



Immissionsgutachten

über die Messung von

**niederfrequenten magnetischen und elektrischen Wechselfeldern
an der 110kV-Hochspannungstrasse 0056 (Kaarst Ost / Kaarst West)**

im Bereich

**Areal Böhler II
Meerbusch-Büderich**

am

15.03.2022

Auftraggeber

BPD Immobilienentwicklung GmbH

**Roßstraße 92
40476 Düsseldorf**

Digitale Ausgabe

Immissionsgutachten

über die Messung von

**niederfrequenten magnetischen und elektrischen Wechselfeldern
an der 110kV-Hochspannungstrasse 0056 (Kaarst Ost / Kaarst West)**

im Bereich

**Areal Böhler II
Meerbusch-Büderich**

am

15.03.2022

Auftraggeber

BPD Immobilienentwicklung GmbH

**Roßstraße 92
40476 Düsseldorf**

Digitale Ausgabe

Die Messergebnisse stellen Momentaufnahmen der Situation dar, wie sie zum Zeitpunkt der Messung vorgefunden wurde. Zu anderen Zeiten und unter geänderten Umständen sind andere Messergebnisse möglich.

Ohne schriftliche Genehmigung des Verfassers darf das Gutachten nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Mess- und Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände.

*ibu - Ingenieurbüro für Baubiologie und Umweltmesstechnik
Dr.-Ing. Martin H. Virnich*

Dürerstraße 36 · 41063 Mönchengladbach

Tel.: 02161 - 89 65 74 · Fax: 02161 - 89 87 53 · Email: virnich.martin@t-online.de

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Basisdaten	2
2 Zusammenfassung der Ergebnisse	3
2.1 Bewertung gemäß 26. BImSchV	3
2.1.1 Bewertung der Immissionen magnetischer Wechselfelder	3
2.1.2 Bewertung der Immissionen elektrischer Wechselfelder	3
2.2 Abstandserlass NRW (MUNLV 2007)	3
3 Randbedingungen der Messungen	4
3.1 Lage des Untersuchungsobjekts	4
3.2 Die Hochspannungstrasse	6
3.3 Lage der Messlinien und der Messpunkte	7
3.4 Vorgehensweise	8
3.4.1 Messung magnetischer Wechselfelder	8
3.4.2 Messung elektrischer Wechselfelder	9
3.5 Wetterverhältnisse	10
4 Messergebnisse	10
4.1 Magnetische Wechselfelder	10
4.1.1 Aktuell gemessene Immissionen	10
4.1.2 Hochrechnung der Magnetfeld-Rastermessungen auf Volllast der Leitungen	13
4.1.2.1 Ermittlung der Hochrechnungsfaktoren	13
4.1.2.2 Hochgerechnete Messergebnisse	14
4.1.3 Kontrolle von Netzüberschwingungen	16
4.2 Elektrische Wechselfelder	17
5 Bewertung der Immissionen gemäß 26. BImSchV	18
5.1 Magnetisches Wechselfeld	18
5.2 Elektrisches Wechselfeld	18
6 Abstandserlass NRW (MUNLV 2007)	19
7 Verwendete Messgeräte und Messunsicherheit	20

1 **Basisdaten**

Auftraggeber:	BPD Immobilienentwicklung GmbH Roßstraße 92 40476 Düsseldorf
Anlass der Untersuchung:	Für das Bauleitplanverfahren im Plangebiet „Areal Böhler II“ in Meerbusch-Büderich wird ein Immissionsgutachten bezüglich magnetischer und elektrischer Wechselfelder benötigt, da am westlichen Rand des Plangebiets eine Hochspannungstrasse des Verteilnetzbetreibers Westnetz mit zwei 110kV-Freileitungen verläuft.
Untersuchungsauftrag:	Erstellung eines Immissionsgutachtens mit Messung der magnetischen und elektrischen Wechselfelder (50 Hz) in der Nähe der Hochspannungstrasse und Bewertung gemäß aktueller 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder)), wie im ibu-Angebot vom 15.04.2021 beschrieben. An den folgenden Messpunkten: Spielplatz, geplanter BMX Skater Park, KITA und Schule soll vorsorglich ebenfalls das Magnetfeld gemessen werden, da diese Orte bevorzugt von Kindern und Jugendlichen besucht werden. Die magnetischen Wechselfelder werden von den Strömen auf den Leitungen verursacht und sind damit auslastungsabhängig. Für die Immissionsbewertung ist von den Messwerten auf den Zustand bei maximaler Leitungsauslastung gemäß den Angaben des Übertragungsnetzbetreibers hochzurechnen.
Untersuchungsobjekt:	110kV-Hochspannungstrasse 0056 (Freileitungen Kaarst Ost und Kaarst West) im Bereich Areal Böhler II, Meerbusch-Büderich; Verteilnetzbetreiber Westnetz.
Datum der Messungen:	15.03.2022
Durchführung der Messungen:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu
Anwesende Personen:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu Fahrer der Hubarbeitsbühne, Fa. mateco, zeitweise
Angewandte Methoden:	Rastermessungen des 50Hz-Magnetfeldes senkrecht zu der Hochspannungstrasse; Messhöhen 1,5 m, 4,5 m, 7,5 m, 10,5 m, 13,5 m und 16,5 m. Aufzeichnung der magnetischen Flussdichte (50 Hz) an einem Referenzpunkt als Basis für die Herausrechnung von zeitlichen Schwankungen des Magnetfelds. Hochrechnung der gemessenen Magnetfeld-Immissionen auf Vollast der Leitungen gemäß Auslastungsangaben des Netzbetreibers. Rastermessung des elektrischen Feldes senkrecht zu der Hochspannungstrasse; Messhöhe 1,5 m.
Verfasser des Gutachtens:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich
Ausführungen:	Digitale Ausgabe (pdf-Datei) plus 1 gedrucktes Original

2 Zusammenfassung der Ergebnisse

2.1 Bewertung gemäß 26. BImSchV

Für die Bewertung werden die maximal zulässigen Immissionen magnetischer und elektrischer Felder gemäß 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)) zugrunde gelegt.

Untersuchungsobjekt ist die Hochspannungstrasse Nr. 0056 mit zwei 110kV-Freileitungen (Kaarst West und Kaarst Ost) des Verteilnetzbetreibers Westnetz am westlichen Rand des Plangebiets „Areal Böhler II“ in Meerbusch-Büderich.

Auf Messlinien, die senkrecht zur Hochspannungstrasse verlaufen, wurden die Immissionen des magnetischen Feldes (Messlinie (B)) und des elektrischen Feldes (Messlinie (E)) bis zu einer Entfernung von 50 m von der Trassenmitte in 1,5 m Höhe gemessen. Das magnetische Feld wurde in den Entfernungen 10 m, 15 m, 20 m und 30 m mittels einer Hubarbeitsbühne zusätzlich in den Höhen 4,5 m, 7,5 m, 10,5 m, 13,5 m und 16,5 m gemessen.

2.1.1 Bewertung der Immissionen magnetischer Wechselfelder

Die laut 26. BImSchV maximal zulässige Immission von **100 μ T** bei der Frequenz 50 Hz gilt beim Zustand der maximalen Anlagenauslastung (Volllast). Wenn diese Auslastung während der Messungen nicht herrscht, so ist von der aktuellen Auslastung auf die Immissionen bei Volllast hochzurechnen.

Da im Normalzustand der hier betrachteten Hochspannungsleitungen – der bei den Messungen gegeben war – nur die Leitung Kaarst West Strom führt, die vom Plangebiet abgewandt ist, müssen für eine worst case Betrachtung zusätzlich diejenigen Immissionen ermittelt werden, die bei Volllast der näher am Plangebiet liegenden Leitung Kaarst Ost auftreten.

Mit einem Höchstwert der magnetischen Flussdichte von 6,05 μ T (Abstand 10 m, Messhöhe 16,5 m, worst case) wird die zulässige maximale Immission von 100 μ T gemäß 26. BImSchV deutlich unterschritten; der Ausschöpfungsgrad beträgt 6,05 %.

Die Auslastungsdaten stellte der Netzbetreiber Westnetz zur Verfügung.

Details siehe Kap. 3.3, 3.4.1, 4.1 und 5.1

2.1.2 Bewertung der Immissionen elektrischer Wechselfelder

Gemäß 26. BImSchV gilt bei elektrischen Wechselfeldern der Frequenz 50 Hz für die allgemeine Bevölkerung ein Grenzwert von **5 kV/m**.

Der maximale Wert der gemessenen elektrischen Feldstärke beträgt 0,538 kV/m und tritt in der Trassenmitte auf. Mit zunehmendem Abstand reduziert sich die elektrische Feldstärke; sie beträgt z.B. in 30 m Abstand noch 0,021 kV/m.

Der Grenzwert von 5 kV/m wird somit bei allen Abständen deutlich unterschritten; die Grenzwertausschöpfung beträgt maximal 10,8%.

Die 5 kV/m bleiben auch weiterhin unterschritten, wenn sich die Feldstärke witterungsbedingt bei niedrigerer Luftfeuchte erhöht (Luftfeuchte während der Messungen: 69 % r.F.).

