

Gutachterliche Stellungnahme

zum Problem

Elektromagnetische Felder Elektrifizierung AKN 2023 / SH I

Bericht Nr. 2024-514240-703.0

Auftraggeber: AKN

Dresden, 06.Juni 2024

Bearbeiter:
Heidi Hietzge

Gez. Dr.-Ing. Jochen Hietzge
Projektleiter:

Inhalt

1	Literatur und Abkürzungen.....	3
2	Ergebnis/Fazit.....	4
3	Ausgangssituation.....	5
4	Untersuchung zu elektromagnetischen Feldern.....	6
4.1	Allgemein	6
4.2	Orte nicht nur vorübergehenden Aufenthalts	6
5	Nachweis der Grenzwerteinhaltung	8
5.1	Allgemein	8
5.1.1	Grenzwerteinhaltung Elektrifizierung S5/S21 Abschnitt 1 SH	8
6	Anforderung zur Vorsorge.....	13
6.1	Allgemein	13
6.2	Minimierungsprüfung für Minimierungsorte.....	13
6.3	Individuelle Minimierungsprüfung für maßgebliche Minimierungsorte.....	13
7	Aspekte Erdung und Rückstromführung	17
7.1	Betrieb von Wechselstrombahnen	17
7.2	Energieversorgungsanlagen 50 Hz.....	18
7.3	Blitzschutz.....	19
	Anhang 1 EMF-Lageskizzen.....	A-1
	Anhang 2 Querschnitte.....	A-9
	Anhang 3 Beispielgutachten Bahn Querschnitte.....	A-17
	Anhang 4 Felddarstellungen.....	A-18

Änderungsstand

Version	Datum	Änderungsgrund
0	11.04.2024	Erstellung

1 Literatur und Abkürzungen

Literatur:

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes, 26. BImSchV, vom 14.08.2013
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder des Länderausschusses für Immissionsschutz, Beschluss der 54. Amtschefkonferenz in der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 17.09.2014 und 18.09.2014
- [3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder-26. BImSchV (26. BImSchV VwV) vom 26.02.2016
- [4] Gutachten Niederfrequente elektrische und magnetische Felder bei elektrifizierten Bahnstrecken - Betrachtung zur Umweltverträglichkeit durch die DB Systemtechnik GmbH (Dokument 14-22168-T. TVI34(1)-1903-V2.0) vom 18.11.2015
- [5] Schreiben des EBA (Dokument 22.17-22sav/080-2205#002) vom 18.10.2017

Abkürzungen:

BImSchV:	Bundes-Immissionsschutzverordnung
VwV:	Verwaltungsvorschrift
EMF:	Elektromagnetische Felder
MHz:	Megahertz, Frequenz
Hz:	Hertz
kV:	Kilovolt
μ T:	Mikro Tesla, Einheit der magnetischen Induktion
SOK:	SchienenOberKante
GL:	Gleis(e)
VL:	Verstärkungsleitung
SL:	Speiseleitung
FD:	Fahrdraht

2 Ergebnis/Fazit

Gegenstand des Gutachtens ist das „Projekt S21 / S5- Elektrifizierung der AKN Strecke Hamburg-Eidelstedt nach Kaltenkirchen“ im Bauabschnitt 1 und 3 anteilig. Dies ist der Abschnitt ab Landesgrenze zur Freien Hansestadt Hamburg km 11,41+27 und dem Bahnhof Ellerau km 22,9 in Schleswig-Holstein entlang der Strecke 9121. Untersucht werden die Elektrischen und Elektromagnetischen Felder, die durch die zu errichtende Oberleitungsanlage und die zusätzliche Verlegung der Kabel zur Not-/Ersatzeinspeisung Eidelstedt entstehen.

Die Änderungen im Projekt betreffen die Anwendung von Umgehungs- und Speiseleitungen anstatt der Verstärkungsleitungen für den Betrieb mit Noteinspeisung vom Schaltposten Eidelstedt zur Strecke (Eidelstedt km 5,4) oder den Betrieb mit dem zu errichtenden Umrichterwerk.

Die Not-/Ersatzeinspeisung Eidelstedt erfolgt am entgegengesetzten Ende des Speiseabschnitts der planmäßigen Einspeisung durch das Umrichterwerk in die Fahrleitung. Es ist aber immer nur eine Speisung aktiv. Bei Speisung via Eidelstedt erfolgt erst ab ca. km 6,5 eine Aufteilung des speisenden Stroms der Noteinspeisung auf die Speiseleitung/Umgehungsleitung beidseitig der Strecke. Die planmäßige Einspeisung erfolgt weiterhin im Bereich Kaltenkirchen bei ca. km 32 in die Fahrleitung und die Umgehungs- / Verstärkungsleitungen durch das Umrichterwerk.

In einem weiteren Kapitel werden Aspekte der 1 AC~ 16,7 Hz Bahnenergieversorgung in den Hauptpunkten Erdung und Rückstromführung, 50 Hz Anlagen und Blitzschutz benannt.

Zur Grenzwertermittlung wurde Bezug auf das Gutachten „Niederfrequente elektrische und magnetische Felder bei elektrifizierten Bahnstrecken – Betrachtungen zur Umweltverträglichkeit“ (Dokument 14-22168-T_TV134(1)-1903-V2.0 vom 18.11.2015) und dessen Anerkennung als Standardnachweis durch das EBA mit Schreiben AZ 22.17-22sav/080-2205#002 vom 18.10.2017 genommen.

Die Einhaltung der Grenzwerte für das elektrische Feld und die magnetische Induktion durch die Oberleitungsanlagen sind gegeben. Felder Dritter durch Feldanteile von Hochfrequenzanlagen zwischen 9 kHz bis 10 MHz, die einer Standortgenehmigung im Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen und Felder von Energieversorgungskabel wurden gemäß 26. BImSchV geprüft und berücksichtigt. Es liegen mit Stand 19.03.2024 keine Überschneidungen der Untersuchungsbereiche mit derer Anlagen Dritter für maßgebliche Immissionsorte (LAI [2]) vor.

Für die Anforderungen der Vorsorge nach §4 26. BImSchV [1] wurden alle maßgeblichen Minimierungsorte hinsichtlich des Einsatzes der Minimierungsmaßnahmen nach 26. BImSchV VwV untersucht. Für die maßgeblichen Immissionsorte [2], die sich im Bewertungsabstand der Anlage (nach 26. BImSchV VwV [3]) befinden erfolgte eine individuelle Minimierungsprüfung.

