

Dr. Peter Nießen
Siebengebirgsallee 60
50939 Köln
Tel. 0221 / 9 41 59 77
Fax 0221 / 9 41 59 76
info@EMF-Institut.de
www.EMF-Institut.de

Sachverständigengutachten

zur Feststellung der Belastung durch
niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder
in der Umgebung von Hochspannungsfreileitungen in der

Gemeinde Herzebrock-Clarholz

30. April 2019

Auftraggeber	Gemeinde Herzebrock-Clarholz Fachbereich 4: Planen, Bauen und Umwelt Am Rathaus 1 33442 Herzebrock-Clarholz
Untersuchungsobjekt	Umgebung der auf dem Gebiet der Gemeinde Herzebrock-Clarholz verlaufenden 380 kV-Hochspannungsfreileitung Uentrop-Gütersloh <ul style="list-style-type: none">▪ Immissionsberechnungen im Bereich des Flächennutzungsplans N-24

Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag und Zweck des Gutachtens	3
1.1 Das Untersuchungsobjekt.....	3
2 Grenz- und Vorsorgewerte	4
2.1 Magnetische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich	4
2.1.1 Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung	4
2.1.2 Vorsorgestrategien und Vorsorgewertewerte	4
2.1.3 Grenzwerte für den Arbeitsschutz (berufliche Exposition).....	4
2.1.4 Grenz- und Vorsorgewerte für Implantatträger.....	5
2.2 Elektrische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich.....	7
3 Modellierung der Hochspannungsfreileitungen	8
3.1 Modellierung der Hochspannungsfreileitung.....	8
3.2 Auslastung der Freileitungen	9
3.2.1 Magnetische Wechselfelder	9
3.2.2 Elektrische Wechselfelder	9
3.2.3 Umwelteinwirkungen	9
4 Durchführung der Berechnungen	10
4.1 Berechnung der elektrischen und magnetischen Wechselfelder	10
4.2 Immissionspunkthöhen	10
5 Berechnungsergebnisse und Bewertung.....	11
5.1 Darstellung der Berechnungsergebnisse	11
5.2 Bewertung der Messergebnisse des magnetischen Wechselfeldes	11
5.2.1 Bewertung möglicher gesundheitlicher Langzeitwirkungen.....	12
5.3 Bewertung der Messergebnisse des elektrischen Feldes	13
5.4 Gesamteinschätzung	14
6 Anhang	16

1 Auftrag und Zweck des Gutachtens

Durch das Gebiet der Gemeinde Herzebrock-Clarholz verläuft die Trasse der Hochspannungsfreileitung Uentrop-Gütersloh, bestehend aus zwei Stromkreisen zu 110 kV und zwei Stromkreisen zu 380 kV Betriebsspannung, die auf gemeinsamen Masten geführt werden.

Als Vorbereitung für eine Änderung des Flächennutzungsplans soll mit diesem Gutachten untersucht werden, welche elektrischen und magnetischen Wechselfelder in der Umgebung der vorhandenen Hochspannungsfreileitungstrasse vorliegen.

Basierend auf den vom Betreiber der Hochspannungsfreileitung (Fa. Amprion) bereitgestellten elektrischen und geometrischen Daten der Freileitung werden Berechnungen der in der ungünstigsten Situation zu erwartenden elektrischen und magnetischen Felder durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden im vorliegenden Gutachten dargestellt und in Relation gesetzt zu den Grenzwerten der 26. BImSchV [1] und – zum Vergleich – zu weiteren Grenzwerten im europäischen Raum (z.B. Schweiz [2]) sowie Vorsorgewertempfehlungen.

1.1 Das Untersuchungsobjekt

Das Gebiet der Gemeinde Herzebrock-Clarholz wird zwischen den beiden Ortsteilen von Südwesten nach Nordosten von der Trasse der genannten Hochspannungsfreileitung durchzogen. Nördlich der Trasse ist im Rahmen der Änderung des Flächennutzungsplans N-24 die Ausweisung eines Wohngebietes geplant. Der Verlauf der Trasse und die Lage des geplanten Wohngebietes sind in **Lageplan 1** im Anhang (S. 16) dargestellt.

Die Hochspannungsfreileitung wird von der Fa. Amprion betrieben. Die auf der Trasse an einem gemeinsamen Gestänge geführten Stromkreise sind in Kap. 3 näher beschrieben.

2 Grenz- und Vorsorgewerte

Die Grenzwerte für die Exposition der Allgemeinbevölkerung mit elektrischen und magnetischen Feldern werden in Deutschland durch die 26. BImSchV (26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz) [1] festgelegt.

2.1 Magnetische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich

2.1.1 Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung

Die Grenzwerte der 26. BImSchV [1] für magnetische Felder stützen sich ausschließlich auf gut reproduzierbar nachgewiesene Spontaneffekte der magnetischen Wechselfelder. Das heißt, Probanden werden Feldern zunehmender Intensität ausgesetzt, bis sie unmittelbar an ihrem Körper Wirkungen dieser Felder verspüren. Mit einem hinreichenden Sicherheitsabstand zu den so ermittelten Feldern mit spontan spürbaren Wirkungen werden daraufhin Grenzwerte festgesetzt, bei denen mit Sicherheit keine spontan spürbaren Effekte auftreten. Alle über diese Spontaneffekte hinausgehenden möglichen Wirkungen magnetischer Felder, die in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert und untersucht werden, haben in Deutschland keinen Einfluss auf die Grenzwertfestsetzung.

2.1.2 Vorsorgestrategien und Vorsorgewertewerte

Einige Genehmigungsbehörden im europäischen Ausland sowie auch in einigen Bundesländern (exemplarisch hier für Nordrhein-Westfalen aufgeführt) legen bei der Festlegung von Grenz- und Vorsorgewerten deutlich strengere Maßstäbe an als der Bundesgesetzgeber. So hat zum Beispiel die Schweiz aus Vorsorgegründen für Daueraufenthaltsbereiche von Menschen (OMEN = Orte mit empfindlicher Nutzung, vgl. Fußnote 3) einen gesetzlichen Grenzwert von $1 \mu\text{T}$ festgelegt. In den Niederlanden gilt für die Neuanlage von Hochspannungsleitungen (nicht für den Ausbau vorhandener Trassen) ein im Jahresmittel einzuhaltender Grenzwert von $0,4 \mu\text{T}$.

Das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (MKULNV NRW) stützt sich bei den Abstandsempfehlungen für Wohngebäude in der Nähe von Hochspannungsleitungen intern auf einen Vorsorgewert von $10 \mu\text{T}$ (vgl. [3]); es sei aber darauf hingewiesen, dass in [3] ein Vorsorgewert nicht explizit genannt wird.

2.1.3 Grenzwerte für den Arbeitsschutz (berufliche Exposition)

Die bisher von den deutschen Berufsgenossenschaften bzw. der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) festgelegten Grenzwerte zum Arbeitsschutz sind zum 1.7.2016 bzw. 15.11.2016 durch die „Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern“ EMFV [4] abgelöst worden, die die EU-Richtlinie 2013/35/EU in nationales Recht umsetzt. Für den Niederfrequenzbereich werden sowohl in der EU-Richtlinie als auch in der EMFV zwei „Auslöseschwellen“ festgelegt:

- niedrige Auslöseschwelle: Auslöseschwelle für sensorische Wirkung
- hohe Auslöseschwelle: Auslöseschwelle für gesundheitliche Wirkung

Die Einhaltung der niedrigen Auslöseschwelle dient zum Schutz vor vorübergehenden (störenden) Sinnesempfindungen; bei Unterschreitung dieser Schwelle ist ein Aufenthalt ohne zeitliche Beschränkung zulässig. Demgegenüber dient die Einhaltung der hohen Auslöseschwelle zum Schutz vor der Stimulation von Nerven und Muskelgewebe; bei Unterschreitung dieser Schwelle ist ein (nicht näher spezifizierter) vorübergehender Aufenthalt zulässig.

Die numerischen Werte dieser Auslöseschwellen sind in Tabelle 1 außer für den hier interessierenden Frequenzbereich (50 Hz, öffentliche Stromversorgung) auch für den Frequenzbereich 16,7 Hz (Bahnstrom) angegeben.

2.1.4 Grenz- und Vorsorgewerte für Implantatträger

Herzschrittmacher der Kategorie 1 (angemessen störfest) sind nach [5] in kontinuierlichen sinusförmigen 16,7 bzw. 50 Hz-Feldern bei kleinen elektrischen Feldstärken bis zu einem Effektivwert der magnetischen Flussdichte von ca. **300 μT** bzw. **65 μT** sicher.

Allerdings empfiehlt die Strahlenschutzkommission zur Vermeidung der Störbeeinflussung von elektronischen Implantaten im Allgemeinen (z.B. Herzschrittmachern oder Defibrillatoren) [6] ortsfeste Anlagen zur Energieversorgung mit der Frequenz 50 Hz und der Bahnfrequenz 16,7 Hz so zu planen, zu errichten und zu betreiben, dass auch bei höchster betrieblicher Auslastung folgende Werte nicht überschritten werden:

- **30 μT** (16,7Hz) bzw. **10 μT** (50 Hz) in Bereichen, in denen mit zusätzlichen Feldquellen gerechnet werden muss (z.B. in Wohnanlagen, Seniorenheimen, Krankenhäusern)
- **45 μT** (16,7 Hz) bzw. **15 μT** (50 Hz) in Bereichen, in denen Einträge zusätzlicher Feldquellen nicht zu erwarten und Feldquellen (z.B. Erdkabel) nicht sichtbar bzw. nicht entsprechend gekennzeichnet sind.

Tabelle 1: Empfehlungen und Grenzwerte für magnetische Wechselfelder (Effektivwerte)
Im vorliegenden Fall interessiert nur die rechte Spalte (50 Hz Magnetfeld)

	Magnetfeld (16,7 Hz)	Magnetfeld (50 Hz)
EMFV [4], Umsetzung der EU-Richtlinie EU-RL 2013/35/EU (ersetzt ab 1.7.2016 die deutsche Regelung DGUV Vorschrift 15)		
▪ ohne zeitliche Beschränkung (niedrige Auslöseschwelle)	1.497,0 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	1.000 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
▪ vorübergehender Aufenthalt zulässig (hohe Auslöseschwelle)	17.964,1 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	6.000 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
▪ für Extremitäten (Faktor 3)	53.892,2 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	18.000 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
DGUV Vorschrift 15 (Deutsche Gesetzliche Unfall-Versicherung) [7], näher erläutert in den Berufsgenossenschaftlichen Regeln DGUV Regel 103-013 [8] (übereinstimmend mit den bisherigen berufsgenossenschaftlichen Vorschriften BGV/B11 bzw. Regeln BGR/B11)		
▪ ohne zeitliche Beschränkung	1.270,7 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	424,4 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
▪ bis 8 Stunden pro Tag	4.065,9 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	1.358 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
▪ bis 2 Stunden pro Tag	7.622,8 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	2.546 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
▪ für Extremitäten (Faktor 2,5)	19.057 $\mu\text{T}^{\text{a)}$	6.365 $\mu\text{T}^{\text{a)}$
Gesetzlicher Grenzwert / 26. BImSchV [1] ¹	300 $\mu\text{T}^{\text{a,b)}$	100 $\mu\text{T}^{\text{a,b)}$
Abstandserlass des Landes NRW [3] ²		10 μT
Anlagengrenzwert Schweiz OMEN ³ (NISV)	1 $\mu\text{T}^{\text{c)}$	1 $\mu\text{T}^{\text{c)}$
Grenzwert Niederlande für Neuanlagen		0,4 $\mu\text{T}^{\text{d)}$
Vorsorgeempfehlung IARC ⁴ [9,10]		0,4 μT
Vorsorgewert kritischer Institute	0,6 $\mu\text{T}^{\text{d)}$	0,2 $\mu\text{T}^{\text{d)}$
Vorsorgewert ECOLOG-Institut		0,1 μT
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen		0,05 bis 0,2 μT