Es sei erwähnt, dass für die Praxis nur der Immissionswert in 1,5 m Höhe relevant ist, da bei Bebauung des Geländes mit einem Massivbau die externe elektrische Feldstärke am Gebäude zusammenbricht und so gut wie nicht in das Gebäudeinnere gelangt. Im Inneren von Gebäuden dominieren typischerweise elektrische Wechselfelder, die von der internen Elektroinstallation und von den betriebenen Geräten mitsamt ihren Anschlussleitungen verursacht werden.

Details siehe Kap. 3.3, 3.4.2., 4.2 und 5.2.

2.2 Abstandserlass NRW (MUNLV 2007)

Der Abstandserlass NRW schreibt bei 110kV-Hochspannungsleitungen einen Mindestabstand der Bebauungsgrenze, gemessen ab Trassenmitte, von 10 m vor.

Details siehe Kap. 6.

3 Randbedingungen der Messungen

3.1 Lage des Untersuchungsobjekts

Die vorgesehene Bebauung des Plangebiets „Areal Böhler II“ ist aus Abb. 1 ersichtlich. Das Plangebiet verläuft südlich des bestehenden „Areal Böhler“. Neben Wohn-, Büro- und Gewerbegebäuden sollen an der Böhlerstraße / Ruth-Niehaus-Straße auch eine KITA und eine Schule errichtet werden. Ein BMX Skater-Park ist in der nördlichen Spitze des Geländes vorgesehen; ein Spielplatz existiert bereits (s. Abb. 1 und 2).



Abb. 1: Geplante Bebauung des Areals Böhler II (Bildquelle: Auftraggeber BPD)

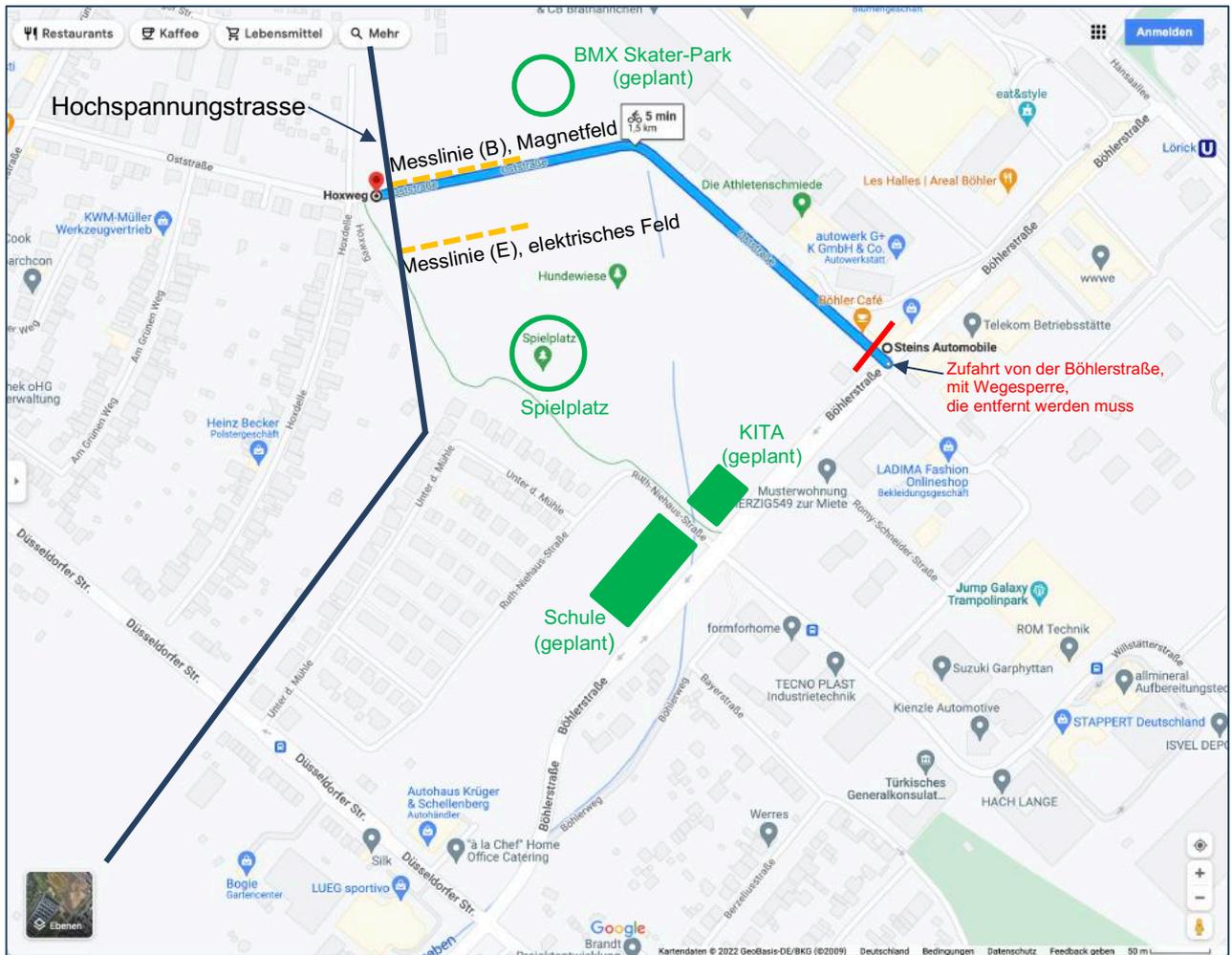


Abb. 2: Karte des Plangebiets mit Hochspannungstrasse und den beiden Messlinien für das magnetische und das elektrische Feld (Basis: Google Maps)

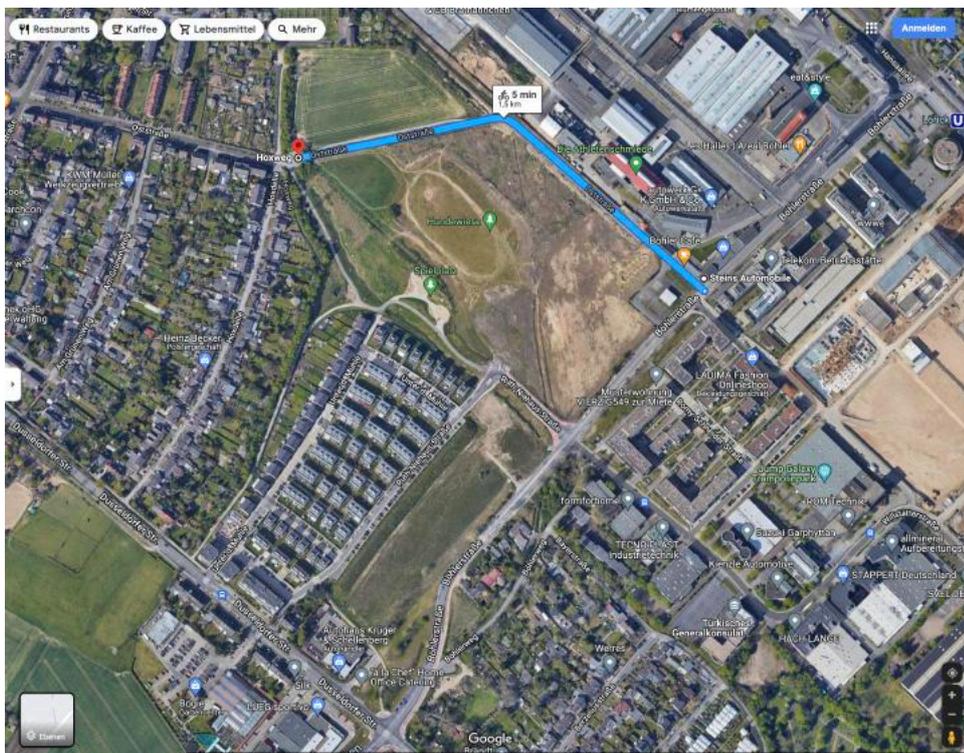


Abb. 3: Satellitenbild des Plangebiets (Google Maps)

3.2 Die Hochspannungstrasse

Am westlichen Rand des Plangebiets verläuft die Hochspannungstrasse Nr. 0056 mit zwei 110kV-Freileitungen des Verteilnetzbetreibers Westnetz (s. Abb. 2 sowie 4 - 6). Die Leitungen führen zu der im Norden an das Plangebiet anschließenden Freiluft-Schaltanlage mit zwei Transformatoren zu je 30 MVA für die lokale Stromversorgung (Abb. 4).



Abb. 4:

Blick von der Messlinie (B) auf die Hochspannungstrasse an dem letzten Mast (Nr. 27) vor der Freiluft-Schaltanlage mit zwei Transformatoren zu je 30 MVA

Die Hochspannungs-Freileitungstrasse 0056 des Verteilnetzbetreibers Westnetz besteht aus zwei Drehstromleitungen (Abb. 4 - 6) auf der 110-kV-Ebene:

- 110 kV Kaarst West (linke Leitung in Abb. 4, bei den Messungen unter Last)
- 110 kV Kaarst Ost (rechte Leitung in Abb. 4, bei den Messungen ohne Last; s. Kap. 3.4.1, Hochrechnung auf maximale Anlagenauslastung der Hochspannungsleitungen)



Abb. 5:

Kennzeichnung der Leitung „Kaarst West“ (110 kV) an Mast 27



Abb. 6:

Kennzeichnung der Leitung „Kaarst Ost“ (110 kV) an Mast 27

3.3 Lage der Messlinien und der Messpunkte

Üblicherweise werden die Immissionsmessungen als Rastermessungen auf einer Messlinie senkrecht zu den Leitungen in der Mitte zwischen zwei Masten durchgeführt, da dort der Leitungsdurchhang am stärksten ist und infolgedessen die Immissionen am Erdboden hier die höchsten Werte aufweisen.