Als Ergebnis der Minimierungsprüfungen im Untersuchungsabschnitt wird für den Bereich der Oberleitungsanlage keine weitere Anwendung zusätzlicher Minimierungsmaßnahmen nach 26. BImSchV VwV vorgeschlagen.

3 Ausgangssituation

Die Elektrifizierung der Strecke 9121 von Eidelstedt bis Kaltenkirchen wird seit 2015 geplant. Die Einhaltung der EMF-Grenzwerte wird nach 26. BImSchV und der zugehörigen Verwaltungsvorschrift 26. BImSchV VwV geprüft. Zur Beurteilung der aktuellen Planung mit Noteinspeisung ist eine erneute Bewertung erforderlich. Die Beurteilung zur 26. BImSchV erfolgt entsprechend des in der Bahnrichtlinie 997 für die Bahnelektrifizierung und Rückstromführung gegebenen Vorgehens. Es wird das EMF-Gutachten und die Minimierungsdokumentation neu erstellt.

Die 1~AC 15 kV Elektrifizierung des „Projekt S21 / S5- Elektrifizierung der AKN Strecke Hamburg-Eidelstedt nach Kaltenkirchen“ umfasst die Strecke 9121 zwischen Eidelstedt und Kaltenkirchen. Eine Übersicht ist in Abbildung 1 gegeben.

Der Elektrifizierungsabschnitt ist in 4 Bauabschnitte unterteilt. In diesem Gutachten wird der Bauabschnitt 1 und 3 (anteilig) betrachtet. Dieser Abschnitt betrifft das Land Schleswig-Holstein. Er beginnt bei Bönningstedt und endet am Bahnhof Ellerau.

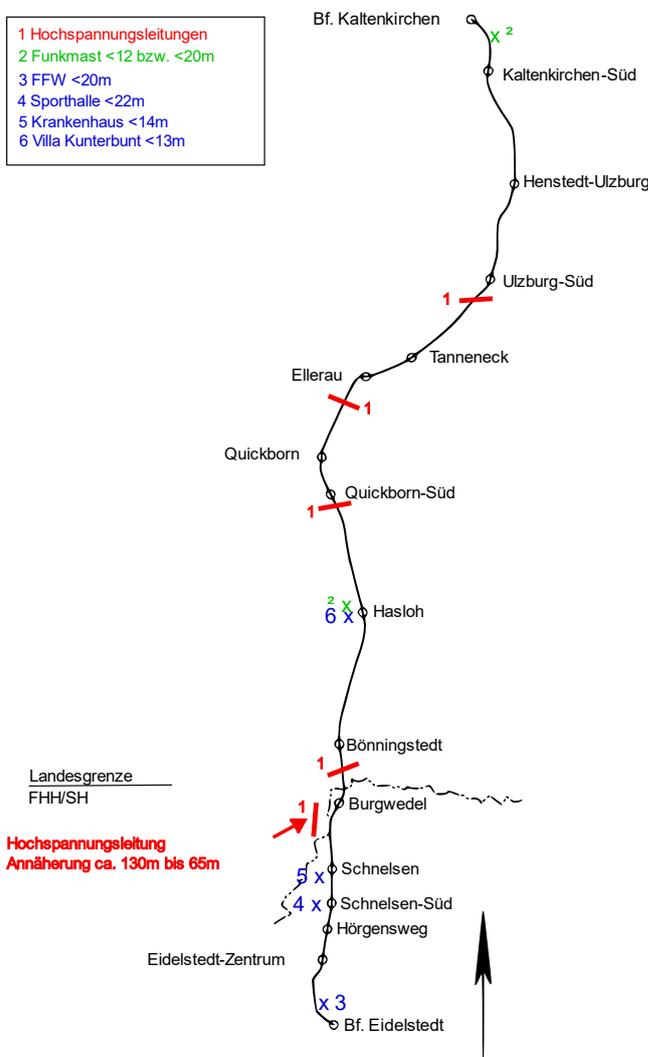


Abbildung 1: Elektrifizierungsabschnitt Strecke 9121

4 Untersuchung zu elektromagnetischen Feldern

4.1 Allgemein

Bei der Betrachtung der elektromagnetischen Verträglichkeit zur Neuerrichtung von Oberleitungsanlagen der Bahn erfolgen die Untersuchungen zu Wirkungen auf Menschen, Umwelt und Technik gemäß dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (Elektromagnetische-Verträglichkeit-Gesetz - EMVG). Die Umsetzung und Grenzwerte sind durch die 26. BImSchV geregelt [1].

Die Untersuchungen betrachten die Einhaltung der Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Felder für Niederfrequenzanlagen nach §3 Abs. 2 und 3 der 26. BImSchV in der Fassung vom August 2013. Die 26. BImSchV enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder. Sie berücksichtigt nicht die Wirkung der elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate.

Zu den Niederfrequenzanlagen gehören neben den ortsfesten Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1000 Volt und mehr ausdrücklich auch die Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen und sonstige vergleichbare Anlagen im Frequenzbereich von 1 Hertz bis 9 Kilohertz.

Es werden zur Ermittlung der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte alle Immissionen berücksichtigt, die durch andere Niederfrequenzanlagen sowie durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz, die einer Standortbescheinigung bedürfen, gemäß Anhang 2a 26. BImSchV entstehen. Die Anwendung erfolgt für die Bereiche überlappender maßgeblicher Nachweisbereiche der Anlagen.

Die Grenzwerte liegen für das elektrische Feld bei 5 kV/m und für die magnetische Induktion bei 300 μ T für Anlagen mit einer Betriebsfrequenz von 16,7 Hz.

Die Grenzwerte gelten bei höchster betrieblicher Auslastung (maximaler Dauerstrom) und Nennspannung der Anlage. Nähere Beschreibungen zu Vorgehen und Begrifflichkeiten sind in den Hinweisen der LAI 2014 [2] geregelt.

Die Anforderungen zur Vorsorge nach § 4 26. BImSchV sind in der zugehörigen Verwaltungsvorschrift, der 26. BImSchVVwV [3], geregelt. Sie umfasst den Einwirkungsbereich der Anlage, der für Bahnoberleitungen 100 m beträgt. Die Bewertung erfolgt im Bewertungsabstand. Dieser beträgt für Bahnoberleitungen 10 m und entspricht dem maßgeblichen Nachweisbereich nach LAI.

Basis der Untersuchungen ist die Ermittlung aller Orte des „nicht nur vorübergehenden Aufenthalts“.

