

## **Gutachten**

**Immissionsuntersuchung:  
Elektrische und magnetische Wechselfelder  
durch eine Hochspannungsfreileitung im Gebiet des  
Bebauungsplans Nr. 126 (Carlshöhe Ost)  
der Stadt Neubrandenburg**

<b>Auftraggeber</b>	Stadt Neubrandenburg Stadtplanung Lindenstraße 63 17033 Neubrandenburg
<b>Untersuchungsobjekt</b>	Gebiet des Bebauungsplans Nr. 126 der Stadt Neubrandenburg: Carlshöhe Ost Immissionen elektrischer und magnetischer Felder durch die dort verlaufende Hochspannungsfreileitung

verantwortliche Bearbeiter:



Dr. H.-Peter Neitzke  
ECOLOG-Institut



Dr. Peter Nießen  
EMF-Institut

Hannover und Köln, März 2020

## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	3
2	Grundlagen.....	4
2.1	Magnetische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich .....	4
2.1.1	Sicherheitsgrenzwerte.....	4
2.1.2	Vorsorgestrategien und -werte Niederfrequenzbereich.....	4
2.1.3	Grenz- und Vorsorgewerte für Implantatträger .....	5
2.2	Elektrische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich .....	6
3	Modellierung der Hochspannungsfreileitung und Durchführung der Berechnungen .....	7
3.1	Technische Daten der Hochspannungsfreileitung.....	7
3.2	Auslastung der Freileitungen .....	8
3.2.1	Magnetische Wechselfelder .....	8
3.2.2	Elektrische Wechselfelder .....	8
3.3	Umwelteinwirkungen.....	8
4	Durchführung der Berechnungen.....	9
4.1	Lastflussrichtung.....	9
4.2	Berechnung der elektrischen und magnetischen Wechselfelder .....	9
4.3	Immissionspunktthöhen .....	9
5	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse .....	10
5.1	Darstellung der Berechnungsergebnisse .....	10
5.2	Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse .....	10
5.3	Bewertung der Berechnungsergebnisse .....	11
5.3.1	Niederfrequente magnetische Wechselfelder .....	11
5.3.2	Niederfrequente elektrische Wechselfelder .....	11

## 1 Zusammenfassung

**Auftraggeber** **Stadt Neubrandenburg**

**Aufgabenstellung** Die von einer im Untersuchungsgebiet verlaufenden Hochspannungsfreileitung verursachten Immissionen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Wechselfelder waren zu bestimmen und im Hinblick auf den vorsorgenden Gesundheitsschutz zu bewerten.

**Untersuchungsgebiet** Gebiet des Bebauungsplans Nr. 126 der Stadt Neubrandenburg, Umgebung der dort verlaufenden 110 kV-Hochspannungsfreileitung des Netzbetreibers E.DIS.

**Ergebnisse** Die Ergebnisse der Feldberechnungen sind in den Abbildungen im Anhang dargestellt. An der Freileitungstrasse werden zwei Stromkreise geführt (rechts und links der Trassenmitte), die unabhängig voneinander zu betrachten sind. Die Berechnungen zeigen, dass bei antiparallelem Lastfluss höhere Magnetfelder auftreten als bei parallelem Lastfluss (s. Kap. 4.1).

**Einhaltung von Grenz- und Vorsorgewerten** Gesetzliche Grenzwerte: Der in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV) festgelegte Grenzwert für magnetische 50 Hz-Felder ( $100 \mu\text{T}$ , vgl. Abschnitt Sicherheitsgrenzwerte und Tabelle 1) wird ab einem Abstand von 11 m zur Trassenachse, der entsprechende Grenzwert für elektrische Felder ( $5 \text{kV/m}$ , vgl. Tabelle 2) ab einem Abstand von 12 m zur Trassenachse eingehalten.

Der vom ECOLOG-Institut empfohlene Vorsorgewert für magnetische Felder von  $0,1 \mu\text{T}$  wird ab einem Abstand von 97 m zur Trassenachse eingehalten.

