0, 23.11.2017
- [11] Kanton Bern, Gemeinde Heimberg, Strecke Hasle-Rüegsau – Thun, Programm SMB, Umbau Bahnhof Heimberg, km 28.750 - 29.950, Auflageprojekt 2020, Typische Querprofile 1:100, BLS Netz AG, Plan Nr.: PB 5675 – 02, 30.04.2020
- [12] Projekt: Umbau Bahnhof Heimberg, Massstab: 1:100, km 29.231, BLS Netz AG, Plan Nr.: PB 5675 - 02, 30.04.2020
- [13] Zusatzangaben zur Leiteranordnung im Projektbereich, am 07.05.2020 per Email von BLS/Kummler+Matter erhalten

6 ANHANG

6.1 Querprofile der modellierten Fahrleitungsanlagen

Die in den nachfolgenden Tabellen und Abbildungen angegebenen y-Positionen (Höhen über SOK des Referenzgleises) der Leiter entsprechen der Aufhängungshöhe. Bei Rückleiterseilen, Hilfsleitung und Umgehungsleitungen wird im Modell jedoch ein mittlerer Durchhang von 0.5 m und bei den Tragseilen ein von der Systemhöhe abhängiger mittlerer Durchhang von 0.7 m berücksichtigt. Ebenso erscheinen diese Leiter dann in den Darstellungen der magnetischen Flussdichte (Ergebnisse in Abschnitt 4.1) bei dieser geringeren Höhe.

Die genaue Leiterlage wurde den Querprofilen in [11] und [12], den Angaben in [13] und dem Situationsplan in [2] entnommen.

6.1.1 Querprofil A

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links	-0.72	0.00
Schiene rechts	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Umgehungsleitung	-2.63	11.28
Speiseleitung	2.05	10.30
Rückleiterseil 1	-3.51	8.02
Rückleiterseil 2	3.60	6.70

Tabelle 6-1: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils A.

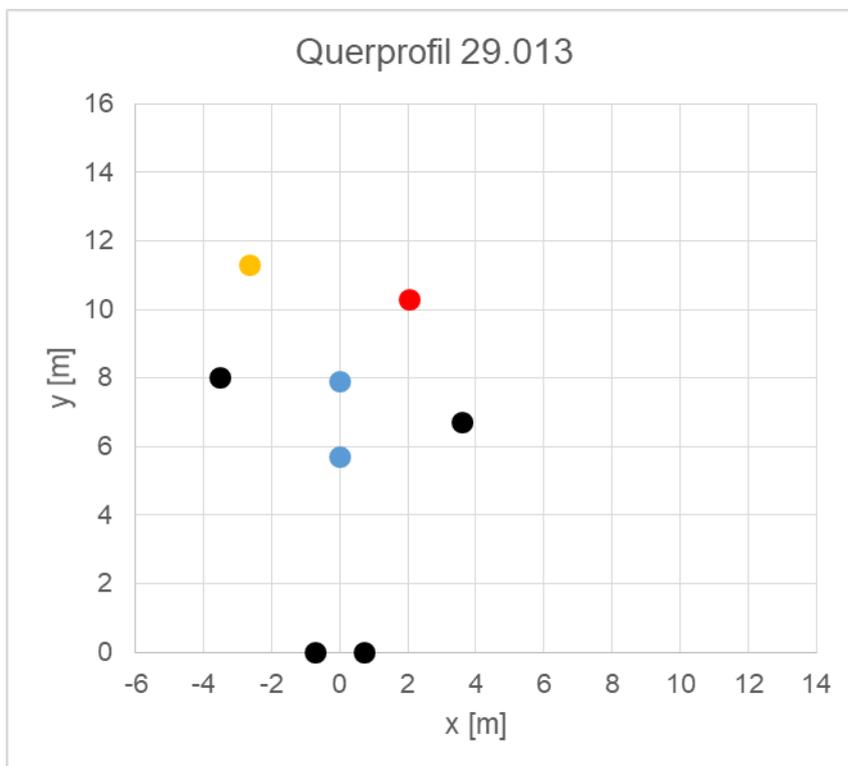


Abbildung 6-1: Leiteranordnung im Querprofil A (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.2 Querprofil B

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links	-0.72	0.00
Schiene rechts	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Umgehungsleitung	-2.63	11.28
Speiseleitung	-3.97	10.30
Rückleiterseil	-3.51	8.02

Tabelle 6-2: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils B.

