



Register 13

**Höchstspannungsleitung
Osterath – Philippsburg; Gleichstrom
Vorhaben gemäß Nr. 2 der Anlage zu § 1 Abs. 1
BBPIG („Ultranet“)
Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnik
(HGÜ)**

**Hier:
Unterlagen gemäß § 21 NABEG für das Planfeststel-
lungsverfahren für den Abschnitt Rommerskirchen -
Landesgrenze NRW / RLP**

**Erklärung zu Wechselwirkungen mit anderen Infra-
strukturen**

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Wechselwirkungen des Vorhabens mit anderen Infrastrukturen	4
2.1	Luftverkehr, Flughäfen und sonstige Flugplätze	4
2.1.1	Flugsprachfunk	4
2.1.2	ungerichtete Flugfunkfeuer (NDB)	4
2.1.3	Luftverkehrsgesetz (LuftVG).....	4
2.2	Erzeugungsanlagen für erneuerbare Energien	6
2.3	Übertragungs- und Verteilnetze Elektrizität	7
2.4	Fernleitungs- und Verteilnetz Gas	12
2.5	Weitere Leitungsinfrastruktur insb. NATO-Produktenfernleitung.....	13
2.6	Richtfunkverbindungen	13
2.7	Wetterradarstationen des Deutschen Wetterdienstes	14
2.8	Ver- und Entsorgungsanlagen	14
2.9	Weitere Belange.....	14
3	Ergebnis.....	15
4	Verzeichnis über Literatur/ Quelldokumente	16

Amprion GmbH

Höchstspannungsleitung Osterath – Philippsburg; Gleichstrom

Unterlagen gemäß § 21 NABEG für das Planfeststellungsverfahren

für den Abschnitt Rommerskirchen – Landesgrenze NRW / RLP

Erklärung zu Wechselwirkungen mit anderen Infrastrukturen Register 13 Seite 3 von 17

1 Veranlassung

Gemäß Untersuchungsrahmen der Bundesnetzagentur für die Planfeststellung sind in den vorzulegenden Unterlagen nach § 21 NABEG auch Wechselwirkungen des Vorhabens mit anderen Infrastrukturen als Angaben zu sonstigen öffentlichen und privaten Belangen zu betrachten, um notwendige integrierte Entscheidungen und abwägungsrelevante Belange zu identifizieren.

2 Wechselwirkungen des Vorhabens mit anderen Infrastrukturen

2.1 Luftverkehr, Flughäfen und sonstige Flugplätze

2.1.1 Flugsprachfunk

Auswirkungen auf den Flugsprachfunk sind aufgrund der genutzten unterschiedlichen Frequenzbereiche sicher auszuschließen (vgl. PD CISPR/TR 18-1:201, PD CISPR/TR:18-2:2010, EN 55011/CISPR 11, Frequenzplan der Bundesnetzagentur, Stand April 2016).

2.1.2 ungerichtete Flugfunkfeuer (NDB)

Eine mögliche Beeinflussung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) der ungerichteten Flugfunkfeuer (NDB) durch die beiden Konverter, jeweils am Anfang und Ende des Vorhabens, bzw. durch die Freileitung zwischen den Convertern wird auf Basis des technischen Planungsstandes mit der Deutschen Flugsicherung (DFS, Langen) aktuell untersucht. In einer Worst-Case-Betrachtung konnte eine Beeinflussung einzelner Standorte der NDB nicht ausgeschlossen werden. Die Vorhabenträgerinnen Amprion und TransnetBW befinden sich mit der Deutschen Flugsicherung dazu in Abstimmungen.

Derzeit ist von Folgendem auszugehen: Ob relevante EMV-Störungen unter realen Bedingungen auftreten werden, kann erst nach Inbetriebnahme des Vorhabens abschließend geklärt werden.

Die Konverter bilden durch die schnell schaltenden IGBT's (insulated-gate bipolar transistor) eine potenzielle „Quelle“ für Störaussendungen. Diese Störungen könnten dann über die Freileitung weitergetragen werden, wobei die Freileitung als „Antenne“ wirkt.

Sollten Störungen auftreten, besteht in den Konverterstationen die Möglichkeit, gezielt auf die Art der Störung abgestimmte Filter einzufügen, mit denen die Störaussendung ermittelter Frequenzen gesenkt werden kann. Damit werden die Störungseigenschaften der Konverter und gleichzeitig auch die der Freileitung reduziert.

Diese Option wurde beim Design beider für das Vorhaben notwendigen Konverterstationen vorgesehen und der dafür notwendige Platz ist bereits eingeplant.

2.1.3 Luftverkehrsgesetz (LuftVG)

Im Umfeld des antragsgegenständlichen Abschnitts „Rommerskirchen – Landesgrenze NRW / RLP“ befinden sich folgende Flughäfen und -plätze:

- Segelflugplatz Bergheim (LSC Erftland)
- Flughafen Köln Bonn Airport
- Militärischer Flugplatz Nörvenich
- Flugplatz Weilerswist(LSC Erftland)
- Verkehrslandeplatz Bonn/Hanglar (EDKB)
- Flugplatz Bad Neuenahr (Luftsportverein-Ahrweiler e.V.)
- Segelfluggelände Mönchsheide (LVM Mönchsheide)

Innerhalb und außerhalb der Anflugsektoren von Flughäfen gelten besondere Beschränkungen bzw. Zustimmungserfordernisse für die Errichtung von Bauwerken, vgl. § 12 Abs. 3 LuftVG. Außerhalb des nach § 12 Abs. 3 LuftVG bestimmten Bauschutzbereiches gelten Zustimmungserfordernisse bei der Überschreitung bestimmter Bauhöhen gemäß § 14 LuftVG.

Im beschränkten Bauschutzbereich gilt ein Zustimmungserfordernis nach Maßgabe des § 17 LuftVG. Weitere Voraussetzungen können sich aus den §§ 16a, 18a und 18b LuftVG ergeben.