* μT = Mikrotesla

a) Maximalwert (keine zeitliche Mittelwertbildung)

b) Bei Altanlagen (Errichtung vor 22.8.2013) ist für bis zu 72 Minuten pro Tag eine Überschreitung um 100 % zulässig.

c) Bei Bahnanlagen Mittelwert über 24 Stunden, ansonsten keine Mittelwertbildung

d) Jahresmittelwert (Langzeitmittelwert zur Durchschnittsbelastung)

¹ Die gesetzlichen Grenzwerte in Deutschland für magnetische und elektrische Wechselfelder stützen sich weitgehend auf die Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

² Im Abstandserlass ist **nicht** explizit ein Grenzwert für Magnetfelder genannt, die empfohlenen Abstände zu Hochspannungsfreileitungen beruhen aber auf dem genannten Wert

³ OMEN = Orte mit empfindlicher Nutzung. Damit sind Orte gemeint, an denen sich Menschen regelmäßig während längerer Zeit aufhalten, z.B. Wohnungen, Schulen, Krankenhäuser, Büros oder Kinderspielplätze, aber nicht: z.B. Balkone, Dachterrassen, Treppenhäuser, Eisenbahnabteile, etc.

⁴ IARC = International Agency for Research on Cancer, Lyon

2.2 Elektrische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich

Tabelle 2: Empfehlungen und Grenzwerte für elektrische Wechselfelder (Effektivwerte)

Im vorliegenden Fall interessiert nur die rechte Spalte (Elektrisches Feld 50 Hz)

	El. Feldstärke (16,7 Hz)	El. Feldstärke (50 Hz)
EMFV [4], Umsetzung der EU-Richtlinie EU-RL 2013/35/EU (ersetzt ab 1.7.2016 die deutsche Regelung DGUV Vorschrift 15)		
▪ ohne zeitliche Beschränkung (niedrige Auslöseschwelle)	20.000 V/m ^{a)}	10.000 V/m ^{a)}
▪ vorübergehender Aufenthalt zulässig (hohe Auslöseschwelle)	20.000 V/m ^{a)}	20.000 V/m ^{a)}
DGUV Vorschrift 15 (Deutsche Gesetzliche Unfall-Versicherung) [7], näher erläutert in den Berufsgenossenschaftlichen Regeln DGUV Regel 103-013 [8] (übereinstimmend mit den bisherigen berufsgenossenschaftlichen Vorschriften BGV/B11 bzw. Regeln BGR/B11)		
▪ ohne zeitliche Beschränkung	19.958 V/m ^{a)}	6.666 V/m ^{a)}
▪ bis 8 Stunden pro Tag	30.000 V/m ^{a)}	21.320 V/m ^{a)}
▪ bis 2 Stunden pro Tag	30.000 V/m ^{a)}	30.000 V/m ^{a)}
Gesetzlicher Grenzwert / 26. BImSchV	5.000 V/m ^{a,b,c)}	5.000 V/m ^{a,b)}
Gesetzlicher Grenzwert Schweiz (NISV)	10.000 V/m	5.000 V/m
Empfehlungen kritischer Institute für 24-stündige Dauerbelastung		25 V/m
zum Vergleich: schwedische Bildschirmnorm MPR 3		25 V/m
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen		5 bis 40 V/m

a) Maximalwert (keine zeitliche Mittelwertbildung)

b) Bei Altanlagen (Errichtung vor 22.8.2013) sind außerhalb von Gebäuden kleinräumige Überschreitungen um 100 % zulässig.

c) Für existierende Bahnstromanlagen (16,7 Hz) gilt bis zum 22.8.2018 als Übergangsregelung ein Grenzwert von 10 000 V/m

Erläuterung: Auch bei elektrischen Wechselfeldern werden die Grenzwerte so festgelegt, dass die im Körper hervorgerufenen Stromdichten auf solche Werte begrenzt bleiben, bei denen keine Spontanwirkungen auftreten. Bei den elektrischen Feldern ist es allerdings wissenschaftlich weniger klar, ob die induzierten Stromdichten den alleinigen Wirkungsmechanismus darstellen. Es ist durchaus denkbar, dass auch unmittelbare Wirkungen des elektrischen Feldes biologische Effekte auslösen.

3 Modellierung der Hochspannungsfreileitungen

In dem für das Untersuchungsgebiet relevanten Trassenabschnitt verlaufen folgende Hochspannungsfreileitungen der Trasse Uentrop – Gütersloh auf einem gemeinsamen Gestänge (d.h. auf gemeinsamen Masten):

Auf der nördlichen Seite der Trasse:

- Stromkreis Gersteinwerk Ost (380 kV), oben am Mast
- Stromkreis Enniger-Gütersloh Nord (110 kV), unten am Mast

und auf der südlichen Seite der Trasse:

- Stromkreis Gütersloh Süd (380 kV) , oben am Mast
- Stromkreis Enniger-Gütersloh Süd (110 kV) , unten am Mast

Im vorliegenden Gutachten wurden – basierend auf einer Modellierung dieser Hochspannungsfreileitungen – Querprofile der elektrischen und magnetischen Wechselfelder berechnet. Die Berechnungen erfolgten u.a. mit dem Programm WinField⁵.

3.1 Modellierung der Hochspannungsfreileitung

Die geometrischen und elektrischen Daten der Hochspannungsfreileitungen wurden vom Netzbetreiber,

Amprion GmbH, Rheinlanddamm 24, 44139 Dortmund

zur Verfügung gestellt.

Elektrische Daten der 380 kV-Stromkreise:

- Nennbetriebsspannung (Systemspannung): 380 kV
- maximal zulässige Betriebsspannung: 420 kV
- Maximalstrom (für jeden Stromkreis): 2720 A
- Betriebsfrequenz: 50 Hz
- Phasenfolge (von Nord nach Süd): L2, L3, L1 – L3, L1, L2

Elektrische Daten der 110 kV-Stromkreise:

- Nennbetriebsspannung (Systemspannung): 110 kV
- maximal zulässige Betriebsspannung: 123 kV
- Maximalstrom (für jeden Stromkreis): 680 A
- Betriebsfrequenz: 50 Hz
- Phasenfolge: L2, L3, L1 – L3, L1, L2

Die vollständigen geometrischen Daten der Freileitungstrasse einschließlich der einzelnen Mastbilder (mit Abstand der Leiterseile vom Boden und von der Trassenachse), dem Geländeprofil und dem Durchhang der Leiterseile wurden vom Netzbetreiber ebenfalls zur Verfügung gestellt.

⁵ <http://www.fgeu.de/html/wf.htm>

Für das Untersuchungsgebiet zu betrachten ist das Spannungsfeld zwischen Mast-Nr. 106 und Mast-Nr. 107. Ein Lageplan des Untersuchungsgebiets ist in **Lageplan 1** (S. 16) im Anhang dargestellt.

Aus dem Profilplan der Freileitung (mit Geländeprofil und Durchhang der Leiterseile) ist zu entnehmen, dass in dem interessierenden Spannungsfeld (Mast 106 – Mast 107) der **Mindestabstand der unteren Leiterseile vom Boden 9,13 m** beträgt.

Die beiden beteiligten Masten weisen etwas unterschiedliche Stockwerksabstände (Höhendifferenz zwischen den Leiterseilen) auf. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung wurden für die vorliegende Berechnung die aus Immissionsschutzsicht ungünstigeren Stockwerksabstände an Mast-Nr. 107 für das gesamte Spannungsfeld angenommen:

- 9,0 m Höhenabstand von den unteren zu den mittleren Leiterseilen
- 12,5 m Höhenabstand von den mittleren zum oberen Leiterseil
- 14,5 m Höhenabstand vom oberen Leiterseil zum Erdseil

3.2 Auslastung der Freileitungen

3.2.1 Magnetische Wechselfelder

Magnetische Wechselfelder werden durch die Ströme in elektrischen Leitungen verursacht, wobei eine lineare Abhängigkeit zur Stromführung der Leitung besteht. Die Ströme in allen Anlagen der elektrischen Energieversorgung unterliegen zeitlichen Schwankungen entsprechend der wechselnden Auslastung der Anlagen, umgangssprachlich ausgedrückt entsprechend der tageszeitlichen Schwankung des „Stromverbrauchs“. Mit der tageszeitlichen Schwankung der Stromführung der Hochspannungsfreileitungen unterliegen auch die dadurch verursachten Magnetfelder den gleichen Schwankungen.

3.2.2 Elektrische Wechselfelder

Bei elektrischen Feldern besteht dieses Problem der wechselnden Auslastung nicht, da die Felder durch die elektrische Spannung verursacht werden und diese keinen nennenswerten Schwankungen unterliegt, solange die Hochspannungsfreileitungen mit dem Stromnetz verbunden sind.

3.2.3 Umwelteinwirkungen

Für die möglichen Umwelteinwirkungen elektrischer Felder ist als weiterer Unterschied zwischen elektrischen und magnetischen Feldern zu beachten, dass elektrische Felder von massiven Baumaterialien weitgehend abgeschirmt werden und daher – abgesehen von größeren Fensterflächen – kaum ins Innere von Bauwerken aus massiver Bausubstanz (Stein, Beton, Metall) eindringen, wohingegen Magnetfelder solche Bauwerke weitgehend ungestört durchdringen.

4 Durchführung der Berechnungen

4.1 Berechnung der elektrischen und magnetischen Wechselfelder

Die Felder wurden jeweils als Querprofile zum Trassenverlauf berechnet. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung wurden dafür folgende Positionen ausgewählt:

- Elektrisches Feld: Mastposition (größte Leiterseilhöhe) und die Position des geringsten Bodenabstands der Leiterseile. Je nach Seitenabstand und Höhe des betrachteten Immissionspunktes über Boden stellt hiervon die eine oder die andere Position die Worst-Case-Situation dar.
- Magnetisches Feld: Das Querprofil wurde an der Position des geringsten Bodenabstands der Leiterseile berechnet. Für das magnetische Feld ist dies auf jeden Fall die Worst-Case-Situation.

Beim magnetischen Feld besteht (im Gegensatz zum elektrischen Feld) eine – erhebliche – Abhängigkeit von der Lastflussrichtung der einzelnen Stromkreise, d.h. überträgt der Stromkreis Energie von Ost nach West oder in umgekehrter Richtung.

Da der Netzbetreiber zu den Lastflussrichtungen der einzelnen Stromkreise leider keinerlei Angaben machen konnte, wurden für das vorliegende Gutachten alle 8 Kombinationen möglicher Lastflussrichtungen der einzelnen Stromkreise betrachtet.