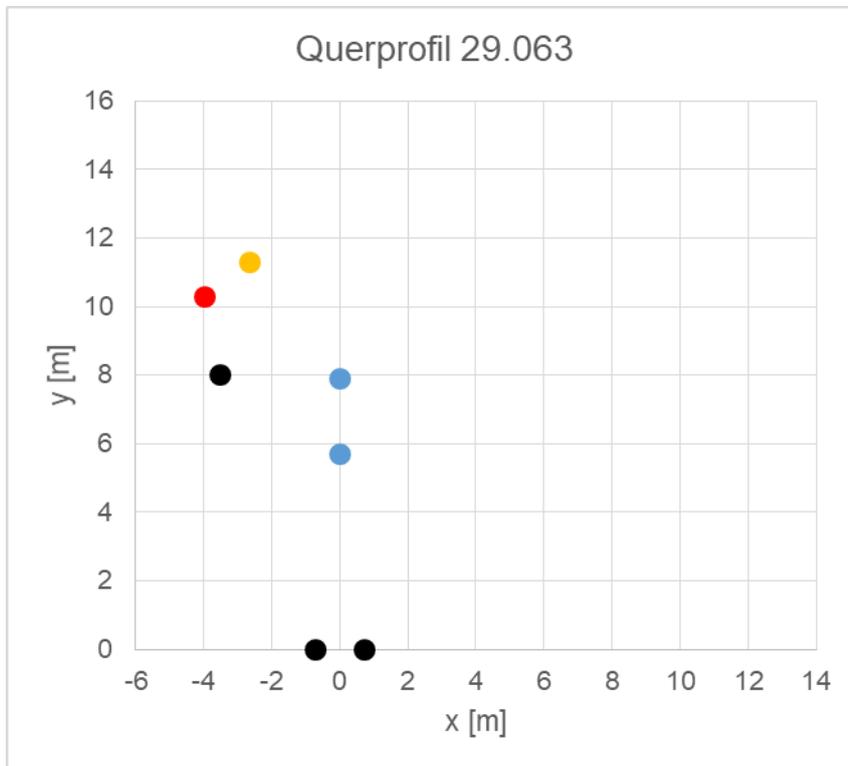


Abbildung 6-2: Leiteranordnung im Querprofil B (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.3 Querprofil C

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links	-0.72	0.00
Schiene rechts	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Umgehungsleitung	-2.63	11.28
Speiseleitung	-3.97	11.28
Rückleiterseil	-3.51	8.02

Tabelle 6-3: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils C.

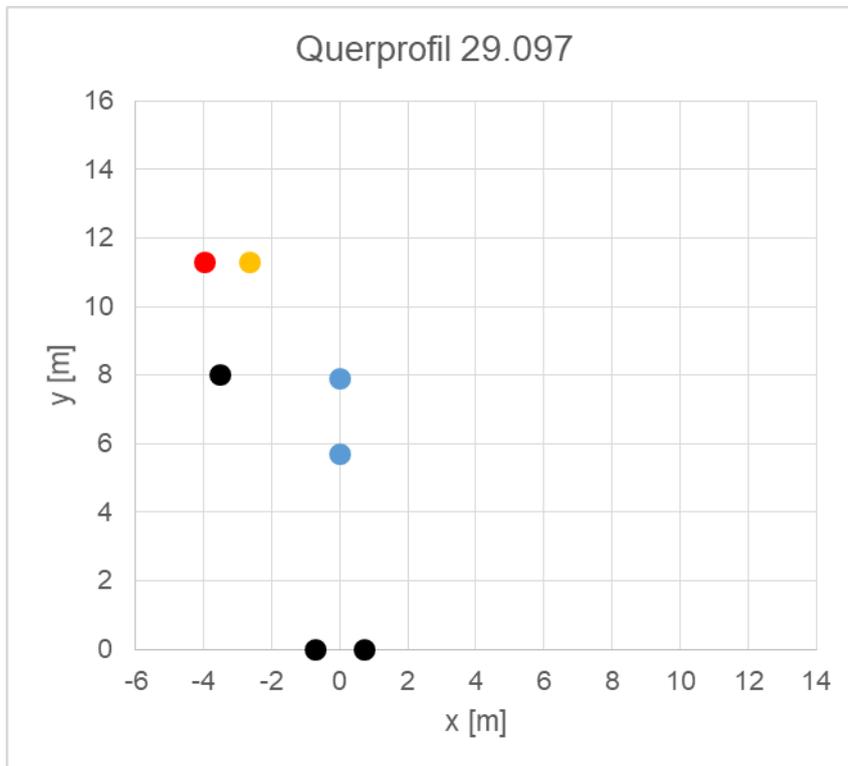


Abbildung 6-3: Leiteranordnung im Querprofil C (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.4 Querprofil D

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links	-0.72	0.00
Schiene rechts	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Umgehungsleitung	-2.63	11.28
Speiseleitung	-3.97	11.28
Rückleiterseil	-3.51	9.96

Tabelle 6-4: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils D.