Für die Magnetfeldmessungen in mehreren Höhen muss der Boden längs der Messlinie mit einer Hubarbeitsbühne sicher befahrbar sein; zudem soll das Niveau der Messlinie horizontal ohne Höhenänderungen verlaufen. Diese beiden Voraussetzungen werden im Plangebiet am besten auf dem dort verlaufenden Teil der Oststraße erfüllt, die hier als befestigter Feldweg ausgeführt ist.

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien wurde nach einer Ortsbegehung am 28. Oktober 2021 in Abstimmung mit dem Auftraggeber für die Magnetfeldmessungen die Messlinie (B) festgelegt (s. Abb. 2 und 7). Diese liegt hinreichend genau in der Mitte zwischen den beiden letzten Masten vor der Freiluft-Schaltanlage; außerdem sind die Leitungen recht straff gespannt, und der Leiterdurchhang ist sehr gering. Die Oststraße ist in diesem Bereich ein gut befestigter Feldweg, der mit einer Hubarbeitsbühne von der Böhlerstraße her befahrbar ist.

Weitere Messpunkte für das Magnetfeld in 1,5 m Höhe befinden sich am (schon existierenden) Spielplatz sowie an dem geplanten BMX Skater Park, der geplanten KITA und der geplanten Schule (s. Abb. 1 und 2).



Abb. 7: Messung des magnetischen Feldes: Messlinie vor der Ankunft der Hubarbeitsbühne (links, Bandmaß am Boden) und danach (rechts)

Für die Messungen des elektrischen Feldes gelten andere Kriterien hinsichtlich der Auswahl der Messlinie (E). Im Freien tritt nämlich eine deutliche Beeinflussung des elektrischen Feldes durch nahe Gebäude und Bewuchs von Bäumen und höheren Sträuchern auf; hierdurch wird das elektrische Feld erheblich reduziert. Im Freien ist daher für die Praxis nur der Immissionswert in 1,5 m Höhe relevant; eine Hubarbeitsbühne ist für die Messungen nicht erforderlich.

Da auf der Messlinie (B) unter der Hochspannungsleitung starker Strauch- und Baumbewuchs vorliegt, ist diese Linie zur Messung des elektrischen Feldes nicht geeignet. Es wurde hierfür deshalb eine andere Messlinie (E), ca. 50 m weiter südlich gewählt, die nahezu ohne Bewuchs und eben ist (s. Abb. 2 und 9).

3.4 Vorgehensweise

3.4.1 Messung magnetischer Wechselfelder

Rastermessung und Normierung auf die Auslastung der Hochspannungsleitungen zu einer festen Uhrzeit

Die Magnetfeld-Messungen erfolgen auf der Messlinie senkrecht zur Hochspannungstrasse im Bereich direkt unterhalb der Leitungen, wo das Feld sehr inhomogen ist, im horizontalen 5m-Raster, gemessen ab Trassenmitte (Mitte zwischen den beiden Leitungen). Neben der Trasse beträgt das Rastermaß 10 m. Das Höhenraster orientiert sich an einer typischen Geschosshöhe von drei Metern. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden die folgenden Messhöhen festgelegt: 1,5 m / 4,5 m / 7,5 m / 10,5 m / 13,5 m und 16,5 m. Diese Höhen repräsentieren für die geplanten Gebäude die Geschosse vom Erdgeschoss (EG) bis zum 5. Obergeschoss (OG).

Das verwendete portable Messgerät erfasst über ein Filter den Frequenzbereich 30 Hz - 2 kHz. Eventuell vorhandene Magnetfelder der Bahnenergieversorgung (16,7 Hz) werden somit ausgeblendet.

Da die Durchführung der Messungen eine größere Zeitspanne in Anspruch nimmt, innerhalb derer sich die Auslastung der Hochspannungsleitung verändern kann, müssen die Messergebnisse auf die Auslastung zu einem bestimmten Zeitpunkt normiert werden. Hierzu werden die zu den individuellen Zeiten gemessenen Immissionen in Bezug zur zeitgleichen Immission an einem Referenzpunkt gesetzt und auf den Wert am Referenzpunkt zu einer frei wählbaren Referenzzeit normiert, so dass die zeitliche Abhängigkeit der Immissionen eliminiert wird und nur der räumliche Verlauf dargestellt wird. Vorzugsweise wird als Referenzzeit derjenige Zeitpunkt gewählt, an dem die Immission am Referenzpunkt den Maximalwert erreicht hat bzw. wenn laut Angabe des Netzbetreibers die Leitungsauslastung am höchsten ist. Zusätzlich wird der zeitliche lineare Mittelwert über die gesamte Messdauer betrachtet.

Zur Ermittlung der Immissionen am Referenzpunkt (Messhöhe 1,5 m, Abb. 8) wird das Magnetfeld mit einem Magnetfeldlogger im Sekundentakt gemessen und gespeichert (s. Abb. 12). Dieser Magnetfeldlogger erfasst über ein Bandpassfilter den Frequenzbereich 30 Hz - 2 kHz für Magnetfelder der öffentlichen Energieversorgung (50 Hz).



Abb. 8:
Magnetfeldlogger am Referenzpunkt für die Magnetfeldmessungen in 20 m Abstand von der Trassenmitte und 1,5 m Höhe (Kreismarkierung)

Hochrechnung auf maximale Anlagenauslastung der Hochspannungsleitungen

Hochspannungsleitungen sind im Normalbetrieb üblicherweise nicht voll ausgelastet. Um die maximal zu erwartende Magnetfeld-Immission ermitteln zu können, die für die Bewertung gemäß 26. BImSchV vorgeschrieben ist, werden die Messergebnisse auf den Fall bei maximaler Leitungsauslastung hochgerechnet. Hierzu werden beim Netzbetreiber die entsprechenden Informationen über die aktuellen Leitungsauslastungen innerhalb des Messzeitraums und über die thermischen Grenzströme der Leitungen eingeholt.

Auf Anfrage teilte der Netzbetreiber in einer Email am frühen Morgen des 15.03.2022 mit, dass üblicherweise nur die Leitung Kaarst West unter Last steht (d.h. beide Transformatoren an der Freiluft-Schaltanlage sind hier angeschlossen) und dass auf der Leitung Kaarst Ost wohl dauernd die Hochspannung von 110 kV ansteht, darüber aber kein Strom geführt wird (Auslastung = 0). Somit erzeugt diese Leitung wohl ein elektrisches, aber kein magnetisches Feld. Wie der Netzbetreiber weiterhin mitteilte, gibt es zusätzlich als dritte Leitung zur Freiluft-Schaltanlage und den Transformatoren ein (altes) 110kV-Erdkabel, das aber im Regelbetrieb ebenfalls nicht unter Last steht.

Hochspannungsleitungen werden i.d.R. nach dem allgemein üblichen (n-1)-Kriterium betrieben. Dieses Kriterium besagt, dass auch bei Ausfall einer von n Systemkomponenten („n-1“) die volle Betriebsfähigkeit des Systems erhalten bleibt. Dies bedeutet, dass die Leitungen im ungestörten Zustand nicht zu 100 % des thermischen Grenzstroms ausgelastet werden, sondern maximal nur zu 50 %. Fällt eine der beiden Leitungen aus, so kann die jeweils andere Leitung die volle Last der gestörten Leitung mit übernehmen. Im hier vorliegenden Fall liegt bereits im Normalbetrieb die gesamte Last auf nur einer Leitung. Zur Hochrechnung auf Volllast muss nur die gemessene magnetische Flussdichte dieser Leitung auf die Flussdichte beim thermischen Grenzstrom hochgerechnet werden.

Weil aber die vom Plangebiet abgewandte Leitung Kaarst West bei den Messungen unter Last stand und nicht die näher gelegene Leitung Kaarst Ost, deren Volllast den worst case darstellen würde, muss für eine worst case Betrachtung dieser räumliche Versatz mit eingerechnet werden.

3.4.2 Messung elektrischer Wechselfelder

Elektrische Wechselfelder stehen in Zusammenhang mit der Höhe der Netzspannung und unterliegen keinen wesentlichen zeitlichen Schwankungen. Langzeitaufzeichnungen sind daher nicht erforderlich, ebenso keine Hochrechnung. Einen gewissen Einfluss auf die Höhe des elektrischen Feldes hat die Luftfeuchte (höhere Felder bei trockener Luft).

Insbesondere bei Massivbauweise dringt das elektrische Feld kaum in die Gebäude ein, sondern wird größtenteils durch die Gebäudehülle abgeschirmt. Im Inneren von Gebäuden dominieren typischerweise elektrische Wechselfelder, die von der internen Elektroinstallation und von den betriebenen Geräten mitsamt ihren Anschlussleitungen verursacht werden.