4.2 Immissionspunkthöhen

Die Berechnungen für beide Felder wurden jeweils für eine größere Anzahl von Immissionspunkthöhen durchgeführt, um die Immissionen für unterschiedliche Bebauungshöhen beurteilen zu können (s. Diagramme im Anhang).

5 Berechnungsergebnisse und Bewertung

5.1 Darstellung der Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse sind in den Diagrammen im Anhang (ab S. 17) im Detail dargestellt.

Die zur Bewertung der Berechnungsergebnisse dienenden Grenz- und Vorsorgewerte sind dargestellt

- für die Magnetfelder: in Kap. 2.1 (S. 4), insbesondere in Tabelle 1 (S. 6)
- für die elektrische Felder: in Kap. 2.2 (S. 7), insbesondere in Tabelle 2 (S. 7)

5.2 Bewertung der Messergebnisse des magnetischen Wechselfeldes

Die Berechnungsergebnisse für die magnetischen Wechselfelder sind detailliert in **Diagramm 1** bis **Diagramm 11** (ab S. 17 im Anhang) dargestellt, wobei jedes Diagramm eine andere Immissionspunkthöhe zeigt und in jedem Diagramm die 8 möglichen Kombinationen der Lastflussrichtungen der einzelnen Stromkreise zusammengefasst sind.

Insgesamt zeigt sich, dass in unmittelbarer Nähe der Leitung die Immissionspunkthöhe einen großen Einfluss auf die zu erwartenden Immissionen hat, in den hier interessierenden Entfernungen von 150 m oder mehr Abstand zur Trassenachse aber praktisch kein Einfluss der Immissionspunkthöhe (also einer möglichen Bebauungshöhe) auf die Immissionen festzustellen ist.

Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Lastflussrichtungen der einzelnen Stromkreise zeigt sich ein komplexes Verhalten in unmittelbarer Nähe der Freileitungstrasse. Für den hier vornehmlich interessierenden Außenbereich (mehr als 30 m Abstand zur Trassenachse) ist zu erkennen, dass die aus Sicht des Immissionsschutzes ungünstigste Situation vorliegt, wenn die beiden Stromkreise auf der nördlichen Seite der Trasse die gleiche Lastflussrichtung aufweisen und die beiden Stromkreise auf der südlichen Seite der Trasse die dazu entgegengesetzte Lastflussrichtung haben (hellblaue Kurve in den Diagrammen).

Weiterhin ist die Abnahme der Magnetfelder mit zunehmendem Abstand zur Trassenachse deutlich erkennbar. In einem Abstand von 150 m zur Trassenachse sind auch unter ungünstigsten Bedingungen Magnetfelder von maximal 0,65 μT zu erwarten.

Als Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse dieses Gutachtens wird in der folgenden **Tabelle 3** dargestellt, ab welchem Abstand von der Trassenachse die einzelnen Grenz- und Vorsorgewerte für 50 Hz-Magnetfelder aus Tabelle 1 (S. 6) eingehalten werden. Dort sind u.a. auch mehrere Vorsorgewertempfehlungen aufgeführt, für die nicht der mögliche Maximalwert sondern der langzeitige Mittelwert der

Immissionen von Belang ist⁶. Hierfür wurde eine Korrektur entsprechend Kap. 5.2.1 angebracht.

Tabelle 3: Erforderliche Abstände von der Trassenachse der Freileitung zur Einhaltung von Grenz- und Vorsorgewerten für Magnetfelder

Magnetfeld	eingehalten ab einem Abstand von	Erläuterungen s. Tabelle 1 (S. 6)
100 μT	20 m	Einhaltung des Grenzwertes der 26. BImSchV
10 μT	42 m	Einhaltung des Vorsorgewertes für Implantatträger, Einhaltung der Empfehlungsgrundlage für den NRW-Abstandserlass
1 μT	120 m	Einhaltung des Anlagengrenzwertes der Schweiz (OMEN) ⁷
0,4 μT / 60%*	145 m	Einhaltung des Anlagengrenzwertes der Niederlande für neuanlagen sowie der Vorsorgeempfehlung der IARC
0,2 μT / 60%*	205 m	Einhaltung des Vorsorgewertes kritischer Institute
0,1 μT / 60%*	285 m	Einhaltung des Vorsorgewertes des ECOLOG-Instituts

* Zum Vergleich dieser Vorsorgewerte mit den bei den Berechnungen ermittelten Maximalwerten wurden die Vergleichswerte um den **Faktor 1/0,6 = 1,67** erhöht, um die langzeitliche Auslastung der Freileitungen von maximal 60 % zu berücksichtigen (vgl. Kap. 5.2.1)

5.2.1 Bewertung möglicher gesundheitlicher Langzeitwirkungen

Für die Bewertung der Immissionen bezüglich möglicher gesundheitlicher Langzeitwirkungen stellt der langzeitige Mittelwert des Magnetfeldes das Hauptbewertungskriterium dar, da der langzeitige Mittelwert sowohl nach Einschätzung des EMF-Instituts als auch offizieller Einschätzung (z.B. niederländischer Grenzwert) am ehesten für mögliche Langzeitwirkungen von Bedeutung ist.

Für das vorliegende Gutachten konnte der Netzbetreiber leider keine Angaben zur tatsächlich auftretenden Auslastung der Freileitungen im Jahresmittel machen. Die Angaben des Netzbetreibers beschränken sich darauf, dass im Normalfall (d.h. abgesehen von Fehlerfällen und Wartungsarbeiten) der Auslastungsgrad nicht höher als 50 bis 60 % liege. Nach Einschätzung des EMF-Instituts (basierend auf Messungen an typischen Hochspannungsfreileitungen sowie Erfahrungswerten) handelt es sich bei einer über den Tages- und Jahresverlauf gemittelten Auslastung von 50 bis 60 Prozent eher um einen ungewöhnlich hohen Wert.

Um im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung trotzdem auf der „sicheren Seite“ zu liegen, wurde für dieses Gutachten angenommen, dass die Auslastung der Freileitungen im langzeitlichen Mittelwert bei 60 % der Maximalauslastung liegt **und** dass permanent die ungünstigste Kombination der Lastflussrichtungen vorliegt. Es ist da-

⁶ in Tabelle 3 mit einem Stern markiert

⁷ In der Schweiz werden für den Anlagengrenzwert die Zeitverläufe von 16,7 Hz und 50 Hz Magnetfeldern unterschiedlich berücksichtigt (vgl. Tabelle 1, S. 4)

von auszugehen, dass mit diesen Annahmen die tatsächlich vorliegende Immissionssituation deutlich überschätzt wird.

Zum Vergleich mit den bei den Berechnungen ermittelten Maximalwerten wurden diejenigen Vorsorgewertempfehlungen, die auf die Einhaltung eines Langzeitmittelwertes abzielen, um den

$$\text{Faktor } 1/0,6 = 1,67$$

erhöht (s. **Tabelle 3**).

5.3 Bewertung der Berechnungsergebnisse des elektrischen Feldes

Die Ergebnisse der Berechnungen des elektrischen Wechselfeldes sind in den **Diagramm 12** und **Diagramm 13** (ab S. 28 im Anhang) dargestellt.

Da bei elektrischen Feldern das Problem „wechselnde Lastflussrichtung“ nicht besteht, können hier die Ergebnisse für unterschiedliche Immissionspunkthöhen in einem Diagramm zusammengefasst werden und die Ergebnisdarstellung beschränkt sich auf:

- **Diagramm 12:** Querprofile bei geringstem Bodenabstand der Leiterseile
- **Diagramm 13:** Querprofile im Mastbereich (größte Höhe der Leiterseile)

Zur (geringeren) Bedeutung der elektrischen Felder für mögliche Langzeitwirkungen wird nochmals auf Kap. 3.2.2 und 3.2.3 (S. 9) hingewiesen.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass der gesetzliche Grenzwert der 26. BImSchV von 5000 V/m für elektrische Wechselfelder entsprechend Kapitel 2.2 ab einem Abstand von 24 m zur Trassenachse unterschritten wird.

Weiterhin ist aus den Diagrammen im Anhang gut zu erkennen, dass die elektrischen Felder mit zunehmendem seitlichem Abstand zu den Leiterseilen schnell abnehmen.

Die elektrischen Felder von Hochspannungsfreileitungen sind für den Innenbereich von Gebäuden in den meisten Fällen ohne Bedeutung, da massive Bausubstanz elektrische Felder zum großen Teil abschirmt. In Innenräumen sind erhöhte elektrische Felder daher nur in seltenen Fällen zu erwarten, z.B. bei großflächigen Fensterfronten mit freier Sicht auf die Leiterseile der Hochspannungsfreileitungen⁸.

Die Bedeutung der elektrischen Felder für mögliche biologische Langzeitwirkungen ist – nach Einschätzung des EMF-Instituts – wesentlich geringer als die der magnetischen Felder. Diese Einschätzung beruht im Wesentlichen darauf, dass die elektrischen Felder nur wenig in die Innenräume der Wohnungen eindringen und daher für Daueraufenthaltsbereich eine erheblich geringere Bedeutung haben als magnetische Felder, die weitgehend ungestört in Gebäude eindringen.

⁸ Grundsätzlich können erhöhte elektrische Felder auch unmittelbar unterhalb einer (elektrisch isolierenden) Dachkonstruktion auftreten (z.B. Dachpfannen, hölzerner Dachstuhl, Rigipsverkleidung)

5.4 Gesamteinschätzung

Das im Flächennutzungsplan N-24 vorgesehene Siedlungsgebiet hat einen Mindestabstand zur Trassenachse der Hochspannungsfreileitungen von ca. 150 Metern.

In diesem Abstand werden die gesetzlichen Grenzwerte der 26. BImSchV sehr weit unterschritten. Die Grenzwertausschöpfung liegt sowohl bei den elektrischen als auch den magnetischen Feldern bei weniger als 0,7 Prozent.

Weitergehende Vorsorgewertempfehlungen beschränken sich (aus den vorstehend in Kap. 5.3 genannten Gründen) im Wesentlichen auf magnetische Felder, für die in einem Abstand von 150 m zur Trassenachse ebenfalls eingehalten werden (vgl. **Tabelle 3**):

- Vorsorgewertempfehlungen für Implantatträger
- Schweizer Grenzwert für Orte mit empfindliche Nutzung (OMEN)
- Niederländischer Grenzwert (im Jahresmittel)

Unter den für dieses Gutachten getroffenen Worst-Case-Annahmen zur Auslastung der Freileitung im langzeitlichen Mittel und zur Lastflussrichtung der einzelnen Stromkreise werden die Vorsorgewerte des ECOLOG-Instituts und anderer kritischer Institute erst ab einer Entfernung von ca. 285 m bzw. 205 m zur Leitungstrasse eingehalten. Sofern die Einhaltung dieser Vorsorgewertempfehlungen von Belang ist, wird empfohlen, zunächst die Auslastung der Freileitung im langzeitlichen Mittel und die Wahrscheinlichkeit von Lastflussrichtungswechseln genauer in Erfahrung zu bringen. Sofern der Betreiber hierzu keine weitergehenden Auskünfte erteilen kann, kommt auch eine Daueraufzeichnungsmessung der Magnetfelder über einen längeren Zeitraum in Betracht.