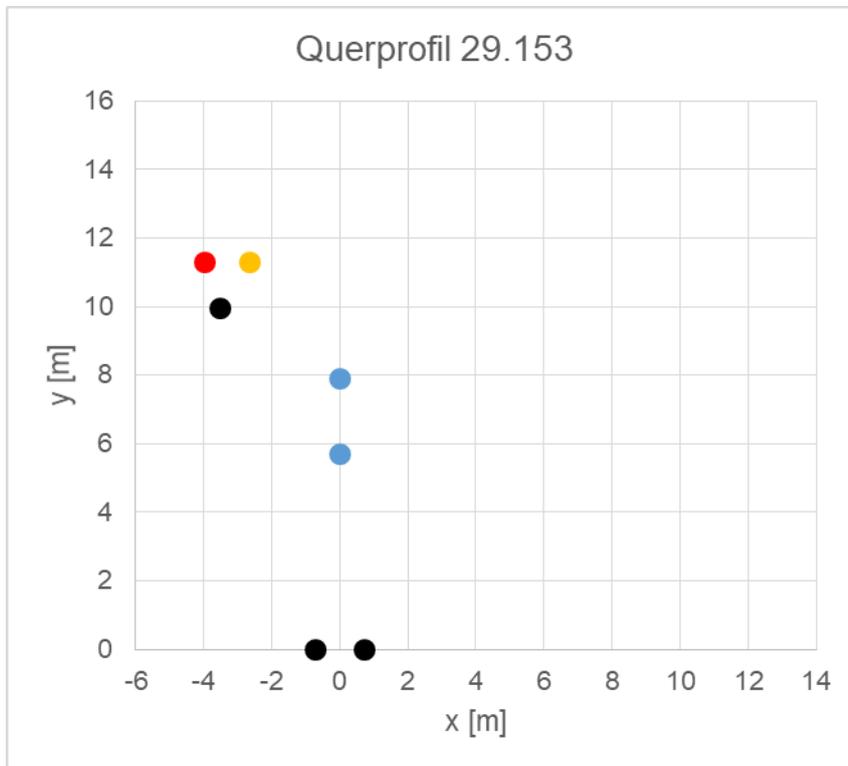


Abbildung 6-4: Leiteranordnung im Querprofil D (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.5 Querprofil E

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	5.70
Tragseil Gleis 2	0.00	7.90
Schiene links Gleis 3	2.71	0.00
Schiene rechts Gleis 3	4.15	0.00
Fahrdraht Gleis 3	3.43	5.70
Tragseil Gleis 3	3.43	7.90
Umgehungsleitung	5.13	10.94
Speiseleitung	3.80	10.94
Rückleiterseil	6.41	9.96

Tabelle 6-5: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils E.