4.2 Orte nicht nur vorübergehenden Aufenthalts

Alle Orte des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts im Einflussbereich der Oberleitungs-Anlage sind nachfolgend zusammengestellt. Eine Darstellung der Bereiche ist in Anlage 1 auf Basis der Oberleitungspläne ol_EP-BA1_1_ep bis ol_EP-

BA1_110_ep und ol_EP-BA3_1_ep bis ol_EP-BA3_4_ep skizziert. Die relevanten Bereiche mit Feldbeaufschlagungen befinden sich entlang der Strecke 9121 ab der Landesgrenze Schleswig-Holstein bei ca. km 11,41+27 in Richtung Kaltenkirchen.

Lageplan: ol_EP-BA1_2_ep

- > Exposition 1 ca. 3,5 m west, Bezugspunkt bei 11,9
- > Bereich 2 mit Expositionen ab ca. 11 m west, rep. Bezugspunkt bei 12
- > Bereich 3 mit Expositionen ab ca. 10,1 m ost, rep. Bezugspunkt bei 12.1+47
- > Exposition 4 ca. 5 m ost, Bezugspunkt bei 11,7+65
- > Exposition 5 ca. 4,9 m ost, Bezugspunkt bei 12
- > Bereich 6 mit Expositionen ab ca. 10 m west, rep. Bezugspunkt bei 12,6
- > Exposition 7 ca. 7,65 m west, Bezugspunkt bei 12,4+33
- > Bereich 8 mit Expositionen ab ca. 30 m ost, rep. Bezugspunkt bei 12,4+69

Lageplan: ol_EP-BA1_3_ep

- > Bereich 6 mit Expositionen ab ca. 10 m west, siehe ol_EP-BA1_2_ep

Lageplan: ol_EP-BA1_4_ep

- > Bereich 9 mit Expositionen ab ca. 19 m west, rep. Bezugspunkt bei 13,6
- > Exposition 10 ca. 5 m ost, Bezugspunkt bei 13,8
- > Bereich 11 mit Expositionen ab ca. 30 m ost, rep. Bezugspunkt bei 13,7+69

Lageplan: ol_EP-BA1_6_ep

- > Exposition 12 ca. 5,6 m west, Bezugspunkt bei 15,6
- > Exposition 13 ca. 6,4 m west, Bezugspunkt bei 15,8+20
- > Bereich 14 mit Expositionen ab ca. 10,9 m west, rep. Bezugspunkt bei 16,0+40
- > Exposition 15 ca. 3,6 m ost, Bezugspunkt bei 15,7+20
- > Bereich 16 mit Expositionen ab ca. 10,5 m ost, rep. Bezugspunkt bei 15,7

Lageplan: ol_EP-BA1_7_ep

- > Bereich 14 mit Expositionen ab ca. 10,9 m west, siehe ol_EP-BA1_6_ep
- > Bereich 16 mit Expositionen ab ca. 10,5 m ost, siehe ol_EP-BA1_6_ep
- > Bereich 17 mit Expositionen ab ca. 10,1 m west, rep. Bezugspunkt bei 16,4
- > Bereich 18 mit Expositionen ab ca. 32,8 m ost, rep. Bezugspunkt bei 16,4
- > Exposition 19 ca. 7,3 m west, Bezugspunkt bei 16,3+44
- > Exposition 20 ca. 5,3 m ost, Bezugspunkt bei 16,3
- > Bereich 21 mit Expositionen ab ca. 21 m west, rep. Bezugspunkt bei 17,0+16

Lageplan: ol_EP-BA1_8_ep

- > Exposition 22 ca. 8,1 m ost, Bezugspunkt bei 17,4+61
- > Exposition 23 ca. 5,5 m west, Bezugspunkt bei 17,6+32
- > Bereich 24 mit Expositionen ab ca. 12 m west, rep. Bezugspunkt bei 18,2

Lageplan: ol_EP-BA1_9_ep

- > Bereich 25 mit Expositionen ab ca. 10,1 m ost, siehe ol_EP-BA1_10_ep
- > Exposition 26 ca. 4,5 m ost, Bezugspunkt bei 19
- > Bereich 27 mit Expositionen ab ca. 50 m west, siehe ol_EP-BA1_10_ep

Lageplan: ol_EP-BA1_10_ep

- > Bereich 25 mit Expositionen ab ca. 10,1 m ost, rep. Bezugspunkt bei 19,2
- > Bereich 27 mit Expositionen ab ca. 50 m west, rep. Bezugspunkt bei 19,1+80
- > Bereich 28 mit Expositionen ab ca. 10,5 m west, rep. Bezugspunkt bei 19,3
- > Bereich 29 mit Expositionen ab ca. 10,5 m ost, rep. Bezugspunkt bei 19,6+85

- > Exposition 30 ca. 4 m ost, Bezugspunkt bei 19,2+68
- > Exposition 31 ca. 7,3 m west, Bezugspunkt bei 19,8+19

Lageplan: ol_EP-BA3_1_ep

- > Bereich 28 mit Expositionen ab ca. 10,5 m west, siehe ol_EP-BA1_10_ep
- > Bereich 29 mit Expositionen ab ca. 10,5 m ost, siehe ol_EP-BA1_10_ep
- > Bereich 32 mit Expositionen ab ca. 10,2 m ost, rep. Bezugspunkt bei 20,4+70
- > Bereich 33 mit Expositionen ab ca. 18,6 m west, rep. Bezugspunkt bei 20,4+20
- > Exposition 34 ca. 5,3 m west, Bezugspunkt bei 20,0+71
- > Exposition 35 ca. 5 m ost, Bezugspunkt bei 20,1+78
- > Exposition 36 ca. 7,2 m ost, Bezugspunkt bei 20,3

Lageplan: ol_EP-BA3_3_ep

- > Bereich 37 mit Expositionen ab ca. 10,1 m west, rep. Bezugspunkt bei 22,0+87
- > Bereich 38 mit Expositionen ab ca. 29,3 m west, rep. Bezugspunkt bei 22,3+50
- > Bereich 39 mit Expositionen ab ca. 10,1 m ost, rep. Bezugspunkt bei 22,4+50
- > Exposition 40 ca. 9,6 m west, Bezugspunkt bei 22,4+80
- > Bereich 41 mit Expositionen ab ca. 19,5 m west, siehe ol_EP-BA3_4_ep

Lageplan: ol_EP-BA3_4_ep

- > Bereich 39 mit Expositionen ab ca. 10,1 m ost, siehe ol_EP-BA3_3_ep
- > Bereich 41 mit Expositionen ab ca. 19,5 m west, rep. Bezugspunkt bei 22,6
- > Exposition 42 ca. 3,4 m west, Bezugspunkt bei 22,6+53

5 Nachweis der Grenzwerteinhaltung

5.1 Allgemein

Der Nachweis der Grenzwerteinhaltung erfolgt für Expositionen des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts von Menschen im Bereich des Bewertungsabstands der betrachteten Anlage.