**Bewertung der Immissionen und Empfehlungen** Aus Gründen des vorsorgenden Gesundheitsschutzes wird empfohlen, die Expositionen gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern in Daueraufenthaltsbereiche auf  $0,1 \mu\text{T}$  zu begrenzen. Die Details zur Magnetfeldverteilung sind in den Abbildungen im Anhang dargestellt. Ab einem Abstand von 97 m zur Trassenachse wird der Vorsorgewert fast im gesamten Trassenverlauf eingehalten. Nur in der südöstlichen Ecke des Bebauungsplangebiets sind wegen der abknickenden Hochspannungsfreileitung etwas größere Abstände erforderlich.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Magnetische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich

#### 2.1.1 Sicherheitsgrenzwerte

Die in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV [1]) festgelegten Grenzwerte für niederfrequente Magnetfelder sollen den Schutz vor wissenschaftlich eindeutig nachgewiesenen gesundheitsschädlichen Effekten gewährleisten. Dabei handelt es sich um akute Wirkungen, die durch die von den Feldern verursachten elektrischen Körperströme ausgelöst werden. Alle über diese akuten Effekte hinausgehenden möglichen Wirkungen magnetischer Felder, die in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert werden, wurden in Deutschland bei der Grenzwertfestsetzung nicht berücksichtigt.

#### 2.1.2 Vorsorgestrategien und -werte Niederfrequenzbereich

Es gibt deutliche wissenschaftliche Hinweise auf biologische Effekte und gesundheitliche Auswirkungen bei Feldstärken deutlich unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Die Internationale Agentur für Krebsforschung der Weltgesundheitsorganisation hat niederfrequente Magnetfelder deshalb als 'möglicherweise krebserregend' eingestuft.

Einige Genehmigungsbehörden im europäischen Ausland sowie im Bundesland Nordrhein-Westfalen 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, S. 5) einen gesetzlichen Grenzwert von  $1 \mu\text{T}$  festgelegt. 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 auf einen Vorsorgewert von  $10 \mu\text{T}$  (vgl. [2]).

Tabelle 1: Grenzwerte und Vorsorgeempfehlungen für niederfrequente magnetische Felder (50 Hz)

	Magnetisches Feld [ $\mu$ T]
Gesetzlicher Grenzwert / 26. BImSchV [1] <sup>1</sup>	100 <sup>a,b)</sup>
Abstandserlass des Landes NRW [2] <sup>2</sup>	10
Anlagengrenzwert Schweiz OMEN <sup>3</sup> (NISV)	1,0 <sup>c)</sup>
Grenzwert Niederlande für Neuanlagen	0,4 <sup>d)</sup>
Vorsorgeempfehlung IARC <sup>4</sup> [3,4]	0,4
Vorsorgewert ECOLOG-Institut	0,1
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen	0,05 bis 0,2

\*  $\mu$ T = 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)

### 2.1.3 Grenz- und Vorsorgewerte für Implantatträger

Die Strahlenschutzkommision empfiehlt zur Vermeidung der Störbeeinflussung von elektronischen Implantaten im Allgemeinen (z.B. Herzschrittmachern oder Defibrillatoren) [5] 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  $\mu$ T (16,7 Hz) bzw. 10  $\mu$ T (50 Hz) in Bereichen, in denen mit zusätzlichen Feldquellen gerechnet werden muss (z.B. in Wohnanlagen, Seniorenheimen, Krankenhäusern)

45  $\mu$ T (16,7 Hz) bzw. 15  $\mu$ T (50 Hz) in Bereichen, in denen Einträge zusätzlicher Feldquellen nicht zu erwarten und Feldquellen (z.B. Erdkabel) nicht sichtbar bzw. nicht entsprechend gekennzeichnet sind.

<sup>1</sup> Die gesetzlichen Grenzwerte in Deutschland für magnetische und elektrische Wechselfelder stützen sich weitgehend auf die Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP)

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

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

<sup>4</sup> IARC = International Agency for Research on Cancer, Lyon

## 2.2 Elektrische Wechselfelder im Niederfrequenzbereich

Auch die Grenzwerte für elektrische Wechselfelder wurden so festgelegt, dass die im Körper hervorgerufenen Stromdichten auf Werte begrenzt bleiben, bei denen keine akuten Wirkungen auftreten. Die wissenschaftliche Erkenntnislage zu biologischen Wirkungen unterhalb der Grenzwerte ist für elektrische Felder deutlich schlechter als für Magnetfelder.

