Anlage 8.2

NEP-P70
380-kV-Leitung UW Birkenfeld – Abzweigpunkt Ötisheim

ELEKTRISCHE UND MAGNETISCHE FELDER

06.11.2018

INHALT

1.0 GRUNDLAGEN ELEKTRISCHE UND MAGNETISCHE FELDER ____ 3

1.1 Ursache elektrischer und magnetischer Felder ____ 3

1.2 Bewertungsgrundlage ____ 3

1.2.1 Niederfrequenz-Anlagen ____ 4

1.3 Ausgangssituation ____ 4

1.3.1 Lage der Anlage ____ 5

1.3.2 Parameter der Anlage ____ 5

1.4 Zusammenfassung der Prüfung ____ 5

2.0 PRÜFUNG DER ANFORDERUNGEN DER 26. BIMSCHV ____ 6

2.1 Vorgehensweise: ____ 6

2.2 Maßgebende Immissionsorte ____ 6

2.3 Berechnungsergebnisse ____ 9

2.3.1 Betrachtung der kleinsten Abstände ____ 9

2.3.1.1 Abschnitt Mast 001 bis Mast 009 Anlage 7620 UW Birkenfeld – Abzw. Pkt. Ötisheim ____ 10

2.3.1.2 Abschnitt Mast 010 bis Mast 023 Anlage 7620 UW Birkenfeld – Abzw. Pkt. Ötisheim ____ 11

2.3.2 Betrachtung ausgewählter Immissionsorte ____ 12

2.3.2.1 Bereich Mast 31, Umfahrung Kieselbronn ____ 12

2.3.2.2 Abschnitt Mast 31 bis Mast 40 Anlage 7620 UW Birkenfeld – Abzw. Pkt. Ötisheim ____ 13

3.0 PRÜFUNG VON MINIMIERUNGSMAßNAHMEN ____ 14

3.1 Vorgehensweise ____ 14

3.2 In Frage kommende Minimierungsmaßnahmen ____ 14

3.2.1 Maßnahmen bei AC-Freileitungen ____ 14

3.3 Maßgebende Minimierungsorte ____ 15

3.4 Baumaßnahme und Bewertung der Minimierungsoptionen ____ 15

3.4.1 Bewertung möglicher Minimierungsmaßnahmen ____ 16

3.4.2 Maßgebende Minimierungsorte und Minimierungsmaßnahmen ____ 19

3.4.2.1 Mastkopfgeometrie – Vergleich Donau vs. Tonne ____ 19

1.0 GRUNDLAGEN ELEKTRISCHE UND MAGNETISCHE FELDER

Dieser Nachweis wurde erstellt für das Planfeststellungsverfahren im Projekt

380-kV-Leitung UW Birkenfeld – Abzweigpunkt Ötisheim,
Anlage 7620 Mast 001 – Anl. 0337 Mast 115A und 115B,
BL 433 (DB Energie) Mast 5829N – Anl. 7620 Mast 31 – BL 573 (DB Energie) Mast 11206

Dargestellt werden die zu erwartenden elektrischen und magnetischen Feldstärken sowie die Einhaltung der Anforderungen des Immissionsschutzes.

1.1 URSACHE ELEKTRISCHER UND MAGNETISCHER FELDER

Beim Betrieb von elektrischen Anlagen der Energieversorgung entstehen schwache niederfrequente elektrische und magnetische Felder. Diese sind unmittelbar an den spannungs- bzw. stromführenden Leitern am größten und nehmen mit zunehmendem Abstand rasch ab.

Das elektrische Feld entsteht an unter elektrischer Spannung stehenden Bauteilen. Die Betriebsspannung einer Anlage der Energieversorgung ist weitgehend konstant. Das elektrische Feld tritt bereits mit der Bereitstellung elektrischer Energie auf und ist im Betrieb meist nur wenig von der Auslastung abhängig.
Das niederfrequente elektrische Feld wird auch durch schwach leitfähige Gegenstände wie Baustoffe oder Bewuchs stark beeinflusst und wird z. B. von Gebäuden fast vollständig abgeschirmt.

Die elektrische Feldstärke wird in Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben, die elektrische Spannung in Kilovolt (kV).

Das magnetische Feld entsteht um einen von elektrischem Strom durchflossenen Leiter. Der Strom in Anlagen der Energieversorgung wird von der Auslastung der Anlage bestimmt und variiert stark, das magnetische Feld ändert sich mit der Auslastung der Anlage.
Das niederfrequente magnetische Feld durchdringt fast alle Baustoffe weitgehend ungehindert, eine Abschirmung ist aufwändig und großräumig praktisch nicht möglich.

Beim magnetischen Feld wird die Flussdichte in Mikrotesla (µT) angegeben, die elektrische Stromstärke in Ampere (A).

In der Energieversorgung wird zumeist Dreiphasen-Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hertz (50 Hz) verwendet, im Netz der Bahn Wechselstrom mit einer Frequenz von 16,7 Hz.

1.2 BEWERTUNGSGRUNDLAGE

Rechtsgrundlage:

/ 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV, Aug. 2013)
/ LAI, Hinweise zur Durchführung der 26. BImSchV (Sept. 2014).
/ LAI, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der 26. BImSchV (26. BImSchVVwV, Feb. 2016)

Zum Schutz der Allgemeinheit und Nachbarschaft und zur Vorsorge vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektromagnetische Felder werden in der 26. BImSchV Anforderungen gestellt und es werden Grenzwerte für Immissionen gesetzt.

In den Durchführungshinweisen werden Vorgaben der 26. BImSchV präzisiert oder Hinweise zur praktischen Anwendung gegeben.

Anforderungen zur Minimierung der Feldstärken in §4 Abs. 2 der 26. BImSchV werden durch die 26. BImSchVVwV konkretisiert.

1.2.1 NIEDERFREQUENZ-ANLAGEN

Niederfrequenzanlagen sind ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung ab 1 kV im Frequenzbereich von 1 Hz bis 9 kHz.

Die Grenzwerte nach §3 gelten für Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Bei der Frequenz von 50 Hz ist der Grenzwert 5 kV/m für das elektrische Feld und der zulässige Höchstwert[1] 100 µT für die magnetische Flussdichte.
Bei 16,7 Hz ist der Grenzwert 5 kV/m für das elektrische Feld und 300 µT für die magnetische Flussdichte.

Die zu betrachtenden „maßgebliche Immissionsorte" sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich in einem Streifen bis 20 m vom äußeren Leiterseil der 380-kV-Leitung befinden (vgl. Durchführungshinweise II.3.1).