Ein Nachweis der Grenzwerteinhaltung für Felder von Standard-Oberleitungen der DB liegt durch das Gutachten Niederfrequente elektrische und magnetische Felder bei elektrifizierten Bahnstrecken - Betrachtung zur Umweltverträglichkeit durch die DB Systemtechnik GmbH [4] vor. Dieser wird mit Schreiben des EBA (Dokument 22.17-22sav/080-2205#002) [5] vom 18.10.2017 als Standardnachweis anerkannt. Basierend auf den Standardvarianten können auch Nachweise für ähnliche Anlagen abgeleitet werden. Dies wird auch für die Re100 Oberleitungsanlagen der AKN getan. Der Standardnachweis gilt für die elektrischen und magnetischen Felder der Bahnoberleitung ohne Überlagerung mit anderen Nieder- oder Hochfrequenzanlagen gemäß §3 26. BImSchV.

5.1.1 Grenzwerteinhaltung Elektrifizierung S5/S21 Abschnitt 1 SH

Zur Elektrifizierung der 15 kV 1 AC ~ Strecke 9121 zwischen Not-/Ersatzeinspeisung Stadtgrenze Hamburg und Bahnhof Ellerau Richtung Kaltenkirchen wird die Oberleitungsbauart Re 100 geplant.

Die Ausführung ist zweigleisig geplant. Für alle Expositionen liegen 2 Speise- oder Umgehungsleitungen (SL) vor. Es gelten folgende Randbedingungen:

Expositionen 1 – 8, Bereich Plan ol_EP-BA1_2_ep km 11,5+03 – km 12,6+12 einzelne Expositionen liegen auch in ol_EP-BA1_3_ep

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m,

Expositionen 9 – 11, Bereich Plan ol_EP-BA1_4_ep km 13,2+98 – km 14,2+24

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m

Expositionen 12 – 16, Bereich Plan ol_EP-BA1_6_ep km 15,1+44 – km 16,2+07 Übergang zu Plan ol_EP_BA1_7_ep

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m
km 15,3+20 – km 15,5+75; km 16,1+10 – km 16,2+07
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand Übergang ca. 11 m auf ca. 4 m
km 16,0+10 – km 16,1+10
- SL beidseitig Mast mittig km 15,7+10 – km 16,0+10
- 2 SL bahnlinks km 15,5+75 – km 15,7+10

Expositionen 17 – 21, Bereich Plan ol_EP-BA1_7_ep km 16,2+07 – km 17,1+37

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m

Expositionen 22 – 24, Bereich Plan ol_EP-BA1_8_ep km 17,1+37 – km 18,2+44

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m

Expositionen 25 – 27, Bereich Plan ol_EP-BA1_9_ep km 18,2+44 – km 19,1+40 bis Plan ol_EP-BA1_10_ep

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m

Expositionen 28 – 31, Bereich Plan ol_EP-BA1_10_ep km 19,1+40 – km 19,8+76, Expositionen 28 und 29 liegen auch in ol_EP-BA3_1_ep

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m

Expositionen 32 – 36, Bereich Plan ol_EP-BA3_1_ep km 19,9+01 – km 20,9+05

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m
km 19,9+01 – km 20,0+17; km 20,5+50 – km 20,6+20
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand Übergang ca. 10 m auf ca. 4 m
km 20,4+60 – km 20,5+50
- SL beidseitig Maste außen Abstellgleis mittig km 20,2+70 – km 20,4+60
- 2 SL bahnrechts km 20,0+70 – km 20,2+10

Expositionen 33 – 41, Bereich Plan ol_EP-BA3_3_ep km 21,8+30 – km 22,5+58,
Expositionen 39 und 40 liegen auch in ol_EP-BA3_4_ep

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Maste außen, Gleisabstand ca. 4 m km 21,8 – km 22,3+90
- 2 SL bahnlinks km 22,4+51 – km 22,6+24

Expositionen 41 – 42, Bereich Plan ol_EP-BA3_4_ep km 22,5+58 – km 23,6+60,
Expositionen 39 und 40 liegen auch in ol_EP-BA3_3_ep

- FH = 5,5 / SH = 1,80/1,40; keine RL,
- SL beidseitig Mast mittig km 22,6+74 – km 22,9

Für die Untersuchung der Grenzwerteinhaltung nach 26. BImSchV liegen die Querschnitte

- Q1: 2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und SL beidseitig,
- Q2: 2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und SL beidseitig Mast mittig
- Q3: 2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und SL beidseitig Maste außen
Abstellgleis mittig und
- Q4: 2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und 2 SL bahnlinks oder -rechts vor.

Die Darstellung der vorliegenden Querschnitte in den Untersuchungsabschnitten sind beispielhaft in Anlage 2 dargestellt.

Der Nachweis der Grenzwerteinhaltung ist nach DB-Gutachten [4] für folgende Querschnitte erbracht (Darstellung Anhang 3).

- 2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 200 und SL/VL beidseitig,
- 4-gleisig Bahnstecke mit OL Re 200 und 2 VL/SL außen,
- 4-gleisig Bahnstecke mit OL Re 200 und 6 SL.

Tabelle 1: Vergleichsmatrix

AKN-Profil Re 100	DB-Gutachten-Profil Re 200	Bemerkung
2-gleisig SL beidseitig	2-gleisig SL/VL beidseitig	Geometrie vergleichbar
2-gleisig 2 SL mittig	2-gleisig SL/VL beidseitig	Feld höher bei SL außen
2-gleisig SL beidseitig	4-gleisig 2 VL/SL außen	Feld höher bei 4-gleisig
2-gleisig 2 SL einseitig	4-gleisig 6 SL.	Feld höher bei 6 SL

Die Querschnitte im DB-Gutachten bewirken keine geringere Feldausbreitung als in den untersuchten Abschnitten der AKN-Strecke. Somit ist keine höhere Feldemission vergleichbar zum DB-Gutachten gegeben.

Die Re 100 hat eine Stromtragfähigkeit die der Oberleitungsanlage der Re 200 entspricht. Weiterhin entspricht die Geometrie der Re 200 mit verringerter Systemhöhe.