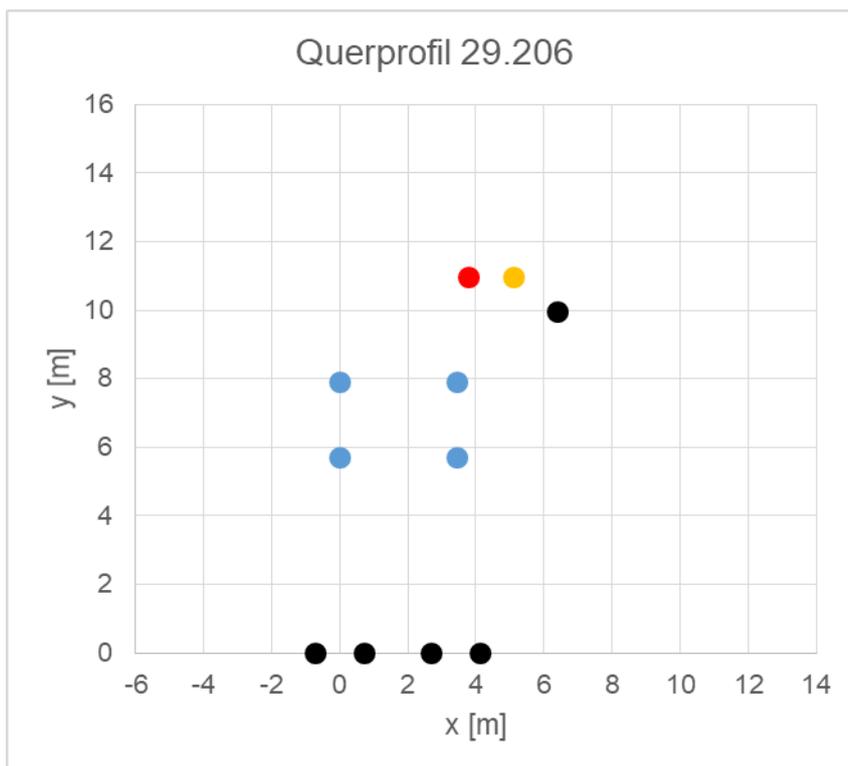


Abbildung 6-5: Leiteranordnung im Querprofil E (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.6 Querprofil F

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	5.70
Tragseil Gleis 2	0.00	7.90
Schiene links Gleis 3	3.09	0.00
Schiene rechts Gleis 3	4.53	0.00
Fahrdraht Gleis 3	3.81	5.70
Tragseil Gleis 3	3.81	7.90
Umgehungsleitung	7.93	11.36
Speiseleitung	6.63	11.36
Rückleiterseil	7.30	10.20

Tabelle 6-6: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils F.

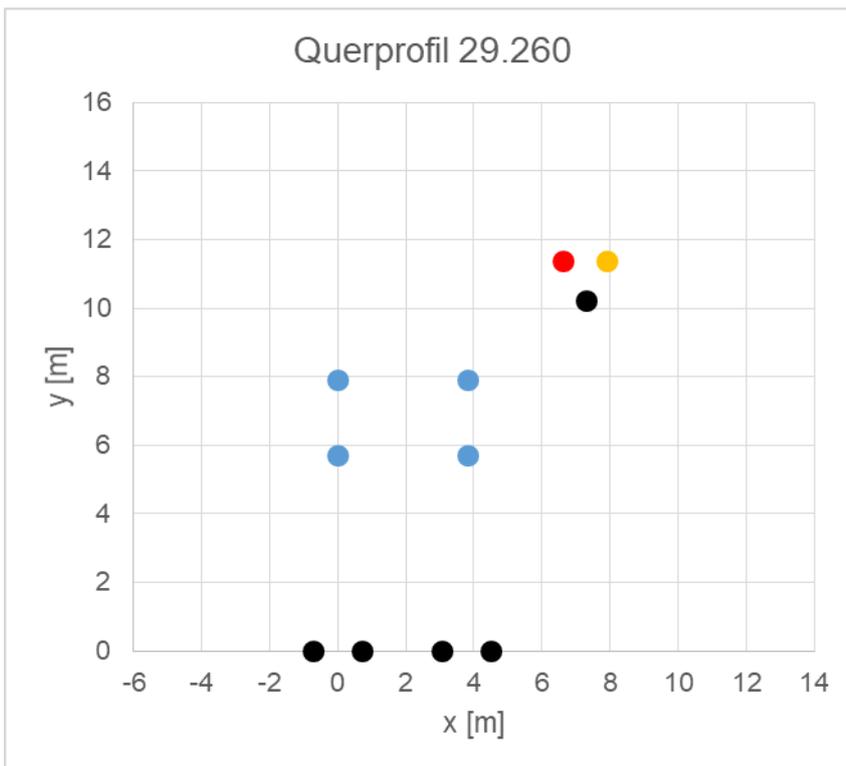


Abbildung 6-6: Leiteranordnung im Querprofil F (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.7 Querprofil G

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	5.70
Tragseil Gleis 2	0.00	7.90
Schiene links Gleis 3	3.09	0.00
Schiene rechts Gleis 3	4.53	0.00
Fahrdraht Gleis 3	3.81	5.70
Tragseil Gleis 3	3.81	7.90
Umgehungsleitung	2.58	11.26
Speiseleitung	1.24	11.26
Rückleiterseil	2.12	10.28

Tabelle 6-7: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils G.