Zur Vorsorge sind nach §4 der 26. BImSchV im Rahmen technischer und örtlicher Gegebenheiten Möglichkeiten zur Minimierung der Feldstärken (vgl. 26. BImSchVVwV vom 3.3.2016) zu betrachten. Bei der Errichtung einer Höchstspannungsleitung in neuer Trasse dürfen Gebäude(-teile), die zum dauerhaften Aufenthalt bestimmt sind (z.B. Wohngebäude, vgl. Durchführungshinweise II.4 c)), nicht überspannt werden.

1.3 AUSGANGSSITUATION

Überprüft werden im Hinblick auf Immissionen durch elektrische und magnetische Felder:

/ Die wesentliche Änderung des Leitungsabschnitts Anlage 7620 Mast 001 bis 009
/ der Neubau des Leitungsabschnitts Anlage 7620 Mast 10 – 41A
/ der Neubau des Leitungsabschnitts BL 433 (DB Energie) Mast 5829N – Anl. 7620 Mast 31

[1] Aus Anhang 1 ergibt sich bei 50 Hz ein Grenzwert für die magnetische Flussdichte mit 200 µT. Nach §3 Abs. 1 darf die durch die 50-Hz-Niederfrequenzanlage erzeugte Immission aber die Hälfte des Grenzwerts nicht überschreiten. Im Folgenden wird daher der Begriff „Grenzwert" für die Grenze 100 µT bei 50 Hz verwendet.

1.3.1 LAGE DER ANLAGE

Verwendet werden die Lage- und Profilpläne aus den Antragsunterlagen für das Planfeststellungverfahren, die nachfolgend nur ausschnittsweise wiedergegeben sind.

1.3.2 PARAMETER DER ANLAGE

Für die Berechnung der elektrischen und magnetischen Felder sind die elektrischen Leiter der Leitung relevant. Die Daten und Lage der Leiter sind aus den Profilplänen entnommen, wobei der kleinste im Betrieb mögliche Bodenabstand, d. h. der maximale Durchhang berücksichtigt ist.

Als Betriebsspannung werden die Nennspannung (380 kV bzw. 110 kV) verwendet, für den Strom wird jeweils der thermisch maximal zulässige Dauerstrom der Engpassstelle (vgl. II.3.3 der Durchführungshinweise) anhand der Seildaten ermittelt.

1.4 ZUSAMMENFASSUNG DER PRÜFUNG

Maßgebende Immissionsorte – Einhaltung der Grenzwerte (§ 3):

In der Umgebung der Leitungen befinden sich maßgebende Immissionsorte. Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden sicher eingehalten; die Immissionsorte und die zu erwartenden maximalen Feldstärken sind tabellarisch (Tabelle 1) dargestellt.

Vorsorge - Überspannung von Wohngebäuden (§ 4 Abs. 3)

Es werden keine Gebäude die zum dauerhaften Aufenthalt bestimmt sind (Wohngebäude) durch neue Trassen überspannt.

Vorsorge - Minimierung der Feldstärken nach dem Stand der Technik und örtlichen Gegebenheiten (§ 4 Abs. 2)

Die Prüfung und Bewertung möglicher Minimierungsmaßnahmen sind im Abschnitt zu den Minimierungsmaßnahmen zusammengefasst.

Nach Abwägung sinnvolle Minimierungsmaßnahmen werden umgesetzt.

Die Anforderungen nach §§ 3 und 4 der 26. BImSchV werden eingehalten.

2.0 PRÜFUNG DER ANFORDERUNGEN DER 26. BIMSCHV

2.1 VORGEHENSWEISE:

Die zu erwartenden Feldstärken werden, wie in § 5 26. BImSchV vorgeschlagen, rechnerisch ermittelt (Software WinField 2018, Fa. FGEU). Zugrunde gelegt wird die höchste zulässige Dauerauslastung der Leitungsanlage. Wie in II.3.3 der Durchführungshinweise beschrieben, wird für die Spannung die Nennspannung verwendet. Für den Strom ist die technische Begrenzung der thermisch zulässige Dauerstrom am Engpass.
Immissionen durch andere Niederfrequenzanlagen oder Hochfrequenzanlagen bis 10 MHz werden nur dann als Vorbelastung berücksichtigt, wenn sie relevant zur Immission beitragen (vgl. II.3.4 Durchführungshinweise).

Die Ermittlung der „maßgebenden Immissionsorte" erfolgt anhand der vorhandenen Lagepläne und TK25. Maßgebende Immissionsorte sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind und innerhalb eines Streifens bis 20 m vom äußeren Leiterseil der 380-kV-Leitung liegen (vgl. II.3.1 der Durchführungshinweise). Außerhalb des Streifens von 20 m sind die Grenzwerte der 26. BImSchV bereits deutlich unterschritten und deren Einhaltung braucht – soweit es nicht gegenteilige Anhaltspunkte gibt – nicht mehr für dort liegende Immissionsort nachgewiesen zu werden.

Für den Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte an den maßgebenden Immissionsorten wird abschnittsweise jeweils die Feldstärke für den Fall der kleinsten Abstände zwischen Leitung und maßgebendem Immissionsort berechnet. Da die elektrische und die magnetische Feldstärke mit zunehmendem Abstand zu den Leiterseilen rasch abnehmen, sind die Grenzwerte in größerem Abstand als am berechneten erst recht eingehalten, wenn sie im berechneten Abstand bereits eingehalten sind.

Die maßgebenden Immissionsorte sowie einige der in der Nähe der Leitung befindlichen Immissionsorte (Ortsrand, Gehöfte) sind in Tabelle 1 zusammengefasst und die zu erwartenden maximalen Immissionen angegeben.
Die zugrunde liegenden Berechnungen sind in Abbildung 1 und folgende dargestellt, für den jeweils kleinsten Bodenabstand in einem Abschnitt gleicher Leitungskonfiguration. Weitere Feldstärken werden durch Herausgreifen in WinField ermittelt.

2.2 MAßGEBENDE IMMISSIONSORTE

In der Tabelle 1 sind betroffene Immissionsorte und die in dort zu erwartenden maximalen Feldstärken zusammengestellt.

