

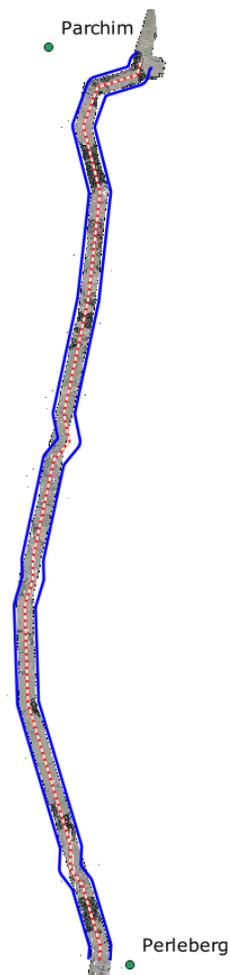
Bewertung entsprechend 26. BImSchVVwV
380-kV-Ltg. Parchim Süd - Perleberg 435/436

50Hertz Transmission GmbH

Bericht-Nr.: 10109454-015, AVV Parchim Süd - Perleberg

Datum: 04.02.2019

Datum der letzten Revision: 04.02.2019



Kundeninformationen

Kundenname: 50Hertz Transmission GmbH
Adresse: Heidestraße 2, 10557 Berlin, Deutschland
Kundenreferenz: Parchim Süd - Perleberg
Kontaktperson: Mike Wildgrube

DNV GL Unternehmensinformationen

DNV GL-Legalentität: DNV GL Energy Advisory GmbH
DNV GL-Organisationseinheit: Energy

Dokumenteninformationen

Projekttitle: RV EMF 26. BImSchV + AVV
Projektnummer: 101 094 54
Berichtstitel: Bewertung entsprechend 26. BImSchVVwV,
380-kV-Ltg. Parchim Süd - Perleberg 435/436
Bericht-Nr.: 10109454-015 AVV Parchim Süd - Perleberg
Datum: 04.02.2019
Datum der letzten Revision: 04.02.2019
Autor(en): Dr. Andreas Frenzel; Johannes Grüneberger

VERZEICHNIS DER REVISIONEN

Revisionsnr.	Datum	Bearbeiter	Änderungen
	05.01.2018	Johannes Grüneberger	Erste Version
	15.01.2018	Andreas Frenzel	Berücksichtigung Phasenfolgeplan
1	20.06.2018	Johannes Grüneberger	Anpassung Ketten/Aufhängungen
2	24.07.2018	Johannes Grüneberger	Ergänzung MMO-Abstand/korrektur Bodenabstandskurve
3	04.02.2019	Martina Pölchen	Anhang D und Formulierungen

Bearbeiter:

Geprüft:



Johannes Grüneberger
Engineer



Dr. Andreas Frenzel
Senior Principal

DNV GL Energy Advisory GmbH, Gostritzer Str. 67, 01217 Dresden, Deutschland.
Tel.: +49 351 8719200, Fax: +49 351 8719231, www.dnvgl.com



Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	EINLEITUNG.....	3
3	VORPRÜFUNG UND FESTSTELLUNG MAßGEBLICHER MINIMIERUNGSORTE (SCHRITT 1).....	4
4	ERMITTLUNG DER MINIMIERUNGSMABNAHMEN (SCHRITT 2).....	8
5	MAßNAHMENBEWERTUNG (SCHRITT 3)	13
5.1	Allgemeine Bewertung	14
6	FAZIT	21
7	QUELLENVERZEICHNIS.....	23
	Anhang A: Liste der MMO und RBP für die Parchim Süd – Perleberg	24
	Anhang B: Auswirkung der Minimierungsmaßnahmen auf das B-Feld an allen MMO/RBP	26
	Anhang C: Auswirkung der Minimierungsmaßnahmen auf das E-Feld für alle MMO/RBP	27
	Anhang D: Trassenverlauf der Parchim Süd – Perleberg mit MMO und RBP.....	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Beispiel aus Anhang II zu Ziffer 3.2.1.1 der AVV [2]	4
Abbildung 3-2:	Verlauf Parchim Süd - Perleberg (rot-weiß) inkl. Einwirkbereiche (blau), Karte: © OpenStreetMap	5
Abbildung 3-3:	Beispiel: MMO innerhalb Bewertungsabstand, Foto: © GeoBasis-DE / BKG	6
Abbildung 3-4:	Beispiel: Ermittlung von RBP, Foto: © GeoBasis-DE / BKG	7
Abbildung 4-1:	Leiteranordnung für Phasenoptimierung, Parchim Süd – Perleberg	11
Abbildung 4-2:	Phasenfolgeplamt wie geplant und optimiert	12
Abbildung 5-1:	Höhe der Minimierungen aller MMO/RBP für B-Feld in +1 m über EOK	16
Abbildung 5-2:	Höhe der Minimierungen aller MMO für E-Feld in +1 m über EOK	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Maxima und Minima: Wirkung der Minimierungsmaßnahmen auf B- und E-Feld	15
Tabelle 2:	Bewertung der Minimierungsmaßnahmen lt. 26. BImSchVV	18

Abkürzungsverzeichnis

50Hertz	50Hertz Transmission GmbH
AVV	26. BImSchVVwV, Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
B-Feld	Effektivwert und Verteilung der magnetischen Flussdichte in μT
BImSch	Bundesimmissionsschutz, in Zusammensetzungen, z. B. BImSchG Bundesimmissionsschutz-Gesetz, 26. BImSchV 26. BImSch-Verordnung, Verordnung über elektromagnetische Felder, 26. BImSchVVwV 26. BImSch-Verwaltungsvorschrift, Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder
DNV GL	Det Norske Veritas & Germanischer Lloyd
E-Feld	Effektivwert und Verteilung der elektrischen Feldstärke in kV/M
EOK	Erdoberkante, bezogen auf ein amtliches, georeferenziertes Höhenprofil
EMVU	Elektromagnetische Verträglichkeitsuntersuchung für niederfrequente Felder (50 Hz) basierend auf der 26. BImSchV [1] und der zugehörigen Verwaltungsvorschrift [2]
EMF	Elektromagnetische Felder (hier getrennt nach elektrischem Feld E in kV/m und magnetischer Flussdichte B in μT)
Ltg.	Freileitung
MMO	Maßgeblicher Minimierungsort entsprechend 26. BImSchVVwV [3]
Freileitung	380-kV-Ltg. Parchim Süd - Perleberg 435/436
PFV	Planfeststellungsverfahren
UW	Umspanwerk
RBP	Repräsentativer Bezugspunkt, 1 m über EOK, entsprechend 26. BImSchVVwV [3]

1 ZUSAMMENFASSUNG

Gemäß 26. BImSchV [1] sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik, unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich, zu minimieren. Die näheren Anforderungen sind in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) [2] geregelt.

Basierend auf dem für das Gutachten nach 26. BImSchV [4] erstellten 3D-Modell der 380-kV-Ltg. 435/436 Parchim Süd – Perleberg wurden im Einwirkungsbereich nach AVV [2] maßgebliche Minimierungsorte (MMO) identifiziert. Im vorliegenden Fall wurde ein Einwirkungsbereich von 400 m und ein Bewertungsabstand von 20 m beidseitig der äußeren ruhenden Leiterseile untersucht. Diese Streifen wurden gemeinsam mit der Trassenachse maßstäblich in die relevanten amtlichen Orthophotos eingetragen. MMO innerhalb des Bewertungsabstandes wurden einzeln mit ihren Koordinaten erfasst. Sofern diese MMO-Gebäude waren, wurden zusätzlich ihre Abmessungen (Länge, Breite, Höhe) und ihr kürzester horizontaler und vertikaler Abstand vom Dachfirst zum nächstgelegenen Leiterseil aus den Trassenplänen entnommen. Bei Gebäuden wurden die Koordinaten in Objektmitte ermittelt. Gebäude, die nur teilweise in den Bewertungsabstand fallen, wurden auf diesem bewertet. Bei Grundstücken wurde ein Punkt gewählt, der am nächsten zu einem Leiterseil lag. MMO außerhalb des Bewertungsabstandes wurden geeignet zu Flächen zusammengefasst. Ausgehend vom geometrischen Schwerpunkt dieser Flächen wurde zum nächstgelegenen Bewertungsabstand die Lotrechte gebildet. Der so gefundene Schnittpunkt wurde als repräsentativer Bezugspunkt (RBP) mit seinen Koordinaten erfasst. Schließlich wurden die Angaben zur Objektart und vorhandene Grundstücks- und Flurbezeichnungen aus den Lageplänen den MMO und RBP zugeordnet.

Die Minimierungsmaßnahmen wurden entsprechend der in Nr. 5 der 26. BImSchVVwV [2] aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung bewertet. Von den geprüften Minimierungsmaßnahmen werden die Erhöhung der Masten um 2,5 m und die Optimierung der Leiteranordnung näher untersucht, obwohl diese Minimierungsarten andere Schutzgüter negativ beeinflussen und kostenintensiv sind. Insbesondere von der Optimierung der Leiteranordnung wurden starke Minimierungseffekte erwartet.

Mit Hilfe des Programms WinField [5] wurden an den ermittelten Koordinaten der MMO und RBP die zu erwartenden Effektivwerte der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke in +1 m über EOK berechnet.

Für die Trassenvariante mit der Minimierungsmaßnahme „Masterhöhung +2,5 m“ wurde ein separates 3D-Modell erstellt.

Für die Minimierungsmaßnahme „Optimierung der Leiterfolge“ wurde die bezüglich B-Feld optimale Leiterfolge, im Bereich des gefundenen MMO 1a, aus allen denkbaren Möglichkeiten ermittelt. Diese Leiterfolge wurde auf die gesamte Leitung, unter Berücksichtigung der geplanten Phasenwechsel, angewendet.

Die resultierenden Werte des B- und des E-Feldes an allen MMO/RBP werden für die Minimierungsmaßnahmen in einem Meter über EOK berechnet und mit denen des projektierten Zustandes verglichen.

Die Untersuchungen an der Freileitung führten zusammengefasst zu folgenden Ergebnissen:

Maßgebliche Minimierungsorte (MMO) nach 26. BImSchVVwV [2]

Die **Vorprüfung** für Parchim Süd - Perleberg ergab, dass im Einwirkungsbereich ein maßgeblicher Minimierungsort (MMO) existiert. Für Gebiete mit mehreren oder einzelnen MMO, die außerhalb des Bewertungsabstandes liegen, wurden repräsentative Bewertungspunkte (RBP) gebildet.

Innerhalb eines Streifens von 20 m beidseitig der ruhenden, äußeren Leiterseile (Bewertungsabstand), befindet sich insgesamt ein maßgeblicher Minimierungsort (MMO 1a). Außerdem wurden noch 19 repräsentative Bewertungspunkte (RBP) gebildet.

Als **Minimierungsmaßnahmen** werden von allen Minimierungsmöglichkeiten die **Masterhöhungen um 2,5 m** und die **Optimierung der Leiterfolge** untersucht, vorzugsweise, um das resultierende Magnetfeld zu minimieren.

Bei der **Bewertung der Minimierungsmaßnahmen** wird festgestellt, dass insbesondere die **Optimierung der Leiterfolge** einen wirksamen Minimierungseffekt bewirkt. Bei der **Optimierung der Leiterfolge** reduziert sich die magnetische Flussdichte als auch die elektrische Feldstärke an allen MMO/RBP. Diese Minimierungsmaßnahme ist auf ihre technische Umsetzbarkeit zu prüfen, da vor dem UW Parchim Süd ein zusätzlicher Phasenwechsel vorzusehen wäre, um die Phasenfolge im UW beizubehalten.

Die **Masterhöhung um 2,5 m** führt demgegenüber zu einem geringeren Minimierungseffekt. Außerdem müssen die Wirkungen auf andere Schutzgüter berücksichtigt werden. Je höher die Masten sind, desto größer ist zum einen der Eingriff in das Landschaftsbild und zum anderen steigt ggf. das Anflugrisiko für Vögel. Höhere Masten würden zusätzlich auch größere Fundamente benötigen, was einen größeren Eingriff in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere und Boden darstellen würde. Eine Erhöhung der Masten erscheint zudem unverhältnismäßig, da die Bodenabstände der Leiterseile bereits in der Planung sehr groß sind. Die Erhöhung der Masten um 2,5 m führt sowohl beim B- als auch beim E-Feld durchgängig zu Minimierungen.

2 EINLEITUNG

Die am 14. August 2013 novellierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) legt in § 4 Absatz 2 fest, dass bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen sowie Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen sind, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik, unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich, zu minimieren sind. Die Vorgehensweise klärt die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV)“ [2], die mit ihrer Veröffentlichung am 26. Februar 2016 (BAnz AT 03.03.2016 B5) in Kraft trat. Darauf aufbauend wird die genannte Freileitung bewertet – es wird in drei Schritten vorgegangen:

1. **Vorprüfung:** Feststellung maßgeblicher Minimierungsorte im Einwirkungsbereich.
2. **Minimierungsmaßnahmen:** Prüfen des Minimierungspotenzials hinsichtlich individueller oder repräsentativer Minimierungsorte. Untersuchen der technischen Minimierungsmöglichkeiten.
3. **Maßnahmenbewertung:** Prüfung der Verhältnismäßigkeit unter Berücksichtigung der Gegebenheiten.

Diese Stellungnahme nimmt Bezug auf das EMF-Gutachten nach 26. BImSchV [1] „380-kV-Ltg. Parchim Süd - Perleberg 435/436“ (Bericht Nr. 116 45930-015, 26. BImSchV Parchim Süd - Perleberg). Alle Angaben zu den Parametern für Parchim Süd – Perleberg und den zusätzlich berücksichtigten Freileitungen, den Berechnungen der elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten sowie der allgemeinen Auswertung sind diesem EMF-Gutachten [4] zu entnehmen. Weitere Details sind den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren der 50Hertz Transmission GmbH zu entnehmen.