Tabelle 2: Gegenüberstellung Re 100 mit Re 200

	Re 100	Re 200
Systemhöhe	1,40 m; 1,8 m Bhf.	1,80 m
Fahrdrahthöhe	5,50 m	5,50 m
Dauerstrom mit VL	1100 A	1100 A
Dauerstrom ohne VL	560 A	560 A

*) Werte Dauerstrombelastbarkeit Kettenwerk nach Ril 997.0102 mit Verstärkungsleitung, 20 % Abnutzung Fahrdrat, $v_{Wind}=1m/s$, Umgebungstemperatur 35 °C, Fahrdrattemperatur 80°C, Sonst Temperaturbereich 100 k; VL-Ströme gelten auch für SL

Damit wird gezeigt, dass die vorliegende Oberleitungskonfiguration der Re 100 durch Anlagen nach Re 200 sowohl hinsichtlich Anlagenbild und Dimensionierung, als auch elektrischer Parameter zur Feldbildung vergleichbar, bzw. ausreichend berücksichtigt sind und somit den untersuchten Anlagen des Gutachtens „Niederfrequente elektrische und magnetische Felder bei elektrifizierten Bahnstrecken – Betrachtungen zur Umweltverträglichkeit“ entsprechen. Deshalb werden keine ortsspezifischen Berechnungen durchgeführt und auf die Anerkennung als Standardnachweis durch das EBA nach [5] verwiesen.

Es liegen 20 maßgebliche Immissionsorte innerhalb des Bewertungsabstands der Oberleitung (nach LAI [2] Absatz II.3.2 (10 m)) vor. Damit ist eine Betrachtung zusätzlicher Felder von Anlagen Dritter erforderlich. Für die Berücksichtigung ist die Ermittlung von maßgeblichen Orten zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt innerhalb des maßgeblichen Einwirkungsbereich (nach LAI [2]) einer dritten Anlage erforderlich. Die Durchführung der Ermittlung ergab keine Exposition die auch im maßgeblichen Einwirkungsbereich einer Dritten Anlage liegt.

Eine weitere Feldbeaufschlagung durch Dritte für Feldanteile von Hochfrequenzanlagen zwischen 9 kHz bis 10 MHz, die einer Standortgenehmigung im Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, wird auf Grundlage der Datenbank der Bundesnetzagentur erfasst und dokumentiert. Es ist keine derartige Anlage in einem Abstand unter 300 m zum Bewertungsabstand vorhanden. Damit ist keine weitere Betrachtung erforderlich. In der Kartendarstellung sind die relevanten Anlagen wie in der Legende als Funkanlagen $\leq 10MHz$ dargestellt.

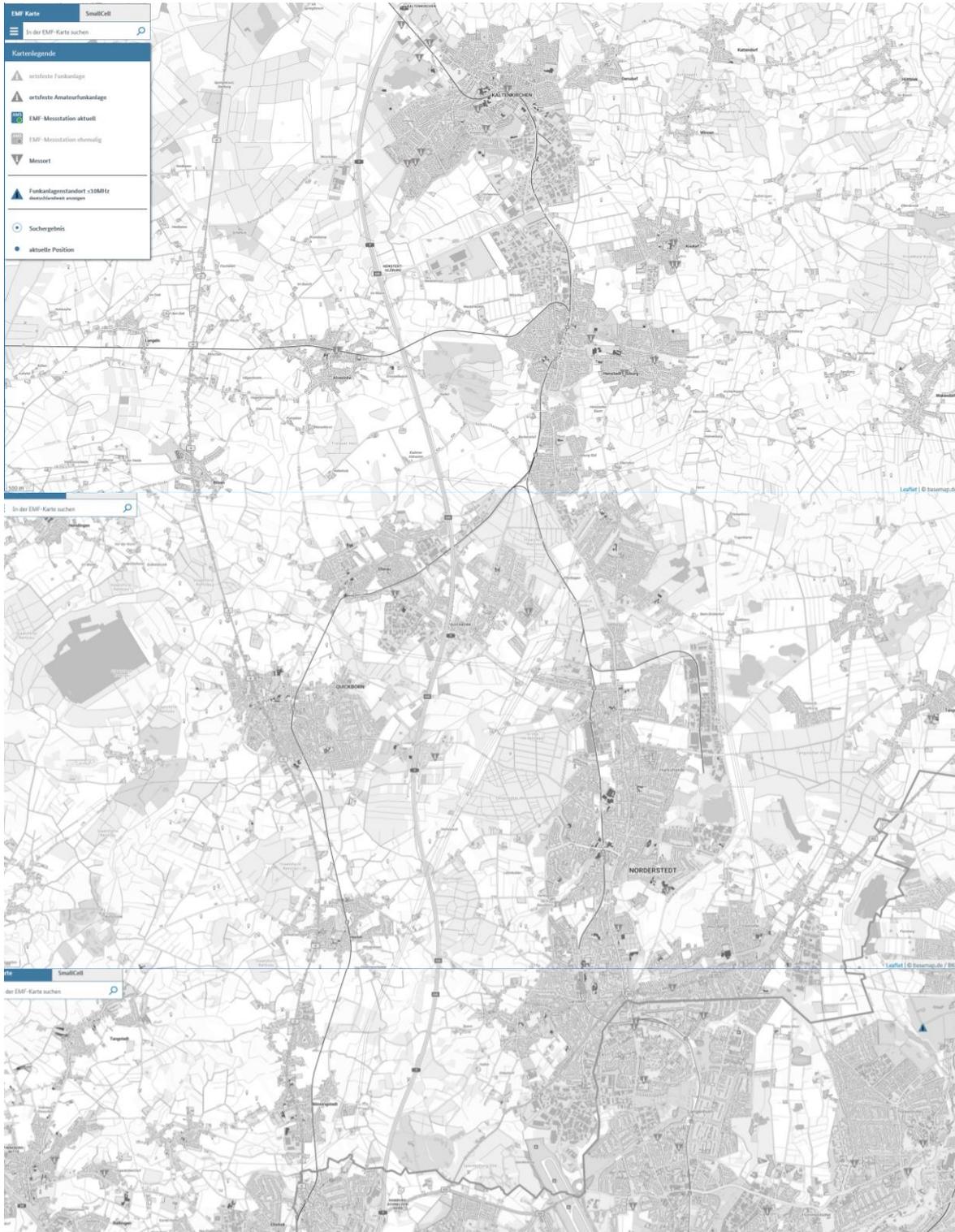


Abbildung 2: Datenbankabfrage vom 19.03.2024

Für das elektrische Feld und die magnetische Flussdichte gelten die Grenzwerte (Einhaltung gemäß Standardnachweis, wie oben abgehandelt) für die betrachtete Anlage Elektrifizierung der 15 kV 1 AC ~ Strecke 9121 zwischen km 11,1+27 und 22,9 als eingehalten.