Leitungsabschnitt	Immissionsort / Nutzung	Immissionsort: maßgebend? Ggf. Bodenabstand h, Abstand zur Trassenachse d	zu erwartende Feldstärke in 1 m über dem Boden im ungünstigsten Betriebsfall	
Anlage 7620 Mast 001 - 004	Gartenanlagen	ja *3 h ≥ 10,8 m (Mast 001-002)	B ≤ 35 µT	E < 3 kV/m
Mast 004	Wohnhaus/-grund	nein *2 d ≈ 40 m	B ≤ 5 µT	(E = 0,5 kV/m)
Mast 004 – 005	Land-/Forstwirtschaft	nein		
Mast 005 – 009	Gewerbegebiet Sportplatz	ja *3 h > 14 m (bei Mast 005) h ≥ 16 m (Mast 005-006) h > 26 m (Mast 006-007) h > 29 m (Mast 007-008) h > 21 m (Mast 008-009)	B < 30 µT	E < 2 kV/m
Mast 010 – 015	Wohngrundstücke Gartenanlagen	ja h ≥ 44 m (Mast 011-012) h ≥ 39 m (Mast 012-013) h > 33 m (Mast 013-014) h > 30 m (Mast 014-015)	B ≤ 9 µT	E ≤ 0,4 kV/m
Mast 015 – 018	Gartenanlagen Parkplätze Rastanlage Parkplätze Rastanlage	teilw. *3 nein *1 h ≥ 35 m (Mast 015-016) h ≥ 31 m (Mast 016-017) h ≥ 25 m (Mast 017-018)	B ≤ 11 µT	E < 0,6 kV/m

Leitungsabschnitt	Immissionsort / Nutzung	Immissionsort: maßgebend? Ggf. Bodenabstand h, Abstand zur Trassenachse d	zu erwartende Feldstärke in 1 m über dem Boden im ungünstigsten Betriebsfall
Mast 018 – 022	Landwirtschaftl. Flächen	nein	
Mast 022 – 023	Gehöft Wohnhaus	teilw. *3 h > 40 m nein *2 d ≈ 40 m	B ≤ 6 µT E < 0,3 kV/m B ≤ 4 µT E < 0,2 kV/m
Mast 023 – 024	Landwirtschaft / Straße	nein. *1	
Mast 024 - 025	Gewerbe-/Lagerfläche	nein. *1	
Mast 025 - 041	Land-/Fortwirtschaft	nein. *1	
BL 433 (DB Energie) Mast 2829N - 31	Landwirtschaft	nein. *1	

h Höhe des unteren Leiterseils über dem Boden (Bodenabstand)
d Abstand des Immissionsorts zur Trassenachse, in der Projektion auf den Boden
B, E Magnetische Flussdichte bzw. elektrische Feldstärke (Effektivwerte)

*1 Kein „Ort zum nicht nur vorübergehendem Aufenthalt“ gem. § 3 26. BImSchV, die Einhaltung der Grenzwerte und ein Nachweis der Feldstärken werden nicht gefordert.

*2 Außerhalb des zu betrachtenden Bereiches, gem. Durchführungshinweise II.3.1
bei 380-kV-Leitungen bis 20 m vom äußeren Leiterseil, sind Immissionsorte nicht maßgebend; der Nachweis der Feldstärken ist im Allgemeinen nicht erforderlich.

*3 Zur Vereinfachung der Darstellung wird die gesamte Fläche unter der Leitung als maßgebender Immissionsort betrachtet, einschließlich Flächen, die zum nur vorübergehenden oder nicht zum Aufenthalt bestimmt sind.

Tabelle 1

2.3 BERECHNUNGSERGEBNISSE

Die Ermittlung der Feldstärken zwecks Nachweis der Einhaltung der Anforderungen der 26. BImSchV erfolgt rechnerisch mit dem Simulationsprogramm Winfield (FGEU mbH, Berlin).

Berechnet werden die Feldstärken für
- den thermisch maximal zulässigen Strom am Engpass
- der Nennspannung

bei gegebenen Mastbildern und Profilen. Zwecks Nachweises der Grenzwerteinhaltung wird für die Phasenanordnung der ungünstige Fall angenommen.

Vorbelastungen

Im betrachteten Bereich maßgebender Immissionsorte sind Vorbelastungen (vgl. Durchführungshinweise II.3.4) durch Niederfrequenzanlagen nicht relevant, maßgebende Immissionsorte liegen nicht in dem Bereich, wo sich maßgebende Bereiche überschneiden, oder Beiträge anderer Anlagen tragen nicht relevant zur Gesamtbelastung bei.

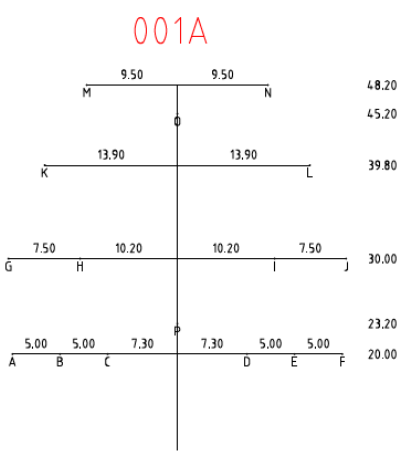
Es sind keine relevanten Hochfrequenzanlagen bis 10 MHz im Bereich um die Leitung vorhanden. (http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/ Abruf am 12.12.2017)

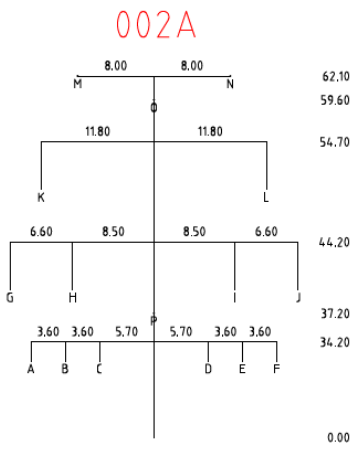
2.3.1 BETRACHTUNG DER KLEINSTEN ABSTÄNDE

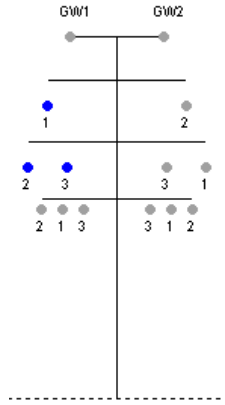
Es werden je Abschnitt gleicher Mastkonfiguration die Stelle des jeweils kleinsten Bodenabstands berechnet, die Feldstärken sind dort am größten. Im weiteren Verlauf der Leitung sind die Feldstärken kleiner.

