

Areal Wellis - Under Schwizermatt, Willisau

## Abklärung NIS-Belastung

ECH-526.01-003 / Version 1.0

Auftraggeber:

Hilmar Toluoso  
Müligass 2  
6130 Willisau

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  
30.03.2023  
© Enotrac AG

**Aktuelle Version**

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	30.03.2023	Freigegeben	J. Tschumi	K. Gafner	K. Gafner

**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

Inhalt:

<b>1</b>	<b>Einleitung, Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Aufgabenstellung	4
1.3	Anmerkungen zur NISV	5
1.4	Zusammenfassung	5
<b>2</b>	<b>Beschreibung des Simulationsmodells</b>	<b>7</b>
2.1	Allgemeines	7
2.1.1	Koordinatenfestlegung	7
2.1.2	Modellbereich	7
2.2	Feld verursachender Strom	7
2.2.1	Allgemeines	7
2.2.2	Massgebender Strom Umgehungsleitung	9
2.2.3	Massgebender Strom Bahnhofsgleise	9
2.3	Anordnung und Parameter der Leiter	10
2.3.1	Leitereigenschaften	10
2.3.2	Querprofile	10
2.4	Querverbindungen Oberleitung	12
2.5	Erdung und Querverbindung Rückleiter	12
<b>3</b>	<b>Verwendete Tools</b>	<b>13</b>
3.1	FABEL (Modul SIMNET)	13
3.2	EMFCALC	14
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Referenzen</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Verwendete Abkürzungen</b>	<b>19</b>

# 1 EINLEITUNG, ZUSAMMENFASSUNG

## 1.1 Ausgangslage

Auf dem Areal östlich der BLS-Bahnlinie Huttwil - Wolhusen im Bereich zwischen der Ettiswilerstrasse und der Änziwigger in Willisau wird ein Bauprojekt entwickelt («Wellis»; davon grenzen die Parzellen 232 und 233 unmittelbar an die Bahn; siehe Abbildung 1-1). In den Neubauten sind Wohnungen und Arbeitsplätze geplant. Dies bedeutet, dass Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) im Sinne der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV [1]) entstehen. Es soll deshalb die von der Bahn verursachte NIS-Belastung auf dem Areal gemäss den Vorgaben der NISV bestimmt werden. Das Areal «Wellis» liegt in der «Kernzone C» gemäss dem Zonenplan [7].

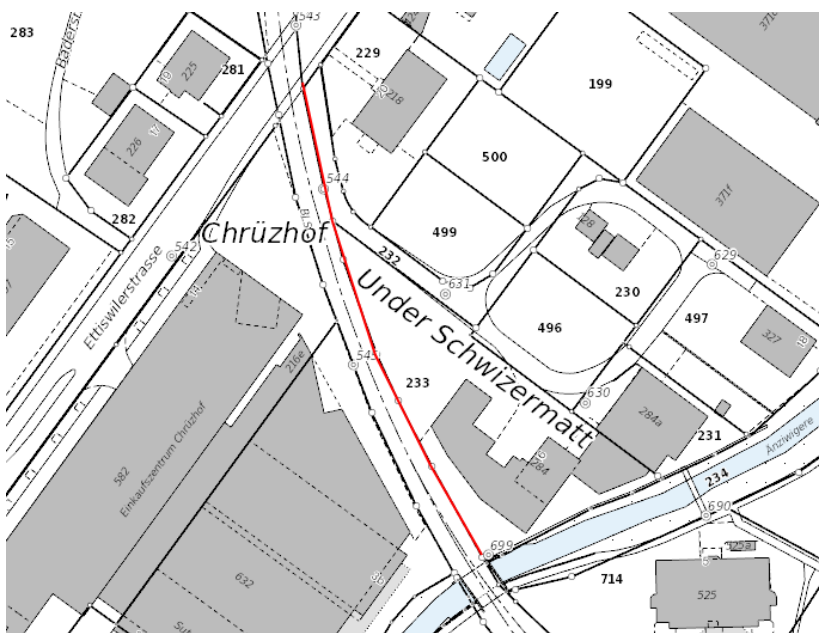


Abbildung 1-1: Rot eingezeichnet sind die Grenzen der Parzellen des Areals «Wellis» zur Bahn (Planquelle: GIS Kanton Luzern [8]; mit der roten Linie ergänzt).

## 1.2 Aufgabenstellung

Es ist für das Areal «Wellis» die von der BLS Eisenbahnlinie Huttwil – Wolhusen verursachte NIS-Belastung gemäss den Anforderungen der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) zu bestimmen und zu bewerten.

Für die Emission gibt die NISV für Eisenbahnen einen Anlagegrenzwert (AGW) von  $1 \mu\text{T}$  bei allen Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) für den über 24 Stunden gemittelten Effektivwert der magnetischen Flussdichte vor. Als massgebender Betriebszustand gilt dabei der geplante fahrplanmässige Betrieb, resp. der dazu notwendige in die Fahrleitung gespeiste Strom. Der AGW wird auch „vorsorglicher Emissionsgrenzwert“ genannt und steht für die niederschwellige lange andauernde Belastung mit NIS.

Die NISV gibt nebst dem vorsorglichen Emissionsgrenzwert auch Immissionsgrenzwerte vor. Die Immissionsgrenzwerte für die magnetische Flussdichte ( $300 \mu\text{T}$ ) und das elektrische Feld ( $10 \text{ kV/m}$ )

müssen 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 – werden in der Fahrleitungsanlage von Willisau nicht eingesetzt. Die Immissionsgrenzwerte werden somit problemlos eingehalten und stehen hier nicht weiter zur Diskussion.