3 VORPRÜFUNG UND FESTSTELLUNG MAßGEBLICHER MINIMIERUNGSORTE (SCHRITT 1)

Bei 380-kV-Freileitungen (50 Hz) sind nach 26. BImSchVVwV (Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur 26. BImSchV oder kurz AVV) [3] folgende Abstände definiert:

- Bewertungsabstand 20 m neben äußerem, ruhendem Leiterseil in 1 m Höhe über Erdboden.
- Einwirkungsbereich 400 m neben äußerem, ruhendem Leiterseil.

In dem vom Einwirkungsbereich gebildeten Streifen, werden Orte identifiziert, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen, entsprechend den Hinweisen der LAI [6]. Diese werden in der AVV maßgebliche Minimierungsorte, kurz MMO, genannt. MMO, die außerhalb des Bewertungsabstandes liegen, werden zu Gruppen zusammengefasst und dafür repräsentative Bewertungspunkte auf dem Bewertungsabstand, kurz RBP, gebildet, so wie dies z. B. in der AVV [2], Anhang II zu Ziffer 3.2.1.1 und hier in Abbildung 3-1 als Beispiel dargestellt ist. MMO innerhalb des Bewertungsabstandes werden einer Einzelfallprüfung unterzogen.

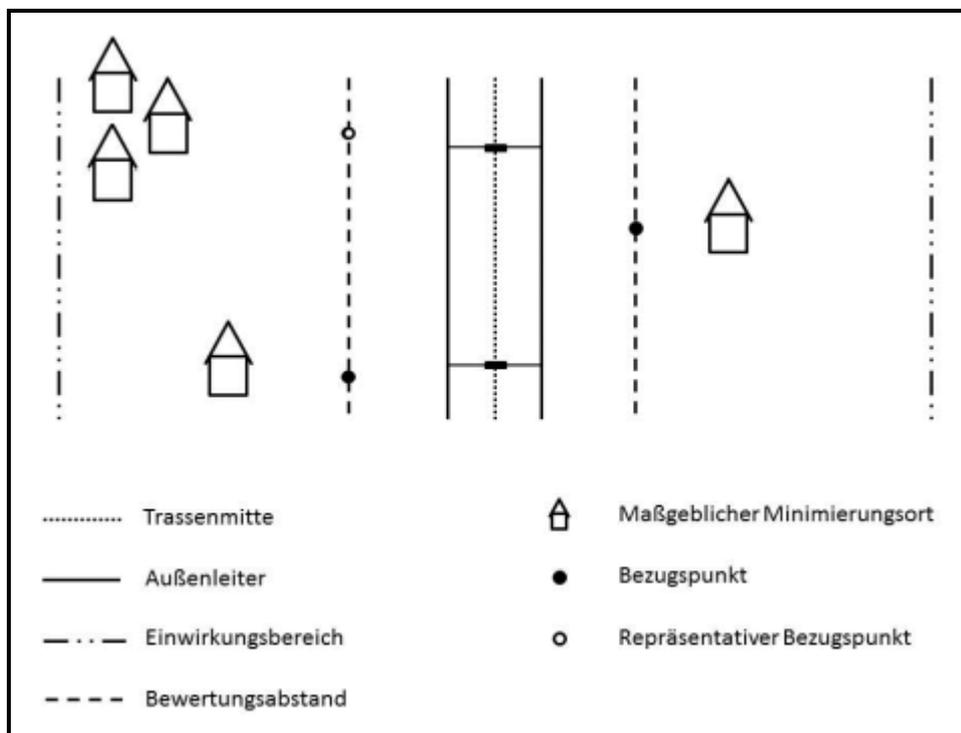


Abbildung 3-1: Beispiel aus Anhang II zu Ziffer 3.2.1.1 der AVV [2]

In der Abbildung 3-2 bis Abbildung 3-4 werden folgende Farben und Darstellungsarten benutzt:

- rot - weiße Linie: Trassenachse Parchim Süd – Perleberg,
- blaue durchgezogene Linie: Einwirkungsbereich,
- violette durchgezogene Linie: Bewertungsabstand,
- gelber Punkt und gelbe Schrift: maßgebliche Minimierungsorte, inkl. Bezeichnung,
- gelbes Kreuz und gelbe Schrift: repräsentative Bewertungspunkte, inkl. Bezeichnung,
- blauer Punkt und blaue Schrift: Maststandort mit Bezeichnung (Mastnummer, Masttyp).

Es wird festgestellt, dass im Einwirkungsbereich der geplanten 380-kV-Ltg. Parchim Süd - Perleberg 435/436, ein maßgeblicher Minimierungsort (MMO) liegt. In Abbildung 3-2 ist als Übersicht der Gesamtverlauf der Freileitung inkl. des Streifens des Einwirkungsbereiches dargestellt.

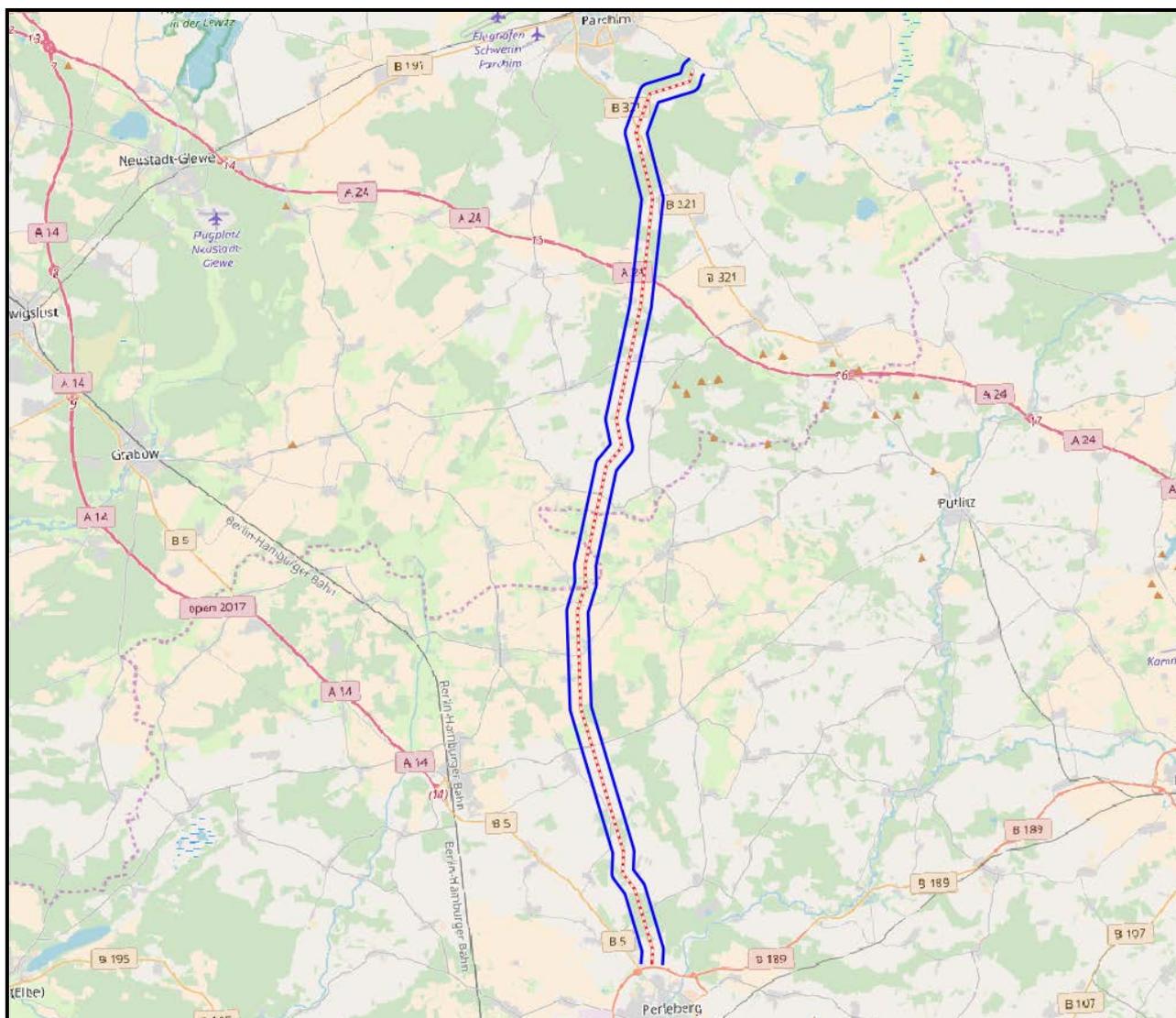


Abbildung 3-2: Verlauf Parchim Süd - Perleberg (rot-weiß) inkl. Einwirkbereiche (blau), Karte: © OpenStreetMap

Als Beispiel, wie MMO identifiziert werden, ist in Abbildung 3-3 ein Spannungsfeld der Freileitung zwischen Mast 229 und 230 dargestellt. In diesem Spannungsfeld existiert ein MMO, der mit „MMO 001a“ bezeichnet ist. Mit Endung „a“ werden Gebäude, mit Endung „b“ Grundstücke markiert. Die mit gelben Kreisen markierten MMO werden mit ihren Koordinaten erfasst. Bei Gebäuden werden zusätzlich die Firsthöhe und die horizontale und kürzeste vertikale Entfernung zum nächsten Leiterseil aus den Trassenplänen [7] ermittelt. Im ANHANG A sind alle MMO tabellarisch aufgeführt.

In Abbildung 3-4 wird als Beispiel die Ermittlung von RBP zwischen den Masten 222 bis 223 dargestellt. Die außerhalb des Bewertungsabstandes gefundenen MMO werden zu Gruppen zusammengefasst, die hier gelb markiert sind. Von deren geometrischem Schwerpunkt wird die Lotrechte (gelbe Linie) auf den nächst gelegenen Bewertungsabstand gefällt und so ein repräsentativer Bewertungspunkt gefunden. Im Beispiel sind dies die RBP „P011“ bis „P012“. Die RBP werden durchnummeriert und mit einem vorangestellten „RBP“ gekennzeichnet. Die RBP sind ebenfalls im ANHANG A aufgeführt.

Aus der Liste im ANHANG A kann für jeden MMO/RBP das Spannfeld (Mastnummern), die Objektart, die Gemarkung/Flurstückbezeichnung, die Lage (UTM32-Koordinaten inkl. EOK-Höhe) sowie die oben genannten Abmessungen entnommen werden. Die Visualisierung erfolgt auf Basis von GIS-Methoden mit Hilfe des Programmes QGIS [8]. Die QGIS-Daten liegen elektronisch vor.



Abbildung 3-3: Beispiel: MMO innerhalb Bewertungsabstand, Foto: © GeoBasis-DE / BKG



Abbildung 3-4: Beispiel: Ermittlung von RBP, Foto: © GeoBasis-DE / BKG

Die **Vorprüfung** der Freileitung ergab, dass innerhalb eines Streifens von 20 m beidseitig der ruhenden, äußeren Leiterseile (Bewertungsabstand), insgesamt ein maßgeblicher Minimierungsort (MMO 001a) liegt. Hinzu kommen noch 19 repräsentative Bewertungspunkte (RBP). (ANHANG A)

4 ERMITTLUNG DER MINIMIERUNGSMABNAHMEN (SCHRITT 2)

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVV [3] aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft und deren Umsetzung, in Anlehnung an ein Formblatt des FNN [9], bewertet (s. Abschnitt 5).

Nachfolgend werden die fünf technischen Möglichkeiten zur Minimierung der Feldstärken von Freileitungen aufgezeigt:

Optimierung der Leiteranordnung:

- Ein Wechsel der Phasenordnung kann die elektrischen und/oder magnetischen Immissionen im Trassenverlauf der Freileitung optimieren. Konstruktiv ist die Änderung der Phasenlage nur an speziellen Masten, sogenannten Verdrillungsmasten, möglich. Diese Verdrillungsmasten sind Masten mit technischen Vorkehrungen, um die Phasen tauschen zu können. Die Optimierung der Phasenfolge ist daher nicht bezogen auf jedes Spannungsfeld und einzelne Immissionsorte möglich, da in diesem Fall jeder Mast ein Verdrillungsmast sein müsste.
- Durch die Installation zusätzlicher Verdrillungsmaste können die elektrischen Eigenschaften der Freileitung negativ beeinflusst werden, wodurch deren Belastung und Betriebssicherheit gestört werden kann. Nur unter Beibehaltung der Vorgaben des projektierten Phasenfolgeplans, ist es möglich, die Phasenfolge der Systeme zu tauschen.

Verringerung der Leiterabstände

- Die resultierenden Feldstärken an MMO/RBP können durch die Verringerung der Abstände der Phasen untereinander bzw. der Stromkreise zueinander reduziert werden, da sich die Überlagerung der Felder dämpfend bzw. kompensierend auswirken kann. Von dieser Maßnahme muss hier abgesehen werden, da die Abstände schon so minimal gewählt wurden, wie es die technischen Erfordernisse entsprechend Freileitungsnorm DIN EN 50341 bezüglich Betriebssicherheit und Instandhaltung erlauben.

Optimierung der Mastkopfgeometrie

- Die Mastkopfgeometrie bestimmt die Anordnung der Phasen und Stromkreise. Daher haben unterschiedliche Mastkopfgeometrien auch eine unterschiedliche Verteilung der elektrischen und magnetischen Felder zur Folge.
- Für die 380-kV-Ltg. Parchim Süd - Perleberg 435/436 ist, im Bereich des MMO, der Einsatz von Masten der Mastbaureihe „Donau“ mit einem oder zwei Erdseilen (im Nahbereich von Umspannwerken) geplant, um den vorhandenen Trassenkorridor der 220-kV-Bestandsleitung nutzen zu können. Dieser Masttyp ist bereits das Ergebnis eines Optimierungsprozesses bei der Ausbildung von elektrischen und magnetischen Feldern durch eine Dreiecksanordnung der Phasenleiter, aber auch bei den folgenden maßgeblichen Parametern:
 - Flächeninanspruchnahme,
 - Optischer Wirkung (Masthöhe),
 - Materialaufwand,
 - Maststatik.