2.3.1.1 ABSCHNITT MAST 001 BIS MAST 009 ANLAGE 7620 UW BIRKENFELD – ABZW. PKT. ÖTISHEIM

Mastbild:







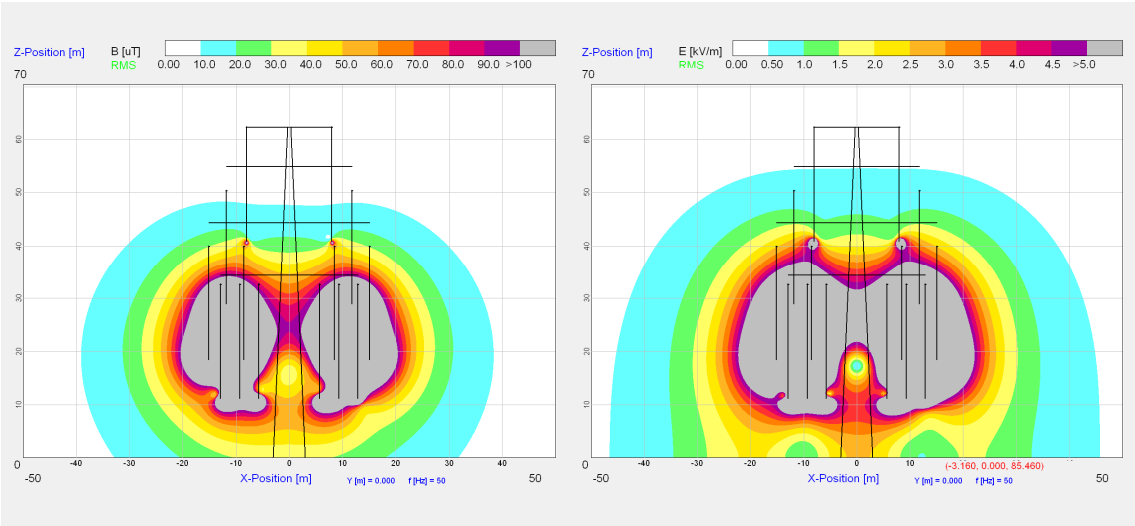
Mastbild

berechnete Phasenlage
(worst case B-unter Leitung)

Stromkreise:

Oben: 2 Stromkreise mit je 3 x 4er 265/35 mit 3.600 A und 380 kV,
Unten: 2 Stromkreise mit je 3 x 265/35, 680 A und 110 kV

Kleinster vorkommender Bodenabstand (10,8 m im Feld Mast 002 - 003)



Magnetische Flussdichte

Elektrische Feldstärke

Abbildung 1 Berechnete Feldstärke in Isoliniendarstellung, im Querschnitt zur Leitung an der Stelle des kleinsten Bodenabstands

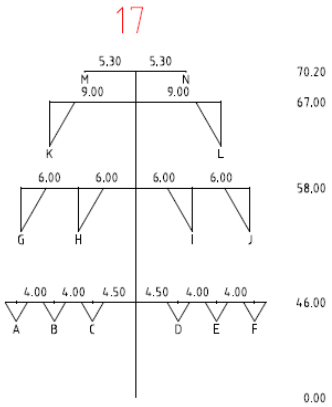
Maximal zu erwartende Feldstärken in Bodennähe sind:

Magnetische Flussdichte ≤ 35 µT
Elektrische Feldstärke ≤ 2,6 kV/m

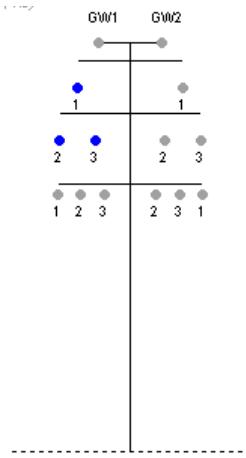
Die Grenzwerte der 26. BImSchV für maßgebende Immissionsorte, 100 µT und 5 kV/m, sind im Abschnitt Mast 001A bis Mast 009 überall eingehalten.

2.3.1.2 ABSCHNITT MAST 010 BIS MAST 023 ANLAGE 7620 UW BIRKENFELD – ABZW. PKT. ÖTISHEIM

Mastbild:



Mastbild

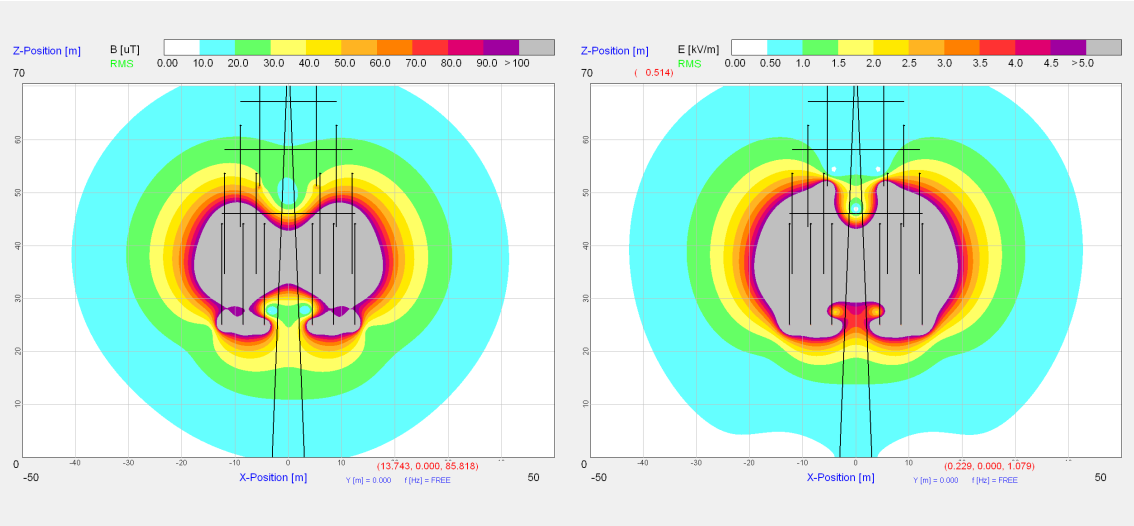


berechnete Phasenlage
(worst case B-Feld unter der Leitung)

Stromkreise:

Oben: 2 Stromkreise mit je 3 x 4er 560/50 mit 3.600 A (Engpassstrom) und 380 kV,
Unten: 2 Stromkreise mit je 3 x 265/35, 680 A und 110 kV

Kleinster vorkommender Bodenabstand (25 m im Feld Mast 017 - 018)



Magnetische Flussdichte Elektrische Feldstärke

Abbildung 2 Berechnete Feldstärke in Isoliniendarstellung, im Querschnitt zur Leitung an der Stelle des kleinsten Bodenabstands

Maximal zu erwartende Feldstärken in Bodennähe sind:

Magnetische Flussdichte ≤ 11 µT
Elektrische Feldstärke ≤ 0,6 kV/m

Die Grenzwerte der 26. BImSchV für maßgebende Immissionsorte, 100 µT und 5 kV/m, sind im Abschnitt Mast 009 bis Mast 23 überall eingehalten.

2.3.2 BETRACHTUNG AUSGEWÄHLTER IMMISSIONSORTE

2.3.2.1 BEREICH MAST 31, UMFAHRUNG KIESELBRONN

In diesem Abschnitt liegen keine maßgebenden Immissionsorte.