Auch im Freien tritt eine deutliche Beeinflussung des elektrischen Feldes durch nahe Gebäude und Bewuchs von Bäumen und höheren Sträuchern auf; hierdurch wird das elektrische Feld erheblich reduziert. Im Freien ist daher für die Praxis nur der Immissionswert in 1,5 m Höhe relevant.

Die Messung des elektrischen Wechselfeldes wird in horizontaler Richtung als Rastermessung (Raster wie bei der Magnetfeldmessung) durchgeführt, die Messhöhe beträgt 1,5 m auf der Messlinie (E). Die Messsonde ist auf einem Holzstativ mit einem oberen Halterohr aus Kunststoff montiert, das auf volle Länge ausgefahren ist.

Abb. 9 zeigt die Messlinie (Bandmaß am Boden) und die Messeinrichtung am Messpunkt 30 m. Im Gegensatz zu den übrigen Messpunkten befindet sich in der Umgebung dieses Messpunktes ein einzelner, kleiner Baum.

Am Anfang der Messlinie (B) für die Magnetfeldmessungen herrscht dagegen wesentlich dichter und höherer Baum- und Strauchbewuchs (vgl. Abb. 4 - 7), so dass eine Messung des elektrischen Feldes dort nicht sinnvoll wäre und die in Abb. 9 gezeigte Messlinie (E) gewählt wurde.

Die Leitung Kaarst Ost ist zwar stromlos geschaltet, die Hochspannung liegt aber auf beiden Leitungen an, so dass das elektrische Feld durch die Lastabschaltung nicht beeinflusst wird.



Abb. 9: Messung des elektrischen Feldes:
Bei der Messdurchführung wird die Anzeigeeinheit in ≥ 3 m Abstand zur E-Feldsonde gehalten; die Verbindung erfolgt über eine metallfreie Glasfaserleitung.

3.5 Wetterverhältnisse

Zu Beginn der Magnetfeldmessungen bedeckt, aber trocken; 9,1 °C, 63 % r.F.

Während der Magnetfeldmessungen vereinzelt auftretende Regentropfen.

Während der am Ende des Ortstermins vorgenommenen Messungen des elektrischen Feldes leicht regnerisch; 10,1 °C, 69 % r.F.

4 Messergebnisse

4.1 Magnetische Wechselfelder

4.1.1 Aktuell gemessene Immissionen

In 1,5 m Höhe konnte auch direkt unterhalb von den Leitungen gemessen werden; die Messlinie in dieser Höhe erstreckt sich von 0 m bis auf 50 m Abstand von der Trassenmitte.

In den größeren Höhen konnte nicht direkt unterhalb von den Freileitungen, sondern erst neben den Leitungen gemessen werden, ab einem Mindestabstand von 10 m. In Entfernungen von mehr als 30 m wurden keine weiteren Messungen in Höhen über 1,5 m durchgeführt, weil bereits in 30 m Entfernung die Messwerte in allen Höhen nahezu gleich waren.

Die im Folgenden tabellarisch und graphisch dargestellten, in 1,5 m Höhe gemessenen Immissionen sind auf den Wert von 0,090 μ T (höchste Leitungsauslastung um 11:05 Uhr, Tab. 1) und 0,084 μ T (Mittelwert AVG, Tab. 2) am Referenzpunkt im Zeitraum 09:55 - 11:35 Uhr normiert (vgl. Kap. 3.4.1).

Messhöhe in m	Abstand von der Trassenmitte in m							
	0	5	10	15	20	30	40	50
1,5	0,275	0,211	0,163	0,121	0,094	0,065	0,054	0,044
4,5			0,212	0,142	0,101	0,066		
7,5			0,242	0,166	0,107	0,067		
10,5			0,293	0,191	0,116	0,067		
13,5			0,316	0,205	0,136	0,073		
16,5			0,352	0,243	0,153	0,079		

Tab. 1: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie (B) in μT , normiert auf $0,090 \mu\text{T}$ am Referenzpunkt (höchste Leitungsauslastung um 11:05 Uhr im Zeitraum 09:55 - 11:35 Uhr (vgl. Abb. 12))

Messhöhe in m	Abstand von der Trassenmitte in m							
	0	5	10	15	20	30	40	50
1,5	0,256	0,197	0,151	0,112	0,088	0,061	0,050	0,041
4,5			0,198	0,133	0,094	0,061		
7,5			0,226	0,154	0,100	0,062		
10,5			0,273	0,177	0,108	0,063		
13,5			0,294	0,191	0,127	0,068		
16,5			0,327	0,226	0,143	0,074		

Tab. 2: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie (B) in μT , normiert auf $0,084 \mu\text{T}$ (Mittelwert AVG am Referenzpunkt im Zeitraum 09:55 - 11:35 Uhr (vgl. Abb. 12))

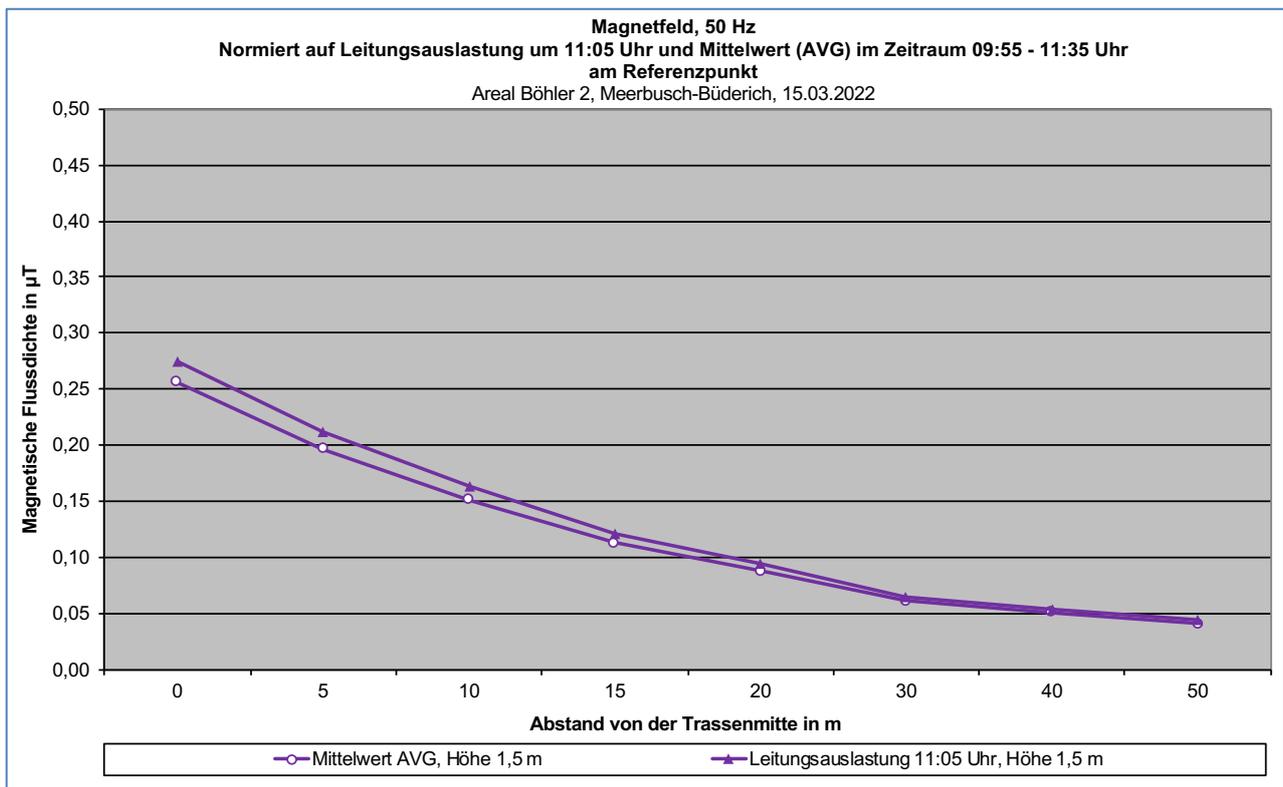


Abb. 10: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie in 1,5 m Höhe, normiert auf $0,090 \mu\text{T}$ (höchste Leitungsauslastung um 11:05 Uhr) und $0,084 \mu\text{T}$ (Mittelwert AVG im Zeitraum 09:55 - 11:35 Uhr) am Referenzpunkt