Abstandsoptimierung

- Elektrische und Magnetische Immissionen nehmen mit zunehmendem Abstand von der Feldquelle ab. Umso größer der Bodenabstand zu den Leiterseilen ist, desto geringer sind die Feldstärken. Eine Abstandsoptimierung ist daher durch Masterhöhungen oder durch Verringerungen der Spannfeldlängen möglich. Je geringer die Spannfeldlänge, desto geringer der Leiterseildurchhang und desto größer der Bodenabstand.
- Der minimale Bodenabstand zu den 380-kV-Leiterseilen beträgt auf den neu zu errichtenden Leitungsabschnitten 12,50 m und liegt damit bereits wesentlich höher als die nach [10] geforderten 7,80 m.

Schirmung des elektrischen Feldes

- Durch das Mitführen zusätzlicher Erdleiterseile kann die elektrische Feldstärke reduziert werden.
- Die Mitführung eines zusätzlichen Erdleiterseils (Lichtwellenleiters; LWL) auf Höhe der unteren Leiterseile wurde bei der Vorhabenplanung bereits berücksichtigt.

Bei der Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen sind auch die Wirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen: "Bei der Auswahl der in Betracht kommenden Minimierungsmaßnahmen sind zudem mögliche nachteilige Auswirkungen auf andere Schutzgüter zu berücksichtigen. Hierbei sind zum einen sämtliche fachrechtlichen Vorgaben, zum Beispiel Landschaftsbild, die Regelungen des Naturschutzes, die Regelungen der TA Lärm oder des Arbeitsschutzes, zu beachten. Zum anderen ist eine umfassende, integrierte Betrachtung geboten mit der Folge, dass Minimierungsmaßnahmen aufgrund der mit ihnen verbundenen nachteiligen Auswirkungen auf andere Schutzgüter ausscheiden können."¹

Insbesondere hat eine weitere Erhöhung der Masten Auswirkungen auf verschiedene andere Schutzgüter. Je höher die Masten sind, desto größer ist zum einen der Eingriff in das Landschaftsbild und zum anderen steigt ggf. das Anflugrisiko für Vögel. Höhere Masten würden zusätzlich auch größere Fundamente benötigen, was einen größeren Eingriff in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere und Boden darstellen würde.

Eine Erhöhung der Masten erscheint zudem unverhältnismäßig, da die Bodenabstände der Leiterseile bereits in der Planung sehr groß sind. Um eine signifikante Reduktion der Feldstärken zu erreichen, müssten die Masten deutlich erhöht werden, was hohe Zusatzkosten nach sich ziehen würde.

Aufgrund der Einstufung der Wirksamkeit als „hoch“ gemäß AVV werden Masterhöhungen um 2,50 m (entspricht einem Mastschuss) und die Optimierung der Phasenfolge als Minimierungsmaßnahmen mithilfe des Berechnungsmodells geprüft.

Weiterhin wird festgestellt, dass eine Minimierung der Feldstärken durch elektrische Schirmung und die Optimierung der Mastkopfgeometrie bereits bei der Vorhabenplanung berücksichtigt werden und daher nicht weiter in der Minimierungsprüfung betrachtet werden.

Eine weitere Verringerung der Leiterabstände scheidet als mögliche Minimierungsmaßnahme aus technischen Gründen aus.

Aus den möglichen Minimierungsmaßnahmen werden zwei ermittelt, die auf ihre Verhältnismäßigkeit geprüft werden und im Folgenden weiter bewertet werden.

¹ Allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung; Drucksache 547/15; Seite 8

Die Ermittlung und Bewertung ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Die detaillierte Betrachtung aller möglichen Minimierungsmaßnahmen erfolgt ebenfalls in Tabelle 2.

Weitere Minimierungsmaßnahmen nach Tabelle 2 sind aufgrund der vorhandenen Standortbedingungen und technischer Randbedingungen nicht anwendbar, siehe dazu die detaillierten Bewertungen der Einzelmaßnahmen in Tabelle 2.

Von den in der 26. BImSchVVwV [2] vorgeschlagenen Minimierungsmaßnahmen werden

- die Erhöhung der Masten und
- die Optimierung der Leiteranordnung

weiter auf ihre Verhältnismäßigkeit geprüft.

Die Untersuchung einer **Erhöhung der Masten** erfolgt für die gesamte Freileitung. Die Ergebnisse sind im ANHANG B und C für das B- und das E-Feld zusammengefasst.

Die Untersuchung einer **Optimierung der Leiteranordnung** hinsichtlich Minimierung des B-Feldes erfolgt im ersten Schritt exemplarisch am Spannungsfeld zwischen im Abschnitt zwischen Mast 229 und Mast 230 in dem der MMO 001a liegt. Aus Gründen des Rechenaufwandes wird dazu ein Teilmodell des entsprechenden Leitungsabschnittes benutzt, um die optimale Leiterfolge zu bestimmen. Bestandsleitungen werden in ihren Leiterfolgen nicht geändert. Alle denkbaren 36 Möglichkeiten der Phasenfolge werden durchgerechnet, bis die geringsten, resultierenden magnetischen Flussdichten in einem Meter über EOK sich ergeben, siehe Abbildung 4-1.

Anschließend wird diese Leiterfolge auf die gesamte Freileitung (Gesamtmodell) angewandt und für alle MMO/RBP die Effektivwerte des B-Feldes und des E-Feldes in einem Meter über EOK ermittelt und mit den Werten der geplanten Trasse verglichen. Die Vorgaben des Phasenfolgeplanes der Freileitung werden dabei eingehalten, siehe Abbildung 4-2. Es wird nicht als verhältnismäßig eingeschätzt, zusätzliche Verdrillungsmasten vor und nach Freileitungsabschnitten vorzusehen, da dadurch die elektrischen Eigenschaften der Freileitung negativ beeinflusst und somit ihre Belastung und Betriebssicherheit gestört werden kann. Durch die bereits geplante Verdrillung wird die Unsymmetrie der elektrischen Parameter der Leitung verringert. Zusätzliche Verdrillungsmasten würden die Unsymmetrie der Freileitung dagegen wieder vergrößern. Der Phasenfolgeplan ist für die Freileitung auch deshalb einzuhalten, da Stromkreise anderer Freileitungen parallel geführt werden und die Symmetrie beeinflussen.

Um die Leiterfolge entsprechend der optimalen Anordnung ändern zu können, müsste unmittelbar vor der Einführung die Umspannwerke noch je ein Verdrillungsmast vorgesehen werden, um die Leiteranordnung innerhalb des Umspannwerkes beizubehalten.

Die Ergebnisse der optimierten Leiteranordnung für die genannte Mastkonfiguration ist im ANHANG B und C für alle MMO/RBP getrennt nach B- und E-Feld wiedergegeben.

Die Wirkung der Minimierungsmaßnahmen auf die Schallimmissionen brauchen aus folgenden Gründen nicht betrachtet werden: Bei einer Masterrhöhung senkt sich der Schalldruckpegel in einem Meter über EOK generell. Durch einen Phasentausch ändern sich zwar die emissionsbestimmenden Oberflächenfeldstärken auf den Leiterseilen leicht, jedoch sind die dadurch bewirkten Änderungen des Schalldruckpegels rechnerisch kleiner der Prognosesicherheit von ± 3 dB(A) entsprechend TA-Lärm. Die hier vorgeschlagene

nen Minimierungsmaßnahmen senken bzw. beeinflussen nicht nachweisbar die Schallemissionen. Dies wurde bei analogen Projekten nachgewiesen. ²

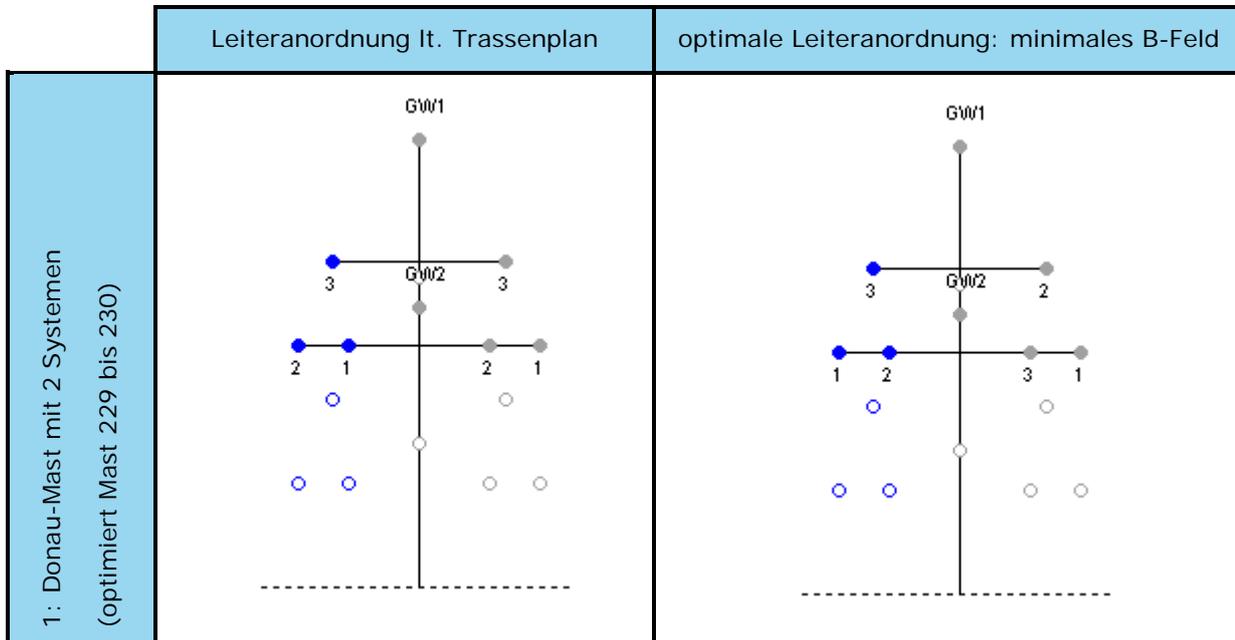


Abbildung 4-1: Leiteranordnung für Phasenoptimierung, Parchim Süd – Perleberg

² Siehe: Netzverstärkung 380-kV-Höchstspannungsleitung Röhrsdorf - Weida - Remptendorf (BBPIG Nr. 14), Unterlagen gemäß § 8 NABEG, Immissionsschutzrechtliche Ersteinschätzung (ISE), Berechnungen zur Engstelle Niederpöllnitz

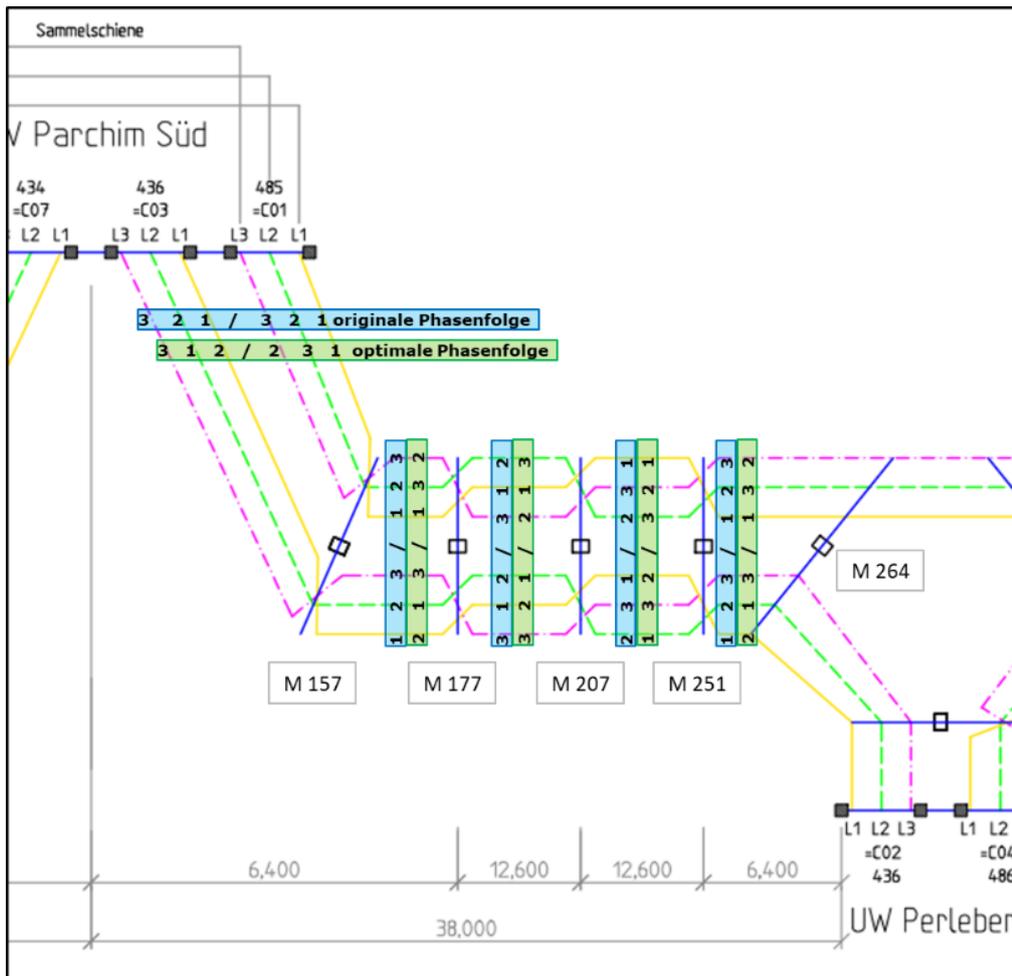


Abbildung 4-2: Phasenfolgeplant wie geplant und optimiert

5 MAßNAHMENBEWERTUNG (SCHRITT 3)

Die Berechnungen basieren auf den im EMF-Gutachten zur 26. BImSchV für Parchim Süd – Perleberg [4] dargelegten Geometrien und technischen Parametern und dem daraus entwickelten 3D-WinField-Modell [5]. Basis der Bewertung von Minimierungsmaßnahmen ist die Berechnung der Effektivwerte der elektrischen Feldstärke E und der magnetischen Flussdichte B an Bewertungspunkten der MMO und RBP in einem Meter über EOK, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung, bei den zu erwartenden Stromrichtungskonstellationen. Es werden bei Strom und Spannung der Leiterseile nur die Grundsicherungen von 50 Hz berücksichtigt. Zur Bewertung der Minimierungsmaßnahmen werden zuerst an allen ermittelten MMO/RBP die Effektivwerte der magnetischen Flussdichte (B-Feld) und der elektrischen Feldstärke (E-Feld) wie geplant berechnet. Anschließend werden für die untersuchten Minimierungsmaßnahmen die entsprechenden Parameter in das Berechnungsmodell übernommen und die dann herrschenden Effektivwerte des B- und E-Feldes ebenfalls an den MMO/RBP bestimmt. Für die Erhöhung der Maste und für die Optimierung der Leiterfolge sind im ANHANG B und C die Ergebnisse getrennt nach B- und E-Feld tabellarisch wiedergegeben. Aus dem Vergleich der Werte für EOK +1 m mit den Werten der geplanten Trassenausführung der Freileitung können die Minimierungsmaßnahmen bewertet werden.