Im Hinblick auf das antragsgegenständliche Vorhaben kann hierzu Folgendes festgestellt werden:

2.1.3.1 Beschränkungen und Zustimmungserfordernisse nach § 12 LuftVG

Segelflugplatz Bergheim (LSC Erftland):

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 7,8 km zum Segelflugplatz LSC Erftland. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr.1 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Flughafen Köln Bonn Airport:

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 14 km zum Flughafen Köln Bonn. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr.1 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Militärischer Flugplatz Nörvenich:

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb und innerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 15,5 km zum militärischen Flugplatz Nörvenich. Darüber hinaus werden im Rahmen des gegenständlichen Vorhabens im gesamten Bereich zwischen UA Brauweiler und Pkt. Brühl keine Masten erhöht oder geändert. Die Dimension der Anlage bleibt im relevanten Bereich unverändert. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr. 1 und 2 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Flugplatz Weilerswist(LSC Erftland):

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 12,1 km zum Flugplatz Weilerswist. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr.1 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerdem innerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 12,1 km zum Flugplatz Weilerswist. Somit ist hier § 12 Abs. 3 Nr. 2 b) maßgeblich.

Die zur Erhöhung geplanten Masten der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Rommerskirchen – Sechtem, Bl. 4215, (vgl. Register 4.1.1 – Masttabellen) weisen hier Höhen zwischen 134,5 m und 137,6 m über NHN auf.

Die Höhe von 100 m wird in Bezug auf den Startbahnbezugspunkt (136 m über NHN) unterschritten. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr. 2 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Verkehrslandeplatz Bonn/Hanglar (EDKB):

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 10,3 km zum Verkehrslandeplatz Bonn/Hanglar. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr.1 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerdem innerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von 11,6 km zum Verkehrslandeplatz Bonn/Hanglar. Somit ist hier § 12 Abs. 3 Nr. 2 b) maßgeblich.

Die zur Erhöhung geplanten Masten der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Weißen-thurm – Sechtem, Bl. 4197, (vgl. Register 4.1.2 – Masttabellen) weisen hier Höhen zwischen 109,4 m und 117,2 m über NHN auf.

Die Höhe von 100 m wird in Bezug auf den Startbahnbezugspunkt (59,9 m über NHN) unterschritten. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr. 2 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Flugplatz Bad Neuenahr (Luftsportverein-Ahrweiler e.V.):

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb der Anflugsektoren in einer Entfernung von ca. 4,1 km zum Flugplatz Bad Neuenahr.

Innerhalb der nach § 12 Abs. 3 Nr. 1 LuftVG geltenden Bauschutzbereiche werden im Rahmen des Vorhabens an der 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Weißenthurm – Sechtem, Bl. 4197, (vgl. Register 4.1.2 – Masttabellen) keine Masten erhöht oder geändert. Die Dimension der Anlage bleibt im relevanten Bereich unverändert. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr. 1 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

Segelfluggelände Mönchsheide (LVM Mönchsheide):

Das antragsgegenständliche Vorhaben verläuft außerhalb der Anflugsektoren in einer minimalen Entfernung von ca. 14 km zum Segelfluggelände Mönchsheide. Eine Zustimmung der Luftfahrtbehörde nach § 12 Abs. 3 Nr. 1 LuftVG ist somit nicht erforderlich.

2.1.3.2 Zustimmungserfordernisse nach § 14 LuftVG

Außerhalb des Bauschutzbereiches nach § 12 LuftVG bedürfen Bauwerke gemäß § 14 LuftVG einer Zustimmung, wenn sie eine Höhe von 100 Metern über der Erdoberfläche überschreiten (Abs. 1) oder mehr als 30 Meter hoch sind und auf natürlichen oder künstlichen Bodenerhebungen errichtet werden sollen, sofern die Spitze dieser Anlage um mehr als 100 Meter die Höhe der höchsten Bodenerhebung im Umkreis von 1,6 Kilometer Halbmesser um die für die Anlage vorgesehene Bodenerhebung überragt (Abs. 2).

Im Hinblick hierauf ergeben sich keine Auswirkungen durch das Vorhaben.

Die zu erhöhenden Masten unterschreiten die maßgebliche Höhe von 100 m über der Erdoberfläche (vgl. Register 4 – Masttabellen). Sie liegen nicht auf natürlichen oder künstlichen Bodenerhebungen. Eine Zustimmung ist insofern nicht erforderlich.

2.1.3.3 Beschränkter Bauschutzbereich nach § 17 LuftVG

Beschränkte Bauschutzbereiche nach § 17 LuftVG sind von der Planung nicht berührt. Eine Zustimmung ist insofern nicht erforderlich.

2.1.3.4 Weitere Voraussetzungen nach den §§ 16a, 18a, 18b LuftVG

Eine Kennzeichnung von Masten nach § 16a LuftVG ist nicht vorgesehen. Im gegenständlichen Abschnitt „Rommerskirchen – Landesgrenze NRW / RLP“ werden vom Vorhaben keine Täler oder Schluchten überspannt. Auch Steilabhängen wird vom Vorhaben nicht gefolgt.

Der Trassenverlauf der Höchstspannungsfreileitungen Bl. 4215 und Bl. 4197 im gegenständlichen Abschnitt verläuft nicht innerhalb der Schutzbereiche der Flugsicherungseinrichtungen (siehe BAF, 2023). § 18a und 18b LuftVG sind daher nicht betroffen.

2.2 Erzeugungsanlagen für erneuerbare Energien

Im Bereich der gegenständlichen Höchstspannungsfreileitungen Bl. 4215 und Bl. 4197 sind keine Photovoltaikanlagen vorhanden.

Im Bereich des neu geplanten Spannungsfeldes zwischen Mast Nr. 29B der Bl. 4207 und Mast Nr. 2 der Bl. 4215 kommt es zu keiner Berührung des geplanten Trassenverlaufs mit der im Flächennutzungsplan der Stadt Bergheim dargestellten Konzentrationszone für Windenergie. Im

weiteren Verlauf der gegenständlichen Höchstspannungsfreileitungen Bl. 4215 und Bl. 4197 sind keine weiteren Windenergieanlagen vorhanden.