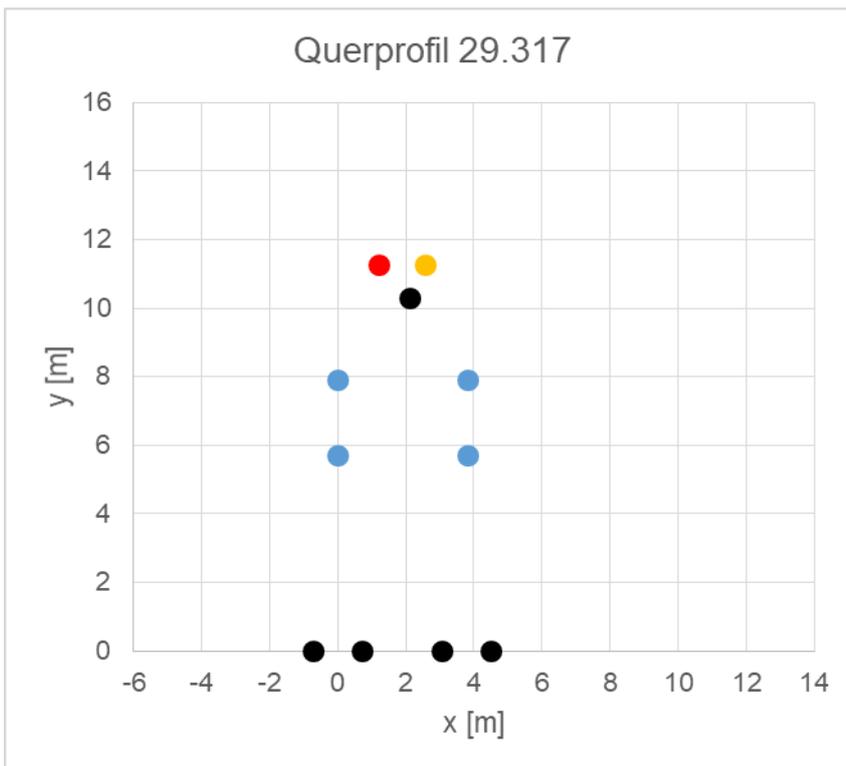


Abbildung 6-7: Leiteranordnung im Querprofil G (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.8 Querprofil H

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	5.70
Tragseil Gleis 2	0.00	7.90
Schiene links Gleis 3	3.25	0.00
Schiene rechts Gleis 3	4.69	0.00
Fahrdraht Gleis 3	3.97	5.70
Tragseil Gleis 3	3.97	7.90
Umgehungsleitung	2.75	11.89
Speiseleitung	1.41	11.89
Rückleiterseil	1.84	10.89

Tabelle 6-8: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils H.

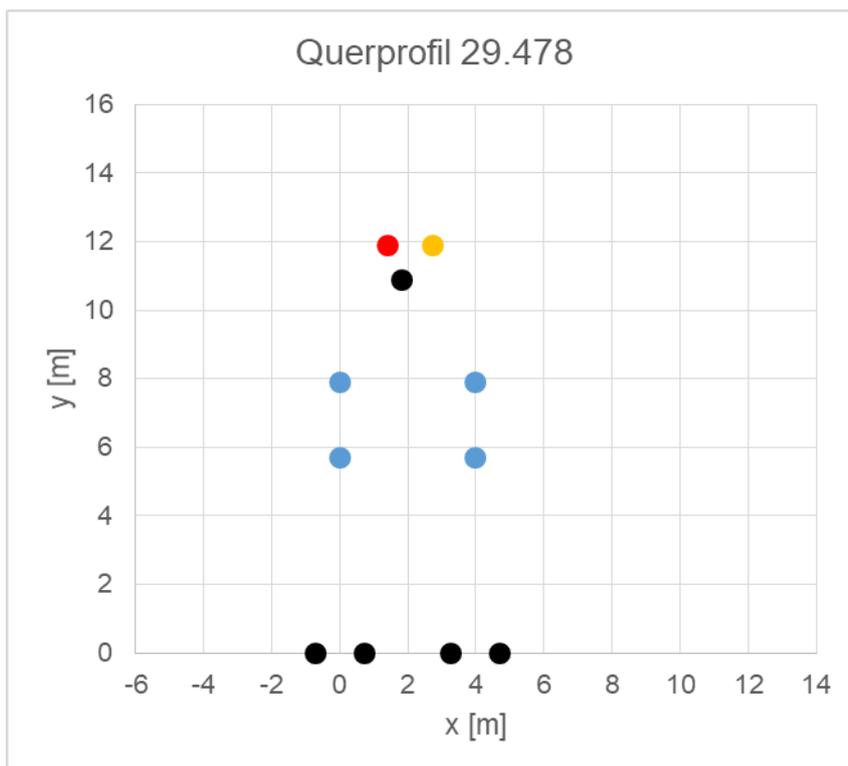


Abbildung 6-8: Leiteranordnung im Querprofil H (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.9 Querprofil I