### 1.3 Anmerkungen zur NISV

- Die NISV basiert auf dem Verursacherprinzip. Der Betreiber der entsprechenden elektrischen Anlagen ist für die Einhaltung der Grenzwerte und Vorgaben der NISV verantwortlich.
- Die NISV regelt Bauvorschriften der Gemeinden im Prinzip nur beim Einzonen von Parzellen in Bauzonen. Beim Einzonen müssen die Bauvorschriften so festgelegt werden, dass keine Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) in den Bereichen, wo bestehende elektrische Anlagen den Anlagegrenzwert (AGW; auch vorsorglicher Emissionsgrenzwert genannt) überschreiten, errichtet werden dürfen (Art. 16 NISV).
- Die NISV macht keine expliziten Vorgaben zum Ändern von Bauvorschriften für bestehende Bauzonen. Es erscheint jedoch insbesondere unter dem allgemeinen Schutzziel des übergeordneten Umweltschutzgesetzes wenig logisch, wenn mit der Änderung von Bauvorschriften (konkret Verringerung der Grenzabstände zu Nachbarparzellen, höhere zulässige Bauten) die Vorgaben, die beim Einzonen gelten, ausgehebelt werden.
- Grundsätzlich darf im Rahmen der geltenden Bauvorschriften gebaut werden, auch wenn dadurch OMEN in Bereichen über dem vorsorglichen Emissionsgrenzwert zu liegen kommen. Das entsprechende Risiko verbleibt jedoch bei der Bauherrschaft.
- In Willisau ist die Situation zusätzlich speziell, weil das Baureglement [9] für die Bauzone «Kernzone C» explizit eine individuelle Beurteilung der Projekte durch den Stadtrat vorsieht und unter anderem keine Abstände zu Nachbarparzellen festlegt. Um den Anforderungen der NISV an die Gemeinden Genüge zu tun, müsste der Stadtrat dann bei dieser individuellen Festlegung auch die NISV berücksichtigen (weil das mit der Nichtfestlegung im Baureglement noch nicht getan wurde).
- Die Eisenbahnlinie entlang dem Untersuchungsbereich gilt aktuell als «Alte Anlage» im Sinne der NISV, da sie vor Inkrafttreten der NISV am 1. Februar 2000 bereits rechtskräftig in Betrieb war. Mit dem bereits vorhandenen Rückleiterseil sind die Maximalforderungen an die aktuelle Anlage bereits erfüllt.

### 1.4 Zusammenfassung

Wird bei einer Neunutzung des Areals «Wellis» in Willisau die bestehende «Interessenlinie BLS» respektiert, so überschreitet die von der Eisenbahn verursachte magnetische Flussdichte bei keinem OMEN auf diesem Areal den AGW von 1  $\mu$ T (Mittelwert des Effektivwerts über 24 h). Für die Einhaltung des AGW wäre ein Abstand von maximal 6.5 m von der heutigen Gleisachse notwendig, die «Interessenlinie BLS» liegt 10 m und weiter von der Gleisachse entfernt.

---

Die Berechnung der magnetischen Flussdichte erfolgte für einen künftigen Zustand der Fahrleitungsschaltung: Es wurde bereits berücksichtigt, dass die heute aktive Schutzstrecke bei Huttwil künftig eine fakultative Schutzstrecke ist (d.h. die Eisenbahn wird dann zweiseitig von Wolhusen und Langenthal gespeist; aktuell erfolgt die Speisung nur von Seite Wolhusen) und dementsprechend die Ströme im für Eisenbahnen NIS-relevanten 24-h-Mittel künftig höher liegen.

## 2 BESCHREIBUNG DES SIMULATIONSMODELLS

### 2.1 Allgemeines

#### 2.1.1 Koordinatenfestlegung

- x-Achse: Ursprung in der Achse von Gleis 2 im Bahnhof Willisau, resp. der Verlängerung dieses Gleises ausserhalb des Bahnhofbereichs. Positive Werte nach rechts bei Blickrichtung Huttwil → Wohlhusen / aufsteigende Kilometrierung der Bahnlinie. (Das Areal «Wellis» liegt mit dieser Definition links der Bahn und bei negativen x-Koordinaten.)
- y-Achse: Ursprung auf SOK, positive Werte nach oben.
- z-Achse: Entlang der Strecke wird die Streckenkilometrierung der Linie Huttwil - Wolhusen verwendet. Aufsteigende Kilometrierung in Richtung Wolhusen. Der zu untersuchende Perimeter entlang dem Areal «Wellis» umfasst die Streckenkilometer 14.440 - 14.560.

#### 2.1.2 Modellbereich

Um die Erdströme korrekt zu erfassen, wurde das Modell auf den Bereich km 9 bis km 22 erweitert. Ausserhalb des Bereichs des Areals «Wellis» wurde dabei der Bahnhofsbereich bis zu den Streckentrennungen von Willisau vereinfacht modelliert und anschliessend beidseits mit Standard-Einspuren erweitert.

## 2.2 Feld verursachender Strom

### 2.2.1 Allgemeines

Für Eisenbahnanlagen ist der für den fahrplanmässigen Betrieb notwendige und über 24 Stunden gemittelte Strom massgebend (siehe [1]).

Voraussichtlich Ende April 2023 wird die aktuell aktive Schutzstrecke bei Huttwil (bei Streckenkilometer 2.070) zur fakultativen Schutzstrecke.<sup>1</sup> Dementsprechend wird der Abschnitt Schutzstrecke Huttwil – Wolhusen dann nicht mehr einseitig ab Wolhusen gespeist, sondern zweiseitig ab Langenthal (über die Fahrleitung Langenthal – Huttwil) und Wolhusen versorgt. Dies führt im Vergleich zu heute in Willisau zu einem höheren 24-h-Strom. Dementsprechend wird in der vorliegenden Studie von der künftigen Situation mit fakultativer Schutzstrecke ausgegangen.