Niederfrequente elektrische Felder werden, anders als niederfrequente Magnetfelder, durch Baumaterialien und Vegetation verzerrt und abgeschirmt.

Tabelle 2: Grenzwerte und Vorsorgeempfehlungen für niederfrequente elektrische Felder (50 Hz)

	Elektrisches Feld [V/m]
Gesetzlicher Grenzwert / 26. BImSchV	5.000 <sup>a,b)</sup>
Gesetzlicher Grenzwert Schweiz (NISV)	5.000
Empfehlungen kritischer Institute für 24-stündige Dauerbelastung	25
zum Vergleich: schwedische Bildschirmnorm MPR 3	25
zum Vergleich: Typische Werte in Wohn- und Büroräumen	5 bis 40

<sup>a)</sup> Maximalwert (keine zeitliche Mittelwertbildung)

<sup>b)</sup> Bei Altanlagen (Errichtung vor 22.8.2013) sind außerhalb von Gebäuden kleinräumige Über- schreitungen um 100 % zulässig.

## Literatur zu den Grenzwertfestsetzungen

- [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] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKULNV NRW) ehemals MUNLV: Immissionsschutz in der Bauleitplanung, Abstandserlass 2007
- [3] 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
- [4] IARC: World Cancer Report 2008. International Agency for Research on Cancer, Lyon, 2008
- [5] Strahlenschutzkommision (SSK): Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung; Empfehlung der Strahlenschutzkommision; Februar 2008

### 3 Modellierung der Hochspannungsfreileitung und Durchführung der Berechnungen

#### 3.1 Technische Daten der Hochspannungsfreileitung

In dem für den Bebauungsplan Nr. 126 relevanten Gebiet verläuft eine 110 kV-Hochspannungsfreileitung. Die geometrischen und elektrischen Daten der Hochspannungsfreileitungen wurden vom Netzbetreiber,

**E.DIS Netz GmbH. Am Hanseufer 2, 17109 Demmin**

zur Verfügung gestellt:

- 110 kV-Freileitung Gramelow – Neubrandenburg (HT-0105),  
Mastfelder 279 bis 281

Auf beiden Seiten der Trasse wird jeweils ein 110 kV-Stromkreis geführt:

- Nennbetriebsspannung (Systemspannung): 110 kV
- Maximal zulässiger Dauerstrom: 645 A
- Betriebsfrequenz: 50 Hz

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

Im hier interessierenden Trassenabschnitt wird die 110 kV-Freileitung an Einebenenmasten geführt. Die Phasenfolge im gesamten zu betrachtenden Trassenabschnitt ist:

L3 – L2 – L1 – L1 – L2 – L3

Derzeit verläuft parallel zu der genannten Hochspannungsfreileitung noch eine 20 kV-Mittelspannungsfreileitung des gleichen Netzbetreibers, die allerdings kurzfristig durch eine Erdverkabelung an anderer Stelle ersetzt werden soll. Nach Aussage des Netzbetreibers soll die neue Mittelspannungskabeltrasse wesentlich weiter von der 110 kV-Hochspannungsfreileitung entfernt liegen als die derzeitige Mittelspannungs-Freileitungsstrasse. Die ursprünglich geplante Berücksichtigung der Mittelspannungsfreileitung in diesem Gutachten war somit nicht erforderlich.

Im vorliegenden Gutachten erfolgten – basierend auf einer Modellierung der 110 kV-Hochspannungsfreileitung in dem Berechnungsprogramm WinField<sup>5</sup> – Berechnungen der elektrischen und magnetischen Wechselfelder für das gesamte Gebiet des Bebauungsplans.

<sup>5</sup> <http://www.fgeu.de/html/wf.htm>

### 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.

Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung erfolgten die Berechnungen unter der Annahme der maximal zulässigen Stromführung der Leitung. Kurzzeitig auftretende Sondersituationen – wie z.B. Kurzschluss oder Blitzeinschlag – wurden nicht berücksichtigt.

#### 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.

### 3.3 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

Die Berechnungen wurden jeweils für die gesamte Fläche des Bebauungsplans sowie angrenzende Bereiche durchgeführt. Das Gebiet des Bebauungsplans ist im Lageplan Abbildung 37 (S. 49) sowie in allen Darstellungen der Berechnungsergebnisse (ab Abbildung 1, S. 13) umrandet mit einer dicken schwarz-gestrichelten Linie dargestellt.