6 Anforderung zur Vorsorge

6.1 Allgemein

In dieser Untersuchung werden alle Grenzwerte gemäß der „Anforderungen zur Vorsorge“ (§ 4 26. BImSchV) verwendet. Dies dient dem besonderen Schutz von Bereichen mit Wohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten, Kinderhorten, Spielplätzen oder ähnlichen Einrichtungen.

Für die Vorsorge sollen, bei Errichtung oder maßgeblicher Änderung von Niederfrequenz-anlagen oder Gleichstromanlagen alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die von der Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik zu minimieren. Es sind die Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu berücksichtigen. Das Vorgehen ist in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchV VwV) [3] beschrieben.

Die Umsetzung des Minimierungsgebotes erfolgt in den Schritten:

- Vorprüfung,
- Ermittlung der Minimierungsmaßnahme,
- Bewertung der Maßnahme.

Für „maßgebliche Minimierungsorte“ innerhalb des Bewertungsabstandes erfolgt die individuelle Minimierungsprüfung im Gutachten selbst.

Die Feldminimierung wird im Bewertungsabstand zu der betrachteten Anlage konform zur 26. BImSchV für maximale Anlagenauslastung betrachtet.

6.2 Minimierungsprüfung für Minimierungsorte

Die Durchführung und die Ergebnisse der Minimierungsprüfung sind dokumentiert und als separate Unterlage beigelegt. Die Unterlage befindet sich im Anhang als Dokument „Minimierungsdokumentation Strecke 9121 SH-I“.

6.3 Individuelle Minimierungsprüfung für maßgebliche Minimierungsorte

Liegen maßgebliche Minimierungsorte zwischen Bewertungsabstand und Anlagenmitte, also innerhalb des Bewertungsabstands (10 m) zur betrachteten Anlage, erfolgt eine individuelle Minimierungsprüfung im Gutachten.

Tabelle 3: maßgebliche Minimierungsorte im Bewertungsabstand

Bereich-Nr.	Querschnitt BA2-	Bezugspunkt	Beschreibung	Abstand zur Anlage	Lage zur Strecke	Status	Felder Dritter	Plan.-Nr.	Plan.-Nr.
1	Q1	11,9	Wohnen	3,5	west	beidseitig		2	Bezugspunkt
4	Q1	11,7+65	Wohnen	5	ost	beidseitig		2	Bezugspunkt
5	Q1	12	Wohnen	4,9	ost	beidseitig		2	Bezugspunkt
7	Q1	12,4+33	Wohnen/ Gewerbe	7,6 5	west	beidseitig		2	Bezugspunkt
10	Q1	13,8	Wohnen	5	ost	beidseitig		4	Bezugspunkt
12	Q4	15,6	Wohnen	5,6	west	beidseitig		6	Bezugspunkt
13	Q2	15,8+20	Wohnen	6,4	west	beidseitig		6	Bezugspunkt
15	Q2	15,7+20	Wohnen	3,6	ost	beidseitig		6	Bezugspunkt
19	Q1	16,3+44	Wohnen	7,3	west	beidseitig		7	Bezugspunkt
20	Q1	16,3	Wohnen	5,3	ost	beidseitig		7	Bezugspunkt
22	Q1	17,4+61	Wohnen	8,1	ost	einseitig		8	Bezugspunkt
23	Q1	17,6+32	Wohnen	5,5	west	einseitig		8	Bezugspunkt
26	Q1	19	Wohnen	4,5	ost	beidseitig		8	Bezugspunkt
30	Q1	19,2+68	Wohnen	4	ost	beidseitig		10	Bezugspunkt
31	Q1	19,8+19	Wohnen	7,3	west	beidseitig		10	Bezugspunkt
34	Q4	20,0+71	Gewerbe	5,3	west	beidseitig		1	Bezugspunkt
35	Q4	20,1+78	Wohnen/ Gewerbe	5	ost	beidseitig		1	Bezugspunkt
36	Q3	20,3	Gewerbe	7,2	ost	beidseitig		1	Bezugspunkt
40	Q4	22,4+80	Wohnen/ Gewerbe	9,6	west	beidseitig		3	Bezugspunkt
42	Q2	22,6+53	Gewerbe	3,4	west	beidseitig		4	Bezugspunkt

Untersuchungsabschnitt Schleswig-Holstein I (SH-I) sind 20 maßgebliche Minimierungsorte im Bereich der Anlage erfasst (vergleiche Tabelle 3).

Die Überprüfung der Grenzwerteinhaltung und die Minimierungsprüfung erfolgt mit 4 Geometrien der Oberleitungsanlage. Die Geometrie mit zwei außenliegenden Gleisen und SL und einem mittig liegenden Abstellgleis kann in der Felddausbreitung nach außen von der zweigleisigen Geometrie mit außenliegenden SL abgeleitet werden, da

das Abstellgleis keinen dauerhaften Betriebsstrom übernehmen kann und somit nicht an der Feldbildung des maximalen Betriebsstroms beteiligt ist Die wesentlichen Parameter sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Mit diesen Geometriedaten werden auch die Referenzfelder für die individuellen Minimierungsprüfungen ermittelt.

Die Felder für magnetische Induktion (B) und das Elektrische Feld sind in Anhang 4 dargestellt.

Tabelle 4: Querschnittsdaten der Referenzfelder

Feldbild	Mittenabstand [m]	Kettenwerkstrom Temp.-Bereich 100K	FD-Höhe [m]	System-Höhe [m]	UG1/VL1-Höhe* [m]	UG1/VL1-Höhe* [m]	UG Abst zu Gleismitte [m]	Erdstrom
2 Gl. 2VL beidseitig	4	2200 A	5,64	1,4	9,15	9,15	2,9	45%
2 Gl. 2VL beidseitig, mittig	6,78	2200 A	5,82	1,4	11,4	11,4	3,0	45%
2 Gl. 2VL einseitig	4	2200 A	5,73	1,4	10	12,5	5,3	45%

* Leiterhöhe im Model -1 m für mittlere wirksame Höhe wegen Durchhang

Für die Expositionen 1, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 15, 19, 20, 22, 23, 26, 30, 31, 34, 35, 36, 40 und 42 erfolgt die individuelle Minimierungsprüfung nachfolgend hier im Gutachten.