Für den Wechsel von aktiver zu fakultativer Schutzstrecke hat die SBB Netzsimulationen der Bahnstromversorgung (ganzes Netz inklusive Unterwerke und Übertragungsleitungen) zur Abklärung der Stromtragfähigkeit der Fahrleitungsanlage durchgeführt.[6] Diese Berechnungen dienen jedoch der Bestimmung der Spitzenbelastung (Hauptverkehrszeit Personenverkehr inklusive noch mögliche

<sup>1</sup> Aktive Schutzstrecke: Die Fahrleitung ist im Regelfall bei der Schutzstrecke getrennt und es gibt keinen Stromfluss über die Schutzstrecke. Fakultative Schutzstrecke: Die Fahrleitung ist im Regelfall bei der Schutzstrecke durchverbunden und es fliesst Strom.

Güterverkehrstrassen, Züge mit maximalem Gewicht) und geben nicht direkt Auskunft über den durchschnittlichen 24-h-Strom.

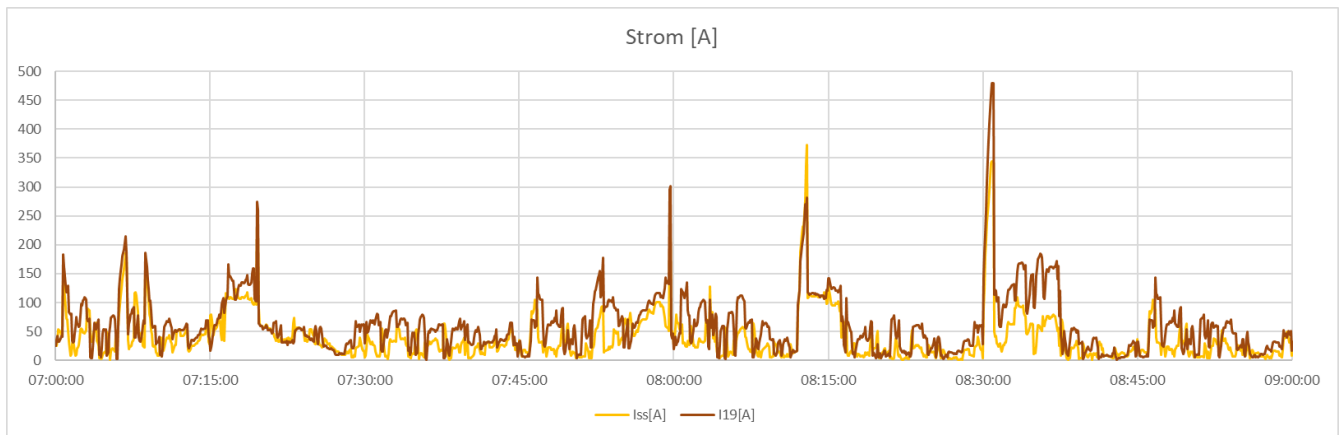


Abbildung 2-1: Ergebnisse der Simulationsrechnungen [6] für den Strom beim Schalter 19 (I19) in Wolhusen und bei der Schutzstrecke (Iss) bei Huttwil bei maximalem Betrieb in der Zeit von 7-9 Uhr.

Für die Bestimmung des massgebenden Stroms mit fakultativer Schutzstrecke wurden die folgenden Ergebnisse aus den Stromflussberechnungen der SBB entnommen:

- 2-h-Mittelwert des Stroms bei maximaler Belastung: 40.0 A bei der Schutzstrecke bei Huttwil, 61.2 A beim Schalter 19 in Wolhusen.
- Der zeitliche Verlauf des Stroms (siehe Abbildung 2-1) zeigt, dass kaum Transferstrom (Ausgleichsströme zwischen den speisenden Unterwerken UW Wanzwil Seite Langenthal und UW Emmenbrücke Seite Wolhusen) über die Fahrleitung der Linie Langenthal – Wolhusen zu erwarten ist: Die Stromkurven fallen in Schwachlastphasen praktisch auf 0 A ab. Der Strom in der Fahrleitung ist daher auf den Betrieb auf der Linie Langenthal – Wolhusen zurückzuführen.

Die Herleitung des massgebenden Stroms erfolgte deshalb mit folgenden Annahmen:

- Die Hauptverkehrszeit mit den maximalen Strömen entsprechend der Studie [6] dauert 5 h pro Tag, es gibt eine Betriebspause von 4 h pro Tag und während der «normalen» Betriebszeit (15 h pro Tag) liegt der Strom bei 75 % der maximalen Werte. D.h. der 24-h-Stromwert liegt um einen Faktor 0.677 unter dem Spitzenwert.
- Der massgebende 24-h-Strom nimmt zwischen dem Speisepunkt Wolhusen (km 24.803) und der Schutzstrecke (km 2.070) linear ab (von 41.4 A auf 27.1 A beim 24-h-Wert). Der Schaltposten Willisau liegt bei km 14.707 und dementsprechend beträgt der massgebende 24-h-Strom in Willisau 35.1 A.