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	5.70
Tragseil Gleis 2	0.00	7.90
Schiene links Gleis 3	2.56	0.00
Schiene rechts Gleis 3	4.00	0.00
Fahrdraht Gleis 3	3.28	5.70
Tragseil Gleis 3	3.28	7.90
Umgehungsleitung	-2.06	11.89
Speiseleitung	-3.38	11.89
Rückleiterseil	-2.95	10.89

Tabelle 6-9: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils I.

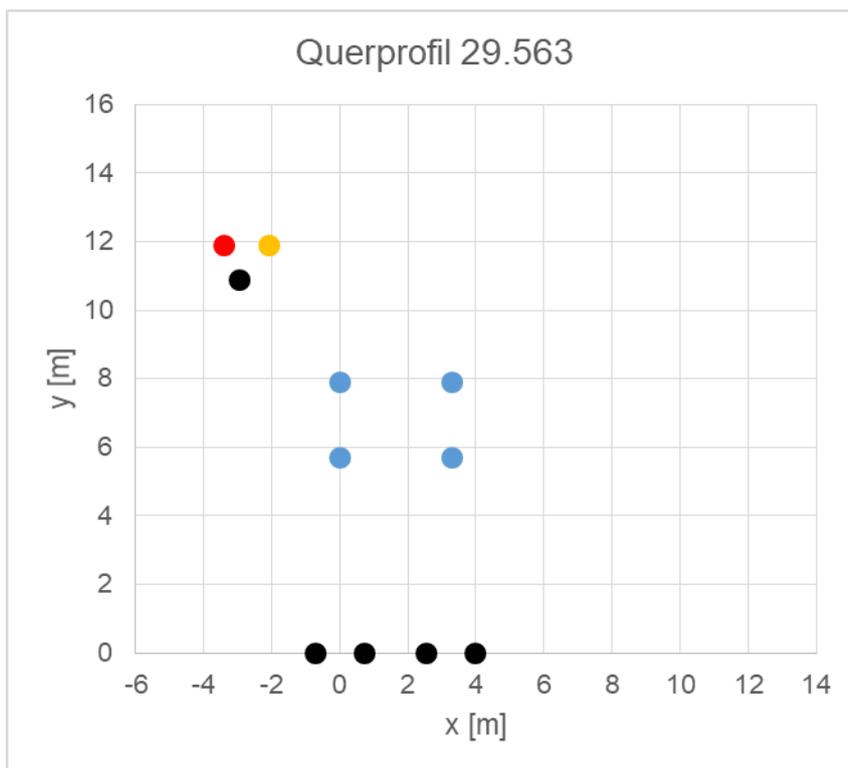


Abbildung 6-9: Leiteranordnung im Querprofil I (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.1.10 Querprofil J

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links	-0.72	0.00
Schiene rechts	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Umgehungsleitung	-2.33	10.75
Speiseleitung	-3.67	10.75
Rückleiterseil	-3.21	6.72

Tabelle 6-10: Leiter und deren Position im Bereich des Querprofils J.