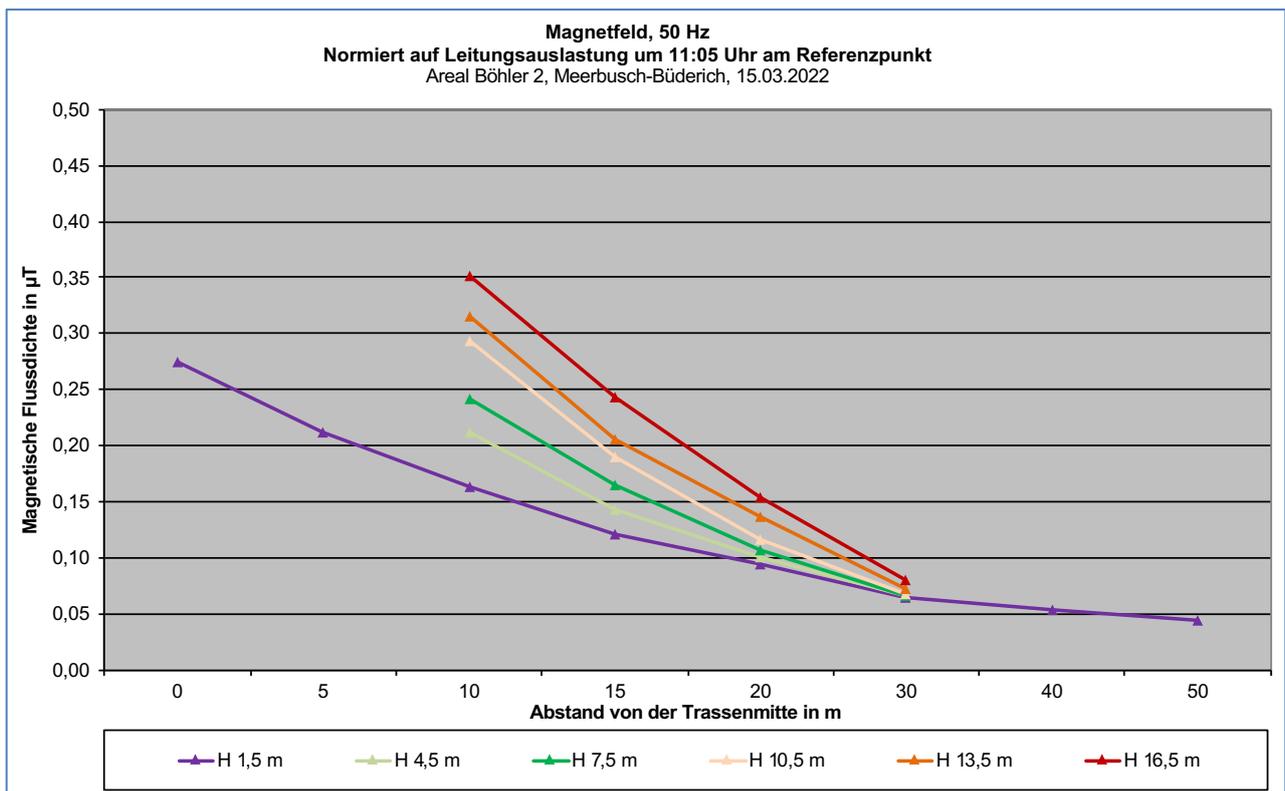


Abb. 11: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie in allen Messhöhen, normiert auf 0,090 µT (höchste Leitungsauslastung um 11:05 Uhr) im Zeitraum 09:55 - 11:35 Uhr am Referenzpunkt

An den zusätzlichen Messpunkten wurden die folgenden magnetischen Flussdichten in 1,5 m Höhe gemessen. Bei den hier vorliegenden großen Entfernungen von der Hochspannungstrasse spielt die Messhöhe keine Rolle mehr.

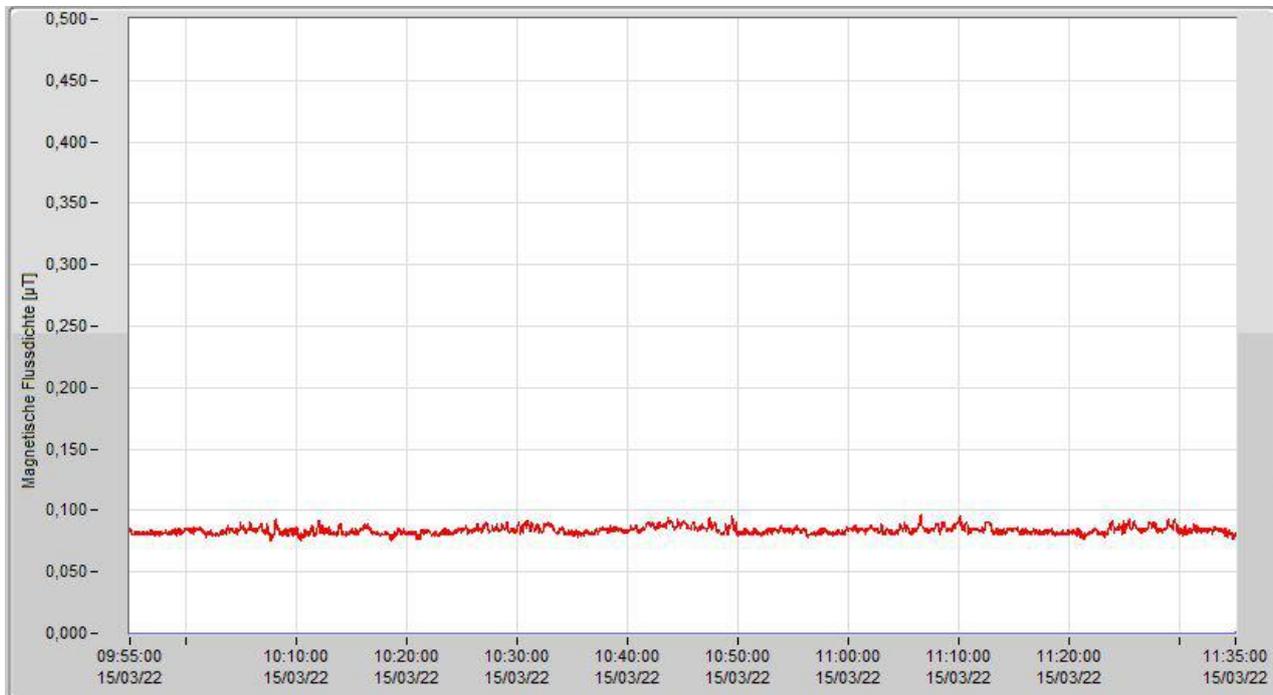
Messpunkt	Gemessene Flussdichte
Spielplatz	0,038 µT
BMX Skater Park (geplant)	0,038 µT
KITA (geplant)	0,030 µT
Schule (geplant)	0,030 µT

Tab. 3: Gemessene Flussdichten an den zusätzlichen Messpunkten

4.1.2 Hochrechnung der Magnetfeld-Rastermessungen auf Vollast der Leitungen

4.1.2.1 Ermittlung der Hochrechnungsfaktoren

Am Referenzpunkt in 20 m Entfernung von der Trassenmitte wurde in der Zeit von 09:55 bis 11:35 Uhr der Flussdichteverlauf in 1,5 m Höhe gemäß Abb. 12 aufgezeichnet. Der Messzeitraum für das Magnetfeld in allen Höhen auf der Messlinie (B) erstreckte sich von 10:00 bis 11:15 Uhr.



Frequenzbereich	Minimum	Wert um 11:05 Uhr	Mittelwert (AVG)
37 Hz - 2 kHz	0,076 µT	0,900 µT	0,084 µT

Abb. 12: Magnetfeldaufzeichnung am Referenzpunkt von 09:55 - 11:35 Uhr
Der Mittelwert gilt hier für den gesamten Aufzeichnungs-Zeitraum von 09:55 bis 11:35, nicht nur für den Zeitraum von 10:00 bis 11:15 Uhr.

Nach Auskunft des Verteilnetzbetreibers Westnetz (Email vom 15.03.2022) war die Hochspannungsleitungen Kaarst West am 15.03.2022 im Zeitraum von 03:00 Uhr bis 15:00 Uhr entsprechend der nachfolgenden Abb. 13 ausgelastet.

Im Zeitraum von 07:30 bis 13:00 Uhr liegt die Auslastung recht gleichmäßig bei etwa 60 A mit einem Maximum von 62 A gegen 11:05 Uhr. Nach Angabe des Netzbetreibers beträgt der thermische Grenzstrom der Leitungen 535 A. Der Auslastungsgrad liegt somit bei 11,5 %. Hieraus resultiert der Faktor 8,6 für die Hochrechnung auf Vollast der Leitung (Tab. 4).

Nenn-Spannung	Leitung	Strom gegen 11:05 Uhr	Therm. Grenzstrom	Auslastungsgrad re therm. Grenzstrom	Faktor für Vollast re therm. Grenzstrom
110 kV	Kaarst West	62 A	535 A	11,5 %	8,6
110 kV	Kaarst Ost	0 A	535 A	0,0 %	-

Tab. 4: Auslastungen der Hochspannungsleitungen um 11:05 Uhr und Faktor für Hochrechnung auf Vollast, bezogen auf den thermischen Grenzstrom