2.3 Übertragungs- und Verteilnetze Elektrizität

Gemäß Untersuchungsrahmen der Bundesnetzagentur für die Planfeststellung ist darzulegen, inwieweit Hoch- und Höchstspannungsleitungen durch Einwirkungen und Maßnahmen im Zuge des geplanten Vorhabens beeinträchtigt oder gefährdet werden. Folgende Leitungen sind zu betrachten:

- 220-/380-kV- Höchstspannungsfreileitung Rommerskirchen – Opladen, Bl. 4560 (Mast Nr. 1 – Mast Nr. 12)
- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Rommerskirchen – Opladen, Bl. 4515 (Mast Nr. 2A – Mast Nr. 13)
- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Rommerskirchen – Brauweiler, Bl. 4513 (Mast Nr. 1 – Mast Nr. 29)

Die vorgenannten Freileitungen werden aus südlicher Richtung in die UA Rommerskirchen eingeführt, sie kreuzen im Spannungsfeld Mast Nr. 29B, Bl. 4207 – Mast Nr. 2, Bl. 4215 das Vorhaben. Die Höchstspannungsfreileitung Bl. 4560 wird darüber hinaus aus westlicher Richtung herangeführt und kreuzt das Vorhaben im Spannungsfeld Mast Nr. 3 – Mast Nr. 4 der Bl. 4215. Weiterhin verlaufen die Bl. 4560 und Bl. 4515 bis Pkt. Stommeln Süd sowie die Bl. 4513 bis Brauweiler in einem Trassenband parallel zum Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 1 und dem Register 6.1.1, Blatt 1.1 – 6.1.4, Blatt 7 (Lagepläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Pkt. Stommeln Nord - Brauweiler, Bl. 1064 (Mast Nr. 9 – Mast Nr. 12/Bl. 4215)
- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Pulheim, Bl. 0917 (Mast Nr. 1A – Mast Nr. 12/Bl. 4215)

Die erstgenannte Freileitung wird aus nordwestlicher Richtung herangeführt und auf der durch das Vorhaben genutzten Höchstspannungsfreileitung Bl. 4215 bis zum Pkt. Brauweiler Nord (Mast Nr. 26/Bl.4215) mitgeführt. Hier verlaufen zwei 110-kV-Stromkreise auf der untersten Traverse, die am Mast Nr. 26 über den Mast Nr. 1025 der Bl. 1064 nach Brauweiler geführt werden. Von östlicher Seite bindet die zweitgenannte Leitung, die Bl. 0917, an die Bl. 4215 (Mast Nr. 12) an. Der Verlauf kann dem Register 6.1.2, Blatt 3.2 – 6.1.4, Blatt 7 (Lagepläne) entnommen werden.

- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler - Oberaußem; Bl. 2385 (Mast 1 bzw. 1A bis Portal UA Brauweiler)
- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler – Zukunft, Bl. 2321 (Mast 1C bis Portal UA Brauweiler)
- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler - Opladen, Bl. 2305 (Mast 3 bis 29/Bl.4513)
- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler – Bocklemünd, Bl. 2416 (Mast 2 – 3)
- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Brauweiler – Frechen, Bl. 0082 (Mast 1 – UA Brauweiler)

Die beiden erstgenannten Freileitungen werden aus westlicher Richtung kommend von Norden in die UA Brauweiler eingeführt, das Vorhaben aus nördlicher bzw. südlicher Richtung. Die Leitungen und Schutzstreifen überlagern sich nicht mit dem Vorhaben. Gleiches gilt für die Freileitungen Bl. 2305 und Bl. 0082, die aus östlicher bzw. südwestlicher Richtung in die UA

Brauweiler eingeführt werden. Die ebenfalls aus östlicher Richtung kommende Freileitung Bl. 2416 wird wie das Vorhaben aus südlicher Richtung in die UA Brauweiler eingeführt, sie kreuzt im Spannungsfeld von Mast Nr. 29 – Mast Nr. 30 der Bl. 4215 das Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 1 (Übersichtspläne) entnommen werden.

- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler - Koblenz, Bl. 4511 (Mast Nr. 101A – UA Sechtem)
- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler – Knapsack, Bl. 4189 (Mast Nr. 1 – Mast Nr. 20)

Die vorgenannten Freileitungen Bl. 4511 und Bl. 4189 werden bis Pkt. Frechen im selben Trassenband parallel zum Vorhaben geführt, die Bl. 4511 verläuft dann bis zur UA Sechtem weiter parallel zum Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 2 - 5 (Übersichtspläne) entnommen werden.

- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler - Goldenbergwerk, Bl. 2351 (Mast Nr. 2 – 32/Bl. 4215)

Die Freileitung wird aus nördlicher Richtung aus der UA Brauweiler herangeführt und auf der durch das Vorhaben genutzten Höchstspannungsfreileitung Bl. 4215 bis zum Pkt. Frechen (Mast Nr. 48/Bl.4215) mitgeführt. Hier verlaufen zwei 110-kV-Stromkreise auf der untersten Traverse, die am Mast Nr. 48 über den Mast Nr. 1027 der Bl. 2351 abgeführt werden. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 2 (Übersichtspläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Bonner Wall, Bl. 0706 (Mast Nr. 1026 – 67/Bl. 4215)

Die Freileitung wird aus südöstlicher Richtung aus der UA Kalscheuren herangeführt und an die durch das Vorhaben genutzte Höchstspannungsfreileitung Bl. 4215 am Mast Nr. 67 angebunden. Hier werden zwei 110-kV-Stromkreise auf der untersten Traverse angebunden. Der Verlauf kann dem Register 6.1.12, Blatt 15.1 (Lagepläne) entnommen werden.