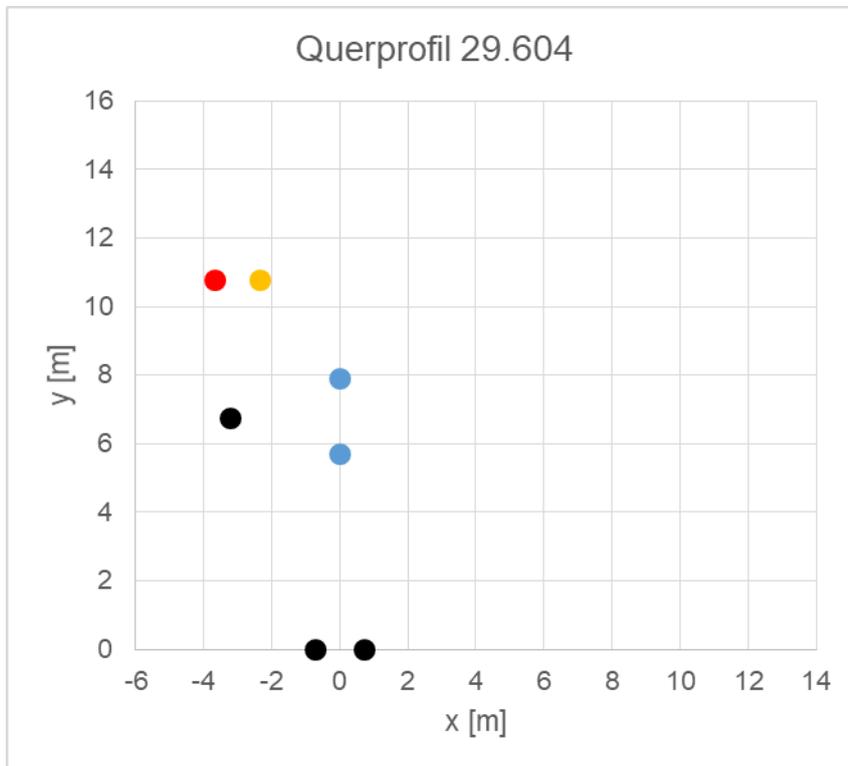


Abbildung 6-10: Leiteranordnung im Querprofil J (blau Kettenwerke, gelb UmL, rot SL, schwarz Rückleiter/Schienen).

6.2 Verwendete Abkürzungen

Begriff	Definition
AGW	Anlagegrenzwert
BR	Baurecht
Cu	Kupfer
FD	Fahrdraht
FL	Fahrleitung
NIS	Nichtionisierende Strahlung
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [1]
OMEN	Ort mit empfindlicher Nutzung gemäss Art. 3, Abs. 3 NISV
RL	Rückleiterseil
SL	Speiseleitung
SOK	Schienenoberkante
SP	Schaltposten
StaKu	Stahl-Kupfer
TS	Tragseil
UmL	Umgehungsleitung

Tabelle 6-11: Tabelle der verwendeten Abkürzungen und Begriffe.

**Standortdatenblatt
für Eisenbahnen („Fahrleitungen“)
(Artikel 11 und Anhang 1 Ziffer 5 NISV)**

BLS Netz AG, NIS Heimberg

1 Grundlagen

Bezeichnung	Angabe
Bezeichnung der Fahrleitungsanlage	Fahrleitungsanlage Bahnhof Heimberg
Zu beurteilender Fahrleitungsabschnitt	Streckenkilometer 29.041 – 29.912
Veranlassung für die NIS-Untersuchung	Erneuerung Bahnhof Heimberg
Inhaber der Anlage	BLS Netz AG Genfergasse 11 3001 Bern
Ersetzt Standortdatenblatt	-

Bemerkungen: -

2 Erklärung

Der Inhaber der Anlage erklärt, dass die Angaben in diesem Standortdatenblatt und den Beilagen vollständig und korrekt sind.

- Die Immissionsgrenzwerte (300 μ T für die magnetische Flussdichte; 10 kV/m für die elektrische Feldstärke) sowie der vorsorgliche Anlagegrenzwert von 1 μ T sind auf dem betrachteten Bahnabschnitt nach NISV eingehalten.
- Die Immissionsgrenzwerte sind eingehalten. Der Anlagegrenzwert wird jedoch nicht bei allen OMEN eingehalten:
 - Es handelt sich um eine neue Anlage im Sinne der NISV, welche den Anlagegrenzwert einhalten müsste. Der Inhaber der Anlage ersucht daher die Vollzugsbehörde um Erteilung einer Ausnahmegewilligung für die OMEN nach Kapitel 5.2. Dabei gilt:
 - Die Anlage ist mit einem Rückleiter möglichst nahe bei den Hinleitern, welche die grössten Ströme führen, ausgerüstet. (Ziff. 55, Abs. 2a NISV)
 - Alle anderen Massnahmen zur Begrenzung der magnetischen Flussdichte, wie ein anderer Standort oder Abschirmungen, die technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar sind, wurden getroffen. (Ziff. 55, Abs. 2b NISV)
 - Es handelt sich um den Ersatz einer alten Anlage im Sinne der NISV am bisherigen Standort. Dabei gilt:
 - Die Anlage ist mit einem Rückleiter ausgerüstet. Dementsprechend sind alle Anforderungen der NISV an eine alte Anlage erfüllt. (Ziff. 56 NISV)

Begründung: -

Datum: 31.07.2020

BLS Netz AG

Genfergasse 11

3001 Bern

Name / Funktion : C. Sauter

Techniker Fahrleitung

3 Verweis auf Bericht

Die von ENOTRAC durchgeführte Untersuchung ist in der Beilage beschrieben. Die Beilage mit der Bezeichnung ECH-132.70_36-004, Version 1.0 behandelt dabei folgende Themen:

- geplante technische und betriebliche Daten der Anlage, soweit sie für die Erzeugung von Strahlung massgebend sind;
- massgebender Betriebszustand und massgebender Strom nach Anhang 1 NISV;
- Detaillierte Angaben über die von der Anlage erzeugte Strahlung;
- Situationsplan.