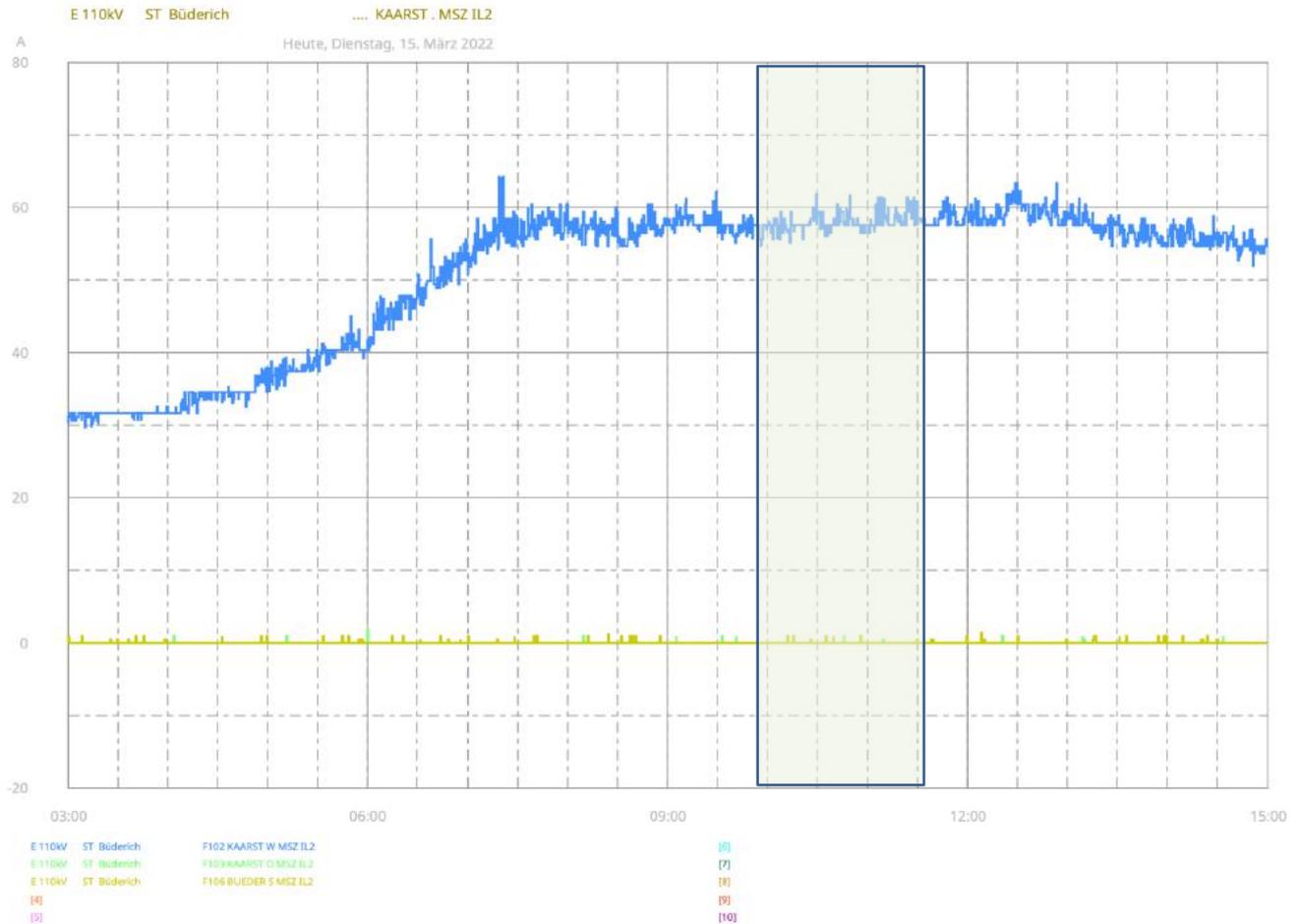


Abb. 13: Blaue Lastkurve der Hochspannungsleitung Kaarst West in Ampere am 15.03.2022, 03:00 - 15:00 Uhr;
 (Quelle: Westnetz GmbH, Systemführung Berzdorf, Email vom 15.03.2022)
 Aufzeichnungszeitraum des Magnetfeldes am Referenzpunkt von 09:55 bis 11:35 Uhr gemäß Abb. 12 markiert

4.1.2.2 Hochgerechnete Messergebnisse

Zur Hochrechnung auf Volllast wird wie oben hergeleitet der Faktor 8,6 herangezogen. Damit ergeben sich die folgenden Volllast-Immissionen auf der Messlinie in den verschiedenen Höhen.

Messhöhe in m	Abstand von der Trassenmitte in m							
	0	5	10	15	20	30	40	50
1,5	2,368	1,818	1,399	1,038	0,812	0,560	0,466	0,378
4,5			1,826	1,224	0,865	0,567		
7,5			2,084	1,423	0,921	0,573		
10,5			2,522	1,639	0,996	0,578		
13,5			2,713	1,763	1,170	0,627		
16,5			3,025	2,091	1,319	0,683		

Tab. 5: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie (B) in μT , hochgerechnet auf Volllast 100 % (Leitung Kaarst West)

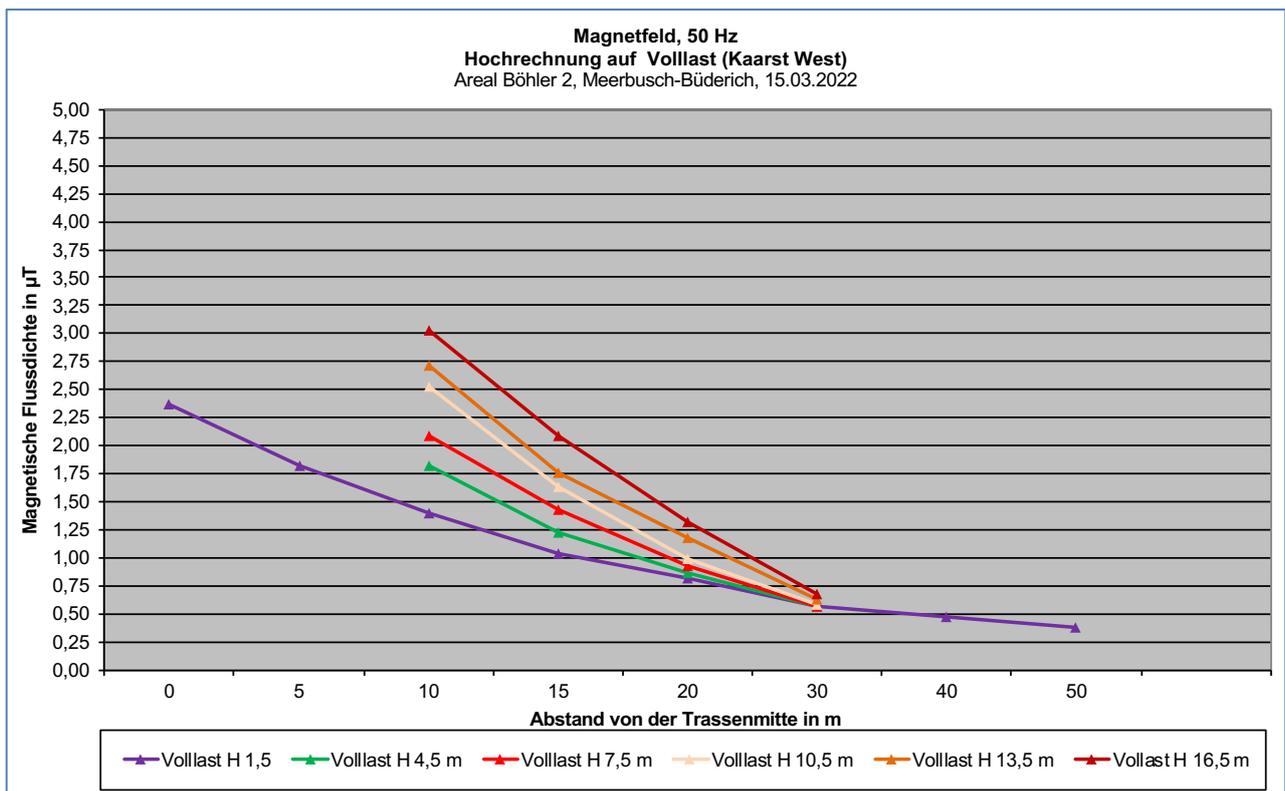


Abb. 14: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie (B), hochgerechnet auf Volllast der Leitung Kaarst West mit Faktor 8,6 (100 %)

Die relativen Verläufe der hochgerechneten Kurven sind gegenüber den Kurven in Abb. 11 unverändert, lediglich die absoluten Werte sind um den Faktor 8,6 höher.

An den zusätzlichen Messpunkten wurde auf die folgenden magnetischen Flussdichten hochgerechnet.

Messpunkt	Gemessene Flussdichte	Auf Volllast hochgerechnete Flussdichte
Spielplatz	0,038 µT	0,327 µT
BMX Skater Park (geplant)	0,038 µT	0,327 µT
KITA (geplant)	0,030 µT	0,258 µT
Schule (geplant)	0,030 µT	0,258 µT

Tab. 6: Gemessene und auf Volllast hochgerechnete Flussdichten an den zusätzlichen Messpunkten

Nun gilt es noch zu berücksichtigen, dass im worst case nicht die Leitung Kaarst West, sondern Kaarst Ost die gesamte Last führt. Damit rückt die relevante Magnetfeldquelle 10 m näher an das Plangebiet heran. An den Messpunkten in 10 m Abstand von der Trassenmitte ist das Zentrum der Quelle nun nicht mehr ca. 15 m entfernt, sondern nur noch ca. 5 m.

Aus den Erfahrungen mit anderen Messungen an Hochspannungsfreileitungen und aus Simulationsrechnungen kann abgeleitet werden, dass die Flussdichten in 5 m Abstand vom Quellenzentrum etwa das 1,5-Fache bis 2-Fache der Flussdichten in 15 m Abstand erreichen. Damit würde die maximal zu erwartende Immission im worst case am Rasterpunkt 10 m ab Trassenmitte und in 16,5 m Höhe mit $2 \cdot 3,025 \mu\text{T}$ ziemlich genau $6 \mu\text{T}$ betragen (Tab. 7 und Abb. 15).