Eine Bewertung der Minimierungsmaßnahmen nach Schallemissionen kann entfallen, so wie dies im vorangegangenen Abschnitt begründet wurde.

5.1 Allgemeine Bewertung

Gemäß der Begründung zur 26. BImSchVV vom 03.03.2016 wurden die Minimierungsmaßnahmen der in Nr. 5 der 26. BImSchVV [3] aufgeführten technischen Möglichkeiten geprüft, siehe auch Tabelle 2, und deren Umsetzung ebenfalls in Tabelle 2, in Anlehnung an ein Formblatt des FNN [9], bewertet. Vorgeschlagen wurde die Untersuchung der Erhöhung der Masten der Freileitung um 2,5 m und die Optimierung der Leiterfolge für das am MMO existierende Donau-Mastbild.

Es wird darauf hingewiesen, dass bereits mit der Projektierung der Freileitung gegenüber [10] der geforderte, normative Bodenabstand von 7,8 m erhöht und damit eine **wesentliche Minimierungsmaßnahme** umgesetzt wurde. Der Mindestbodenabstand für die neu zu errichtenden Leitungsabschnitte beträgt generell mehr als 12,50 m.

In Tabelle 1 sind die Wirkungen der Minimierungsmaßnahmen zusammenfassend dargestellt. Darin werden die Minimierungsorte mit den größten und kleinsten Änderungen von E- und B-Feld wiedergegeben. Die Details sind dem ANHANG B bzw. C zu entnehmen. An den MMO/RBP werden die Änderungen des E- und B-Feldes nach den Minimierungsmaßnahmen mit denen der geplanten Trassengestaltung verglichen.

Es wird festgestellt, dass insbesondere die **Optimierung der Leiterfolge** sehr starke Minimierungen bewirkt, insbesondere beim B-Feld können Minimierungen, bezogen auf den Ausgangswert, bis zu -62,5 % am RBP 009 erreicht werden. In Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2 sind die Ergebnisse aller MMO/RBP gegenübergestellt. Darin sind die MMO/RBP markiert, bei denen sich die größten und kleinsten Änderungen der magnetischen Flussdichte bzw. der elektrischen Feldstärke ergeben. Zur Orientierung sind auf der horizontalen Achse die alphanumerisch sortierten Bezeichnungen der MMO/RBP wiedergegeben.

Die **Erhöhung der Masten** um 2,5 m führt gegenüber dem Phasentausch zu einem geringeren Minimierungseffekt des B-Feldes von höchstens -15,0 % am RBP 001. Eine Erhöhung einzelner oder mehrerer Masten bedingt dabei einen großen organisatorischen und technischen Aufwand. Weiterhin ist schwer abschätzbar, wieweit Masterrhöhungen aus Umweltaspekten und landschaftlichen Gründen genehmigungsfähig sind. Generell gilt jedoch, je höher die Masten sind, desto größer ist zum einen der Eingriff in das Landschaftsbild und zum anderen steigt ggf. das Anflugrisiko für Vögel. Höhere Masten würden zusätzlich auch größere Fundamente benötigen, was wiederum einen größeren Eingriff in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere und Boden darstellen würde.

In der Tabelle 1 sind MMO/RBP zusammengefasst, die maximale und minimale Werte entsprechend ANHANG B bzw. C aufweisen. Es werden diese MMO/RBP mit ihren prozentualen Änderungen, gegenüber dem geplanten Trassenverlauf, für jede untersuchte Minimierungsmaßnahme angegeben.

Tabelle 1: Maxima und Minima: Wirkung der Minimierungsmaßnahmen auf B- und E-Feld

		Masterhöhung: +2,5 m		Leiterfolge: Donau, 2 Systeme	
E-Feld		MMO/RBP	%	MMO/RBP	%
Min.		RBP 003	-3,5 %	RBP 001	-1,6 %
Max.		RBP 009	-9,1 %	RBP 009	-15,3 %
B-Feld		MMO/RBP	%	MMO/RBP	%
Min.		RBP 001	-8,3 %	RBP 020	-17,4 %
Max.		RBP 020	-15,0 %	RBP 005	-62,5 %

In Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2 sind die Resultate des Vergleichs nach ANHANG B und C grafisch komplett wiedergegeben. Die auf den Ausgangswert bezogenen Minimierungshöhen sind prozentual in Abbildung 5-1 für das B-Feld und in Abbildung 5-2 für das E-Feld dargestellt. Beim E-Feld ist zu beachten, dass Gebäude das elektrische Feld abschirmen und deshalb generell in geschlossenen Gebäuden kein E-Feld nachweisbar ist, das durch die Freileitungen hervorgerufen wird. Aus diesem Grund werden an den MMO die elektrischen Feldstärken bei der Minimierungsbetrachtung nicht berücksichtigt.

Die Beschriftung der x-Achse enthält alle Bezeichnungen der MMO/RBP. Die Bezeichnungen der MMO/RBP sind alphanumerisch aufsteigend sortiert, entsprechend ihrer Reihenfolge im ANHANG A und entsprechen damit nicht unbedingt der Reihenfolge entlang der Trasse der Freileitung. Zuerst stehen alle als MMO bezeichneten Minimierungsorte, danach die RBP. Die MMO/RBP mit den kleinsten und höchsten Änderung der Feldgrößen sind in Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2 noch einmal separat markiert und beschriftet.

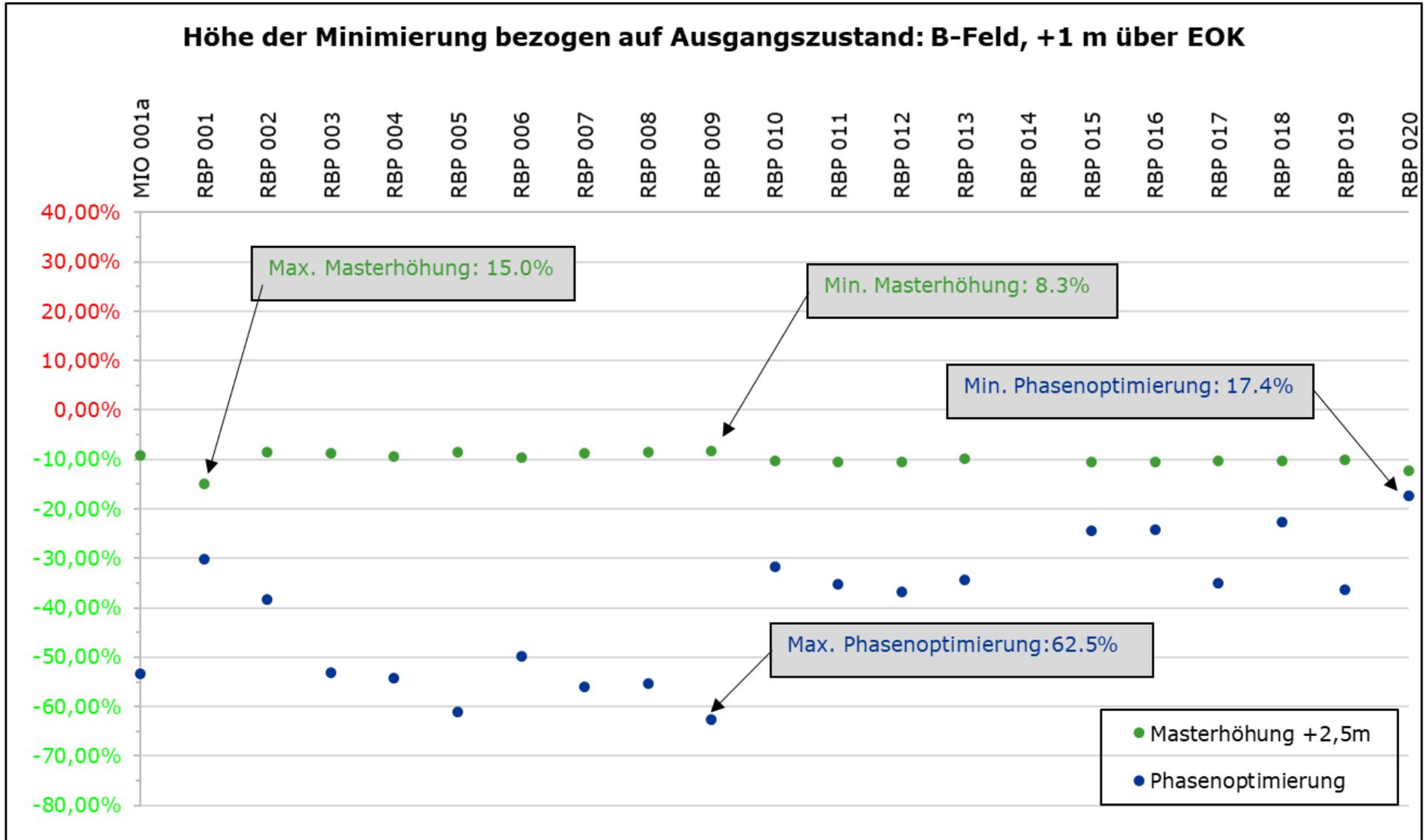


Abbildung 5-1: Höhe der Minimierungen aller MMO/RBP für B-Feld in +1 m über EOK

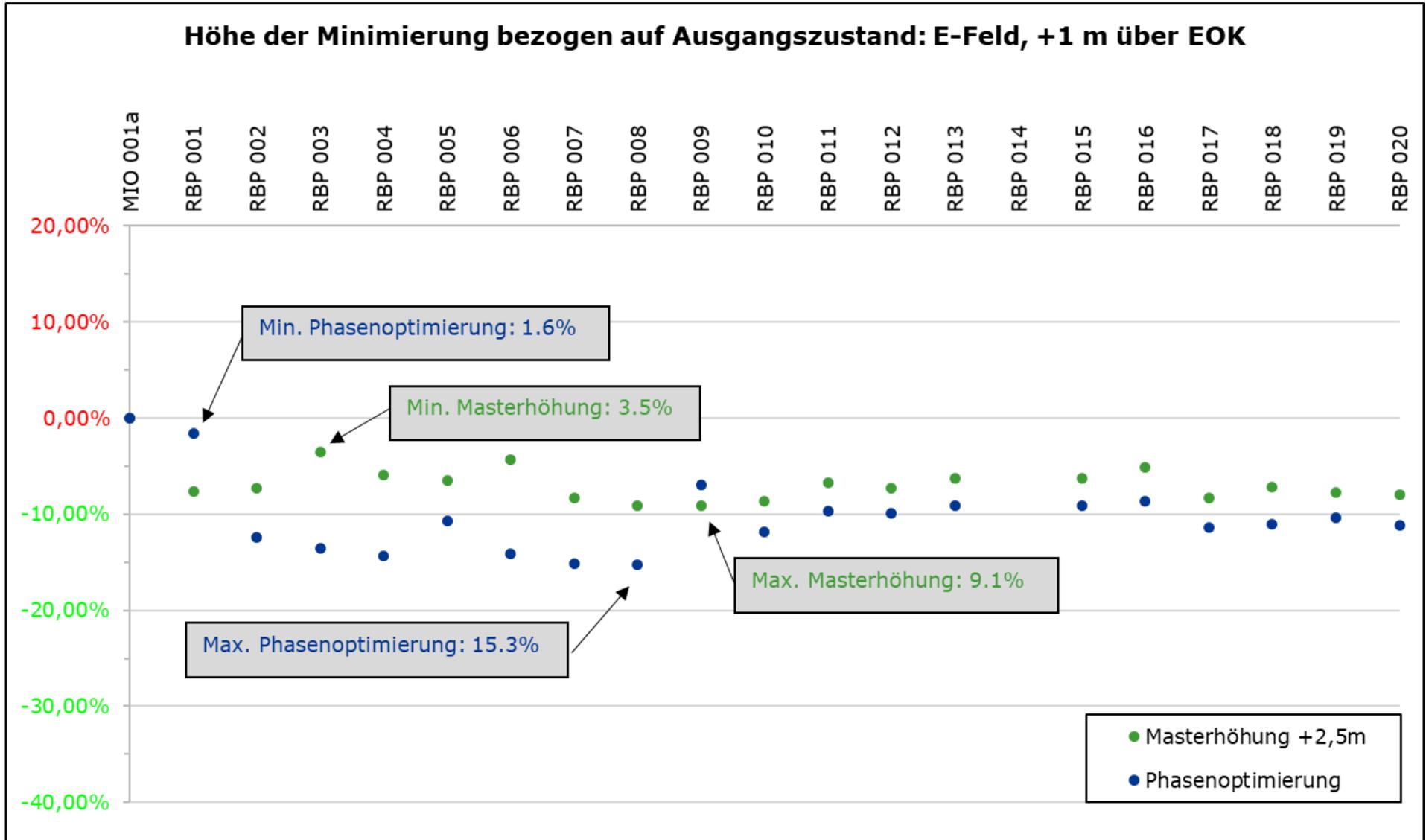


Abbildung 5-2: Höhe der Minimierungen aller MMO für E-Feld in +1 m über EOK

In Tabelle 2 werden die nach 26. BImSchVVwV [2] möglichen Minimierungsmaßnahmen zusammenfassend bewertet.