Köln, 30. April 2019



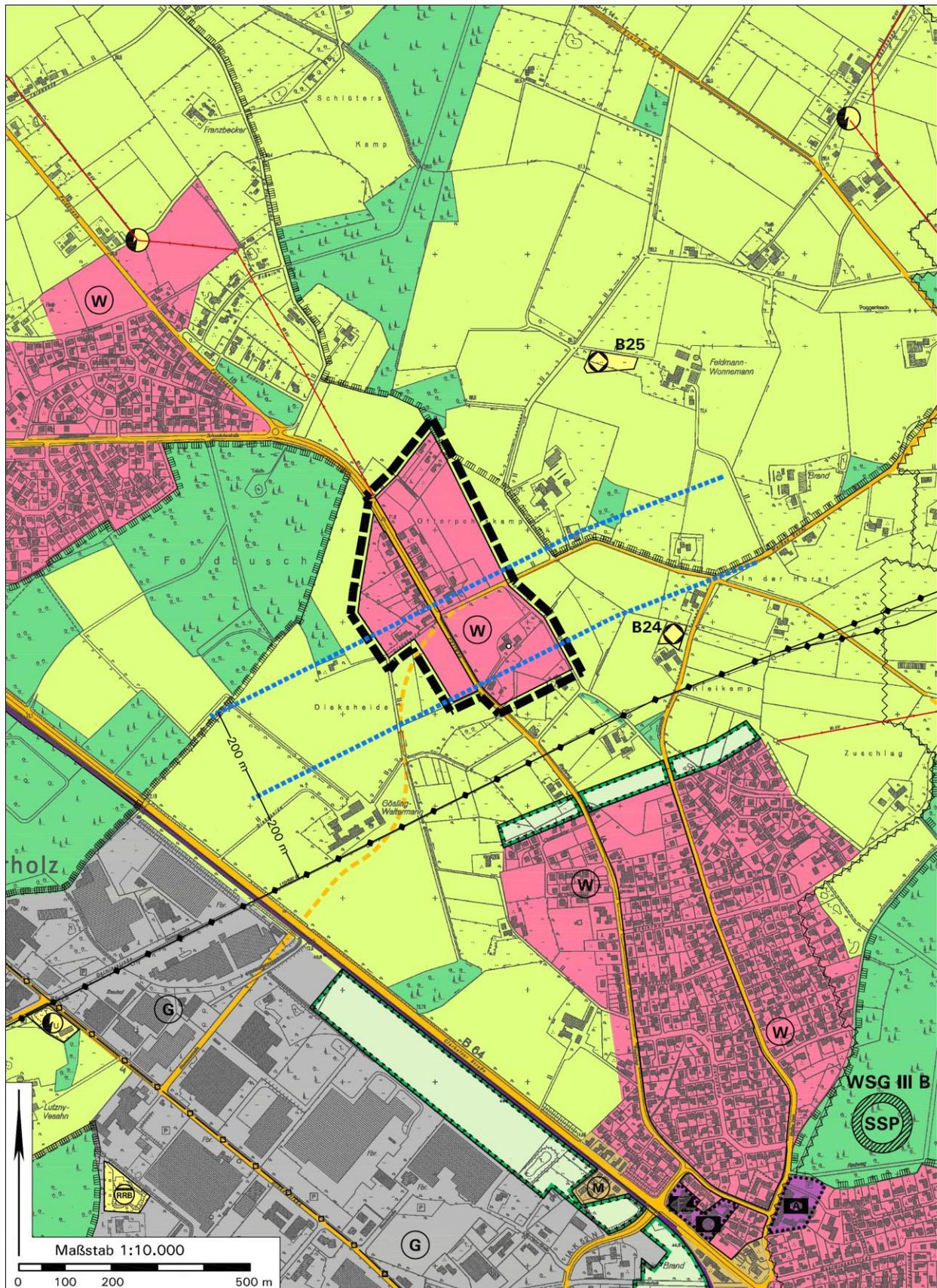
Dipl.-Phys. Dr. Peter Nießen, EMF-Institut
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für EMVU

Dieses Dokument unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung oder Speicherung des Berichts in Auszügen bedarf der vorhergehenden schriftlichen Genehmigung durch den Autor. Das vollständige Gutachten darf mit Angabe der Quelle, des Autors und diesem ©-Vermerk vervielfältigt oder veröffentlicht werden.

Literatur

- [1] 26. BImSchV: 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder) vom 16. Dezember 1996, Neufassung 14.08.2013, I 3266
- [2] NISV: Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung 814.710, 23.12.1999
- [3] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV NRW) ehemals MUNLV: Immissionsschutz in der Bauleitplanung, Abstandserlass 2007
- [4] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch elektromagnetische Felder (Arbeitsschutzverordnung zu elektromagnetischen Feldern vom 15.11.2016 (BGBl. I S. 2531) - EMFV)
<http://www.gesetze-im-internet.de/emfv>
- [5] E DIN VDE 0848-3-1 Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz; Mai 2002
- [6] Strahlenschutzkommission (SSK): Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung; Empfehlung der Strahlenschutzkommission; Februar 2008
- [7] BG ETEM, DGUV Vorschrift 15, Unfallverhütungsvorschrift Elektromagnetische Felder (bisher BGV B11), Köln, 01.06.2001
- [8] BG ETEM, DGUV Regel 103-013, Elektromagnetische Felder, Aktualisierte Fassung, Berlin 2006.
- [9] IARC: Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely lowfrequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 80. International Agency for Research on Cancer, Lyon 2002
- [10] IARC: World Cancer Report 2008. International Agency for Research on Cancer, Lyon, 2008

6 Anhang



Lageplan 1: Übersichtsplan zum Trassenverlauf der Hochspannungsfreileitung und der Lage des Bebauungsplangebietes

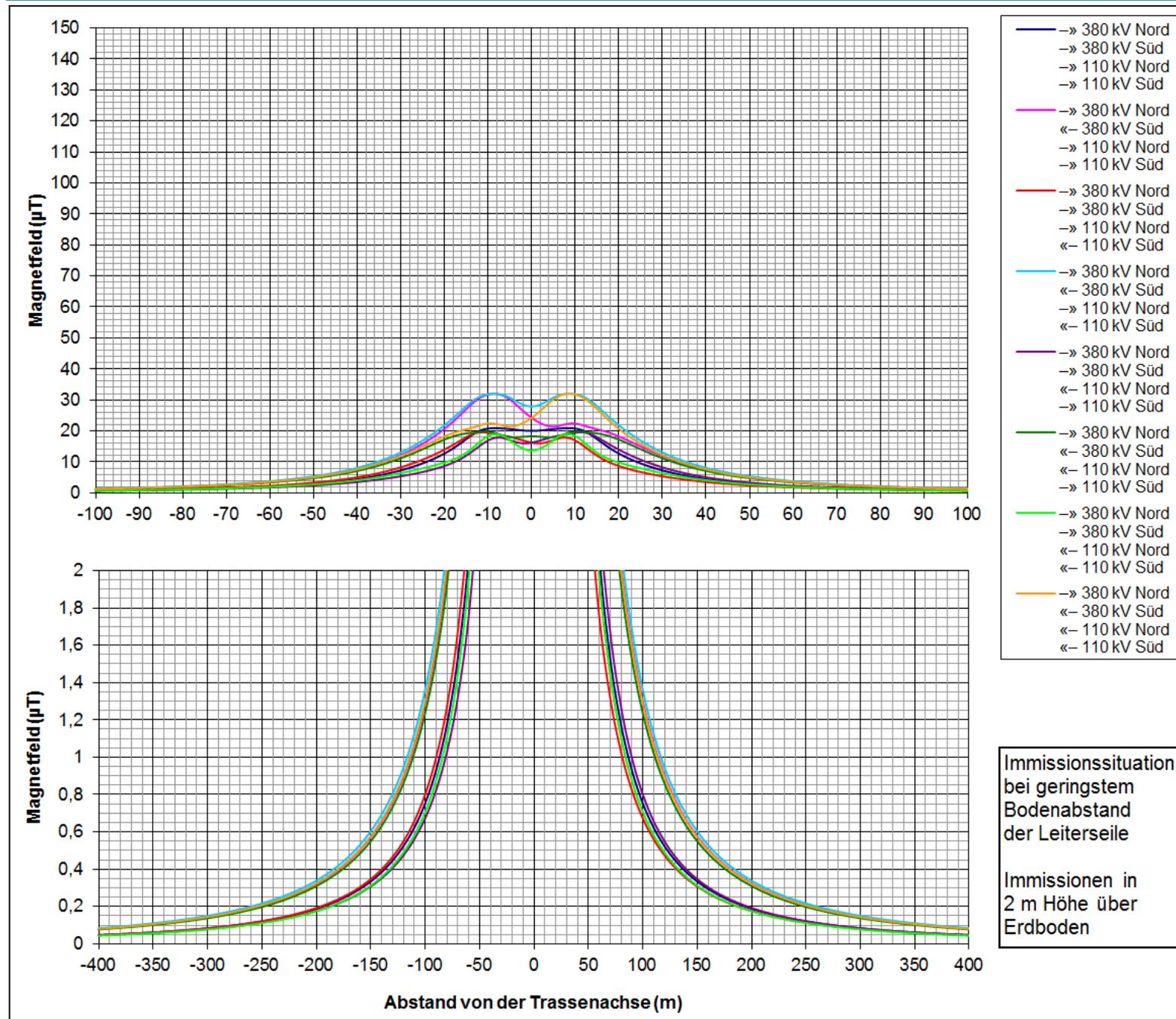
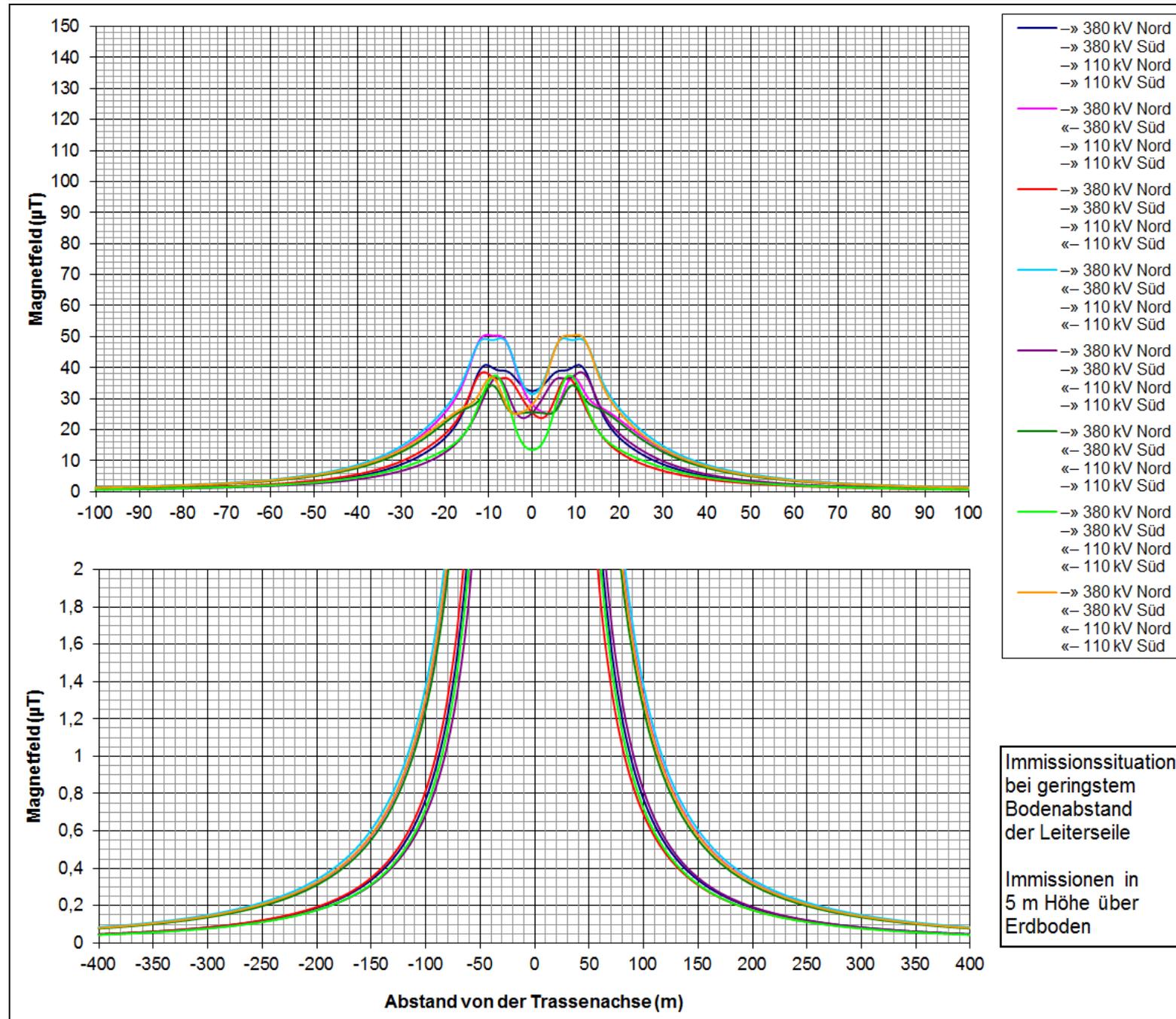