- 110-kV-Bahnstromleitung Köln - Sindorf, Bl. 0563 (Mast Nr. 78 - 79)

Die vorgenannte Freileitung kreuzt im Spannungsfeld Mast Nr. 68 – Mast Nr. 69 der Bl. 4215 das Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 6.1.12, Blatt 15.1B (Lagepläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Goldenbergwerk - Wesseling, Bl. 0081 (Mast 39 bis 84/Bl. 4215)
- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Anschluss Bollenacker, Bl. 2389 (Mast 84/Bl. 4215 – 1058/Bl. 4511)

Die erstgenannte Freileitung kreuzt aus westlicher Richtung kommend über den Mast Nr. 84 der Bl. 4215 weiter zu Mast Nr. 1058 der parallel verlaufenden Leitung Bl. 4511 das Vorhaben. Der westliche Teil der Leitung wird in 2024 demontiert. Weiterhin bindet die zweitgenannte Freileitung aus östlicher Richtung kommend ebenfalls über den Mast Nr. 1058 der Bl. 4511 an dem Mast Nr. 84 der Bl. 4215 an. Das Spannungsfeld zwischen Mast Nr. 1058 und Nr. 58A ist der Bl. 4511 zugeordnet. Der Verlauf kann dem Register 6.1.15, Blatt 18.1 (Lagepläne) entnommen werden.

- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Goldenbergwerk - Siegburg, Bl. 2370 (Mast Nr. 29 – UA Sechtem)
- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Kierdorf – Sechtem, Bl. 4101 (Mast Nr. 106 – UA Sechtem)

Die vorgenannten Freileitungen Bl. 2370 und Bl. 4101 werden ab Pkt. Brühl Ost zusammen mit den Freileitung Bl. 4511 im selben Trassenband parallel zum Vorhaben bis zur UA Sechtem geführt. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 3 (Übersichtspläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Schwadorf; Bl. 0836 (Mast Nr. 1 – 47/Bl. 2370)

Diese Freileitung wird aus westlicher Richtung an die Freileitung Bl. 2370 herangeführt. Die Leitung und der Schutzstreifen überlagern sich nicht mit dem Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 6.1.19, Blatt 21.1 (Lagepläne) entnommen werden.

- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Sechtem - Siegburg; Bl. 4103 (Portal UA Sechtem – Mast Nr. 79)
- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler - Koblenz, Bl. 4511 (Portal UA Sechtem über Mast Nr. 1/Bl.4102 bis UA Alfter)
- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Sechtem – Wesseling, Bl. 1006 (Mast Nr. 1 – Mast Nr. 2)
- 220-kV-Höchstspannungsfreileitung Goldenbergwerk - Siegburg, Bl. 2370 (Mast Nr. 50C bzw. 50G – Mast Nr. 50D bzw. 50H)
- 220/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Sechtem - Alfter, Bl. 4115 (Mast Nr. 94/Bl. 4501 – Mast Nr. 170/Bl.4197 und Mast Nr. 1A - Mast Nr. 188/Bl. 4197)

Die erstgenannte Freileitung wird aus östlicher Richtung kommend in die UA Sechtem eingeführt. Dabei überlagert sich die Leitung und der Schutzstreifen nicht mit dem Vorhaben. Die ebenfalls aus östlicher Richtung kommenden Freileitungen Bl. 1006 und Bl. 2370 werden wie das Vorhaben aus südlicher Richtung in die UA Sechtem eingeführt, sie kreuzen beide im Spannfeld Mast Nr. 189 – Mast Nr. 188 der Bl. 4197 das Vorhaben. Die Freileitungen Bl. 4511 und Bl. 4115 werden ab UA Sechtem im selben Trassenband parallel zum Vorhaben bis zur UA Alfter geführt. Dabei bindet die Leitung Bl. 4115 im Bereich der UA Sechtem an die Bl. 4197 (Mast Nr. 188) an und im weiteren Verlauf kreuzt die Bl. 4115 im Mast Nr. 170 der Bl. 4197 das Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 3 (Übersichtspläne) und Register 6.2.1, Blatt 1 und 6.2.3, Blatt 5.1 (Lagepläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Alfter – Bonn Nord; Bl. 1010 (UA Alfter - Mast Nr. 1)

Diese Freileitung wird aus östlicher Richtung in die UA Alfter eingeführt. Die Leitung und der Schutzstreifen überlagern sich nicht mit dem Vorhaben. Der Verlauf kann dem Register 6.2.1, Blatt 5.1 (Lagepläne) entnommen werden.

- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Brauweiler - Koblenz, Bl. 4511 (UA Alfter – Abschnittsende)

Die vorgenannte Freileitung Bl. 4511 wird ab Pkt. Alfter bis zum Abschnittsende weiter im selben Trassenband parallel zum Vorhaben geführt. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 4 - 5 (Übersichtspläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Duisdorf; Bl. 0993 (Mast Nr. 101 - Mast Nr. 155/Bl. 4197)
- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Merl; Bl. 0976 (Mast Nr. 1 - Mast Nr. 135/Bl. 4197)

Die Freileitungen schließen aus östlicher Richtung an die vom Vorhaben genutzte Leitung Bl. 4197 an den Masten Nr. 155 bzw. Nr. 135 an. Der Verlauf kann dem Register 6.2.8, Blatt 8 und 6.2.12, Blatt 14 (Lagepläne) entnommen werden.

- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Meckenheim; Bl. 0271 (Mast Nr. 165A - Mast Nr. 121/Bl. 4197 und Mast Nr. 166A – Mast Nr. 1)

Die Freileitung Bl. 0271 schließt aus westlicher Richtung an die vom Vorhaben genutzte Leitung Bl. 4197 am Mast Nr. 121 und im Spannungsfeld zwischen Mast Nr. 121 und Nr. 120 an. Der Verlauf kann dem Register 6.2.13, Blatt 17A (Lagepläne) entnommen werden.

- 110-kV- Hochspannungsfreileitung Meckenheim - Altenahr, Bl. 0793 (Mast Nr. 1A – 20)

Die Freileitung wird aus südwestlicher Richtung aus der UA Meckenheim herangeführt und verläuft im selben Trassenband parallel zum Vorhaben bis Pkt. Fritzdorf, wo sie das Trassenband in südwestlicher Richtung wieder verlässt. Der Verlauf kann dem Register 2, Blatt 5 (Übersichtspläne) entnommen werden.