Bei der Überlagerung von Feldern verschiedener Frequenzen sind die Immissionsbeiträge nach Anhang 2a der 26. BImSchV zu betrachten, zu ermitteln ist die Summe der Grenzwertausschöpfungen. Im Folgenden wird diese als %-Wert angegeben.

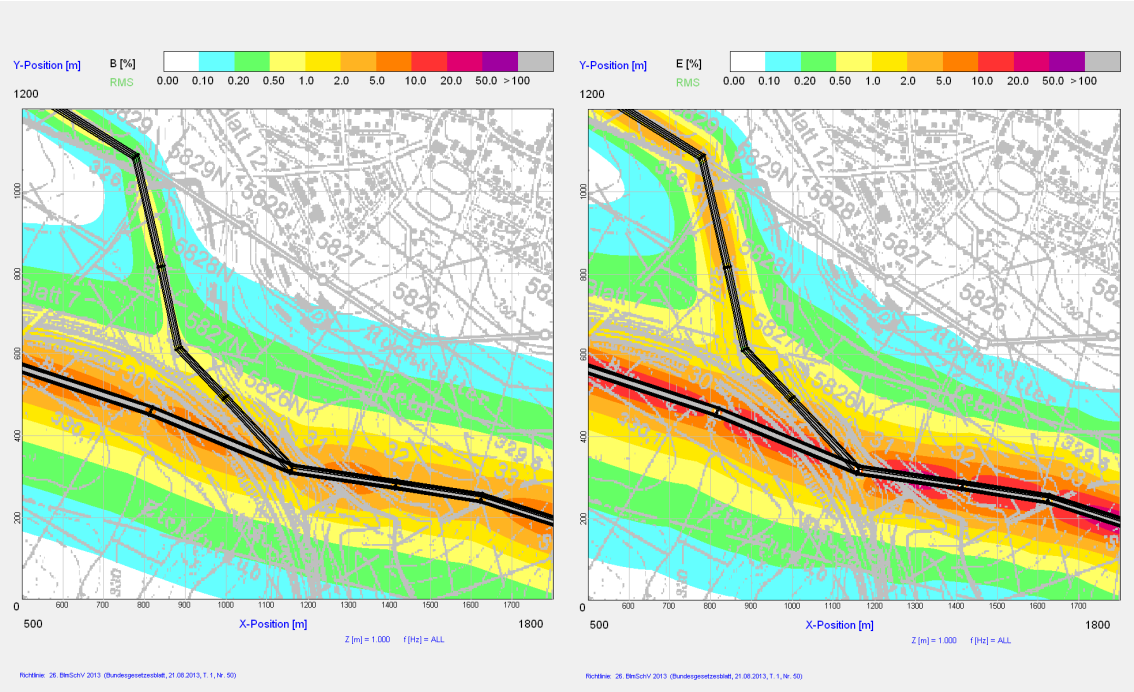
Stromkreise:

Linker Zweig: 2 Stromkreise mit je 3 x 4er 560/50 mit 3.600 A (Engpassstrom) und 380 kV, 50 Hz
Oberer Zweig: 2 Stromkreise mit je 1 x 305/50, 740 A und 110 kV, 16,7 Hz (DB Energie)
Rechter Zweig: Gemeinsame Leitung für die o. g. vier Stromkreise

Draufsicht in Bodennähe:

Die Leitungs-Höhenprofile sind näherungsweise modelliert, sie bilden die Höhen an den Maststandorten und den jeweils kleinsten Bodenabstand im Mastfeld nach.

Die abschirmende Wirkung von Bewuchs (Wald) und Bebauung auf das elektrische Feld ist nicht berücksichtigt.



Ausschöpfung Magnetische Flussdichte Ausschöpfung Elektrische Feldstärke

Abbildung 3: Berechnete Grenzwertausschöpfung in 1 m über dem Boden in der Draufsicht.

Maximal zu erwartende Grenzwertausschöpfung am Ortsrand Kieselbronn sind:

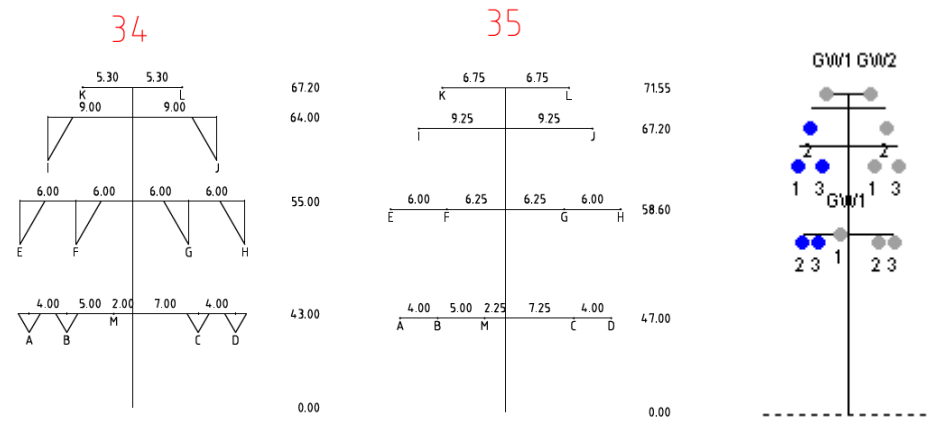
Magnetische Flussdichte ≤ 0,15 %
Elektrische Feldstärke < 0,2 %

2.3.2.2 ABSCHNITT MAST 31 BIS MAST 40 ANLAGE 7620 UW BIRKENFELD – ABZW. PKT. ÖTISHEIM

Im Abschnitt mit dieser Mastkonfiguration liegen keine maßgebenden Immissionsorte.

Bei der Überlagerung von Feldern verschiedener Frequenzen sind die Immissionsbeiträge nach Anhang 2a der 26. BImSchV zu betrachten, zu ermitteln ist die Summe der Grenzwertausschöpfungen. Im Folgenden wird diese als %-Wert angegeben.