Tabelle 2: Bewertung der Minimierungsmaßnahmen lt. 26. BImSchVVwV

Maßnahmen zur Minimierung	Bewertung der Maßnahme
Abstandsoptimierung (gemäß 5.3.1.1 26. BImSchVVwV)	
Erhöhung der Masten	<p>Eine Erhöhung von Masten um 2,5 m ergibt für die Freileitung eine generelle Minimierung des B-Feldes von maximal -15.0 % (von 2,94 µT auf 2,56 µT; RBP 001). Eine Vergrößerung des B-Feldes gibt es an keinem MMO/RBP, siehe ANLAGE B.</p> <p>Auch für das E-Feld ist eine generelle Reduzierung des E-Feldes festzustellen. Die maximale Reduktion beträgt hier -9,1 % (von 0,90 kV/m auf 0,83 kV/m; RBP 009). An keinem MMO/RBP ist eine Vergrößerung des E-Feldes festzustellen.</p> <p>Der Bodenabstand der Freileitung liegt in allen Spannungsfeldern in Trassenmitte über 12,5 m, statt der in [10] geforderten 7,8 m. Insofern handelt es sich bereits um eine realisierte Minimierungsmaßnahme. Eine weitere Erhöhung ist aufgrund der geringen Veränderung nicht verhältnismäßig.</p> <p>Davon ausgehend, dass unter der Freileitung die Effektivwerte von B- und E-Feld am stärksten sind, kann durch die Trassierung mit der Vorgabe von 12,5 m – Bodenabstandskurve, der Grenzwert der elektrischen Feldstärke von 5 kV/m direkt unter der Leitung sicher eingehalten werden.</p> <p>Weiterhin würden höhere Masten zum einen größeren Eingriff in das Landschaftsbild und zum anderen ggf. zu einem erhöhten Anflugrisiko für Vögel führen.</p> <p>Eine Erhöhung der Bodenabstandskurve führt im Umkehrschluss zu höheren Masten und statisch größeren Kraftwirkungen (Hebel). Als weitere Konsequenz werden die Fundamente größer und die Schutzstreifen breiter, aufgrund der höhenabhängigen Windlast. Weiterhin ist der Eingriff in das Landschaftsbild und die größere Flächeninanspruchnahme bei der Abwägung zu berücksichtigen. Unter gewissen Bedingungen, z. B. Vogelschutzgebiete oder Flugplätze in der Nähe der Leitung, ist aus diesem Grunde eine maximale Masthöhe aus der Raumordnung vorgegeben.</p> <p>Höhere Masten mit größeren Fundamenten würden einen größeren Eingriff in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere und Boden darstellen.</p>
Verringerung der Spannfeldlänge	<p>Eine Verringerung der Spannfeldlängen mithilfe zusätzlicher Maste ist aufgrund der bereits hohen Bodenabstände und den zusätzlichen Kosten pro Mast nicht verhältnismäßig.</p> <p>Weiterhin würden weitere Maste größere Eingriffe in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere, Boden und Landschaftsbild bewirken.</p>

Maßnahmen zur Minimierung	Bewertung der Maßnahme
<p>Stromkreis auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort (MMO) abgewandten Traverse (Querausleger) geführt</p>	<p>Technisch nicht möglich, da Traversen symmetrisch belastet werden müssen und außerdem eine Vielzahl von MMO beidseits der Trasse liegen. Eine Minimierung an einem maßgeblichen Minimierungsort durch die Führung eines Stromkreises auf der abgewandten Traverse ist insofern nicht möglich, da beide Stromkreise der Doppelleitung betrieben werden. Gemäß 3.1 der AVV „kommt eine Minimierungsmaßnahme nicht in Betracht, wenn sie zu einer Erhöhung der Immissionen an einem maßgeblichen Minimierungsort führen würde“, dies ist hier der Fall.</p>
<p>Elektrische Schirmung (gemäß 5.3.1.2 26. BImSchVVwV)</p>	
<p>Schirmflächen oder -leiter zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage (auch Erdseile)</p>	<p>Vorhandene metallische Anlagen (Gebäudewände, Dachrinnen, Rohrleitungen, Erdkabel, Erdungsanlagen, Armierungseisen in den Gebäuden usw.) dämpfen das E-Feld wirksam.</p> <p>Zusätzliche elektrische Schirmmaßnahmen sind aufgrund des technischen Aufwandes nicht gerechtfertigt.</p> <p>Durch das Mitführen von zusätzlichen Erdleiterseilen kann die elektrische Feldstärke in bestimmten Fällen minimiert werden. Diese Maßnahme ist hier allerdings nicht zielführend, da bereits regelmäßig ein Erdseil und ein Lichtwellenleiter mitgeführt werden.</p> <p>Der eingebrachte Lichtwellenleiter in Mastschaftmitte senkt zusätzlich das elektrische Feld unmittelbar unter der Leitung. Ein eventuell nachteiliger Einfluss auf den Montageablauf ist zu prüfen (Erdung der Erdseilenden an Arbeitsstellen).</p> <p>Die Besteigbarkeit von Masten mit zusätzlichen Erdseilen unterhalb der spannungsführenden Hauptleiter ist, speziell bei einem ausgeschalteten Stromkreis im Zuge der Arbeitssicherheit, zu prüfen.</p> <p>Durch Freileitungen niedrigerer Spannungsebene, die unten mitgeführt werden, könnten die Felder der 380-kV-Leitung geschwächt werden.</p>
<p>Minimieren der Seilabstände (gemäß 5.3.1.3 26. BImSchVVwV)</p>	
<p>Innerhalb eines bzw. zu anderen Stromkreisen</p>	<p>Aus physikalischen Gründen (Isolationsfähigkeit der Luft) nicht möglich, da sonst die Gefahr von Spannungsdurchschlägen in Luft besteht.</p> <p>Von dieser Maßnahme muss hier abgesehen werden, da die Abstände schon so klein gewählt sind, wie es die technischen Erfordernisse entsprechend Freileitungsnorm DIN EN 50341 bezüglich Betriebssicherheit und Wartbarkeit erlauben.</p> <p>Die Seilabstände der einzelnen Leiterseile wurden gemäß dem Stand der Technik ausgelegt. Dabei wurden die Einflussfaktoren der höchsten Spannung für das Betriebsmittel, des Durchhangs, möglicher Seilschwingungen, der Spannweite und der Isolatorketten berücksichtigt.</p>

Maßnahmen zur Minimierung	Bewertung der Maßnahme
Optimieren der Mastkopfgeometrie (gemäß 5.3.1.4 26. BImSchVVwV)	
Variation des Mastkopfbildes (bezüglich MMO)	<p>Donaumaste haben gegenüber Einebenmasten aufgrund der Anordnung der Leiterseile die geringeren Immissionen.</p> <p>Durch die Verwendung einer anderen Mastkopfgeometrie ließe sich eine Verringerung der Feldstärken erreichen. Beim beispielsweise Einsatz durch einen Tonnenmast würden die Masten bei gleichen Bodenabständen etwa 10 m höher ausfallen als die geplanten Donaumasten. Die Zusatzkosten dafür wären erheblich, sodass diese Maßnahme unverhältnismäßig erscheint. Desweiteren ergeben sich durch höhere Erd- und Leiterseile ein größeres Anflugrisiko für Vögel.</p> <p>Zusätzlich würden dabei größere Fundamente benötigt werden, was einen größeren Eingriff in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere und Boden darstellen würde.</p>
Optimieren der Leiteranordnung (gemäß 5.3.1.5 26. BImSchVVwV)	
Bestmögliche Feldkompensation durch entsprechende Optimierung der Phasenlage der Leiter/Leiterseile	<p>Die optimale Leiteranordnung kann für das elektrische und magnetische Feld und für den Nah- und den Fernbereich unterschiedlich sein. Weil sie auch von den Lastflussrichtungen der Einzelsysteme abhängt, kann sich die Leitung nach einer Lastflussumkehr in einem Stromkreis in einem nicht optimierten Zustand befinden.</p> <p>Es ist zu beachten, dass die Optimierung der Leiterfolge bei Abschnitten mit mehreren unabhängigen Systemen von deren Lastflussrichtung abhängt. Ihr Betrieb kann durch unabhängige Unternehmen bzw. unterschiedliche Anforderungen an den Lastfluss beeinflusst werden.</p> <p>Die Optimierung der Leiteranordnung führt beim B-Feld am RBP 020 (Donaumast) zu einer Reduzierung von bis zu -62,5 %, bezogen auf den Ausgangswert. Die Änderung der Phasenlage kann nur durch generellen Wechsel über die gesamte Freileitung erfolgen, da die Installation zusätzlicher Phasenwechsler als nicht verhältnismäßig eingeschätzt wird. Außerdem würde die Betriebssicherheit der Freileitung, aufgrund von Spannungsüberhöhungen durch ungleichmäßigen kapazitiven Belag, gefährdet werden. Die generelle Modifikation der Leiterfolge, unter Berücksichtigung der technischen Notwendigkeit von Verdrehmasten entsprechend Phasenfolgeplan, betrifft damit auch z.B. Einebenmaste. Dies führt zu geringeren oder sogar unvorteilhafter Leiteranordnung.</p> <p>Die Minimierungsmaßnahme „Optimierung der Leiterfolge“ bedingt vor den beiden UW je einen zusätzlichen Phasenwechsler, um die Phasenfolge im UW beizubehalten.</p>

6 FAZIT

Hier werden die Resultate der Bewertung von Minimierungsmaßnahmen noch einmal zusammengefasst und eine abschließende gutachterliche Einschätzung der ermittelten Minimierungsmaßnahmen abzugeben. Nach der Identifikation von MMO und RBP wurden die lt. AVV [2] mögliche Minimierungsmaßnahmen ermittelt. Durch Berechnung der Feldwerte an den Bewertungspunkten „wie geplant“ und für die ermittelten Minimierungsmaßnahmen konnten sie verglichen und ihre Wirkungen nachgewiesen werden.

Es können insbesondere durch die Optimierung der Leiteranordnung im Bereich der „Donau“-Geometrie, starke Minimierungseffekte beim B-Feld erreicht werden. Jedoch spielen dabei die Lastflussrichtungen der verschiedenen Systeme eine Rolle. Hier wurde generell von gleicher Richtung der Lastflüsse ausgegangen. Durch die Rechnungen wurde nachgewiesen, dass, unabhängig von örtlichen Gegebenheiten und Vorbelastungen, der Effektivwert für das B-Feld als auch das E-Feld in allen Trassenabschnitten reduziert wird, siehe Tabelle 1 und ANHANG B und C. Vor den beiden UW sind jedoch zusätzliche Phasentauscher vorzusehen, die einen Mehraufwand bedeuten. Aus diesem Grund wird die **Optimierung der Leiteranordnung** (gemäß 5.3.1.5 26. BImSchVVwV) **als Minimierungsmaßnahme der Freileitung abgelehnt**.

Durch die Erhöhung des normativen Bodenabstandes bei der Projektierung der Freileitung von 7,8 m [10] auf über 12,5 m bei den Neubauabschnitten wird bereits eine wesentliche Minimierung des elektrischen und magnetischen Feldes entlang der Freileitung erreicht. Eine weitere Erhöhung der Masthöhe um 2,5 m scheint nicht gerechtfertigt zu sein, da so maximal -15,0 % des B-Feldes reduziert werden und Umweltaspekte einer Genehmigung u. U. entgegenstehen. Eine Erhöhung der Bodenabstandskurve führt zu höheren Masten und damit größeren, statischen Kraftwirkungen in die Fundamente. Als Konsequenz müssen die Fundamente größer und die Schutzstreifen breiter werden, was einen größeren Eingriff in die Schutzgüter Pflanzen, Tiere und Boden darstellen würde. Weiterhin ist der Eingriff in das Landschaftsbild und die größere Flächeninanspruchnahme bei der Abwägung zu berücksichtigen. Unter gewissen Bedingungen, z. B. Vogelschutzgebiete oder Flugplätze in der Nähe der Leitung, sind maximale Masthöhen aus der Raumordnung vorgegeben. Aus diesem Grund ist die weitere **Erhöhung der Masten** um 2,5 m als **Abstandsoptimierung** (gemäß 5.3.1.1 26. BImSchVVwV) **als Minimierungsmaßnahme der Freileitung abzulehnen**.

Als weitere wesentliche Minimierungsmaßnahme wird der bereits im Vorfeld geänderte Trassenverlauf der Freileitung angesehen. Dieser bewirkt zum einen das Entfallen einer Vielzahl von MMO/RBP als auch die Abstandsvergrößerung zu vielen relevanten MMO/RBP. Eine solche Trassenanpassung stellt im Zuge der Neuerrichtung oder wesentlichen Änderung einer Freileitung die effektivste Minimierungsmaßnahme dar und sollte stets geprüft werden. Aus diesem Grund ist die **Abstandsoptimierung durch die veränderte Trassenführung eine wirksame Minimierungsmaßnahme**.