Diagramm 1:

Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen

2 m Höhe über Boden



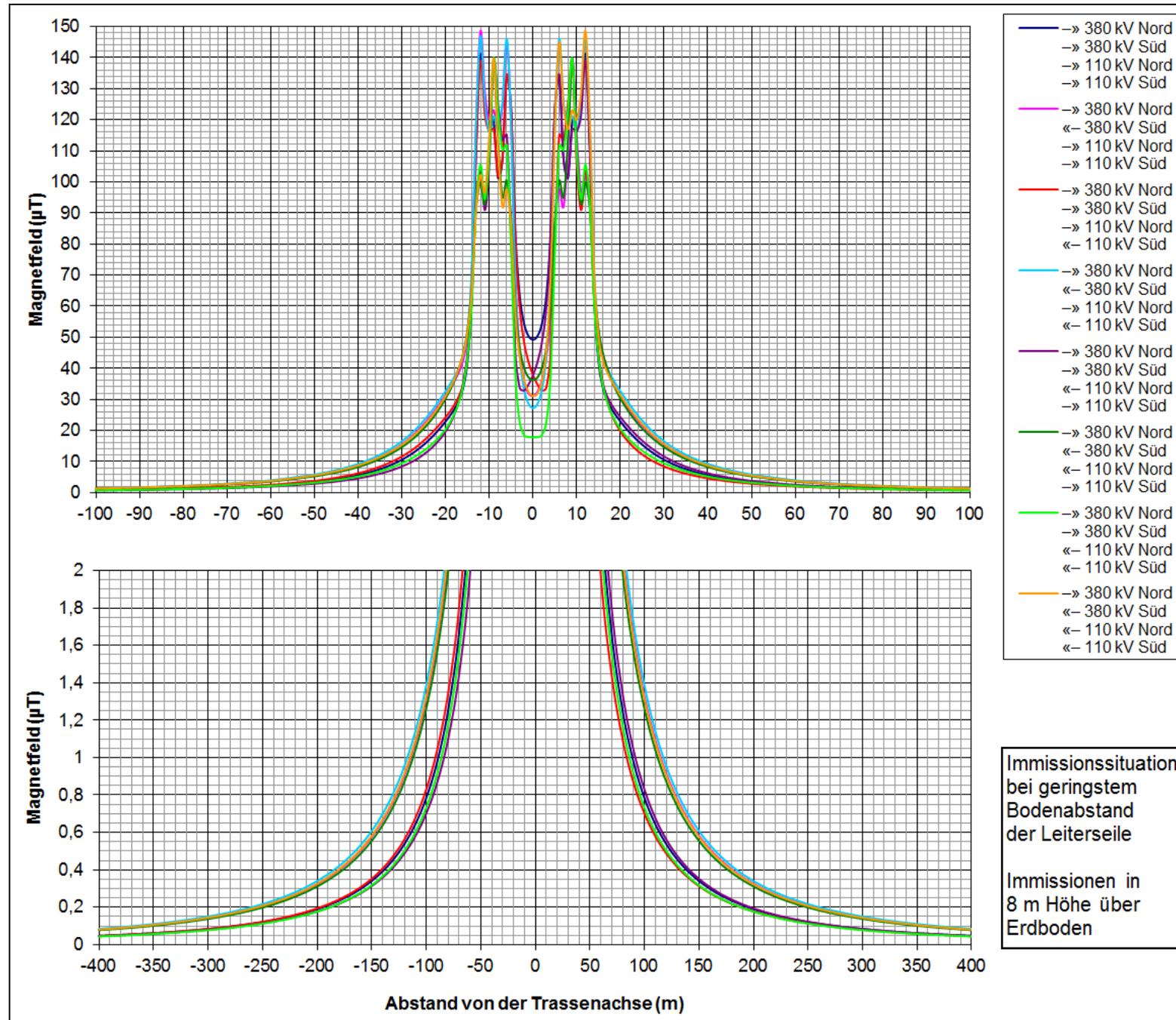


Diagramm 3:
 Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 8 m Höhe über Boden

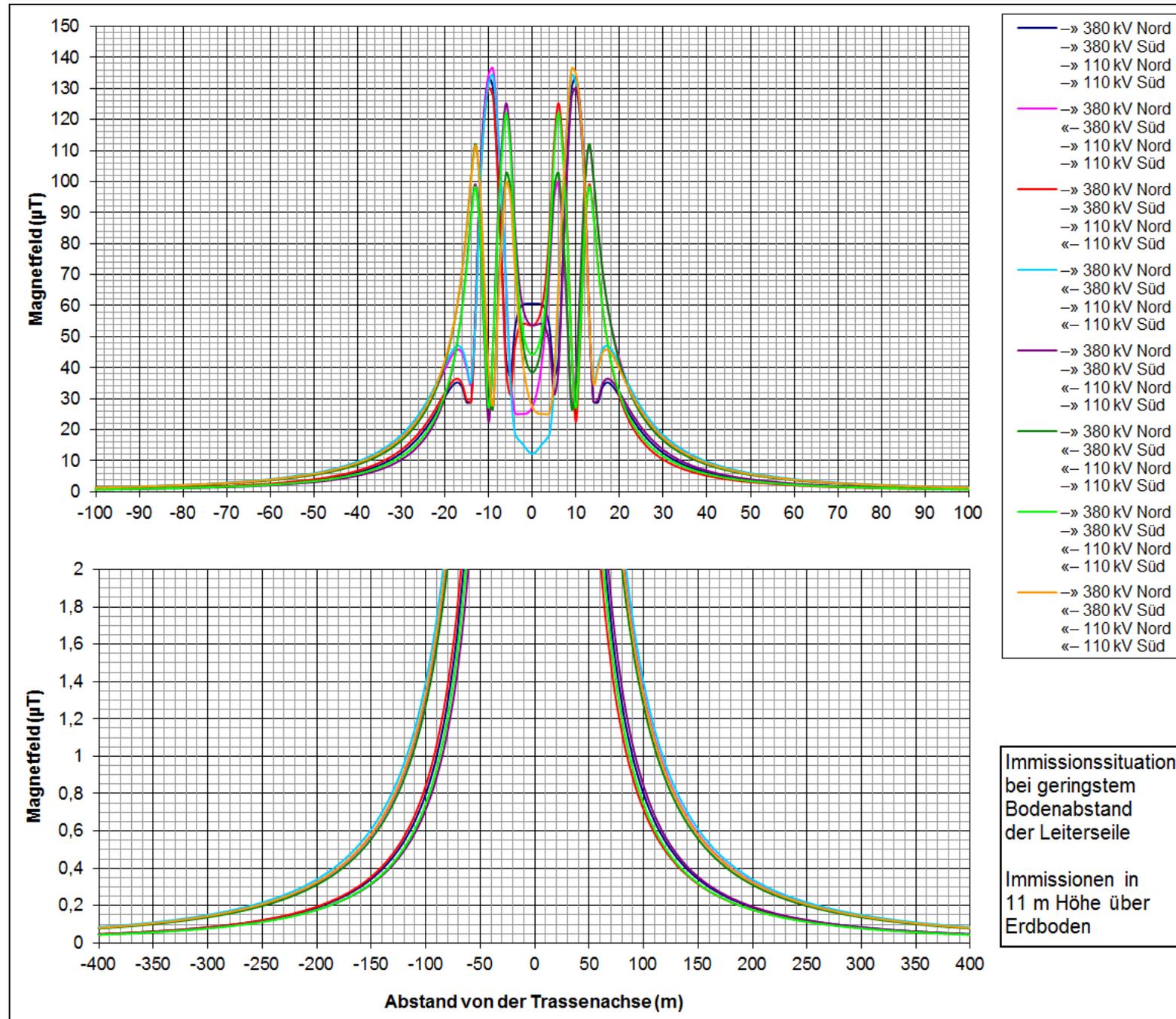


Diagramm 4:

Querprofile
magnetisches Wechselfeld
bei unterschiedlichen
Lastflussrichtungen

11 m Höhe über Boden

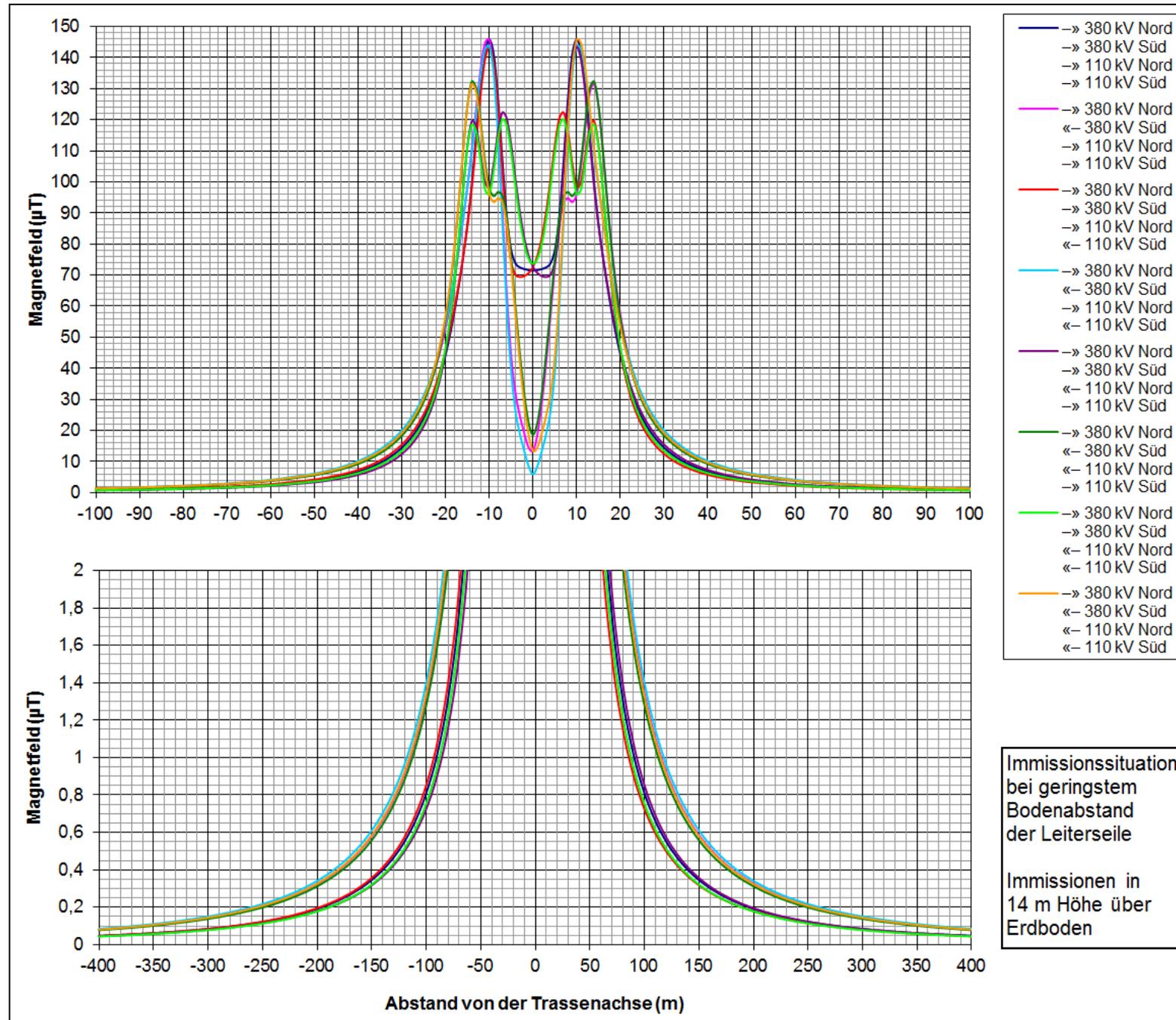


Diagramm 5:
 Querprofile
 magnetisches Wechselfeld
 bei unterschiedlichen
 Lastflussrichtungen
 14 m Höhe über Boden

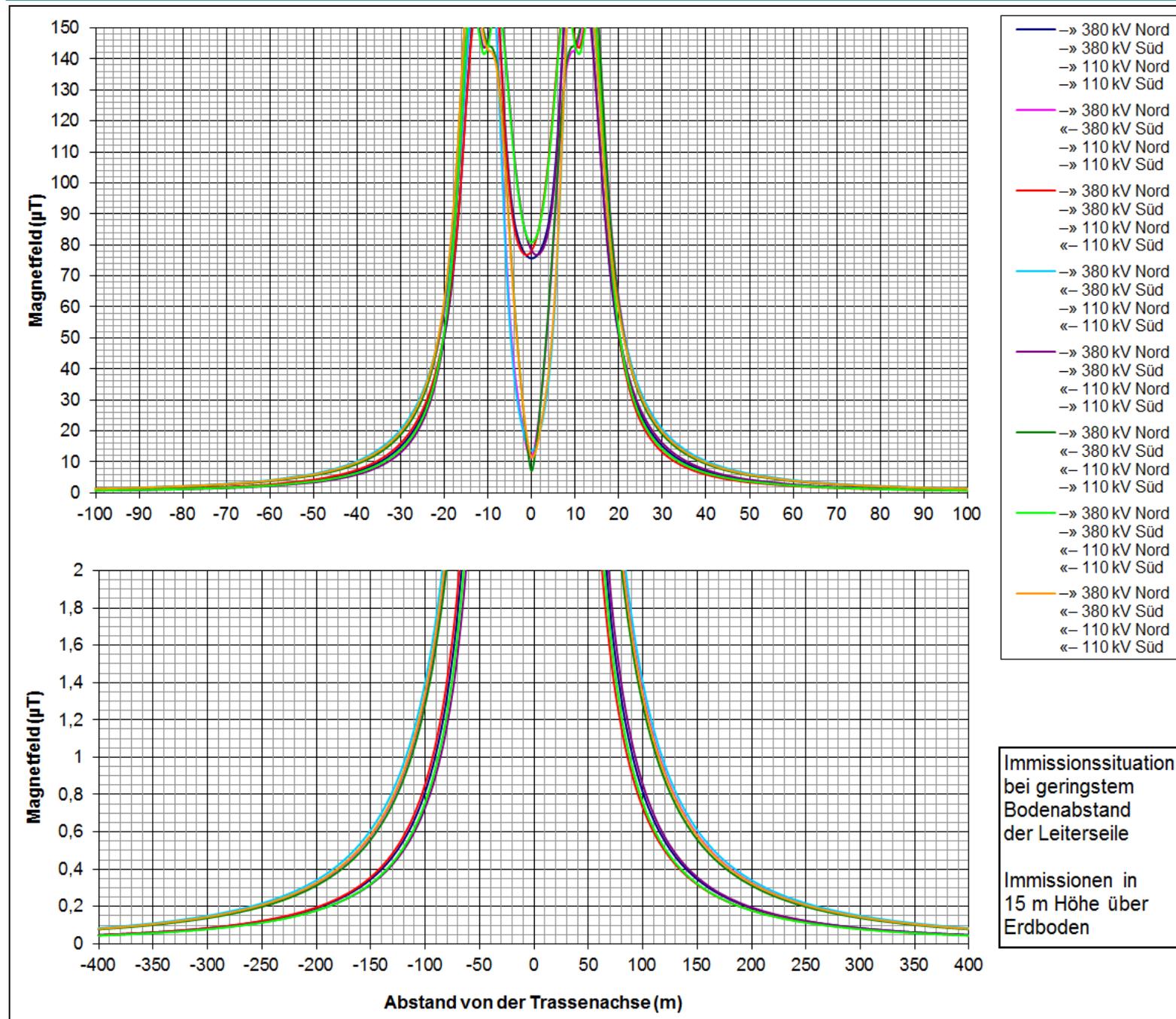


Diagramm 6:
 Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 15 m Höhe über Boden

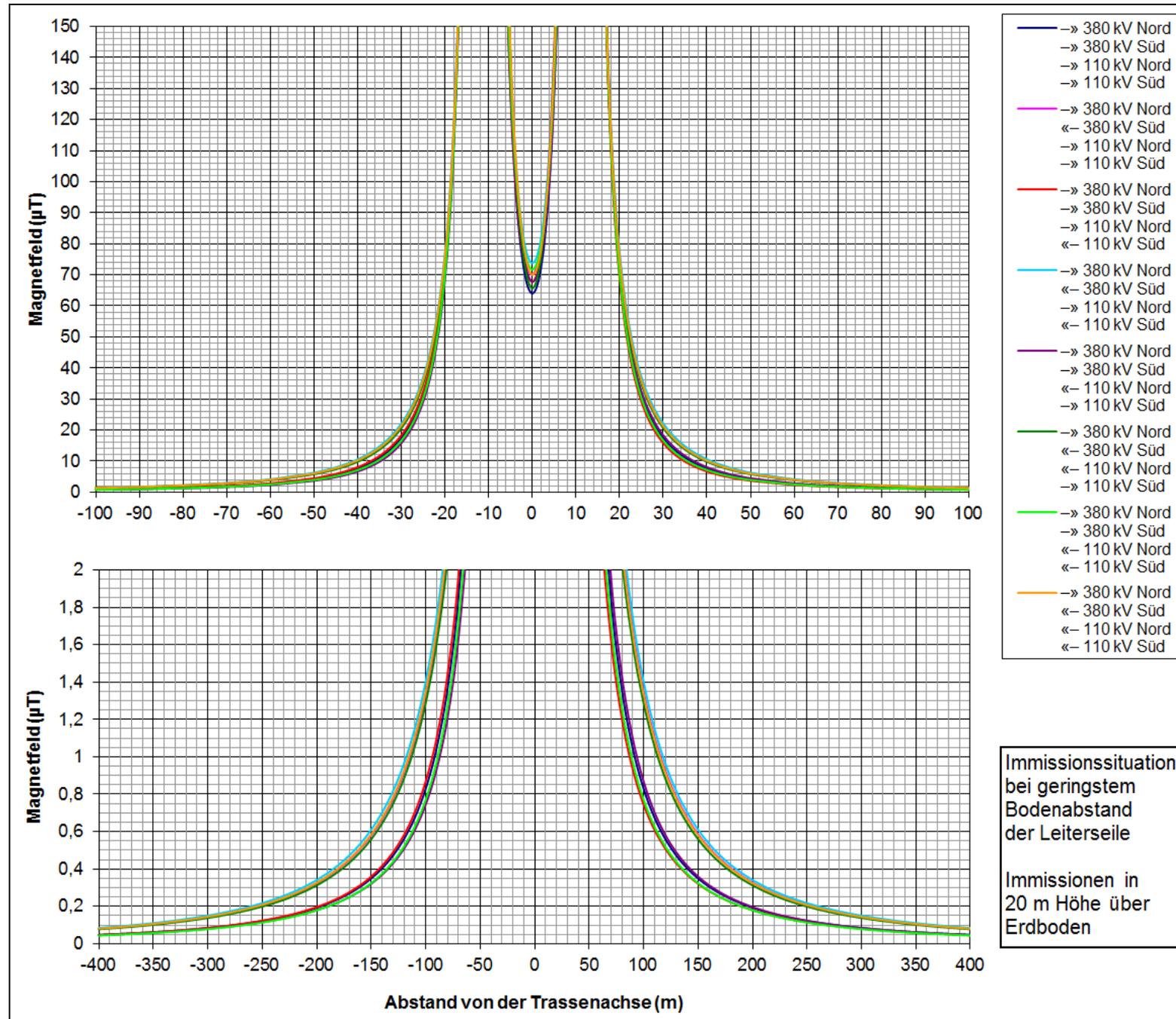


Diagramm 7:
 Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 20 m Höhe über Boden