Die Feldverhältnisse ergeben sich entsprechend der Geometrie der Oberleitungsanlage und gelten für die Expositionen wie folgt:

- Feldausbreitung entsprechend „2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und UG/VL beidseitig“ gilt für 1, 4, 5, 7, 10, 19, 20, 22, 23, 26, 30, 31, 36
- Feldausbreitung entsprechend „2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und UG/VL mittig“ gilt für 13, 15, 42
- Feldausbreitung entsprechend „2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und 2 SL/VL links / rechts“ gilt für 12, 34, 35 und 40.

Die Feldimmissionen liegen unterhalb der Grenzwerte von

- 300µT für die magnetische Induktion und
- 5 kV/m für das elektrische Feld.

Die zu prüfenden Maßnahmen zur Minimierung sind nach Ziffer 5.2.3.1 bis 5.2.3.5 der 26. BImSchVVwV der Einsatz von Abstandsoptimierung, Autotransformatoren, Saugtransformatoren, Installation von Rückleiterseilen und die zweiseitige Speisung.

Die Minimierungsmaßnahmen werden für die Minimierungsorte gemeinsam, bei gleicher Sachlage, betrachtet.

Abstandsoptimierung nach 26. BImSchVVwV: Nein
 Prüfung der Maßnahme nach Ziffer 5.2.3.1 der 26. BImSchVVwV.

Begründung: Auf der offenen zweigleisigen Strecke ist nur bei einseitig vorhandenen maßgeblichen Minimierungsorten eine Abstandsvergrößerung beim Vorhandensein von UG/VL möglich, da durch eine einseitige Anordnung der UG/VL das magnetische Feld auf einer Seite größer würde. (Anmerkung: Eine Maßnahme kommt nicht in Betracht (26. BImSchV VwV, Abs. 3.1), wenn sie zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würde.)

Einsatz von Autotransformatoren (AT): Nein

Prüfung der Maßnahme nach Ziffer 5.2.3.2 der 26. BImSchVVwV.

Begründung: Die Maßnahme verursacht erhebliche Kosten, wenn diese Versorgung räumlich begrenzt wird auf einzelne Bereiche mit maßgeblichen Minimierungsorten (Wahrung der Verhältnismäßigkeit nicht gegeben). Die Maßnahme hat keinen Effekt für Züge innerhalb eines Speiseabschnittes. (Quelle: 26. BImSchV VwV 5.2.3.2 „Wirksamkeit“ u. Hinweise“)

Einsatz von Saugtransformatoren (Booster-Transformatoren): Nein

Prüfung der Maßnahme nach Ziffer 5.2.3.3 der 26. BImSchVVwV.

Begründung: Entlang der Strecke ist eine Vielzahl von verteilten maßgeblichen Minimierungsorten vorhanden, entsprechend sind eine Vielzahl von BT-Abschnitten (Anlagen) in Reihe zu schalten. Die Kosten für eine solche Anlage sind, verursacht durch die Rückleiter, die Trafostation mit den Schalteinrichtungen, die 15 kV Kabelanlage und die erforderliche Streckentrennungen sowohl hinsichtlich Erstellung als auch Instandhaltung unverhältnismäßig hoch. Durch die Vielzahl an Anlagen vermindert sich die Verfügbarkeit der Anlage.

Auf Grund der Vielzahl von erforderlichen, in Reihe geschalteten Anlagen erhöht sich die Impedanz des Speisebezirkes mit zusätzlichen elektrischen Verlusten.

Bei der Maßnahme sind Umgehungs- und Speiseleitungen vorgesehen. Durch deren Integration in den Saugkreis (der Stromkreis der SL gehört zum Stromkreis des Kettenwerkes) sind umfangreiche zusätzliche Verkabelungen erforderlich.

Fahrstromreduzierung durch zweiseitige Speisung: Nein

Prüfung der Maßnahme nach Ziffer 5.2.3.5 der 26. BImSchVVwV.

Begründung: Im Speiseabschnitt Schleswig-Holstein erfolgt die betriebsmäßige Speisung über das Umrichterwerk bei Kaltenkirchen (km 32). Der Speisestrom ist gegenüber der installierten Stromtragfähigkeit des Kettenwerks reduziert. Damit würde eine zweiseitige Speisung zu einer Erhöhung des Speisestroms und somit zu verstärkter Feldbildung führen.

Einsatz von Rückleiterseilen: Nein

Prüfung der Maßnahme nach Ziffer 5.2.3.4 der 26. BImSchVVwV.

Begründung: Den positiven Wirkungen bei der Feldbildung stehen die konstruktiven Herausforderungen durch die parallele Führung der Umgehungs- bzw. Speiseleitungen und die reduzierte Feldbildung durch die Begrenzung des Speisestroms (siehe 2-seitige Speisung) gegenüber. Die Wirksamkeit ist in den Bildern „2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und SL/VL beidseitig + RL“ in Anhang 4 Felddarstellungen im Vergleich zu „2-gleisig Bahnstecke mit OL Re 100 und SL/VL beidseitig“ ersichtlich. Bei einem Grenzwert der magnetischen Induktion von $300 \mu\text{T}$ ist eine Feldreduktion von $3 \mu\text{T}$ einer Differenz der Grenzwertausnutzung von 1 %.

Die Abwägung von resultierender Feldreduktion und erforderlichem Aufwand ergibt das Ergebnis keine zusätzlichen Rückleiter zu installieren.

Im Ergebnis der individuellen Minimierungsprüfung zur Oberleitung der maßgeblichen Minimierungsorte im Bewertungsabstand zur Oberleitungsanlage wurden keine zusätzlichen Minimierungsmaßnahmen vorgeschlagen.

7 Aspekte Erdung und Rückstromführung

7.1 Betrieb von Wechselstrombahnen

Für den Betrieb des 1 AC 15 kV 16,7 Hz - Fahrleitungsnetzes von Wechselstrombahnen wird die Netzform TN-C angewendet. Dabei dienen die Fahrschienen der Wechselstrombahn sowohl als Leiter für den Triebrückstrom (Betriebsstrom - Leiter N) als auch als Schutzleiter (PE). Sie stellen somit einen PEN-Leiter dar. Aufgrund der Schutzleiterfunktion sind die Fahrschienen der Wechselstrombahn ständig nahezu widerstandslos zu erden. Das Erdreich kann als paralleler Leiter zu den Fahrschienen – abhängig von den vorliegenden Impedanzverhältnissen – Anteile des Rückstromes im Bahnstromsystem übernehmen. Durch die elektrotechnische Auslegung der Oberleitungs- und Rückleitungsanlage können die Impedanzverhältnisse zwischen der Rückleitungsanlage und dem umgebenden Erdreich gezielt beeinflusst werden, z.B. durch Rückleiterseile.