# Willisau

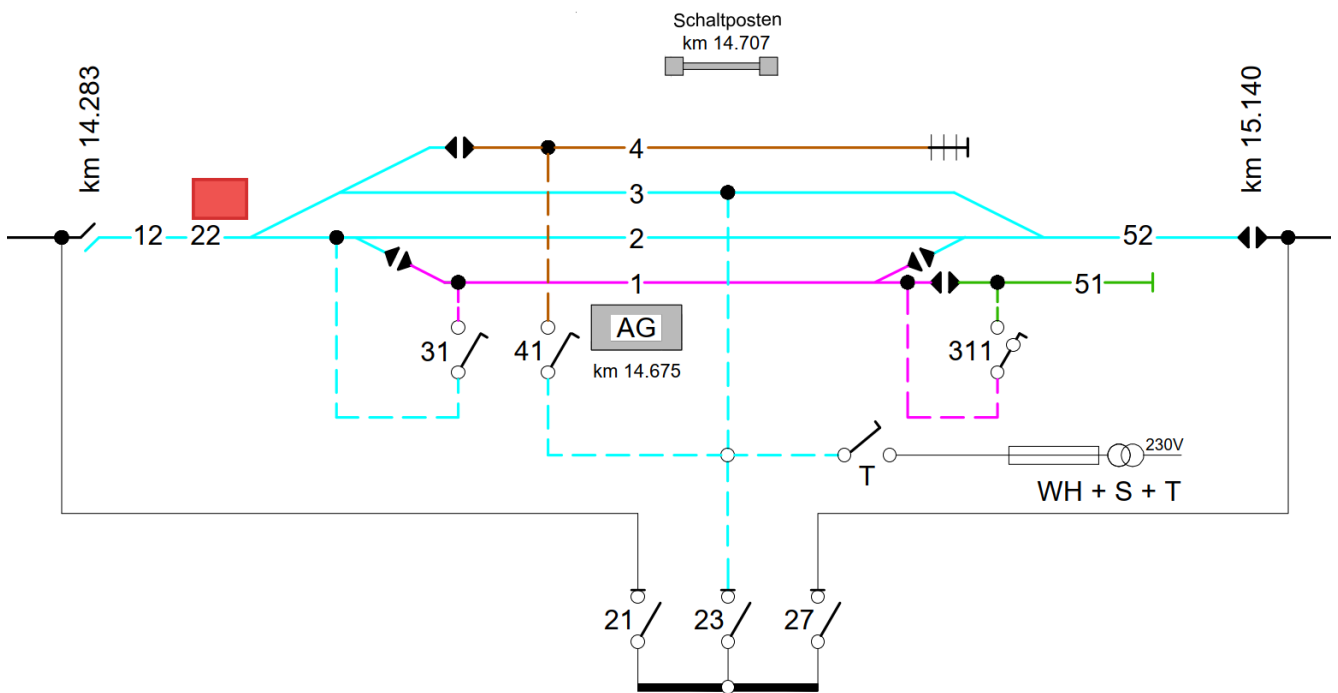


Abbildung 2-2: Auszug aus dem Schaltschema des Bahnhofs Willisau [5], ergänzt mit der schematischen Lage des Areals «Wellis» (rotes Rechteck). Anmerkung: Die Kilometrierung bei der Streckentrennung Seite Wolhusen ist falsch (statt km 15.140 ist km 15.682 korrekt).

## 2.2.2 Massgebender Strom Umgehungsleitung

Der im vorangehenden Abschnitt hergeleitete massgebende Strom für Willisau (35.1 A) entspricht dem Strom, der in der Umgehungsleitung (dünne schwarze Linien in Abbildung 2-2) fliesst.

## 2.2.3 Massgebender Strom Bahnhofsgleise

Die Bahnhofsgleise werden im Stich ab dem Schaltposten Willisau gespeist. Entlang dem Areal «Wellis» fliesst dabei nur dann ein Strom im Kettenwerk, wenn sich ein Zug im Bereich zwischen der Ausfahrweiche Seite Huttwil und der Streckentrennung bei km 14.283 befindet. Aufgrund der kurzen Distanz ist dieser Strom im 24-h-Mittel gering. Es wurde daher ein Erfahrungswert von 2 A verwendet.

## 2.3 Anordnung und Parameter der Leiter

### 2.3.1 Leitereigenschaften

Leiter	Material	Querschnitt [mm <sup>2</sup> ]	Äquivalenter Radius [mm]	Relative Permeabilität	Spezifischer elektrischer Widerstand (20°C) [Ω/m]	Bemerkungen
Schiene UIC 54	Stahl	6855	94	50	3.300E-05	Leitwert gegenüber Erde 0.001 S/m
Fahrdraht Cu 107 mm <sup>2</sup>	Cu	107	6.125	1	1.661E-04	
Tragseil Staku 50 mm <sup>2</sup>	Staku	50	4.5	1	1.000E-03	
Rückleiterseil Cu 95 mm <sup>2</sup>	Cu	95	6.25	1	1.871E-04	
Leitenseil Cu 95 mm <sup>2</sup>	Cu	95	6.25	1	1.871E-04	Umgehungsleitung (Bündelleiter aus 2 solchen Leitern)

Tabelle 2-1: Parameter der im Modell eingesetzten Leiter

### 2.3.2 Querprofile

Für den Bahnhof Willisau existieren gemäss BLS keine Querprofile der Fahrleitungsanlage. BLS hat jedoch Bilder aus den Videoaufnahmen des Diagnosefahrzeugs der SBB zur Verfügung gestellt. Die horizontale Lage der Leiter wurde deshalb den Situationsplänen [2], [3], [4] entnommen und die vertikale Lage wurde ausgehend von den Bildern und den Erfahrungswerten für den entsprechenden Fahrleitungstyp festgelegt.