Weitere Minimierungsmaßnahmen, siehe Tabelle 2, sind technisch nicht umsetzbar oder aufgrund der vorhandenen Randbedingungen des Standortes nicht anwendbar oder wurden bereits in der Projektierung berücksichtigt. Dies sind:

Abstandsoptimierung (gemäß 5.3.1.1 26. BImSchVVwV)

- Die Verringerung der Spannfeldlänge.
- Stromkreise auf einer von einem maßgeblichen Minimierungsort (MMO) abgewandten Traverse (Querausleger) führen.

Elektrische Schirmung (gemäß 5.3.1.2 26. BImSchVVwV)

- Schirmflächen oder -leiter zwischen den spannungsführenden Leitungsteilen und einem MMO als Bestandteil der Anlage (auch Erdseile) einzubauen.

Minimieren der Seilabstände (gemäß 5.3.1.3 26. BImSchVVwV)

- Innerhalb eines bzw. zu anderen Stromkreisen.

Optimieren der Mastkopfgeometrie (gemäß 5.3.1.4 26. BImSchVVwV)

- Variation des Mastkopfbildes (bezüglich MMO).

7 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] 26. BImSchV, *Verordnung über elektromagnetische Felder– in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013.*, Berlin: Bundesregierung, 2013.
- [2] 26. BIMSCHVVWV - 2016 , *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektro-magnetische Felder - 26. BImSchV (26. BImSchVVwV) vom 26. Februar 2016, BAnz. AT 03. März 2016 B5.*
- [3] Bundesregierung Deutschland, *26. BImSchVVwV*, Berlin: BAnz AT 03.03.2016 B5), 2016.
- [4] DNVGL, „Gutachten nach 26. BImSchV: 380-kV-Ltg Parchim Süd - Perleberg 435/436,“ KEMA IEV GmbH, Dresden, 2017.
- [5] Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, „WinField/EFC 400,“ FGEU, 12 2016. [Online]. Available: <http://www.fgeu.de/html/wf.htm>. [Zugriff am December 2016].
- [6] LAI - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, *LAI-Hinweise zur Durchführung der 26. BImSchV*, Landshut: LAI, 17. und 18. September 2014.
- [7] 50Hertz Transmission GmbH, „Trassenpläne und technische Angaben zu Hochspannungsfreileitungen Parchim Süd - Perleberg,“ Berlin, 2017-10.
- [8] QGIS- Open-Source-Geospatial-Foundation (OSGeo), „QGIS - Ein freies Open-Source-Geographisches-Informationssystem,“ QGIS, 2017. [Online]. Available: <https://www.qgis.org/de/site/>. [Zugriff am 2017].
- [9] FNN: Formulare zur Umsetzung der 26. BImSchVVwV, 2016. [Online]. Available: <https://www.vde.com/de/fnn/aktuelles/20160712>.
- [10] DIN EN 50341-1:2013-11; VDE 0210-1:2013-11, *Freileitungen über AC 1 kV - Teil 1: Allgemeine Anforderungen - Gemeinsame Festlegungen; Deutsche Fassung EN 50341-1:2012*, DIN, 2013-11.

ANHANG A: LISTE DER MMO UND RBP FÜR DIE PARCHIM SÜD – PERLEBERG

MMO RBP	Mast Nr.		Objektart	Gemarkung/Flur/ Flurstück	Lage und Abmessungen						Abst. Leiter- seil [m]	
	von	nach			Easting [m]	Northing [m]	EOK [m]	Länge [m]	Breite [m]	First- höhe [m]	Hori- zontal [m]	Lot- recht [m]
MMO 001a	229	230	Gebäude Neuhofer Dorfstr. 23 Agrargenossenschaft Dallmin e.G.	Neuhof, Flur 1; Flurstück 83/5 gemischte Nutzung	688127,2	5898904,9	55.5	45.7	16.3	5.5	16.1	13.9
RBP 001	264	265	Solarpark mit Betriebsgebäude	Perleberg, Flur 22; Flur- stück 15/1	690916,6	5886313,0						
RBP 002	262	263	Siedlung	Perleberg, Flur 23; Flur- stück 48	691021,8	5886762,7						
RBP 003	257	258	Industriebetrieb	Quitzw, Flur 4; Flurstück 11/5	690521,9	5888299,2						
RBP 004	253	254	Wohnhäuser mit Grundstücken	Schönfeld, Flur 3; Flurstü- cke 75, 26, 31, 30	689969,4	5889709,8						
RBP 005	232	233	Wohnhäuser, Grundstücke und Gärten	"Kribbe, Flur 5; Flurstücke 53, 56, 57, 61, 63, 64, 66, 67, 78, 79, 81 "	688101,8	5897523,4						
RBP 006	229	230	Wohnhäuser, Grundstücke und Gärten	"Neuhof, Flur 1; Flurstücke 4, 5/1, 5/3, 5/4, 7, 8, 9/1, 10, 22, 23, 24, 26, 44"	688130,8	5898795,8						
RBP 007	228	229	Wohnhäuser, Grundstücke und Gärten	"Neuhof, Flur 1; Flurstück 13/4, 13/5, 14/1, 15/1, 17/1, 17/2, 18/1, 18/2, 19/1, 19/2, 21"	688122,8	5899037,1						
RBP 008	229	230	Landwirtschaftsbetrieb	Neuhof, Flur 1; Flurstück 83/5	688126,1	5898937,5						
RBP 009	225	226	Wohnhaus mit Nebengebäuden	Neuhausen, Flur 4; Flurstü- cke 50/1, 67	688120,1	5900530,8						
RBP 010	223	224	Wohnhaus mit Grundstück	Neuhausen, Flur 4; Flur- stück 40/1	688293,5	5901097,6						
RBP 011	222	223	Wohnhäuser mit Grundstücken	Klüß, Flur 1; Flurstück	688329,1	5901478,5						

MMO RBP	Mast Nr.		Objektart	Gemarkung/Flur/ Flurstück	Lage und Abmessungen						Abst. Leiter- seil [m]	
	von	nach			Easting [m]	Northing [m]	EOK [m]	Länge [m]	Breite [m]	First- höhe [m]	Hori- zontal [m]	Lot- recht [m]
				123/1, 262, 264/1, 266/1								
RBP 012	222	223	Wohnhäuser mit Grundstücken	"Klüß, Flur 1; Flurstück 150/1, 151/1, 151/1, 151/2, 151/3, 260, 261, 266/3"	688328,8	5901502,2						
RBP 013	185	186	Landwirtschaftsbetrieb	Polnitz, Flur 1; Flurstück 113/6, 113/3, 113/2	690654,2	5913731,7						
RBP 014	entfällt											
RBP 015	213	214	Wohnhaus mit Grundstück	Platschow, Flur 1; Flurstück 93	688936,6	5904539,9						
RBP 016	196	197	Wohnhäuser mit Grundstücken	"Meierstorf, Flur 1; Flurstücke 10, 12, 13/4, 14/1-2, 15, 16, 17/1, 18/1, 19-23, 25"	690142,5	5910213,4						
RBP 017	189	190	Wohnhaus mit Nebengebäude	Polnitz, Flur 1; Flurstück 35, 122-125	690501,2	5912347,7						
RBP 018	186	187	Wohnhäuser mit Grundstücken	"Polnitz, Flur 2; Flurstück 1/3, 18/2, 19/1- 2, 22/1-2, 23, 24, 27, 28, 29/1-2, 30, 31, 106/4, 107"	690695,3	5913434,4						
RBP 019	183	184	Landwirtschaftsbetrieb	Poitendorf, Flur 1; Flurstück 49/1-2, 57/1, 62, 70	690721,0	5914342,4						
RBP 020	177	178	Industriebetrieb (Hallen)	Zachow, Flur 1; Flurstück 231/2, 231/5, 234/1	691012,5	5916308,7						

ANHANG B: AUSWIRKUNG DER MINIMIERUNGSMABNAHMEN AUF DAS B-FELD AN ALLEN MMO/RBP

Ifd	MMO RBP	Mast Nr.		wie geplant	Masterhöhung +2,5m		Phasenoptimierung	
		von	nach	B (+1m EOK) in µT	B (+1m EOK) in µT	Minimierung	B (+1m EOK) in µT	Minimierung
1	MIO 001a	229	230	10.45	9.58	-9.1%	6.81	-53.4%
2	RBP 001	264	265	2.94	2.56	-15.0%	2.26	-30.2%
3	RBP 002	262	263	9.77	9.01	-8.5%	7.07	-38.3%
4	RBP 003	257	258	12.57	11.56	-8.8%	8.21	-53.1%
5	RBP 004	253	254	11.19	10.22	-9.5%	7.25	-54.3%
6	RBP 005	232	233	9.63	8.88	-8.5%	5.98	-61.1%
7	RBP 006	229	230	12.66	11.55	-9.6%	8.46	-49.7%
8	RBP 007	228	229	9.28	8.55	-8.6%	5.95	-55.9%
9	RBP 008	229	230	8.97	8.28	-8.4%	5.78	-55.4%
10	RBP 009	225	226	6.59	6.09	-8.3%	4.05	-62.5%
11	RBP 010	223	224	6.94	6.29	-10.2%	5.27	-31.8%
12	RBP 011	222	223	8.32	7.53	-10.5%	6.16	-35.1%
13	RBP 012	222	223	8.07	7.31	-10.5%	5.90	-36.9%
14	RBP 013	185	186	8.59	7.81	-9.9%	6.39	-34.4%
15	RBP 014	entfällt						
16	RBP 015	213	214	8.51	7.71	-10.4%	6.84	-24.5%
17	RBP 016	196	197	8.98	8.12	-10.6%	7.23	-24.2%
18	RBP 017	189	190	6.97	6.33	-10.2%	5.16	-35.0%
19	RBP 018	186	187	7.92	7.18	-10.3%	6.46	-22.6%
20	RBP 019	183	184	8.02	7.29	-10.0%	5.88	-36.4%
21	RBP 020	177	178	7.52	6.70	-12.2%	6.41	-17.4%

ANHANG C: AUSWIRKUNG DER MINIMIERUNGSMABNAHMEN AUF DAS E-FELD FÜR ALLE MMO/RBP

Ifd	MMO RBP	Mast Nr.		wie geplant	Masterhöhung +2,5m		Phasenoptimierung	
		von	nach	E (+1m EOK) in kV/m	E (+1m EOK) in kV/m	Minimierung	E (+1m EOK) in kV/m	Minimierung
1	MIO 001a	229	230	0,00	0,00	0,0%	0,00	0,0%
2	RBP 001	264	265	1,09	1,01	-7,6%	1,07	-1,6%
3	RBP 002	262	263	0,96	0,89	-7,3%	0,85	-12,4%
4	RBP 003	257	258	1,03	1,00	-3,5%	0,91	-13,5%
5	RBP 004	253	254	0,99	0,93	-5,9%	0,86	-14,4%
6	RBP 005	232	233	0,87	0,81	-6,5%	0,78	-10,7%
7	RBP 006	229	230	1,06	1,02	-4,3%	0,93	-14,1%
8	RBP 007	228	229	0,86	0,79	-8,3%	0,75	-15,2%
9	RBP 008	229	230	0,83	0,76	-9,1%	0,72	-15,3%
10	RBP 009	225	226	0,90	0,83	-9,1%	0,84	-7,0%
11	RBP 010	223	224	1,13	1,04	-8,7%	1,01	-11,9%
12	RBP 011	222	223	1,28	1,20	-6,7%	1,17	-9,6%
13	RBP 012	222	223	1,26	1,17	-7,2%	1,15	-10,0%
14	RBP 013	185	186	1,26	1,19	-6,2%	1,16	-9,1%
15	RBP 014	entfällt						
16	RBP 015	213	214	1,28	1,20	-6,2%	1,17	-9,1%
17	RBP 016	196	197	1,31	1,24	-5,1%	1,20	-8,6%
18	RBP 017	189	190	1,14	1,05	-8,4%	1,02	-11,4%
19	RBP 018	186	187	1,22	1,14	-7,2%	1,10	-11,0%
20	RBP 019	183	184	1,22	1,14	-7,7%	1,11	-10,4%
21	RBP 020	177	178	1,15	1,06	-8,0%	1,03	-11,1%