- 380-kV-Höchstspannungsfreileitung Fritzdorf - Ließem; Bl. 4110 (Mast Nr. 1 - Mast Nr. 158/Bl. 4511)
- 110-kV-Hochspannungsfreileitung Anschluss Mehlem; Bl. 0094 (Mast Nr. 1 über Mast 1A und 1B zu Mast Nr. 20/Bl. 0793)

Die erstgenannte Freileitung schließt aus nördlicher Richtung an die zum Vorhaben parallel verlaufende Leitung Bl. 4511 am Masten Nr. 158 an. Die Leitung und der Schutzstreifen überlagern sich nicht mit dem Vorhaben. Die zweitgenannte Freileitung wird aus nördlicher Richtung an die Trasse herangeführt, kreuzt im Spannungsfeld Mast Nr. 105 – Mast Nr. 104 der Bl. 4197 das Vorhaben und schließt im Mast Nr. 20 an die Bl. 0793 an. Der Verlauf kann dem Register 6.2.16, Blatt 20.1 (Lagepläne) entnommen werden.

Wenn die aufgeführten Höchstspannungsleitungen das Vorhaben kreuzen, sind diese Kreuzungen im Register 8 (Kreuzungsverzeichnis) aufgeführt.

Beeinträchtigungen oder Gefährdungen durch das Vorhaben sind schon aufgrund der Entfernung oder durch die Einhaltung der technischen Regelwerke (vgl. Register 1 – Erläuterungsbericht, Kapitel 5.1) auszuschließen.

Weiterhin kann festgehalten werden:

Durch die Einhaltung der technischen Regelwerke wird sichergestellt, dass gemäß den gültigen VDE-Bestimmungen ausreichende Abstände zwischen den Höchstspannungsleiterseilen der genannten Höchstspannungsfreileitungen und der geplanten 380-kV-Höchstspannungsfreileitung vorgesehen sind. Die jederzeitige Erreichbarkeit der Leitungen und der Maststandorte einschließlich der Gewährleistung der Zufahrt auch für schwere Fahrzeuge wird vorhabenbedingt nicht eingeschränkt.

Beeinträchtigungen des Übertragungs- und Verteilnetzes Elektrizität durch die geplante Gleichstromverbindung über das bekannte Maß der bestehenden Drehstrom-Freileitungen hinaus können nach derzeitigem Planungs- und Kenntnisstand auf ein unbedenkliches Maß minimiert bzw. ausgeschlossen werden.

Lichte Abstände

Die erforderlichen Mindestabstände gem. DIN VDE 0210 bzw. EN 50341-1, DIN EN IEC 60071-1 und E DIN IEC EN 60071-2 zu anderen Freileitungen und derartigen Infrastruktureinrichtungen werden eingehalten, sodass eine Beeinträchtigung ausgeschlossen ist.

Induktive Kopplung

Die induktive Kopplung findet nur bei transienten Vorgängen, z.B. Erdkurzschlüssen auf der Gleichstromleitung statt. Entscheidend für die Höhe der induktiv eingekoppelten Spannungen und Ströme ist dabei die Stromsteilheit im Fehlerfall. Aufgrund der im Vergleich zu den aktuell

auffliegenden Dreh-Stromkreisen deutlich größeren Länge des geplanten Gleich-Stromkreises ist die Stromsteilheit und damit die induktive Beeinflussung durch den geplanten Gleich-Stromkreis deutlich geringer als aktuell im Wechselstrombetrieb. Die Stromsteilheit liegt bei dem geplanten Gleichstromkreis gemäß aktueller Simulationen bei maximal 2,55 kA/ms und damit deutlich unterhalb der Stromsteilheiten, die beim aktuellen Drehstrombetrieb auftreten.

Eine über das aktuelle Maß hinausgehende induktive Kopplung auf benachbarte Stromkreise kann daher durch das geplante Vorhaben ausgeschlossen werden.

Kapazitive Kopplung

Die aufgrund der kapazitiven Kopplung in die Drehstromstromkreise eingekoppelten Gleichspannungskomponenten sind bei der Auslegung der Isolatoren zu berücksichtigen. Ein relevanter Einfluss ist hier aufgrund der Abstände begrenzt auf Stromkreise, die auf derselben Mastseite mitgeführt werden (vgl. Rusek et Al. 2013, DIN VDE V 0210-9). Es sind hier Isolatoren mit größerem spezifischem Kriechweg oder hinsichtlich ihrer Verschmutzungseigenschaften vorteilhafte Isolatoren einzusetzen (vgl. Knauel et Al. 2014; Gutmann et Al. 2013). Vorteilhaft in diesem Sinne sind aufgrund ihrer hydrophoben Oberflächeneigenschaften Silikonverbundstoffisolatoren.

Die Isolatoren der entlang des geplanten Vorhabens auf derselben Mastseite mitgeführten Drehstromkreise werden daher durch Silikonverbundstoffisolatoren ersetzt, sodass auch hier eine Beeinträchtigung mitgeführter Stromkreise ausgeschlossen werden kann.

Ohmsche Kopplung

Durch ohmsche Kopplung kommt es in den Drehstromkreisen zu eingekoppelten Gleichströmen, welche durch zusätzliche Magnetisierung zu Sättigungserscheinungen in Eisenkernen von Transformatoren führen können und damit den Geräuschpegel des Transformators erhöhen können. Der Geräuschpegel ist dabei abhängig von der Höhe der eingekoppelten Ströme, welche wiederum stark abhängig vom Abstand zwischen Gleichstrom- und Drehstrom-Leiter sowie atmosphärischen Bedingungen (z.B. Regen) ist. Liegen Drehstrom- und Gleichstrom-Leiter auf der gleichen Traverse ist mit den höchsten Einkopplungen zu rechnen, bei Verteilung auf unterschiedlichen Traversen der gleichen Mastseite ist die Einkopplung geringer, bei Drehstrom-Leitern, die sich auf der gegenüberliegenden Mastschaftseite befinden, ist die Einkopplung nahezu zu vernachlässigen (vgl. Rusek et Al. 2013, DIN VDE V 0210-9). Grundsätzlich wird für Stromkreise mit Beeinflussungslängen von bis zu 20 km in 110-kV und bis zu 70 km in 380-kV im Zusammenhang mit dem Transformator-Geräuschpegel als eher unkritisch bewertet (vgl. Rusek et Al. 2013, Beltle/Sundermann/Tenbohlen, 2016). Bei größeren Beeinflussungslängen bzw. in singulären Ausnahmefällen kann mit Abhilfemaßnahmen wie passivem Schallschutz (z.B. Einhausung von Transformatoren), Gleichstromunterdrückungsgliedern (DC-Blocker) oder Transformatoren mit anderen Magnetisierungseigenschaften die Geräuschentwicklung auf ein unbedenkliches Maß minimiert werden.