Mastbild:

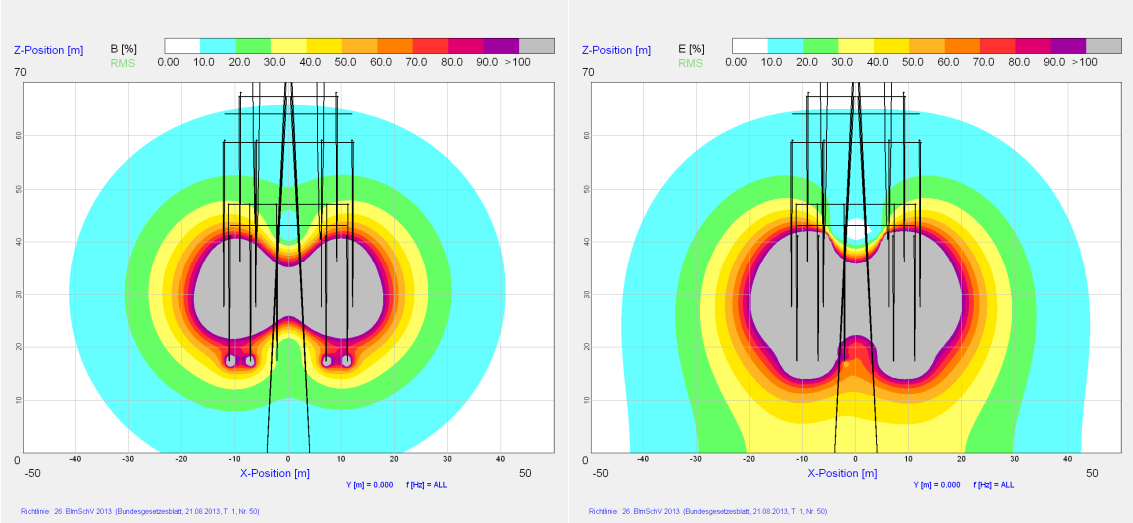


Mastbild berechnete Phasenlage

Stromkreise:

Oben: 2 Stromkreise mit je 3 x 4er 560/50 mit 3.600 A (Engpassstrom) und 380 kV, 50 Hz
Unten: 2 Stromkreise mit je 1 x 305/50, 740 A und 110 kV, 16,7 Hz (Mitführung DB Energie)

Kleinster vorkommender Bodenabstand (17,4 m im Feld Mast 034 - 035)



Ausschöpfung Magnetische Flussdichte Ausschöpfung Elektrische Feldstärke

Abbildung 4: Berechnete Grenzwertausschöpfung in Isoliniendarstellung, im Querschnitt zur Leitung an der Stelle des kleinsten Bodenabstands

Maximal zu erwartende Grenzwertausschöpfung in Bodennähe sind:

Magnetische Flussdichte ≤ 14 %
Elektrische Feldstärke ≤ 38 %

Die Grenzwerte der 26. BImSchV für maßgebende Immissionsorte, 100 µT bei 50 Hz und 300 µT bei 16,7 Hz und 5 kV/m, sind im Abschnitt Mast 031 bis Mast 41 überall eingehalten.

3.0 PRÜFUNG VON MINIMIERUNGSMAßNAHMEN

3.1 VORGEHENSWEISE

Für die Betrachtung in Frage kommender Maßnahmen zur Minimierung werden die betroffenen Immissionsorte ermittelt, die nach 26. BImSchVVwV maßgebende Minimierungsorte sind.

Soweit maßgebende Minimierungsorte vorhanden sind, werden die in der 26. BImSchVVwV genannten Minimierungsmaßnahmen geprüft, ob eine Wirksamkeit gegeben ist, im Rahmen der Gegebenheiten vor Ort andere Schutzgüter betroffen sind und ob die Verhältnismäßigkeit von Nutzen und Aufwand gewahrt bleibt.

3.2 IN FRAGE KOMMENDE MINIMIERUNGSMAßNAHMEN

In Abschnitt 5 der 26. BImSchVVwV werden abschließend folgende Maßnahmen als in Betracht kommend genannt.

3.2.1 MAßNAHMEN BEI AC-FREILEITUNGEN

a) Abstandsoptimierung
Ziel ist, den Abstand der Leiter zu maßgebenden Minimierungsorte zu vergrößern. In Frage kommen die Vergrößerung des Bodenabstands und die Nutzung einer dem Minimierungsort abgewandten Seite der Leitung.
Die Wirksamkeit auf das elektrische und das magnetische Feld ist nur in Trassennähe hoch.
Bei Vergrößerung des Bodenabstands sind Auswirkungen auf das Landschaftsbild (Sichtbarkeit in großer Entfernung), Vogelschutz, Eingriff in den Boden (größere Fundamente) und die Nutzung des Bestandes (ggf. Mast-Erhöhung) zu beachten. Eine Verringerung der Spannfeldlänge erfordert zusätzliche Maststandorte.
Die Nutzung eines dem Minimierungsort abgewandten Leitungsseite setzt eine Wahlmöglichkeit, d.h. freie Gestängeplätze voraus.

b) Elektrische Schirmung
Anbringen von geerdeten Leitern zwischen Leitern und Minimierungsort. Wirkt auf das elektrische Feld abschirmend. Zu beachten sind ggf. die einzuhaltenden Abstände und die höheren Anforderungen an die Maststatik (Mastverstärkung, Fundamente).

c) Minimieren der Seilabstände
Durch Verringern der Leiterabstände eines Stromkreises können das elektrische und das magnetische Feld an Minimierungsorten verringert werden. Grenzen werden gesetzt durch Mindestabstände zur Isolierung sowie steigende Geräuschemissionen durch Koronaeffekte.

d) Optimierung der Mastkopfgeometrie
Durch Auswahl der Masttypen, wie Einebene-, Donau- oder Tonnenmast, kann eine Verringerung der elektrischen und magnetischen Felder erreicht werden. Zu beachten sind Randbedingungen wie die Bauhöhe, der Trassenbreite aber auch Anforderungen, die sich aus der Mitführung ergeben.

e) Optimierung der Leiteranordnung
Bei einem gegebenen Mastbild kann die Anordnung der Phasen eines Stromkreises eine Verringerung der elektrischen und magnetischen Felder bewirken. Zu beachten sind technische Gegebenheiten (Symmetrierung der Kapazitätsbeläge durch Verdrillungskonzept, Anschlusspunkte, Abspannabschnitte) und die Abhängigkeit von der örtlichen Lage des Minimierungsorts. Das Optimum kann sich für das elektrische und das magnetische Feld unterscheiden und kann auch die Schallemission beeinflussen.

3.3 MAßGEBENDE MINIMIERUNGSORTE

Anhand der TK25 und der Lagepläne werden die maßgebenden Minimierungsorte ermittelt. Zusammenhängende Orte zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt, wie zum Beispiel geschlossene Ortschaften, werden zu einem gemeinsamen maßgebenden Minimierungsort zusammengefasst, sofern die minimierungsrelevanten Parameter im Wesentlichen gleich sind. Das ist der Fall bei einem vergleichbaren Aufbau der zu betrachtenden Leitung, gleicher örtlicher Lage, links oder rechts der Leitungstrasse und Abstand zur Leitung, innerhalb oder außerhalb des Bewertungsabstands.