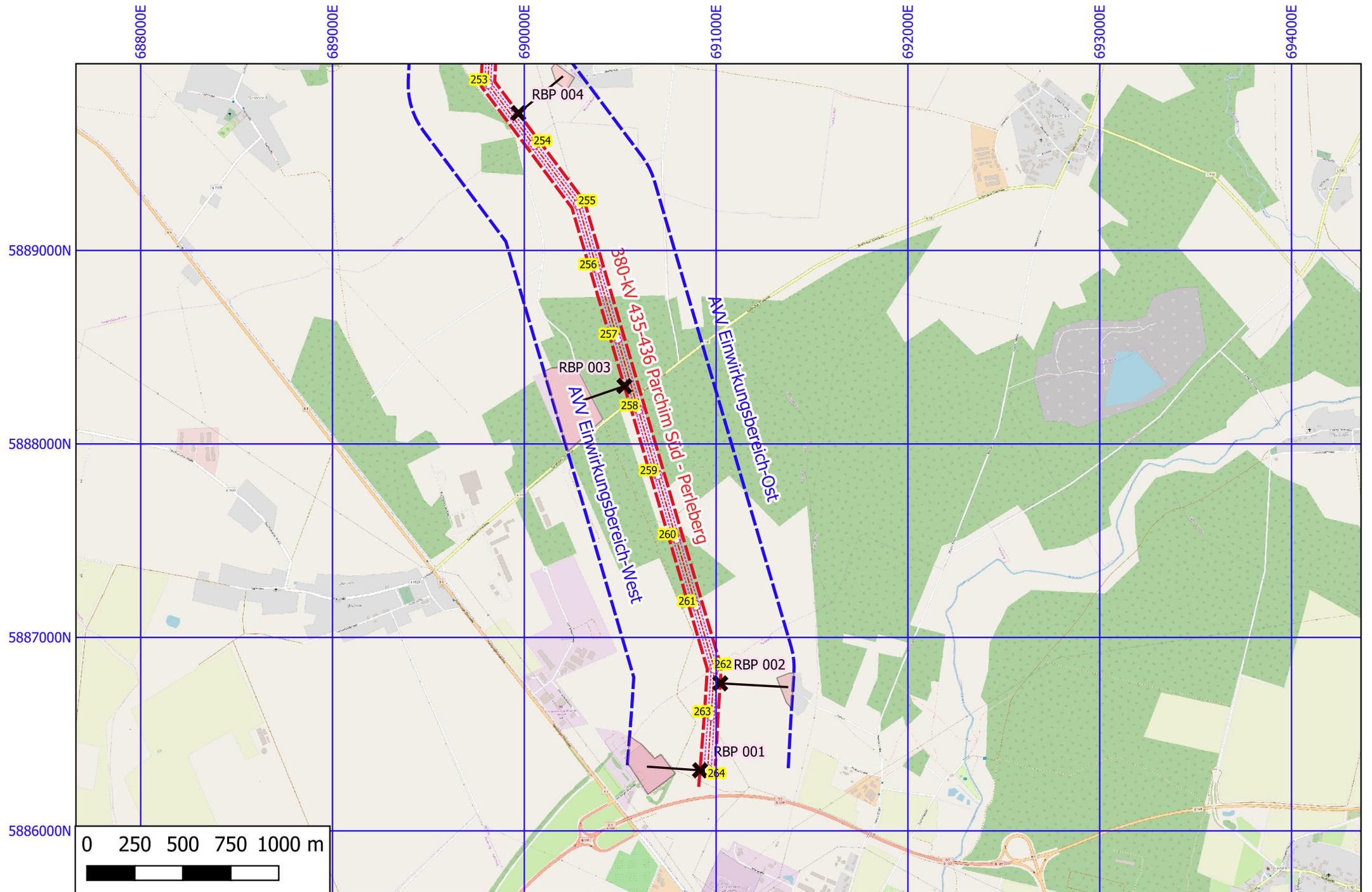


**ANHANG D:
TRASSENVERLAUF DER PARCHIM SÜD – PERLEBERG MIT MMO
UND RBP**

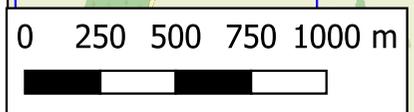
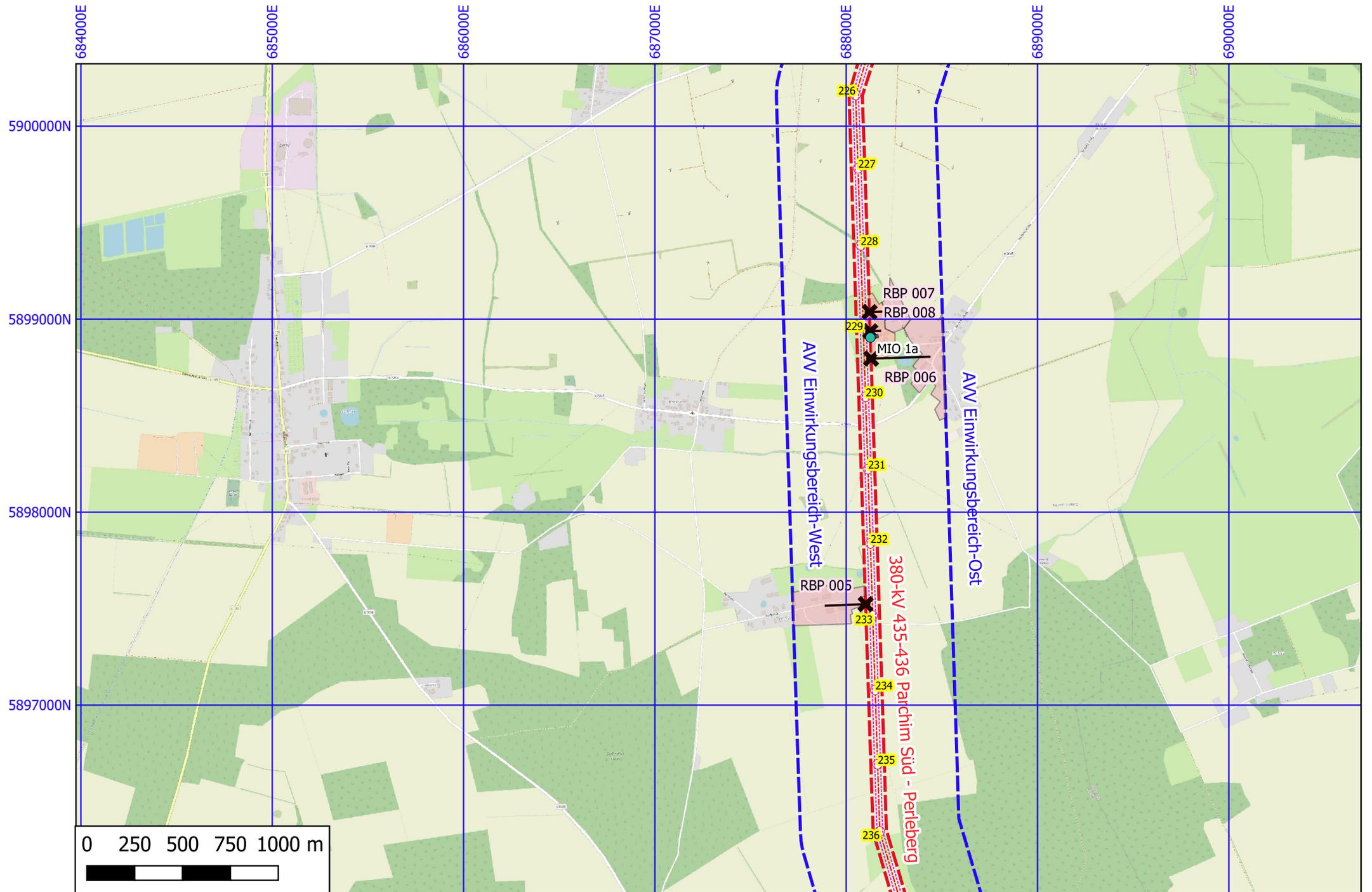
ANHANG D: TRASSENVERLAUF DER PARCHIM SÜD - PERLEBERG MIT MMO UND RBP

Legende:

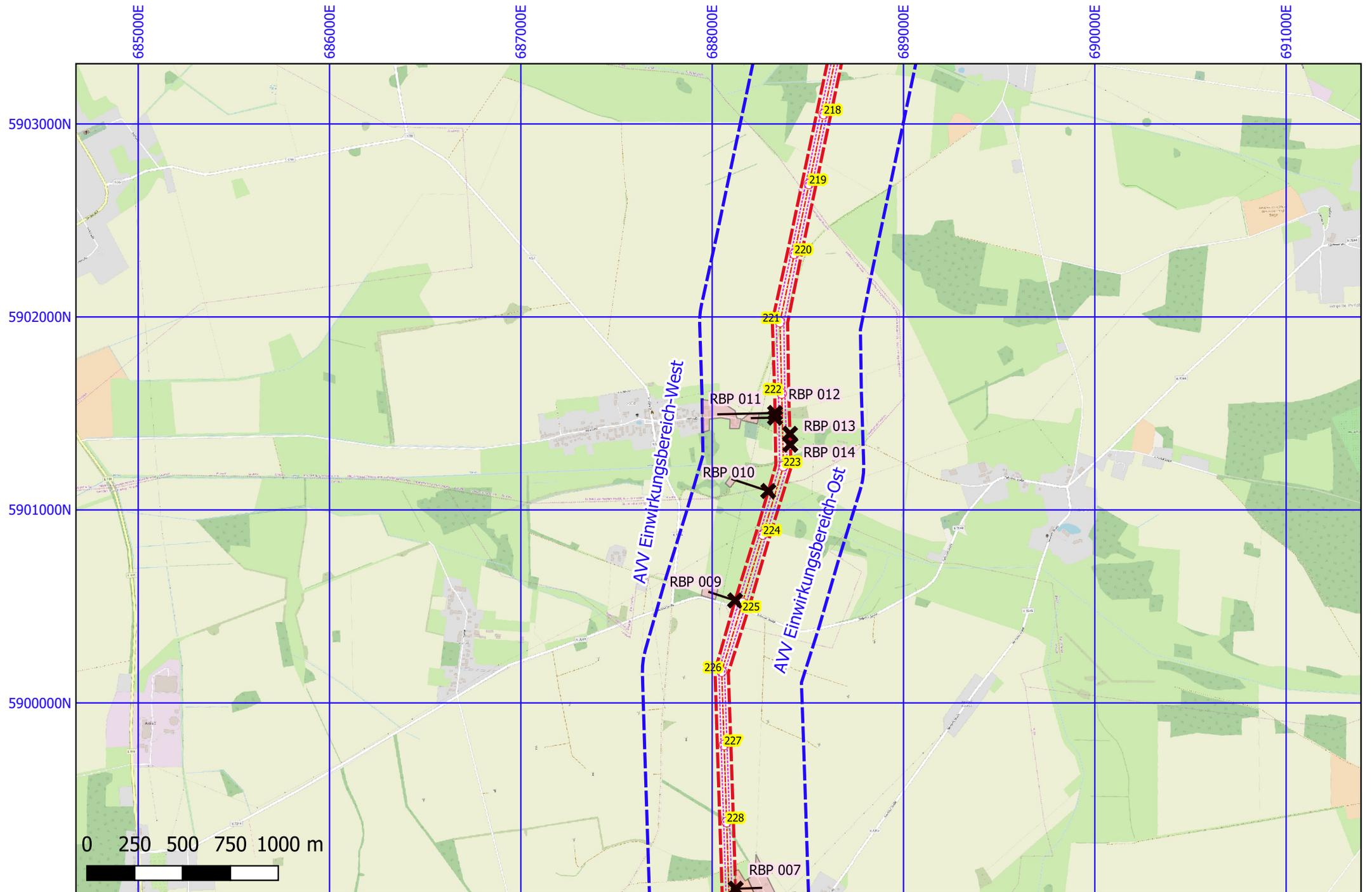
WEMAG	
	WEMAG_Goes-PmS
	WEMAG_Goes-PmS
MMOs	
	MMO-Zentrum
	MMOs
Bewertungspunkte	
	Schnittpunkte_Ost [11]
	Schnittpunkte_West [9]
	Lotrechte [25]
	RBPs [20]
380kV_435-436_Parchim Sued - Perleberg	
	Einw-Ost
	Bew-Ost
	Einw-West
	Bew-West
	380kV_435-436_Parchim Sued-Perleberg_oestliches Leiterseil
	380kV_435-436_Parchim Sued-Perleberg_westliches Leiterseil
	Maste
	380kV_435-436_Parchim Sued-Perleberg_Trassenmitte



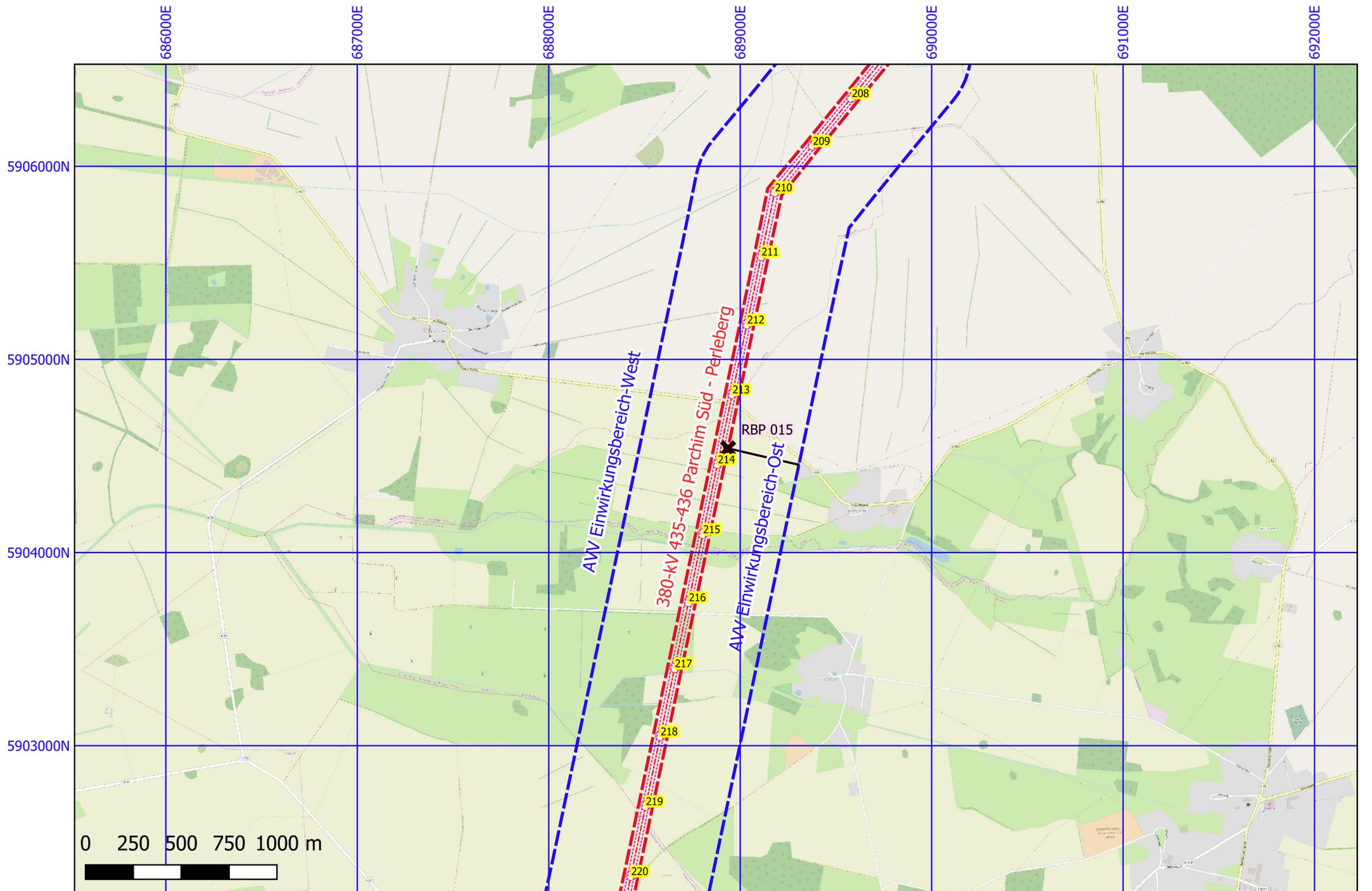
Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:125000; Datum 14.01.2019
 © 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
 © QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
 © Open Street Map -Mitwirkende