Im gegenständlichen Abschnitt „Rommerskirchen – Landesgrenze NRW /RLP“ verlaufen auf den 380-kV-Höchstspannungsfreileitungen auf der gleichen Mastseite wie der geplante Gleichstromkreis teilweise 110- und 220-kV-Stromkreise. Auf Grund der geringen Länge der Parallelführung von weniger als 20 km Länge ist keine Erhöhung der Geräuschpegel der an dem auf der gleichen Mastseite verlaufenden Drehstromkreisen angeschlossenen Transformatoren zu erwarten.

Netzschutz

Ein Zwischensystemfehler, d.h. Leiterseile unterschiedlicher Spannungsebenen berühren sich durch eine Fehlersituation, zwischen dem geplanten Gleichstromkreis und einem unterlagert

mitgeführten oder gekreuzten 110-kV-Drehstrom-System ist in gleichem Maße wahrscheinlich bzw. unwahrscheinlich wie ein Zwischensystemfehler zwischen einem 380-kV-Drehstrom-System und einem 110-kV-Drehstrom-System.

Für den Fall eines Zwischensystemfehlers sind zwei Fälle zu unterscheiden, Fehler ohne und Fehler mit gleichzeitiger Erdberührung.

Beim Zwischensystemfehler zwischen dem Pluspol des Gleichstrom-Systems und einem 110-kV-Netz ohne Erdberührung kommt es im 110-kV-Drehstrom-System zu Spannungsüberhöhungen. Die Spannungsüberhöhungen ergeben sich durch die Sternpunktbehandlung des 110-kV-Netzes, da dieses kompensiert betrieben wird. Ab einer Momentanspannung von ca. 300 kV beginnt der Ableiter in der fehlerbehafteten Phase des 110-kV-Drehstrom-Systems, zu leiten und begrenzt dadurch den weiteren Spannungsanstieg im 110-kV-Netz. Aufgrund der schnellen Regelung des Vollbrückenumrichters kommt es innerhalb von 1-2 Perioden zu keinem Gleichstrom-Stromfluss mehr. Dies hat zur Folge, dass die Spannung der fehlerbehafteten 110-kV-Phase, die mit dem Gleichstrom-Pol verbunden ist, eine Spannung zur Erde bzw. Potential von nahezu Null hat. Somit stellt sich eine Verlagerungsspannung an der Drossel ein. Da die Erdkapazität der fehlerbehafteten Phase auf ein Potential nahezu Null gezwungen wird, ergibt sich aus einem Zwischensystemfehler ohne Erdberührung ein erdschlussähnlicher Zustand im 110-kV-Netz. Es stellt sich zudem eine typische Anhebung der Spannungen der fehlerfreien Phasen mit einem Phasenversatz von ca. 60° ein.

Gleiches passiert beim Fehler mit dem Minuspol des Gleichstrom-Systems, nur dass sich die transiente Spannungsüberhöhung in negativen Spannungswerten äußert.

Bei einem Zwischensystemfehler mit Erdberührung oder mit dem metallischen Rückleiter (Dedicated Metallic return, kurz: DMR) erscheint der Fehler wie ein reiner 110-kV-Erdschluss.

Nach aktuellem Kenntnisstand ergibt sich demnach für alle o.g. Fehlerszenarien keine unzulässige Beeinflussung bzw. Beeinträchtigung des Netzschutzes der mitgeführten 110-kV-Stromkreise.

2.4 Fernleitungs- und Verteilnetz Gas

Die Vorhabenträgerin befindet sich mit den betroffenen Betreibern seit Ende 2019 in enger Abstimmung zur Beeinflussungssituation durch das geplante Vorhaben. Die Abstimmungen dauern noch an.

Die relevanten Leitungen sind im Register 6 (Lagepläne) dargestellt. Register 8 (Kreuzungsverzeichnis) enthält eine Auflistung aller entstehenden Kreuzungen mit den vom Vorhaben gequerten Leitungen/ deren Betreibern (vgl. Register 1 – Erläuterungsbericht, Kapitel 9.5).

Die neue Situation wird erst mit Inbetriebnahme des Vorhabens wirksam. Vor der Inbetriebnahme wird die Einhaltung der Wechselspannungsbeeinflussung nach DVGW Arbeitsblatt GW 22 (Drehstromanlagen) sowie dem Beiblatt GW 22-B1 bewertet und sofern erforderlich durch konstruktive Maßnahmen reduziert. Die AfK-Empfehlungen und einschlägigen VDE-Bestimmungen werden dabei beachtet.

Beeinträchtigungen derartiger Anlagen durch das Vorhaben über den bekannten Rahmen bei Drehstromfreileitungen (Wechselspannung) hinaus können nach derzeitigem Planungs- und Kenntnisstand aus folgenden Gründen sicher ausgeschlossen werden:

- Die induktive Beeinflussung von Rohrleitungen durch Gleichstrom-Freileitungen sind geringer als durch Drehstrom-Freileitungen (gem. DIN VDE 0100 Teil 410/540 und DIN VDE 0185). Die von Drehstrom-Freileitungen her bekannten Maßnahmen sind daher ausreichend. Auf eine Bewertung gemäß DVGW GW 21 (Gleichstromanlagen) kann demnach verzichtet werden.