Alle ortsfesten Bahnanlagen im Bereich von Wechselstrombahnen müssen ebenfalls bahngeerdet und in den Potenzialausgleich (PA) einbezogen werden. Erdung und Potenzialausgleich der ortsfesten Bahnanlagen sind erforderlich, damit im Fahrbetrieb keine unzulässig hohen Potentialdifferenzen zwischen Erde und den Fahrschienen auftreten. Sie können durch die Triebrückströme sowohl im Fahrbetrieb als auch im Kurzschlussfall auftreten. Im Kurzschlussfall muss eine Abschaltung des Kurzschlussstromes in dem speisenden Unterwerk innerhalb vorgeschriebener kurzer Zeiten selektiv erfolgen. Daher sind alle ortsfesten elektrotechnischen Bahnanlagen und leitfähige metallische Einrichtungen mit den Fahrschienen als Bahnerde elektrisch leitend zu verbinden. Im Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich gemäß Ril 997.0204 Bild 1 sind diese Verbindungen kurzschlussfest auszuführen, da sie zur Ableitung des Fehlerstromes dienen. Bei Verwendung von Deckenstromschienen kann der Oberleitungsbereich entfallen und es ist nur der Stromabnehmerbereich zu berücksichtigen. Bauteile oder Anlagen die in eine Schutzmaßnahme im öffentlichen Netz einbezogen sind und nicht bahngeerdet sind müssen einen Abstand von 2,5 m

zu zugänglichen bahngeerdeten Anlagen aufweisen (DB Ril 997.0204 (6)). Alternativ kann der Nachweis geführt werden, dass die Berührungsspannungen nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115 Teil 3) eingehalten werden. Bei Abständen unter einem Meter gilt der Hinweis aus Ril 997.206 (1), dass die Bahnerdungsanlage so gebaut ist, dass die Berührungsspannung, die in einem Abstand von einem Meter abgegriffen werden kann, unkritisch ist.

Weitere Besonderheiten gelten bei leitfähigen Bauteilen kleiner Abmessungen (3 m parallel und 2 m horizontal/senkrecht zum Gleis). Diese müssen nicht in die Bahnerdung eingebunden werden, wenn für Personen aus beliebiger Richtung erkennbar ist, ob ein leitfähiges Teil aufliegt und das Bauteil keine elektrische Ausrüstung trägt oder beinhaltet.

Bei Metallzäunen im Oberleitungsbereich sind die Forderungen der Ril 997.204 (9) zu beachten und die Verschleppung des Bahnpotentials aus dem Oberleitungsbereich heraus durch 2,5 m Lücken sicherzustellen. Alternativ bleibt die Verwendung nicht leitfähiger Zäune vorbehalten.

Metallische Bauteile sowie die Gebäudebewehrungen im Stromabnehmer- und Oberleitungsbereich der Wechselstrombahn sind ebenfalls mit der Bahnerde zur Potenzialsteuerung zu verbinden. Durch die Verbindung mit der Bahnerde können die Bewehrungen von Stahlbetonbauteilen ebenfalls Teile des Triebrückstromes führen. Um hierbei definierte Verhältnisse zu schaffen, wird die Rückstromführung in den Stahlbetonbauteilen durch zusätzlich in die Bewehrung eingelegte Erdungseisen beeinflusst. Die Erdungseisen sind nach DB Richtlinie (Ril 997.0205) auszuwählen, anzuordnen und zu verarbeiten. Die konstruktive Bewehrung der Stahlbetonkörper wird an diese Erdungseisen zum Zweck des Potenzialausgleichs angerödelt und kann somit auch gewisse Rückstromanteile übernehmen.

Weil alle ausgedehnten ortsfesten Bahnanlagen durch die gemeinsame Erdung bahnstromrückführend sein können, müssen Mäntel von Kabelverbindungen und metallische Leitungen, die von außen in die ortsfesten Bahnanlagen eingeführt werden, an geeigneten Übergangsgrenzen mit Potenzialtrennungen mit Isoliermuffen (und eventuell Schutzgeräten) ausgestattet werden. Kabelmäntel werden nur einseitig mit Erde verbunden. Kein Problem besteht für durchlaufende Kabel und Rohrleitungen, sofern sie gegen die Bahnanlage isoliert ausgeführt sind. Durch diese Maßnahmen wird eine Verschleppung des Bahnpotentials nach außen verhindert.

7.2 Energieversorgungsanlagen 50 Hz

Zur Energieversorgung der Infrastruktur werden 50-Hz-Niederspannungssysteme (3 AC 400 V) aufgebaut. Diese können aus bahneigenen Transformatorstationen (Mittelspannung/400 V) oder aus bahnfremden 400-V-Ortsnetzen (dann nur als TT-System) eingespeist werden. Je nach Art der Einspeisung sind spezifische Erdungs- und Schutzmaßnahmen erforderlich. Diese sind in Ril 954.0107 beschrieben.

Die Sternpunkte der Mittelspannungstransformatoren auf der 400 V-Ebene sind über die HES mit der Bahnerde bzw. bei DC-Bahnen offen über Spannungsdurchschlagsicherungen mit der Rückleitung zu verbinden.

Die 3 AC 400/230 V 50 Hz-Verbrauchernetze können in der Netzform TN-S und TT aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den Empfehlungen des VDE sind nach dem DB-Regelwerk 954 auch TN-C-Systeme für Verteileranlagen in Stellwerken gefordert, so es sich um die Zusammenschaltung von Netzersatzanlagen (NEA) handelt. Für Bahnhofsanlagen der DB Station&Service gelten die Festlegungen der Ril 813 Modul 40.

7.3 Blitzschutz

Eine Blitzschutzanlage hat die Aufgabe, Gebäude vor direkten Blitzeinschlägen und eventuellem Brand oder vor den Auswirkungen des eingepprägten Blitzstromes zu schützen. Das System der Blitzschutzanlage besteht aus einem äußeren und einem inneren Blitzschutzsystem.

Das äußere Blitzschutzsystem dient der Ableitung des Blitzstromes von der Fangeinrichtung über die Ableiteinrichtungen bis zur Erdungsanlage. Für das äußere Blitzschutzsystem ist der Eigentümer der baulichen Einrichtung verantwortlich. Fahrschienen der Gleise der AC- und der DC-Bahnen dürfen nicht als Blitzschutzender verwendet werden.

Das innere Blitzschutzsystem dient der Begrenzung von Überspannungen in elektrischen Verbrauchernetzen sowie an elektrischen und elektronischen Endgeräten. Die Maßnahmen des inneren Blitzschutzes sind vom Betreiber der Netze und Endgeräte durchzuführen.