Maßgebende Minimierungsorte sind Orte nach § 4 Abs. 1 der 26. BImSchV sowie zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt bestimmte Gebäude im Einwirkungsbereich. Der Einwirkungsbereich wird in 3.2.1.2 der 26. BimSchVVwV pauschal festgelegt, bei einer 380-kV-Leitung als Streifen mit einer Breite bis 400 m Abstand zum äußeren Leiterseil.

Für Minimierungsorte außerhalb des Bewertungsabstandes von 20 m Abstand zum äußeren Leiterseil wird die Ermittlung von Maßnahmen auf einen auf den Bewertungsabstand projizierten Punkt bezogen, vgl. 3.2.2 in der 26. BimSchVVwV.

Die maßgebenden Minimierungsorte sind in 3.4.2 zusammengefasst.

3.4 BAUMAßNAHME UND BEWERTUNG DER MINIMIERUNGSOPTIONEN

Die Leitung Anl. 7620 bleibt im Bereich Mast 001 bis 009 baulich im Wesentlichen unverändert, teilweise werden die Maste erneuert. Es werden 110-kV-Stromkreise mitgeführt.

Der Abschnitt Mast 009 bis 041 wird neu errichtet. Abschnittsweise werden Stromkreise mit 110 kV und 50 Hz der Netze-BW oder Stromkreise mit 110 kV und 16,7 Hz der DB Energie mitgeführt.

Technische Möglichkeiten (26. BimSchVVwV 5.3.1)	**Minderungspotential**	**Andere Belange oder Schutzgüter**	**Abwägung**
Abstandsoptimierung - Bodenabstand	Wirkung außerhalb Bewertungsabstand gering	Im Bestandsgestänge ist eine Änderung nur mit erheblichem Umbau (Mast-Erhöhung oder zusätzliche Maste) möglich.	Im Bestand nur, wenn Mast ohnehin erhöht oder erneuert werden muss.
		Beeinträchtigung Landschaftsbild (evtl. zusätzlich Flugwarnkugeln, Mastbefeuerung nötig) Vogelschutz (Vogelmarker) Verbreiterung Schutzstreifen	Im Neubau angewendet.
	Wirkung innerhalb Bewertungsabstand erheblich	Im Bestandsgestänge ist eine Änderung nur mit erheblichem Umbau (Mast-Erhöhung oder zusätzliche Maste) möglich.	Im Bestand nur, wenn Mast ohnehin erhöht oder erneuert werden muss. Im Neubau angewendet.
		Beeinträchtigung Landschaftsbild (evtl. zusätzlich Flugwarnkugeln, Mastbefeuerung bei H > 100 m nötig) Vogelschutz (Vogelmarker) Verbreiterung Schutzstreifen	Masthöhe unter 100 m halten
- Gestängeseite	Keine Wirkung, da beide Seiten (rechts und links) der Anlage belegt sind.		entfällt

Technische Möglichkeiten (26. BimSchVVwV 5.3.1)	Minderungspotential	Andere Belange oder Schutzgüter	Abwägung
Elektrische Schirmung - Zusätzliche Schirmseile	Wirkung innerhalb Bewertungsbereich relevant.	Leitungshöhe wird größer: Landschaftsbild, Vogelschutz, ggf. Befeuerung erforderlich.	Anordnung des 110-kV-Stromkreises in die untere Ebene wird realisiert. Zusätzliche Schirmseile sind - am Bestandsgestänge (Mast 1 – 9) nicht ohne Neubau realisierbar, weder Statik noch Bauhöhe sind ausreichend. - Im Bereich Mast 9 – 24 bei der Mitführung der 110-kV-Stromkreise aufgrund der Bauhöhe nicht praktikabel - Im Bereich ab Mast 24 sind keine maßgebenden Minimierungsorte in Leitungsnähe, die einen Nutzen davon haben.
Leiterabstände verringern	Wirkung entsprechend der Verringerung des Abstands.	Im Bestand wird erheblicher Umbau erforderlich, weitere Verringerung erfordert kleinere Mastabstände, d. h. Ersatzneubau.	Im Bestand technisch nicht sinnvoll realisierbar. Im Neubau wird ein kompaktes Mastbild realisiert.
Mastkopfgeometrie		Änderung nur mit Ersatzneubau.	Optimierung unter Gegebenheiten vor Ort bereits realisiert und im Neubau auch vorgesehen, 380-kV-Donau

Technische Möglichkeiten (26. BimSchVVwV 5.3.1)	Minderungspotential	Andere Belange oder Schutzgüter	Abwägung
Leiteranordnung	Minderung kann erheblich sein bei Gegenüberstellung zu einem angenommenen ungünstigsten Fall. Beste Anordnung ist von der Lage des Minimierungsortes abhängig.	Optimierung ist nur über jeweils gesamte Abspannabschnitte möglich (Verdrillung). Optimierung ist von Lastflussrichtung abhängig. Technische Vorgaben zur Symmetrierung (Verdrillungskonzept)	
		Betrieb der 380- und 110-kV-Stromkreise mit 50 Hz erfolgt durch zwei voneinander unabhängig tätige Unternehmen.	Im Bereich der Bündelung mit 110-kV nicht zusicherbar.
		Stromkreise mit verschiedenen Frequenzen, hier 50 Hz (380 kV TransnetBW) und 16,7 Hz (DB Energie), kompensieren sich nicht.	Entfällt bei Bündelung mit DB Energie

Tabelle 2

3.4.2 MAßGEBENDE MINIMIERUNGSORTE UND MINIMIERUNGSMAßNAHMEN

Grundsätzlich umsetzbare Minimierungsmaßnahmen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

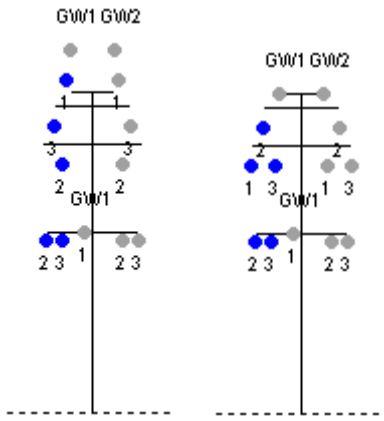
Leitungsabschnitt	**Nutzung**	**Maßnahme**
Anl. 7620 Mast 001 - 004	Gartenanlagen im Bewertungsabstand	Erhöhung Bodenabstand. Leiteranordnung der 380-kV-Stromkreise
Mast 005 - 41	Ortschaften Pforzheim, Ispringen, Kieselbronn, Enzberg; Gartengrundstücke	Bodenabstand groß halten. Kompaktes Mastbild im Bereich des Neubaus. Leiteranordung der 380-kV-Stromkreise

Tabelle 3

Örtlich spezifische mögliche Minimierungsbetrachtungen oder -maßnahmen sind im Folgenden beschrieben.