- Kapazitive Beeinflussungen können nur bei oberirdisch verlegten Rohrleitungen auftreten. Dies lässt sich durch Erdungsmaßnahmen, wie sie von Drehstrom-Freileitungen her bekannt sind gem. DIN VDE 0100 Teil 410/540 und DIN VDE 0185, vermeiden.
- In parallel geführten Rohrleitungen können durch ohmsche Längskopplung, infolge von Erdkurzschlussströmen, Berührungs- und Beeinflussungsspannungen entstehen. Diese sind aufgrund der geringeren Fehlerströme und Stromflussdauern bei Fehlern in Gleichstromkreisen geringer als in Drehstromkreisen.
- Eine Beeinflussung durch ohmsche Querkopplung ist nur bei oberirdischen Rohrleitungen möglich. Der eingeprägte Strom wird über die bestehenden Erdungspunkte zur Erde abgeführt, so dass keine Erhöhung der Berührungsspannungen zu erwarten ist.

2.5 Weitere Leitungsinfrastruktur insb. NATO-Produktenfernleitung

Das gegenständliche Vorhaben kreuzt Produktleitungen (Mineralölleitungen), so auch die Produktenleitung Lühxheim - Altenrath der Fernleitungs-Betriebsgesellschaft mbH (NATO-Produktenleitungen) zwischen Sechtem und Bornheim.

Alle relevanten Leitungen sind im Register 6 (Lagepläne) dargestellt. Register 8 (Kreuzungsverzeichnis) enthält eine Auflistung aller entstehenden Kreuzungen mit den vom Vorhaben gequerten Leitungen/ deren Betreiber (vgl. Register 1 – Erläuterungsbericht, Kapitel 9.5).

Aufgrund der Entfernung zum Vorhaben können Beeinträchtigungen ausgeschlossen werden.

2.6 Richtfunkverbindungen

Das Vorhaben wird von Richtfunkstrecken gequert bzw. verläuft in Längsführung.

Die relevanten Objekte sind im Register 6 (Lagepläne) dargestellt. Register 8 (Kreuzungsverzeichnis) enthält eine Auflistung aller entstehenden Kreuzungen/ Längsführungen mit den vom Vorhaben gequerten Strecken/ deren Betreiber (vgl. Register 1 – Erläuterungsbericht, Kapitel 9.5).

Maststandorte

Im gegenständlichen Abschnitt werden insgesamt zehn Masten erhöht oder umgebaut. Es werden jedoch keine Masten neu errichtet.

Anlagebedingte Beeinträchtigungen von gekreuzten Richtfunkstrecken durch geplante Mast-erhöhungen bzw. -umbauten in Form von Abschattung der Richtfunkstrecken sind nicht zu erwarten. Keiner der zu ändernden Masten liegt im Bereich von Richtfunkstrecken. In diesem Zusammenhang ist auch festzuhalten, dass es keinen Anspruch auf Nichtbeeinträchtigung von Richtfunkstrecken gibt. Insbesondere ist § 35 BauGB gemäß § 38 BauGB auf das antragsgegenständliche Vorhaben nicht anwendbar. Richtfunkstrecken werden im Rahmen der Planung grundsätzlich gleichwohl als Belang berücksichtigt, sie genießen jedoch keinen absoluten Schutz vor Veränderung. Selbst wenn der Rechtsgedanke aus § 35 Abs. 3 Nr. 8 BauGB anwendbar wäre, läge eine unzulässige Beeinträchtigung im Übrigen nur vor, wenn es um die Abwehr von Gefahren geht, deren Gewicht denen militärischer Belange sowie der Flugsicherheit vergleichbar ist (vgl. OVG NRW, Urt. v. 18.08.2009, Az. 8 A 613/08, juris Rn. 140ff., 151).

EMV (elektromagnetischen Verträglichkeit)

Betriebsbedingte EMV-Auswirkungen auf Richtfunkstrecken sind aufgrund der genutzten unterschiedlichen Frequenzbereiche sicher auszuschließen.

2.7 Wetterradarstationen des Deutschen Wetterdienstes

Aufgrund der genutzten unterschiedlichen Frequenzbereiche sind betriebsbedingte Auswirkungen durch Funkstörungen sicher auszuschließen. Gemäß Stellungnahmen des Deutschen Wetterdienstes im Rahmen der Bundesfachplanung und des § 19 Antrages auf Planfeststellungsbeschluss wird der öffentlich-rechtliche Aufgabenbereich des Deutschen Wetterdienstes durch das geplante Vorhaben nicht beeinträchtigt.

2.8 Ver- und Entsorgungsanlagen

Das Vorhaben tangiert mit der bestehenden 110-/380-kV-Höchstspannungsfreileitung Rommerskirchen – Sechtem, Bl. 4215, zwischen Mast Nr. 55 und Mast Nr. 56 die Kläranlage Hürth an ihrem südwestlichen Rand. Im Bereich der Kläranlage liegen keine Maststandorte. Das Vorhaben wird auf den bestehenden Masten umgesetzt. Es findet eine Montage der Feldsteuereinheiten des geplanten Gleichstromkreises statt. Die Breite des Leitungsschutzstreifens bleibt unverändert. Die erforderlichen Mindestabstände gem. DIN VDE 0210 bzw. DIN EN 50341-1, DIN EN IEC 60071-1 und E DIN IEC EN 60071-2 sind eingehalten. Somit sind keine Beeinträchtigungen im Betrieb der Kläranlage zu erwarten.

2.9 Weitere Belange

Das Vorhaben verläuft im Umfeld von bzw. teilweise über Betriebsbereiche nach § 3 Abs. 5a BImSchG. Dazu gehören Gewerbeflächen östlich von Brauweiler und Frechen sowie nordöstlich von Hürth. Freileitungen stellen potentiell eine umgebungsbedingte Gefahrenquelle für die Anlagensicherheit von Betriebsbereichen dar.