Entlang dem Areal «Wellis» sind zwei verschiedene Leiteranordnungen relevant – die Umgehungsleitung quert entlang dem Areal von rechts nach links. Abbildung 2-3 und Abbildung 2-4 zeigen die entsprechende Anordnung und Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3 weisen die Positionen der Leiter (Aufhängehöhen) für diese beiden Leiteranordnungen aus. Für Leiter mit Durchhang wird im Modell ein mittlerer Durchhang von 0.7 m für das Tragseil und 0.5 m für Rückleiterseil und Umgehungsleitungen berücksichtigt. Bei den Ergebnissen (Kapitel 4) erscheinen diese Leiter dann entsprechend ihrem mittleren Durchhang.

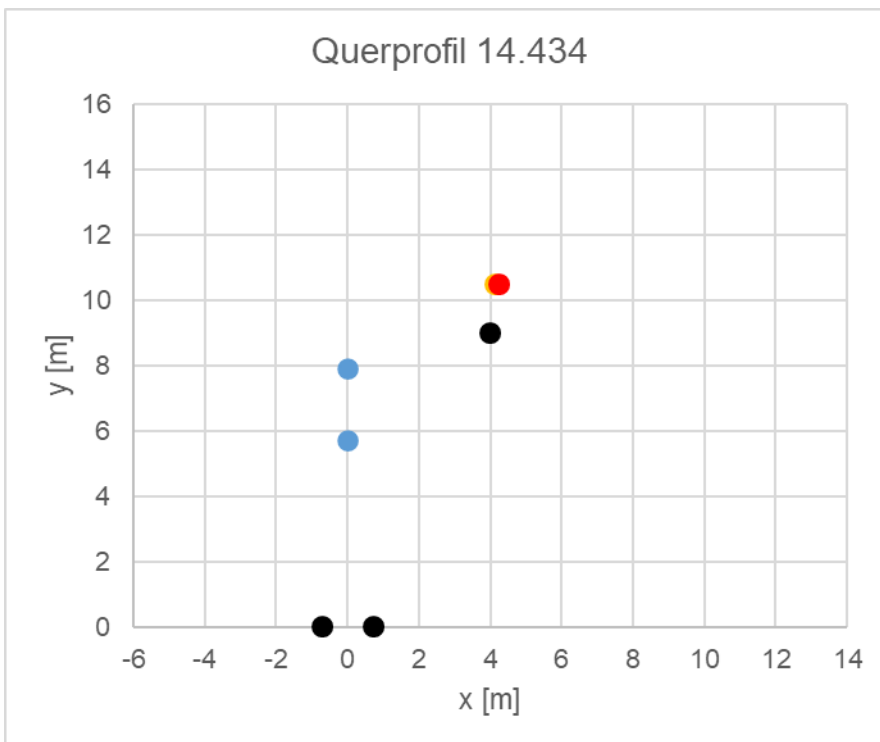


Abbildung 2-3: Querprofil ab km 14.434 (Anfang Untersuchungsbereich): Blau: Kettenwerk, rot: Umgehungsleitung, schwarz: Schienen und Rückleiterseil.

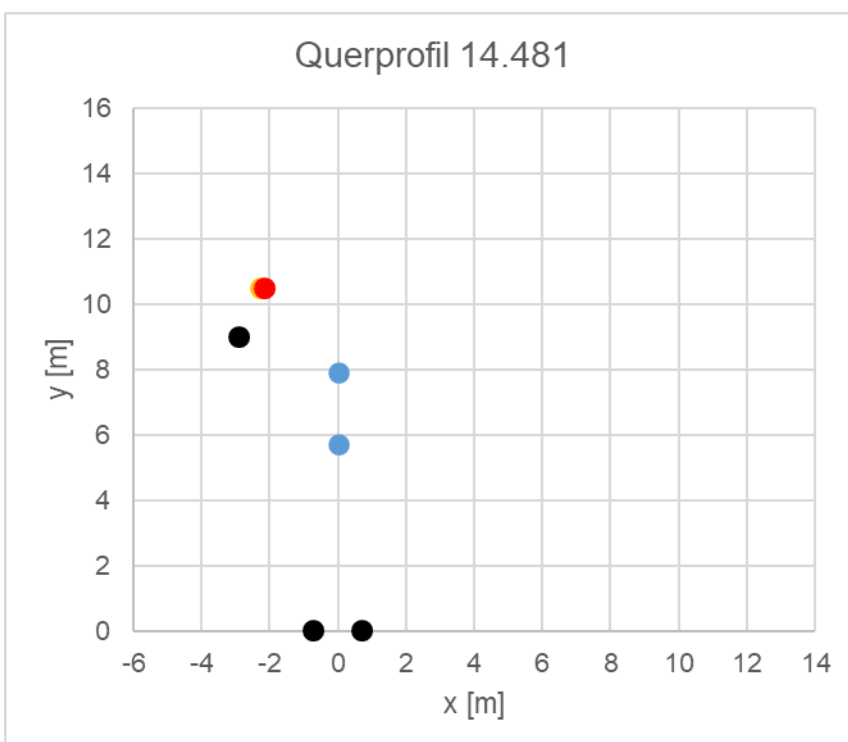


Abbildung 2-4: Querprofil ab km 14.481 (relevant bis Ende Untersuchungsbereich): Blau: Kettenwerk, rot: Umgehungsleitung, schwarz: Schienen und Rückleiterseil.

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links UIC 54	-0.72	0.00
Schiene rechts UIC 54	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Rückleiterseil	4.00	9.00
Umgehungsleitung Leiter 1	4.15	10.50
Umgehungsleitung Leiter 2	4.25	10.50

Tabelle 2-2: Leiter und deren Position (Aufhängehöhen für Tragseil, Rückleiterseil und Umgehungsleitung) im Querprofil ab km 14.434.