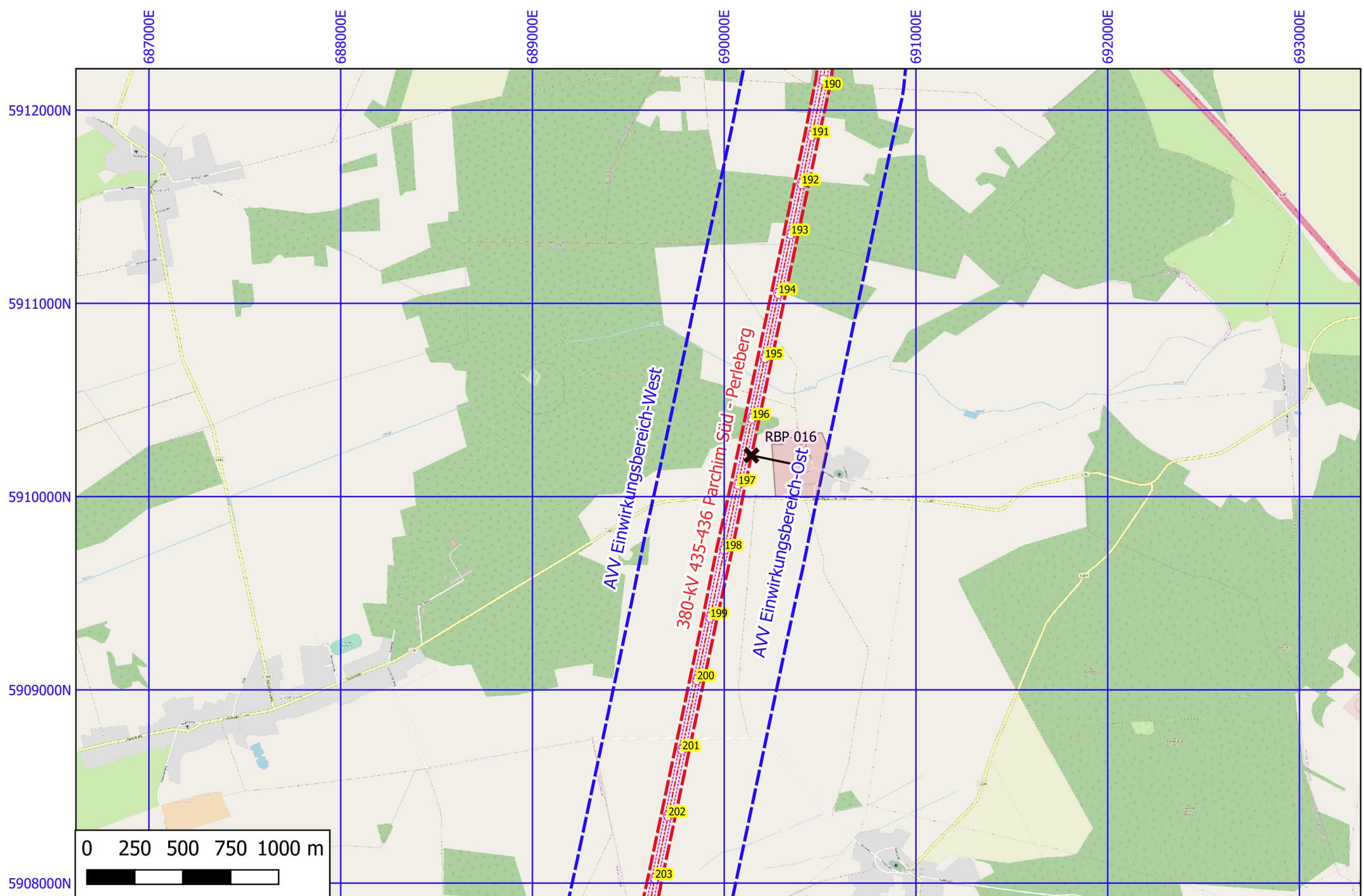
Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:25000; Datum 14.01.2019
 © 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
 © QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
 © OpenStreetMap-Mitwirkende



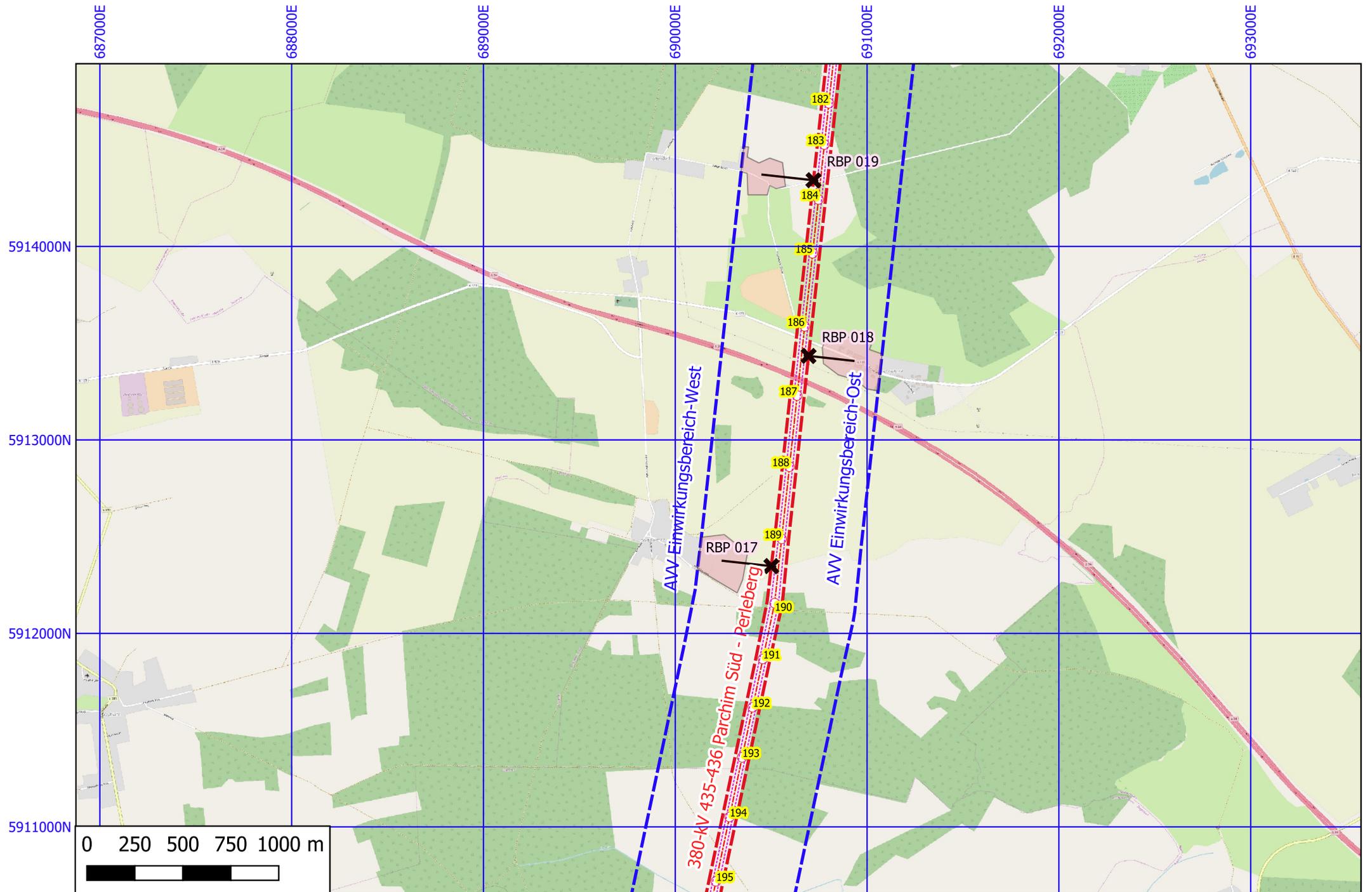
Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:25000; Datum 14.01.2019
© 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
© QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
© Open Street Map - Mitwirkende



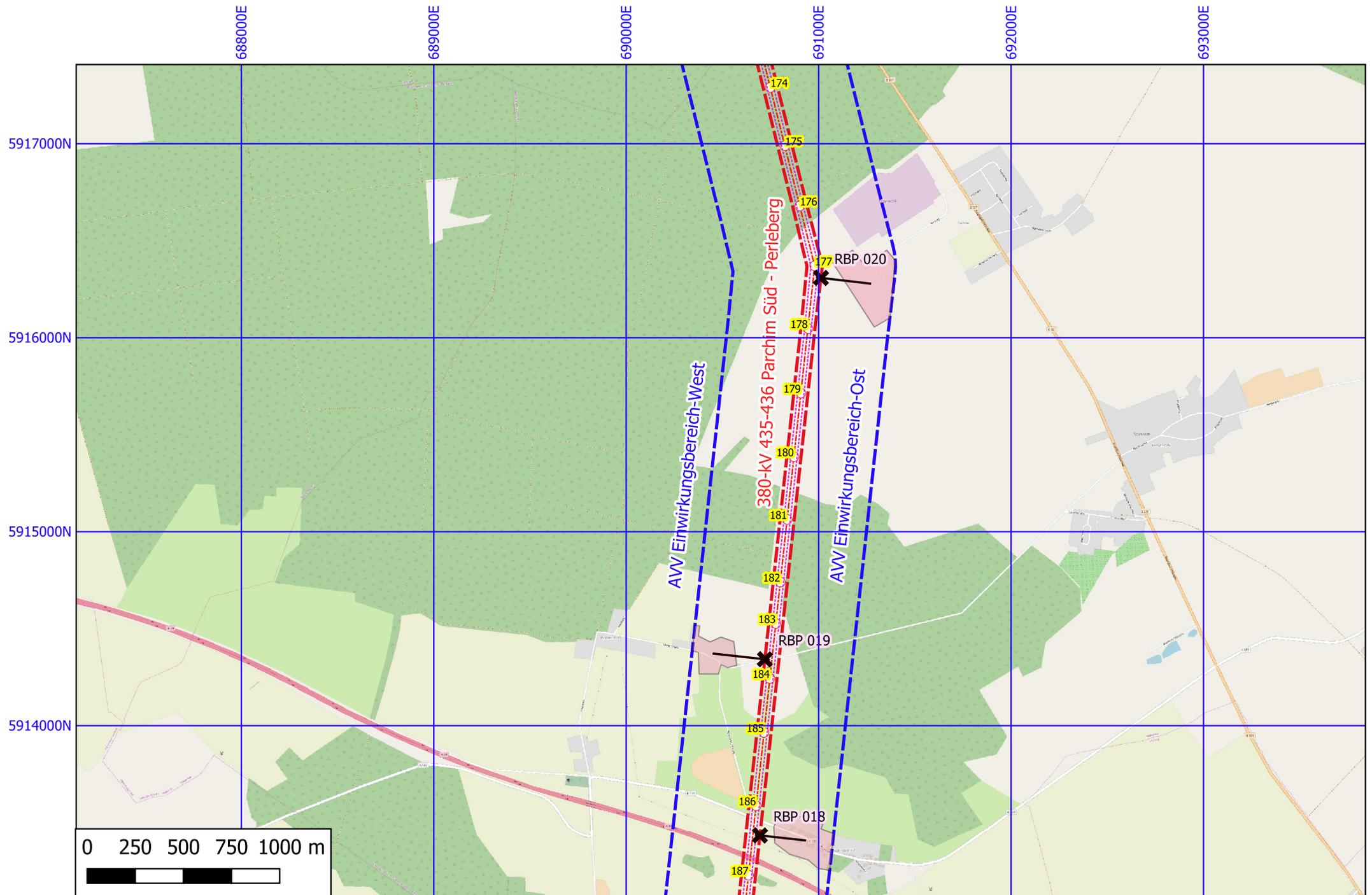
Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:25000; Datum 14.01.2019
© 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
© QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
© Open Street Map - Mitwirkende



Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:25000; Datum 14.01.2019
© 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
© QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
© Open Street Map - Mitwirkende



Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:25000; Datum 14.01.2019
 © 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
 © QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
 © Open Street Map - Mitwirkende



Parchim Süd - Perleberg (EPSG:32632); Maßstab 1:25000; Datum 14.01.2019
 © 50Hertz Transmission GmbH (Trassen, Orthophotos)
 © QGIS (3.2.3-Bonn)- DNV GL (10109454-015)
 © Open Street Map - Mitwirkende



ÜBER DNV GL

DNV GL - Energy gehört zur DNV GL Group, die mit ihrem Geschäftszweck zum Schutz von Leben, Eigentum sowie der Umwelt in bedeutenden industriellen Bereichen beiträgt. Im Vordergrund stehen unabhängige wirtschaftliche und technische Dienstleistungen in den Bereichen Risikomanagement, Klassifizierung, Zertifizierung und Testung für die Schiffs-, Öl- und Gasindustrie sowie die Energiebranche. Darüber hinaus erbringen wir auch Zertifizierungsleistungen für Kunden aus vielen weiteren Branchen. Das Unternehmen wurde 1864 gegründet und ist mit 16.000 Beschäftigten in mehr als 100 Ländern unter dem Leitmotto 'safer, smarter, greener' aktiv.