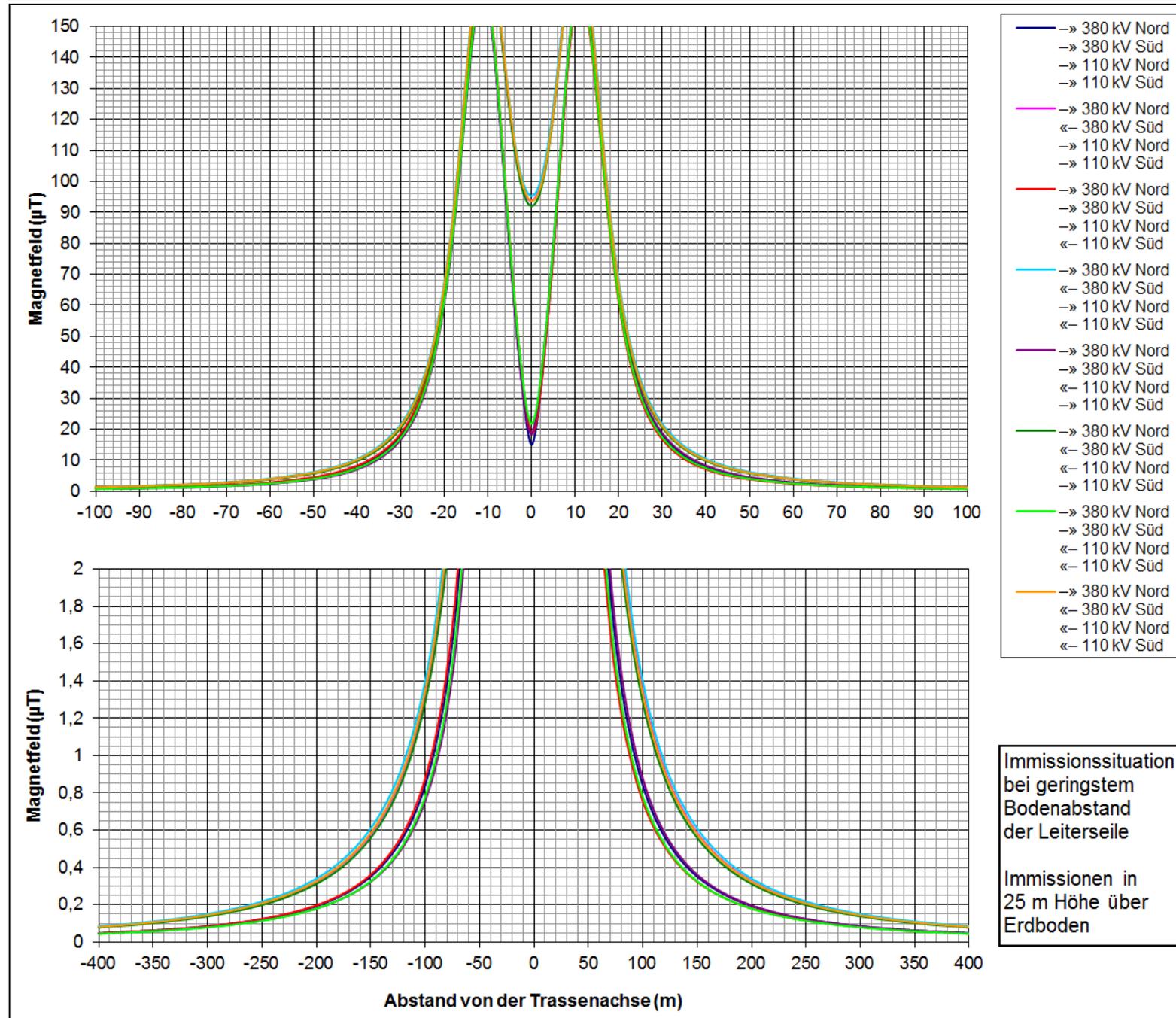


Diagramm 8:

Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 25 m Höhe über Boden

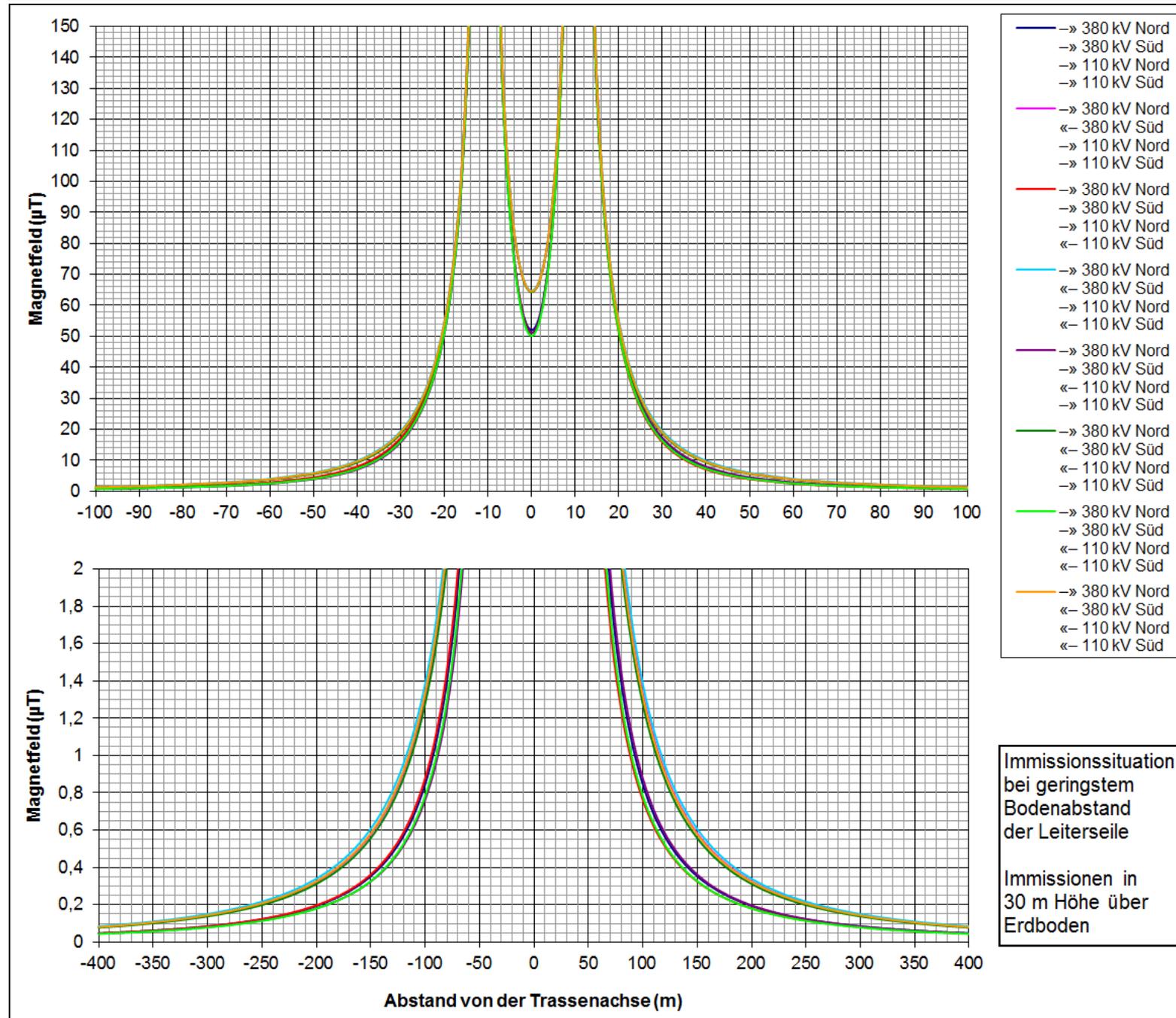


Diagramm 9:
 Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 30 m Höhe über Boden

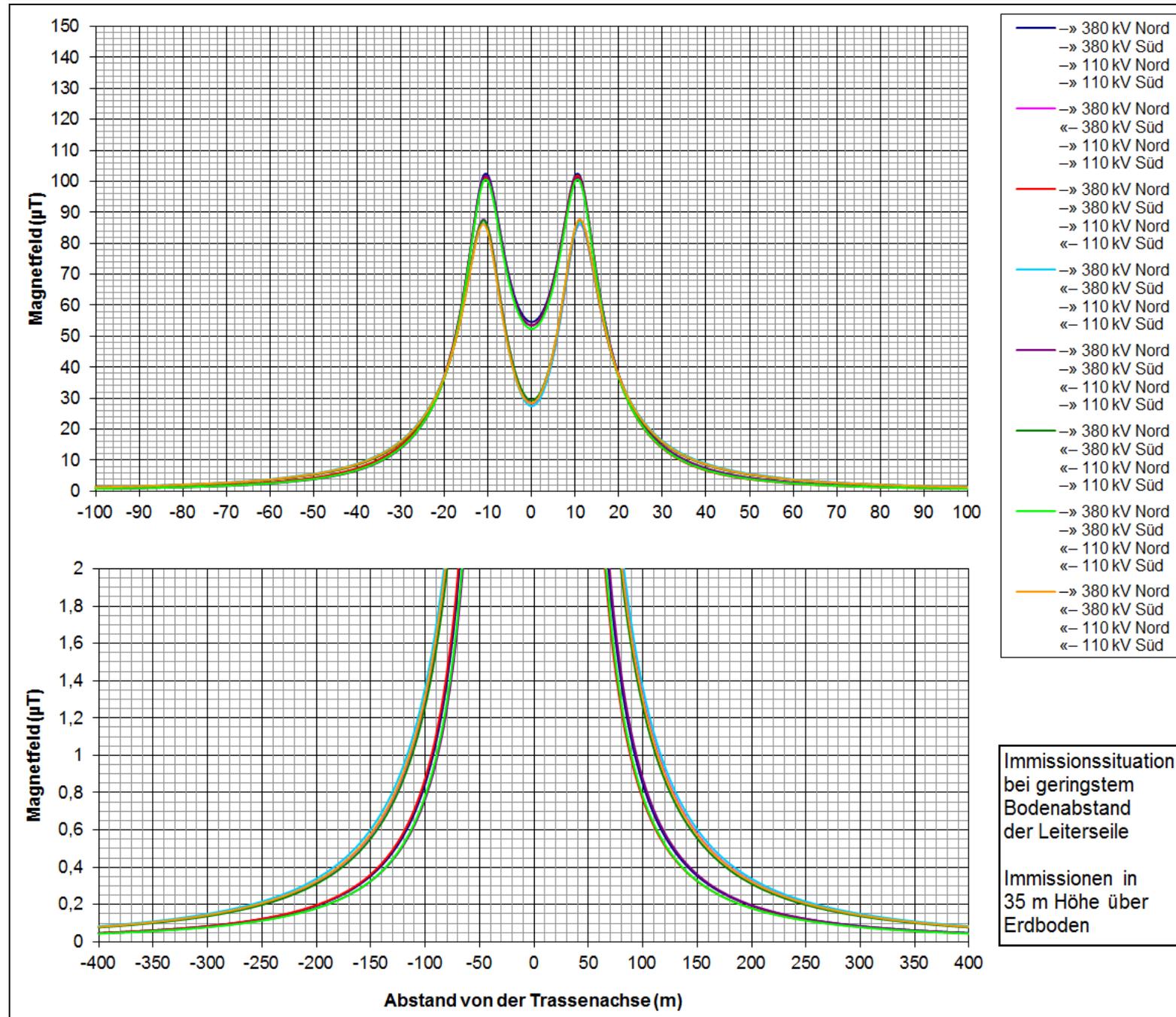


Diagramm 10:
 Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 35 m Höhe über Boden