Leiterbezeichnung	x-Position [m]	y-Position [m]
Schiene links UIC 54	-0.72	0.00
Schiene rechts UIC 54	0.72	0.00
Fahrdraht	0.00	5.70
Tragseil	0.00	7.90
Rückleiterseil	-2.90	9.00
Umgehungsleitung Leiter 1	-2.25	10.50
Umgehungsleitung Leiter 2	-2.15	10.50

Tabelle 2-3: Leiter und deren Position (Aufhängehöhen für Tragseil, Rückleiterseil und Umgehungsleitung) im Querprofil ab km 14.481.

## 2.4 Querverbindungen Oberleitung

- Fahrdraht und zugehöriges Tragseil sind alle 10 m niederohmig verbunden (Hänger).
- Die beiden Leiter der Umgehungsleitung (Bündelleiter) sind alle 25 m niederohmig verbunden.
- Die Umgehungsleitung ist bei km 14.283 und 15.682 niederohmig mit der Fahrleitung verbunden.

## 2.5 Erdung und Querverbindung Rückleiter

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

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

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

Tabelle 2-4: Verwendete Erfahrungswerte für die Erdung

## 3 VERWENDETE TOOLS

### 3.1 FABEL (Modul 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 Rückleitungsanordnungen 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 (Trasstyp) 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

Die Blickrichtung der nachfolgenden Abbildungen der Isolinien der magnetischen Flussdichte geht in Richtung der aufsteigenden Kilometrierung (Blickrichtung Huttwil → Wolhusen). Modellierte Leiter sind mit blauen Punkten dargestellt, wobei der Durchhang für Tragseil, Rückleiterseil und Umgehungsleitung in der Darstellung berücksichtigt ist. Der AGW von 1  $\mu\text{T}$  ist als dicke rote Linie ersichtlich. Die vertikale blaue Linie entspricht der Lage der «Interessenlinie BLS» (violette, strichpunktierte Linie im Zonenplan [7]). Seite Ettiswilerstrasse hat diese ca. 10 m und Seite Änziwigger ca. 12.5 m Abstand zur Gleisachse.

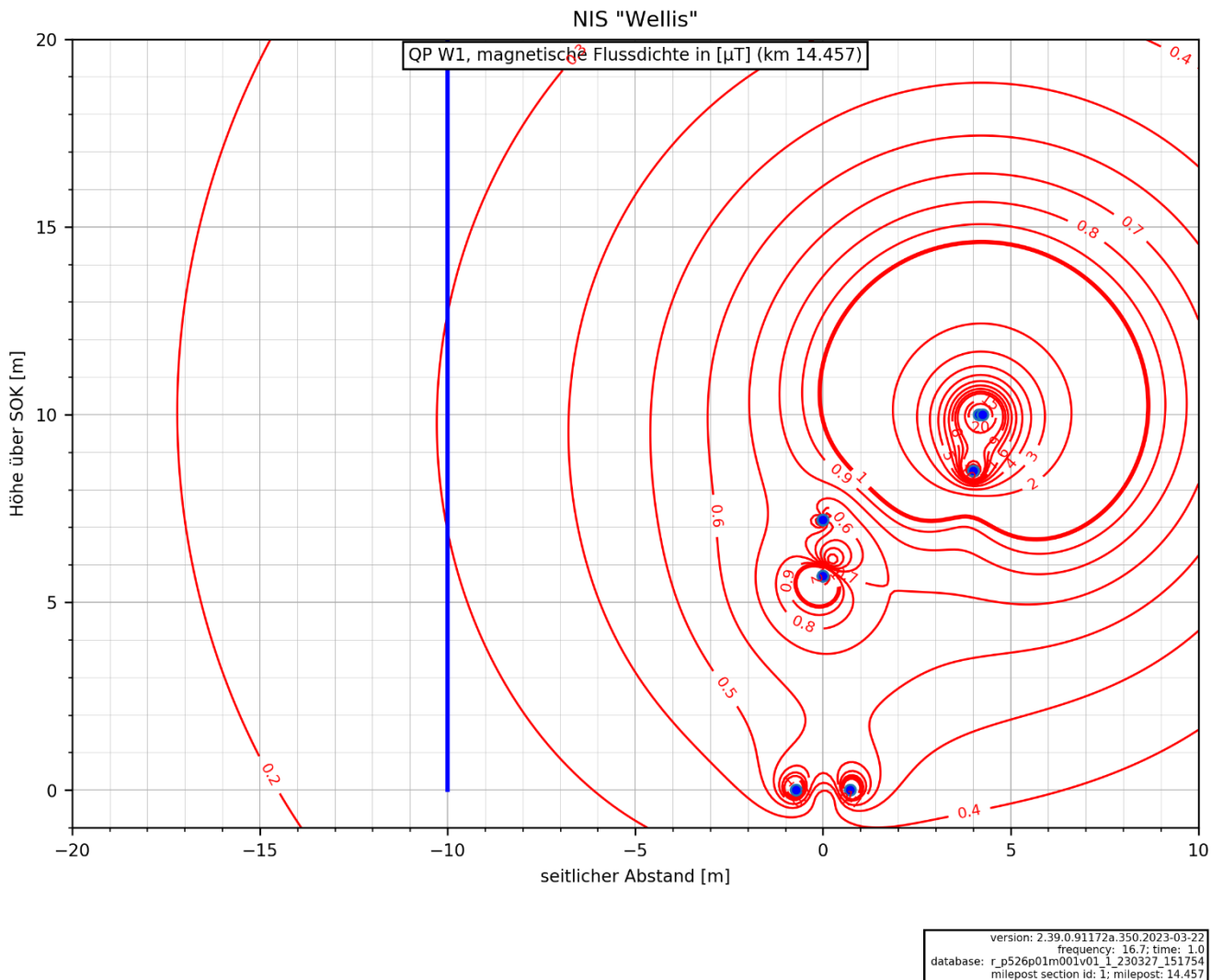


Abbildung 4-1: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 14.457 (bevor Umgehungsleitung und Rückleiterseil die Seite wechseln).