Messhöhe in m	Abstand von der Trassenmitte in m							
	0	5	10	15	20	30	40	50
1,5	4,735	3,637	2,798	2,077	1,624	1,119	0,933	0,755
4,5			3,653	2,448	1,729	1,134		
7,5			4,168	2,847	1,843	1,147		
10,5			5,044	3,278	1,993	1,156		
13,5			5,427	3,526	2,340	1,253		
16,5			6,050	4,181	2,639	1,366		

Tab. 7: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie in μT , mit zusätzlichem Faktor 2 hochgerechnet auf worst case (Vollast 100 % der Leitung Kaarst Ost)

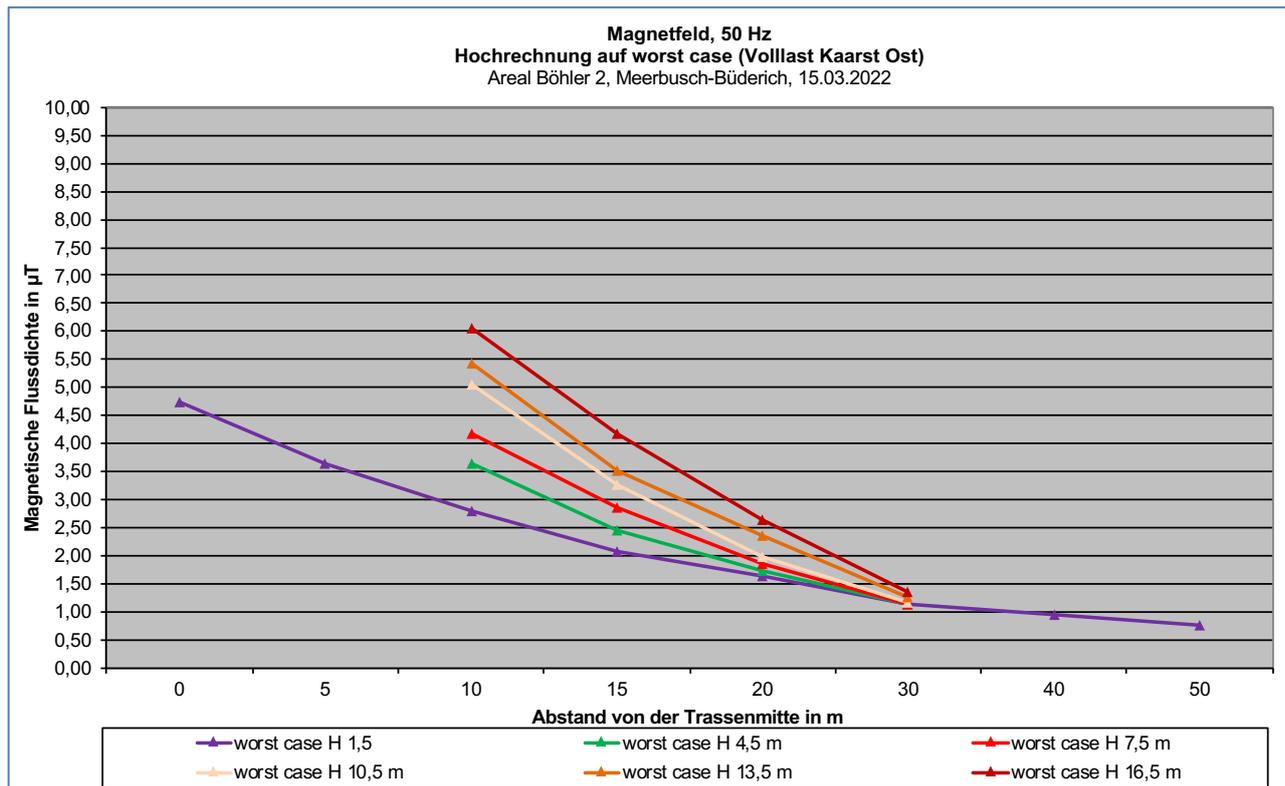


Abb. 15: Magnetfeld-Immissionen auf der Messlinie, mit zusätzlichem Faktor 2 hochgerechnet auf worst case (Vollast 100 % der Leitung Kaarst Ost)

4.1.3 Kontrolle von Netzoverschwingungen

Da die Bewertung von Feldimmissionen gemäß 26. BImSchV frequenzabhängig ist, wurde kontrolliert, ob das magnetische Wechselfeld relevante Oberschwingungsanteile enthält, die strenger bewertet werden müssten als die 50Hz-Grundschiwingung. Dazu wurden die Filtermöglichkeiten des Messgerätes EFA-3 genutzt (s. Kap. 7).

Die Analyse zeigte, dass der Anteil Oberschwingungen nur ca. 5 % der 50Hz-Grundschiwingung ausmacht und daher vernachlässigt werden kann.

4.2 Elektrische Wechselfelder

Die elektrische Feldstärke wurde an allen Messpunkten der Messlinie (E) in der Höhe von 1,5 m gemessen (vgl. Kap. 3.4.2).

Messhöhe in m	Messlinie (E): Abstand von der Trassenmitte in m								
	0	5	10	15	20	30	40	50	
Messwert kV/m	1,5	0,538	0,523	0,410	0,251	0,121	0,021	0,024	0,024

Tab. 8: E-Feld-Immissionen auf der Messlinie (E), Messhöhe 1,5 m

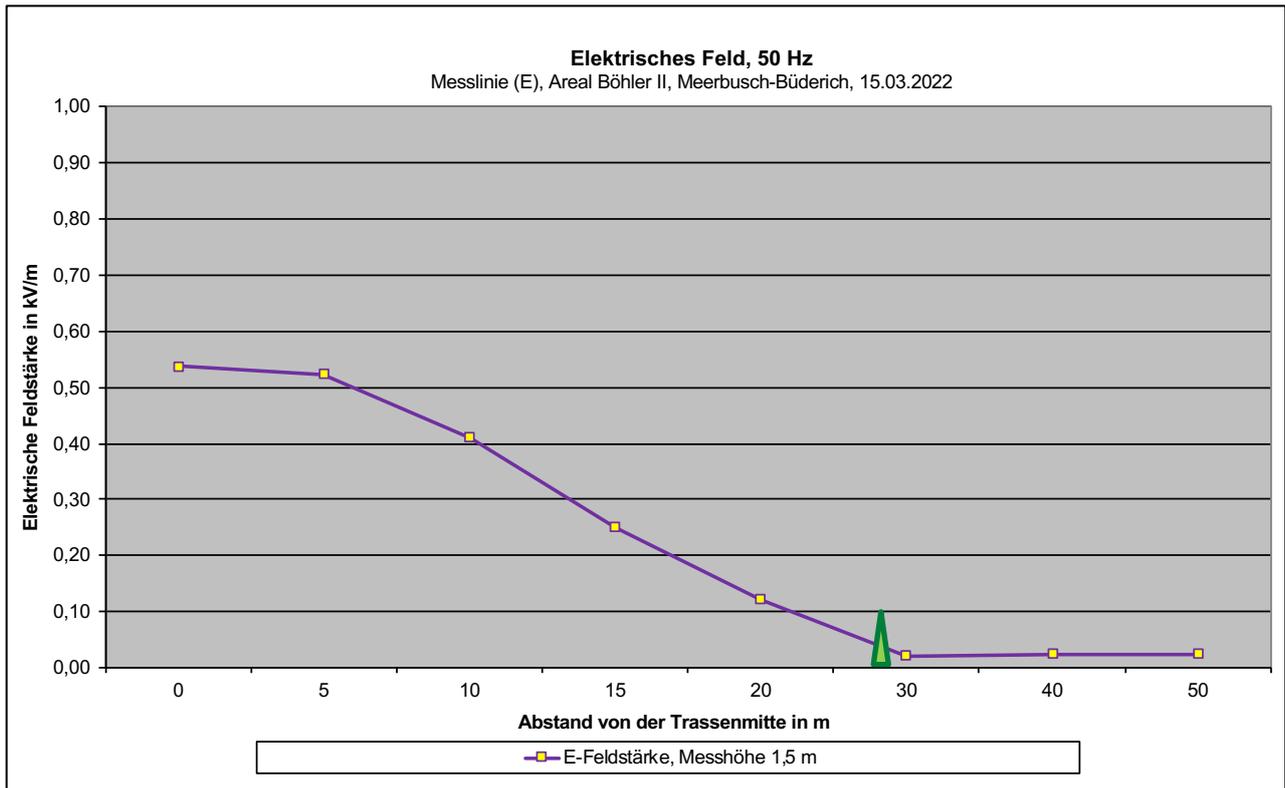


Abb. 16: E-Feld-Immissionen auf der Messlinie (E), Messhöhe 1,5 m,  Position des Bäumchens

Als höchste Feldstärke wurde in Trassenmitte ein Wert von 0,583 kV/m (= 583 V/m) gemessen. Neben der Trasse klingt die elektrische Feldstärke kontinuierlich ab und erreicht in 30 m Abstand einen Wert von 0,021 kV/m (= 21 V/m). In 40 m und 50 m Abstand ist sie mit 0,024 kV/m wieder etwas höher.