4 Geographische Angaben

	Ort	Strecken-km	Koordinaten CH1903+
Anfangspunkt	Gemeinde Heimberg	29.041	2'612'632 / 1'182'543
Endpunkt	Gemeinde Heimberg	29.912	2'612'902 / 1'181'681

Bemerkungen: -

5 Einhaltung der Grenzwerte

5.1 Immissionsgrenzwert – an für Menschen zugänglichen Orten

Die NISV gibt auch Immissionsgrenzwerte für die magnetische Flussdichte und das elektrische Feld vor, die überall eingehalten werden müssen, wo sich Menschen aufhalten können. Die Immissionsgrenzwerte von 300 μT resp. 10 kV/m (bei 16.7 Hz) werden bei Freileitern von Fahrleitungsanlagen 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. Bei Kabeln ist aufgrund der Isolation eine unmittelbare Annäherung möglich und der Immissionsgrenzwert für die magnetische Flussdichte kann überschritten werden. Für die Kabelaufstiege ist daher der Immissionsgrenzwert zu beachten – an allen anderen Orten verlaufen die Kabel in Rohrböcken und eine unmittelbare Annäherung ist nicht möglich.

Innerhalb des Projektbereichs betrifft dies die beiden Kabelaufstiege der Speise- und Umgehungsleitung bei der Überführung der Stockhornstrasse (Streckenkilometer 29.568, Mast 29 und Streckenkilometer 29.603, Mast 31). Die Masten mit den Kabelaufstiegen und der Kabelrohrblock bleiben durch den Umbau unverändert. Die Gebäude in der Nähe der Kabelaufstiege (Werkhof und Unterstand auf Parzelle 813) sind umzäunt und die Standorte sind weit weg von Publikumsanlagen. Die beiden Masten können nur über einen Grasstreifen entlang der Bahn oder auf dem Trasse selbst erreicht werden. Dass sich jemand an die Masten mit den Kabelaufstiegen anlehnt (nur so ist eine gemäss NISV Art. 13 Absatz 2 gleichmässig auf den ganzen menschlichen Körper einwirkende Strahlung über dem Grenzwert überhaupt möglich) ist daher nicht ausgeschlossen aber sicher extrem selten. Zudem müsste zum Zeitpunkt der Anlehnung an einer der Kabelaufstiege zusätzlich ein für die Bahnlinie aussergewöhnlicher Spitzenstrom auftreten: Ohne Berücksichtigung von kompensierenden Rückströmen müssen in der Speise- und Umgehungsleitung 600 A (entspricht 9 MW bei Nennspannung) fliessen um 300 μT in einem Abstand von 40 cm von den Kabeln zu erreichen. Zum Vergleich: Auf dieser Linie verkehren typisch NINA-Treibzüge mit Spitzenleistungen von 1 MW (Einfachtraktion) oder RBDe 565 Pendelzüge mit 1.65 MW Spitzenleistung. Dieser Zusammenfall der Ereignisse - jemand lehnt sich an diese Masten an und mindestens 5 Züge beziehen zwischen Heimberg und Konolfingen gleichzeitig die Spitzenleistung - wird als sehr unwahrscheinlich betrachtet. Die Immissionsgrenzwerte werden somit eingehalten.

5.2 Anlagegrenzwert – Orte mit empfindlicher Nutzung

Folgende Übersicht zeigt die magnetische Flussdichte, berechnet als Mittelwert über 24 Stunden,

- an den drei Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) an denen diese Strahlung am stärksten ist
- sowie an allen OMEN an denen der Anlagegrenzwert überschritten ist (als vorsorglicher Anlagegrenzwert für die magnetische Flussdichte gilt hier gemäss NISV 1 μT).

OMEN-ID	Strecken-km	Bezeichnung, Parzellen Nr.	Magnetische Flussdichte [μT]	NISV eingehalten
7	29.234	unbebaute Parzelle 891	0.69	Ja
15	29.565	Werkhof, 813	0.61	Ja
12	29.482	Lagerhalle 239	0.56	Ja

Bemerkungen: -