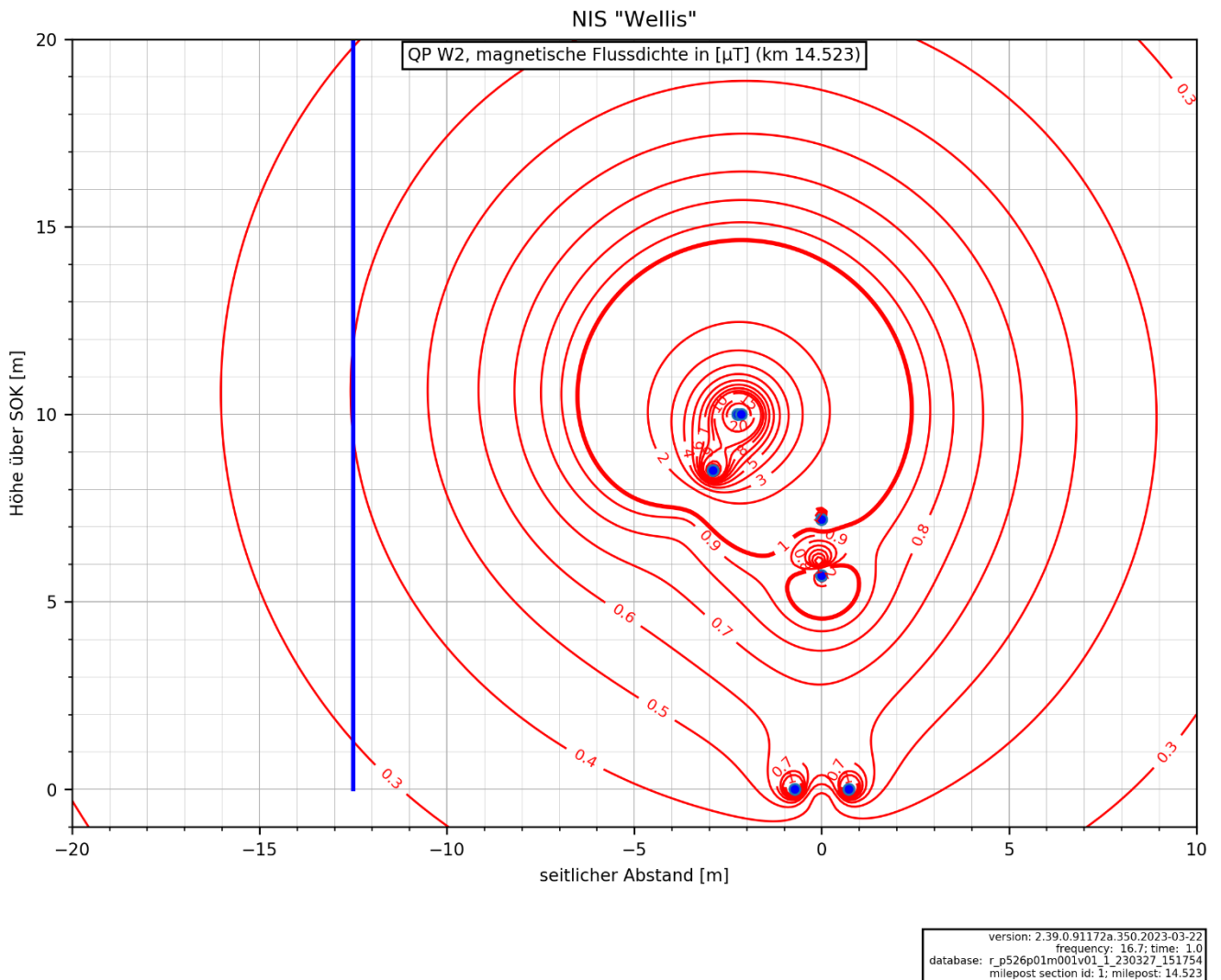


Abbildung 4-2: Linien konstanter magnetischer Flussdichte bei km 14.523 (nachdem Umgehungsleitung und Rückleiterseil die Seite wechseln).

Das Magnetfeld wird primär durch die Übertragungsleitung (dort fliesst der grösste Strom) bestimmt. Die Abbildung 4-3 zeigt, wie weit der Bereich magnetischer Flussdichten über dem Anlagegrenzwert maximal auf das Areal «Wellis» reicht. Dieser Bereich ist grundsätzlich kleiner als der von der «Interessenlinie BLS» beanspruchte Bereich. Wird die «Interessenlinie BLS» respektiert, so werden auch keine OMEN in Bereichen über dem Anlagegrenzwert liegen. Wenn die BLS später (nach Realisation des Projekts auf dem Areal «Wellis») die «Interessenlinie BLS» für einen Doppelspurausbau nutzt, so muss sie nach aktueller Auslegung der NISV bei allen dannzumal auf dem Areal existierenden OMEN (typisch Räume in Wohnungen, Räume mit ständigen Arbeitsplätzen, raumplanungsrechtlich festgelegte Kinderspielplätze) einhalten. Mit einer geeigneten Führung ist dies aufgrund der Breite des Interessenkorridors auch mit einer Umgehungsleitung möglich.