Innerhalb des Abschnitts ist geplant und beantragt, zwischen der Umspannanlage (UA) Rommerskirchen und der Landesgrenze NRW / RLP bestehende Anlagen (Bestandsleitungen) bzw. jeweils einen auf diesen aufliegenden Drehstromkreis zukünftig als ± 380 -kV Gleichstromkreis zu nutzen und die dafür notwendigen technischen Anpassungen vorzunehmen. Das Vorhaben wird in den oben genannten Gewerbebereichen auf den bestehenden Masten umgesetzt. Es findet eine Montage der Feldsteuereinheiten am geplanten Gleichstromkreis statt. Die Breite des Leitungsschutzstreifens bleibt unverändert. Die erforderlichen Mindestabstände gem. DIN VDE 0210 bzw. DIN EN 50341-1, DIN EN IEC 60071-1 und E DIN IEC EN 60071-2 sind eingehalten. Vom Vorhaben geht kein erhöhtes Sicherheitsrisiko für den Störfallbetrieb aus. Auch ist bei einem vorschriftsmäßig geführten Störfallbetrieb kein erhöhtes Sicherheitsrisiko für die Höchstspannungsfreileitung anzunehmen. Somit sind keine Beeinträchtigungen der Betriebsbereiche nach § 3 Abs. 5a BImSchG zu erwarten.

3 Ergebnis

Zusammenfassend kann festgehalten werden:

Es besteht kein Genehmigungserfordernis in Bezug auf andere Infrastrukturen.

Wechselwirkungen können sicher ausgeschlossen werden für:

- Flugsprachfunk (vgl. Kap. 2.1.1)
- Zustimmungserfordernis nach § 12 LuftVG (vgl. Kap. 2.1.3.1)
- Zustimmungserfordernis nach § 14 LuftVG (vgl. Kap. 2.1.3.2)
- Zustimmungserfordernis nach § 17 LuftVG (vgl. Kap. 2.1.3.3)
- Weitere Voraussetzungen nach den §§ 16a, 18a, 18b LuftVG (vgl. Kap. 2.1.3.4)
- Erzeugungsanlagen für erneuerbare Energien (vgl. Kap. 2.2)
- Übertragungs- und Verteilnetz Elektrizität (vgl. Kap. 2.3)
- Fernleitungs- und Verteilnetz Gas (vgl. Kap. 2.4)
- Weitere Produktleitungen (vgl. Kap. 2.5)
- Richtfunkverbindungen (betriebsbedingte Auswirkungen: elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)) (vgl. Kap. 2.6)
- Wetterradarstationen des Deutschen Wetterdienstes (vgl. Kap. 2.7)
- Ver- und Entsorgungsanlagen (vgl. Kap. 2.8)
- Betriebsbereiche nach § 3 Abs. 5a BImSchG (vgl. Kap. 2.9)

zulässige Wechselwirkungen verbleiben für:

- ungerichtete Flugfunkfeuer (NDB) (vgl. Kap. 2.1.2)
- Richtfunkverbindungen (anlagebedingte Auswirkungen: Abschattung durch Maststandorte) (vgl. Kap. 2.6)

4 Verzeichnis über Literatur/ Quellendokumente

- DIN EN IEC 60071-1 **DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1): 2022-10:** „Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen“; Deutsche Fassung EN IEC 60071-1:2019; VDE-Verlag GmbH
- E DIN IEC EN 60071-2 **DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2): 2022-06:** „Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie“; VDE-Verlag GmbH
- DIN VDE V 0210-9 **DIN VDE V 0210-9:** „Freileitungen über 45 kV – Teil 9: Hybride AC/DC-Übertragung und DC-Übertragung“; VDE-Vornorm; 2018; VDE-Verlag GmbH
- DIN VDE 0100 - 410 **DIN VDE 0100 - 410:** „Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag“; VDE-Verlag GmbH; 2018
- DIN VDE 0100 - 540 **DIN VDE 0100 - 540:** „Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen und Schutzleiter“; VDE-Verlag GmbH; 2012
- VDE 0185:2011-10 **VDE 0185:** „Blitzschutz“; VDE-Verlag GmbH; 2011
- DVGW GW 21 **DVGW GW 21:** „Beeinflussung von unterirdischen metallischen Anlagen durch Streuströme von Gleichstromanlagen; textgleich mit der AfK-Empfehlung Nr. 2“, Technische Regel, DVGW, Beuth Verlag, 2014
- DVGW GW 22 (A) **DVGW GW 22 (A):** „Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlage; textgleich mit der AfK-Empfehlung Nr. 3 und der Technischen Empfehlung Nr. 7 der Schiedsstelle für Beeinflussungsfragen“, Technische Regel, DVGW, Beuth Verlag, 2014
- DVGW GW 22-B1 **DVGW GW 22 B1:** „Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitungen im Einflussbereich von Hochspannungs-Drehstromanlagen und Wechselstrom-Bahnanlagen; Beiblatt 1: Ergänzende Hinweise zu Betriebszuständen von Hochspannungsfreileitungen und Maßnahmen“, Technische Regel, DVGW, Beuth Verlag, 2017
- BELTLE/SUNDERMANN/TENBOHLEN, 2016 **Beltle, M., Schühle, M., Tenbohlen, S., Sundermann, U.:** „Das Verhalten von Leistungstransformatoren bei Beanspruchung mit Gleichströmen“ Stuttgart, Hochspannungssymposium Stuttgart 2016
- GUTMAN ET AL., 2013 **Gutman, I., Vosloo, W. L., Seifert, J. M.:** “Dimensioning of DC composite insulators for polluted area: case study for recent CI-GRE/ IEC approach” in 18th International Symposium on High Voltage Engineering, Seoul, 2013
- KNAUEL ET AL., 2014 **Knauel, J., Wagner, A., Puffer, R., Seifert, J.M., Liu, S., Brückner, M., Rusek, B., Steevens, S., Gravelmann, A., Kleinekorte,**

- A. 2014):** “Behaviour of insulators under hybrid electrical AC/DC field” CIGRE Session 2014 D1-101
- RUSEK ET AL., 2013 **Rusek, B., Neumann, C., Steevens, S., Sundermann, U., Kleinekorte, K., Wulff, J., Jenau, F., Weck, K.-H. (2013):** Ohmic coupling between AC and DC circuits on hybrid overhead lines. CIGRE Symposium “Best practice in transmission and distribution in a changing environment”. Auckland, Sept. 16-17th, 2013
- BAF, 2023 **Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (2023):** Anlagenschutzbereiche nach § 18a LuftVG, https://www.baf.bund.de/DE/Themen/Flugsicherungstechnik/Anlagenschutz/anlagenschutz_node.html [abgerufen am 12.10.2023]