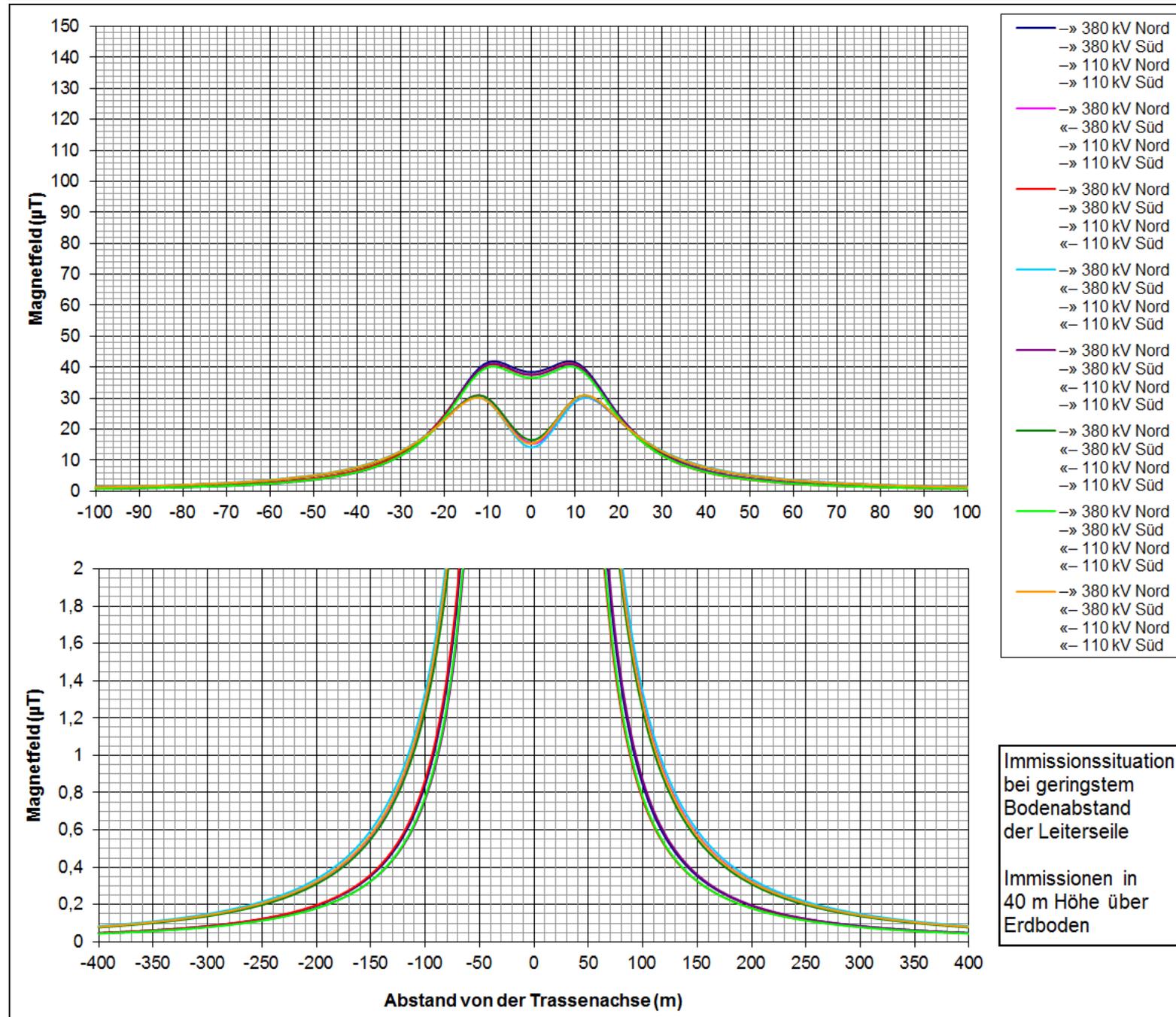


Diagramm 11:
 Querprofile magnetisches Wechselfeld bei unterschiedlichen Lastflussrichtungen
 40 m Höhe über Boden

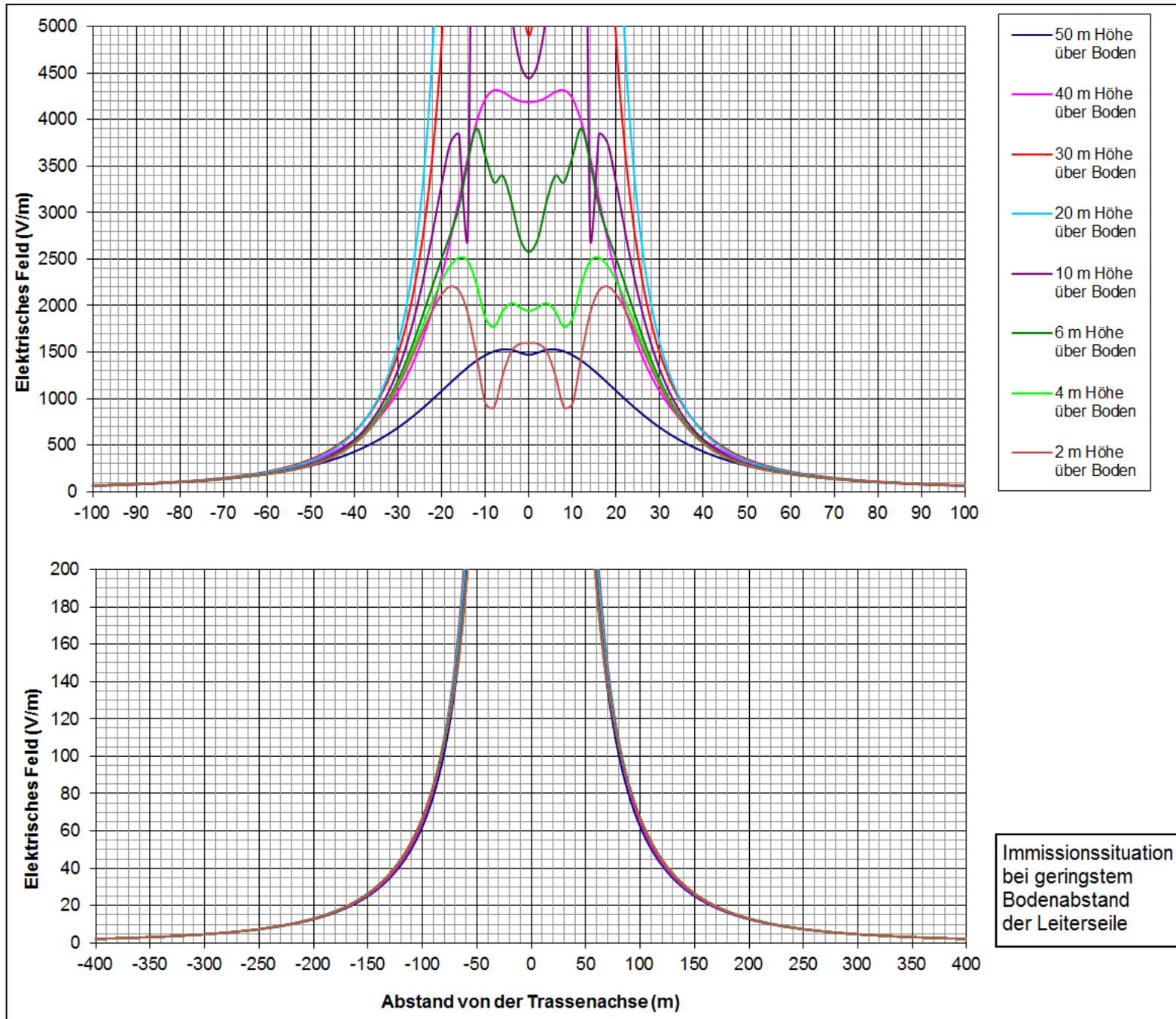


Diagramm 12:

Querprofile
elektrisches Wechselfeld bei
geringstem Bodenabstand
der Leiterseile

2 m Höhe über Boden
bis
50 m Höhe über Boden

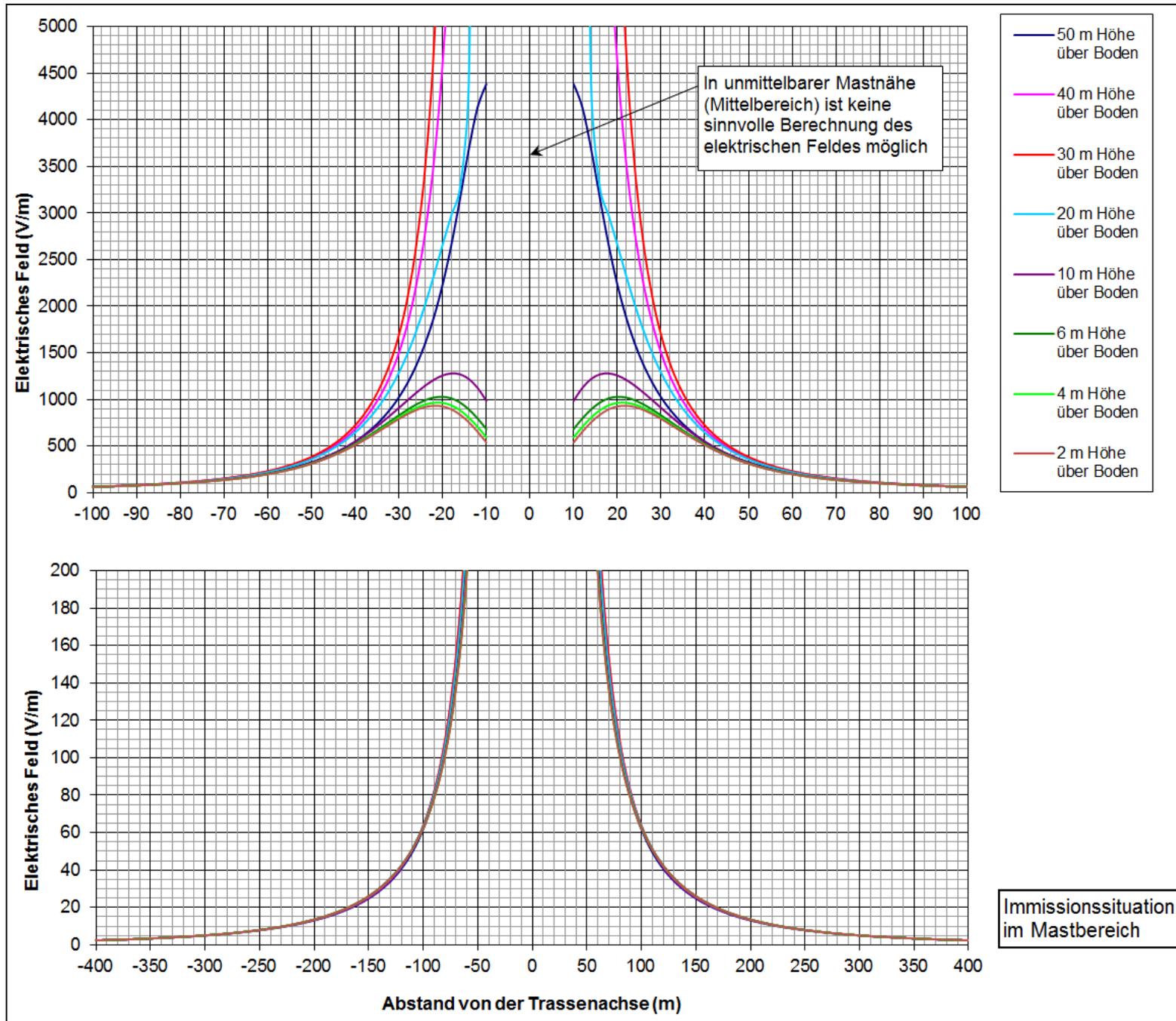


Diagramm 13:
 Querprofile
 elektrisches Wechselfeld
 im Mastbereich (größte
 Höhe der Leiterseile)
 2 m Höhe über Boden
 bis
 50 m Höhe über Boden