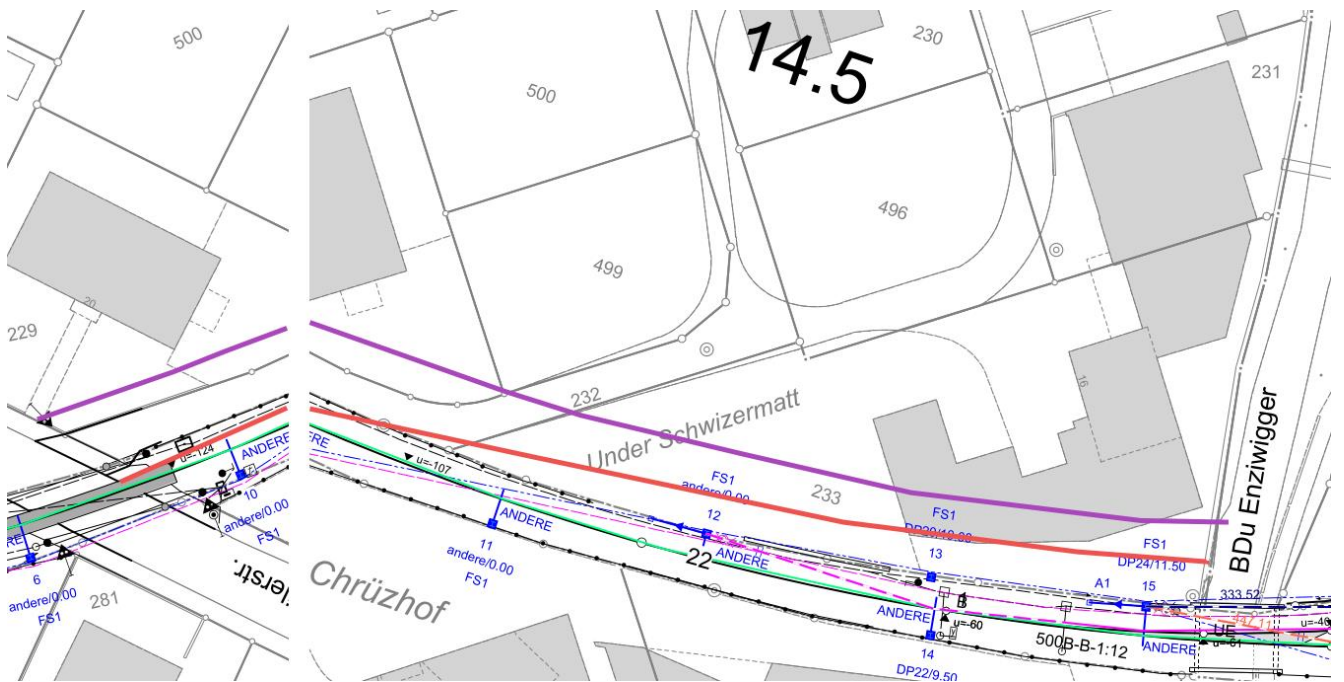


Abbildung 4-3: Rote Linie: Maximale horizontale Ausdehnung magnetischer Flussdichten über dem AGW von  $1 \mu\text{T}$  auf der Seite des Areals «Wellis». Violette Linie: Lage der «Interessenlinie BLS». Planquelle: [2] ergänzt, die Lage der Interessenlinie wurde aus [7] entnommen. Anmerkung: Der Plan [2] ist wenige Meter nach dem Bahnübergang Ettiswilerstrasse getrennt, deshalb die zweiteilige Darstellung.

## 5 REFERENZEN

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710), 23. Dezember 1999 (Stand am 1. Januar 2022)
- [2] Willisau, Fahrleitungsplan 1:500, BLS Netz AG, 0445\_0140, 10.02.2023
- [3] Willisau / Rossgassmoos, Fahrleitungsplan 1:500, BLS Netz AG, 0445\_0150, 25.12.2022
- [4] Ischlagmatt, Fahrleitungsplan 1:500, BLS Netz AG, 0445\_0160, 26.12.2022
- [5] Fahrleitungsanlage Willisau, Schaltschema, BLS Netz AG, EA 8810 Index 012, 31.08.2022
- [6] BLS Linie Langenthal – Wolhusen, Strombelastungen Fahrstromanlagen mit Bahnangebot 2025, SBB, SD\_21\_003, 23.11.2022 mit ergänzender Stromberechnung bei der Schutzstrecke (am 23.03.2023 von SBB per Email erhalten)
- [7] Kanton Luzern / Stadt Willisau, Zonenplan Siedlung, 10.03.2020, am 27.03.2023 von <https://willisau.ch/verwaltung-politik/verwaltung/rechtssammlung/> geladen
- [8] GIS Kanton Luzern, Grundbuchplan, am 27.03.2023 von <https://www.geo.lu.ch/map/grundbuchplan/> geladen
- [9] Stadt Willisau, Bau- und Zonenreglement, 13.07.2022, am 28.03.2023 von <https://willisau.ch/verwaltung-politik/verwaltung/rechtssammlung/> geladen

## 6 VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

Begriff	Definition
AGW	Anlagegrenzwert; in der NISV auch „vorsorglicher Emissionsgrenzwert“ genannt
Cu	Kupfer
NIS	Nichtionisierende Strahlung
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung [1]
OMEN	Ort mit empfindlicher Nutzung gemäss Art. 3, Abs. 3 NISV
SOK	Schienenoberkante
Staku	Stahl-Kupfer

Tabelle 6-1: Tabelle der verwendeten Abkürzungen und Begriffe