Die leichte Unregelmäßigkeit bei 30 m Entfernung des ansonsten kontinuierlichen Feldstärkeabfalls ist auf den kleinen Baum in der Nähe dieser Stelle der Messlinie zurückzuführen (vgl. Abb. 9), der zu einer Feldstärkereduzierung führt.

Während der Messungen des elektrischen Feldes war das Wetter regnerisch, mit einer Lufttemperatur von 10,1 °C und einer relativen Luftfeuchte von 69 % r.F.

5 Bewertung der Immissionen gemäß 26. BImSchV

In den meisten westlichen Staaten dienen die Referenzwerte der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) als Basis für die jeweiligen gesetzlich verankerten EMF-Grenzwerte, so auch in der Bundesrepublik Deutschland für die 26. BImSchV (Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)).

Die Referenzwerte ICNIRP 1998 wurden für den Niederfrequenzbereich im Jahr 2010 überarbeitet und als ICNIRP 2010 neu herausgegeben.

5.1 Magnetisches Wechselfeld

Dabei wurde für die allgemeine Bevölkerung der Referenzwert für magnetische Wechselfelder der Frequenz 50 Hz von 100 μT auf 200 μT verdoppelt. In Deutschland z.B. hat man als Reaktion darauf bei der Novellierung der 26. BImSchV im Jahr 2013 den neuen Grenzwert von 200 μT zwar übernommen, gleichzeitig aber die zulässige Grenzwertausschöpfung für magnetische Wechselfelder der Frequenz 50 Hz – und nur hierfür – von 100 % auf 50 % halbiert, so dass die maximal zulässige Exposition für die allgemeine Bevölkerung weiterhin **100 μT** (= 200/2 μT) beträgt.

Für die Bewertung der Immissionen gemäß 26. BImSchV ist der Zustand bei maximaler Anlagenauslastung zugrunde zu legen.

Die laut 26. BImSchV maximal zulässige Immission von 100 μT bei Vollast wird auch für den worst case (Vollast der Leitung Kaarst Ost) an allen Messpunkten deutlich unterschritten.

Mit einem Höchstwert der magnetischen Flussdichte von 6,05 μT (Abstand 10 m, Messhöhe 16,5 m, worst case) wird die maximal zulässige Immission von 100 μT gemäß 26. BImSchV zu 6,05 % ausgeschöpft.

5.2 Elektrisches Wechselfeld

Gemäß 26. BImSchV gilt bei elektrischen Wechselfeldern der Frequenz 50 Hz für die allgemeine Bevölkerung ein Grenzwert von 5 kV/m.

Der maximale Wert der elektrischen Feldstärke in 1,5 m Messhöhe beträgt gemäß Tab. 8 und Abb. 16 0,583 kV/m.

Der Grenzwert von 5 kV/m wird somit bei allen Abständen deutlich unterschritten; die Grenzwertausschöpfung beträgt maximal 11,7 %.

Während der Messungen des elektrischen Feldes war das Wetter regnerisch, mit einer Lufttemperatur von 10,1 °C und einer relativen Luftfeuchte von 69 % r.F. Da die Luftfeuchte insbesondere in der warmen Jahreszeit meist deutlich niedriger sein dürfte, ist dann mit höheren elektrischen Feldstärken im Freien zu rechnen, die aber den 9-fach höheren Grenzwert der 26. BImSchV von 5 kV/m nicht erreichen werden.

Es sei noch einmal erwähnt, dass für die Praxis nur der Immissionswert in 1,5 m Höhe relevant ist, da bei Bebauung des Geländes mit einem Massivbau die elektrische Feldstärke am Gebäude zusammenbricht.

[Download der 26. BImSchV unter
https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26/___1.html]

6 **Abstandserlass NRW (MUNLV 2007)**

Vollständiger Titel:

Abstände zwischen Industrie- bzw. Gewerbegebieten und Wohngebieten im Rahmen der Bauleitplanung und sonstige für den Immissionsschutz bedeutsame Abstände (Abstandserlass)

RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz - V-3 - 8804.25.1 v. 6.6.2007

Zitat:

„Dieser Erlass richtet sich an die Stellen, die als Träger öffentlicher Belange die Aufgaben des Immissionsschutzes wahrnehmen (im Folgenden TÖB genannt). Er ist eine Handlungsanleitung zur sicheren Rechtspraxis aus Sicht der obersten Immissionsschutzbehörde. Die in der Abstandsliste aufgeführten Abstände sind zur Anwendung bei raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen i.S. von § 50 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in Bauleitplanverfahren bestimmt. Sie gelten nicht in Genehmigungsverfahren nach BImSchG, in Genehmigungs- / Planfeststellungsverfahren nach Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz sowie in sonstigen Planfeststellungs- und Baugenehmigungsverfahren (siehe Nr. 3). Außerdem berücksichtigen sie nur den bestimmungsgemäßen Betrieb von Anlagen (siehe Nr. 2).“ ...

„2.5 Schutzabstände bei Hochspannungsfreileitungen

Hochspannungsfreileitungen unterscheiden sich in ihrer Anlagenart und Wirkung auf die Umwelt erheblich von den in Anhang 1 genannten Anlagen. Die in Anhang 4 genannten Abstände sollen dazu dienen, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse im Sinne des § 1 Abs. 5 Nr. 1 BauGB zu gewährleisten. Die TÖB sollen diesen Anhang bei der Beteiligung im Bauleitplanverfahren anwenden.

Der Schutzabstand bemisst sich bei Hochspannungsfreileitungen senkrecht zur Trassenachse bis zur Begrenzungslinie der zu schützenden Gebiete. Die Bemessung der in Anhang 4 angegebenen Abstände basiert auf dem von der Strahlenschutzkommission in ihren Empfehlungen zum Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung vom 16./17. Februar 1995 genannten Ermessensspielraum für die magnetische Flussdichte von 10 µT zur Berücksichtigung des Vorsorgegesichtspunktes und auf den Erläuterungen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu § 4 der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV).“ ...

„Anlage 4 zum RdErl. v. 6.6.2007

Anhang 4 2007

Ergänzende Hinweise zum Abstandserlass

Aus Immissionsschutzgründen festgelegte Schutzabstände bei Anlagen zur elektrischen Energieweiterleitung oder Nachrichtenübertragung

Schutzabstände bei Hochspannungsfreileitungen für:

380 kV / 50 Hz :	40 m
220 kV / 50 Hz :	20 m
110 kV / 50 Hz :	10 m
110 kV / 16 2/3 Hz :	5 m

Hinweis zu Hochspannungsfreileitungen:

Unter Berücksichtigung der Topographie und der Mastenkonfiguration können sich abweichende Abstände ergeben.

Hinweis zu Hochspannungserdkabeln:

Erläuterungen zum Abstandserfordernis bei Hochspannungserdkabeln finden sich in den Durchführungshinweisen zur 26. BImSchV.“

[Vollständiger Text des Abstandserlasses NRW siehe

https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=10000000000000000301]

7 Verwendete Messgeräte und Messunsicherheit

Narda Safety Test Solutions	E/M-Feldanalysatorsystem EFA-3, 5 Hz - 30 kHz; SNr. E-0063; Filtereinstellungen zur Kontrolle von Netzoberschwingungen: 30 Hz - 2 kHz, 30 Hz - 30 kHz, 50 Hz, not 50 Hz, 100 Hz, 150 Hz, 400 Hz, 800 Hz, variable Frequenz frei definierbar
Narda Safety Test Solutions	Isotrope Präzisions-B-Feldsonde BN 2245/90.10 zu EFA-3, 5 Hz - 30 kHz, Spulenflächen je 100 cm ² ; SNr. E-0017. Die Feldsonde besteht aus einer konzentrischen, dreidimensionalen Spulenordnung mit Spulenflächen von je 100 cm ² und entspricht den Anforderungen der DIN VDE 0848, der ICNIRP sowie der 26. BImSchV. Sie wird direkt auf das o.g. E/M-Feldanalysatorsystem aufgesteckt.
Narda Safety Test Solutions	Isotrope E-Feld-Sonde zu EFA-3, 5 Hz - 30 kHz; SNr. G-0023. Die Feldsonde besteht aus drei orthogonalen, symmetrischen Plattenpaaren mit Flächen von je 100 cm ² und entspricht den Anforderungen der DIN VDE 0848, der ICNIRP sowie der BGV B11. Der Anschluss an das o.g. E/M-Feldanalysatorsystem erfolgt über eine metallfreie Glasfaserleitung.
Estec	EMLog 2s, 3D Magnetfeld-Datenlogger, isotrop, 5 - 30 Hz und 37 - 2.000 Hz; Messwertspeicherung jede Sekunde; SNr. S-60083
testo	Digital-Hygro-/Thermometer testo 615, SNr. 254961

Die Feldmessgeräte sind von den Herstellern mit einer Messtoleranz von max. $\pm 5\%$ spezifiziert.

Alle Messgeräte unterliegen regelmäßigen Maßnahmen der Qualitätssicherung mit Funktionstests, Gerätevergleichen, Ringmessungen und Kalibrierungen.

Mönchengladbach, 31.03.2022



Dr.-Ing. Martin H. Virnich

Ende des Gutachtens