3.4.2.1 MASTKOPFGEOMETRIE – VERGLEICH DONAU VS. TONNE

Für den Bereich Mast 28 – 31, Minimierungsort Kieselbronn wird das Minimierungspotential durch die Technische Möglichkeit „Mastkopfgeometrie" Tonne vs. Donau dargestellt, ausgehend von einer jeweils nicht optimierten Phasenlage.



In diesem Bereich werden zwei Stromkreise der DB Energie mitgeführt.
Anlagen der DB Energie werden mit 16,7 Hz betrieben, Anlagen der TransnetBW mit 50 Hz. Da Felder verschiedener Frequenzen sich nicht kompensieren können, sind hier nur die für den Vergleich fraglichen Stromkreise der TransnetBW berechnet und dargestellt.

Nach 26. BImSchVVwV wird der maßgebende Minimierungsort Kieselbronn auf den Bewertungsabstand projiziert – hier wird Spannfeldmitte Mast 31-32 verwendet.

Abbildung 5 zeigt die magnetische Flussdichte in Bodennähe im Bereich der Leitung, etwas über den markierten Bewertungsabstand hinaus gehend. Abbildung 6 zeigt die Flussdichte auch für größere Entfernungen und einen Berechnungspunkt am Ortsrand Kieselbronns auf.

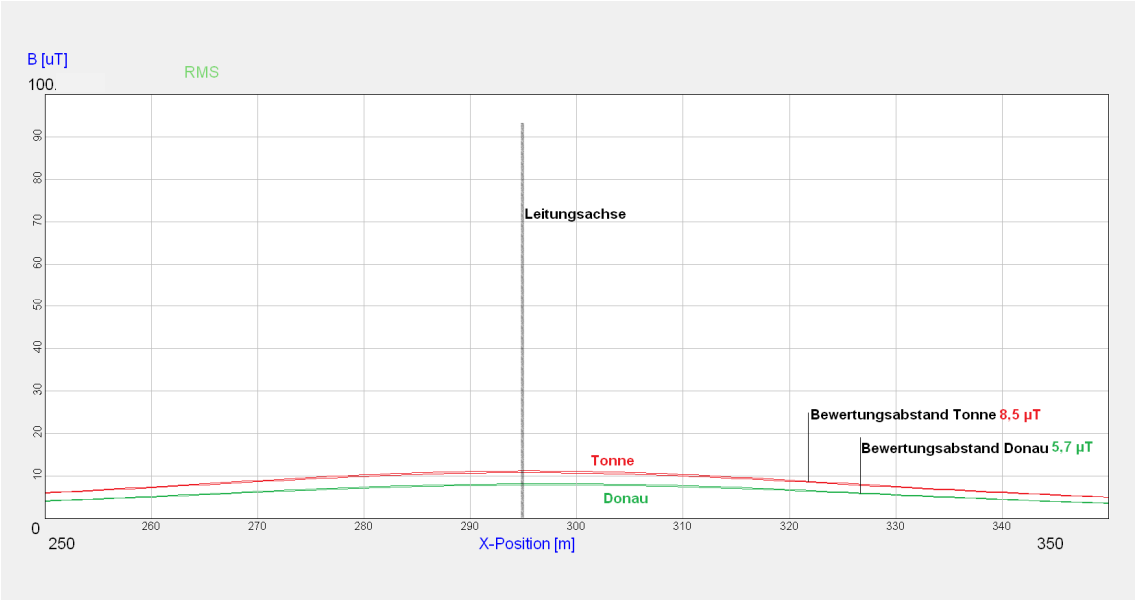


Abbildung 5: Magnetische Flussdichte 50 Hz in 1 m über dem Boden quer zur Spannfeldmitte Mast 31-32; rot = Tonne, grün = Donau; Ortsrand Kieselbronn bei etwa x = 650 m

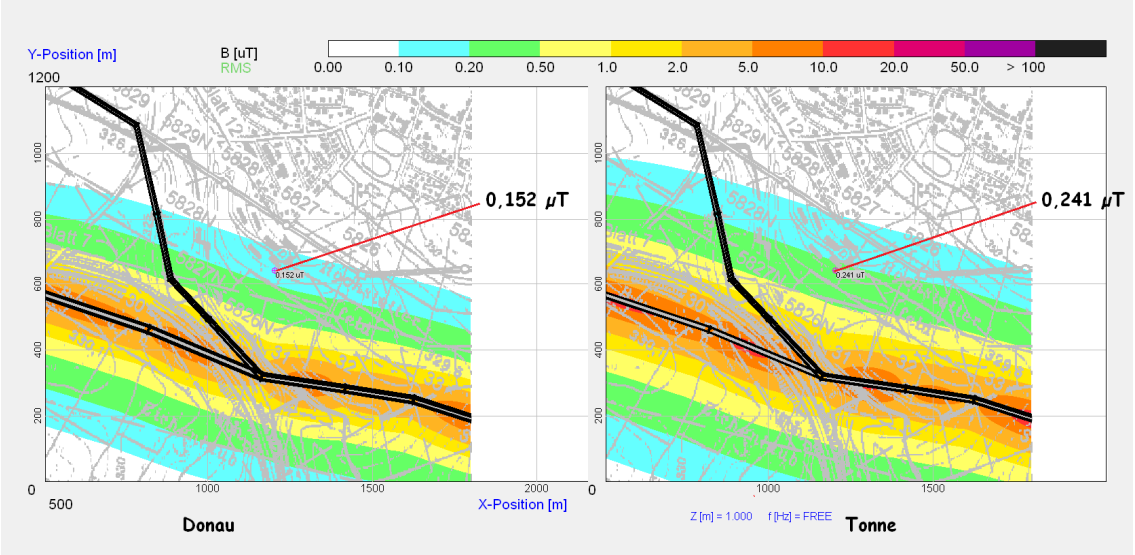


Abbildung 6: Magnetische Flussdichte 50 Hz in 1 m über dem Boden in der Draufsicht. Links = Donau, rechts = Tonne; zur Information ein Berechnungspunkt am Ortsrand Kieselbronn

Im Ergebnis sind für das Mastbild Donau kleinere Flussdichten zu erwarten als für Tonne.

Den Nachteilen der Tonne, der größeren Bauhöhe und den größeren magnetischen Flussdichten stünde der Vorteil einer kompakteren, schmaleren Trasse gegenüber.