### 4.1 Lastflussrichtung

Beim magnetischen Feld besteht (im Gegensatz zum elektrischen Feld) eine – erhebliche – Abhängigkeit von der Lastflussrichtung<sup>6</sup> der einzelnen Stromkreise.

Nach Aussage des Netzbetreibers handelt es sich bei den beiden Stromkreisen „rechts und links“ der Trasse um unabhängige Stromkreise, so dass beide Kombinationen von Lastflussrichtungen (parallel und antiparallel) zu berücksichtigen sind. Die Berechnungen zum magnetischen Wechselfeld wurden daher für beide Lastflussrichtungskombinationen durchgeführt.

### 4.2 Berechnung der elektrischen und magnetischen Wechselfelder

Die elektrischen und magnetischen Felder wurden für die beiden das Bebauungsplangebiet betreffenden Spannfelder vollflächig durchgeführt. Um auch die Feldverteilung insbesondere am südlichen Ende des zu betrachtenden Trassenabschnitts korrekt zu erfassen, wurden auch die beiden nördlich und südlich angrenzenden Spannfelder (in den Anschlussbereichen) in die Berechnung einbezogen.

### 4.3 Immissionspunkthöhen

Die Berechnungen wurden durchgeführt für folgende Höhen über Boden:

2 m, 5 m, 10 m, 15 m und 20 m.

Bei den Berechnungshöhen ab 10 m ist zu berücksichtigen, dass diese Berechnungshöhen insbesondere in Spannfeldmitte höher als die Leiterseile liegen. Diese Berechnungen sind daher nur außerhalb des Trassenraums sinnvoll zu interpretieren.

---

<sup>6</sup> Die Lastflussrichtung beschreibt – vereinfacht gesagt –, ob ein Stromkreis elektrische Energie (im vorliegenden Fall) von Norden nach Süden oder von Süden nach Norden transportiert.

## 5 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

### 5.1 Darstellung der Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse sind in den Abbildungen im Anhang (ab S. 13) im Detail gezeigt. In diesen Abbildungen ist für ein Teilgebiet der Fläche des Bebauungsplans die Immissionssituation durch Einfärbung dargestellt.

Das Berechnungsgebiet erstreckt sich – von der Trassenachse aus gesehen – 120 Meter in westlicher Richtung (in das Bebauungsplangebiet hinein) und 30 m in östlicher Richtung (abgewandt vom Hauptgebiet des Bebauungsplans). Die für alle Abbildungen übereinstimmende Berechnungsfläche ist z.B. in Abbildung 2 (fast vollflächig eingefärbt) gut zu erkennen. Innerhalb der (dünn schwarz umrahmten) Berechnungsfläche ist ein Abstandsraster von 20 m seitlichem Abstand zur Trassenachse durch dünne graue Linien markiert.

Um den gesamten interessierenden Intensitätsbereich von 0,1 bis 100 Mikrotesla ( $\mu\text{T}$ ) zeigen zu können, sind die Berechnungsergebnisse für das Magnetfeld in folgenden Abbildungen dargestellt:

- Abbildung 1 bis Abbildung 6 : Magnetfelder mit Diagramm-Skalierung 1  $\mu\text{T}$
- Abbildung 7 bis Abbildung 16: Magnetfelder mit Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$
- Abbildung 17 bis Abbildung 26: Magnetfelder mit Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass im Bereich kleiner Magnetfeldintensitäten (Diagrammskalierung 1  $\mu\text{T}$ ) die antiparallele Lastflussrichtung stets größere Magnetfelder erzeugt als die parallele Lastflussrichtung. In der ersten Gruppe (Abbildung 1 bis Abbildung 6: Diagramm-Skalierung 1  $\mu\text{T}$ ) ist daher nur exemplarisch in Abbildung 1 die parallele Lastflussrichtung dargestellt und Abbildung 2 bis Abbildung 6 beschränken sich (im Sinne der Worst-Case-Betrachtung) auf die antiparallele Lastflussrichtung.

Für die beiden folgenden Gruppen (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$  und 100  $\mu\text{T}$ ) sind der Vollständigkeit halber die Ergebnisse für beide Lastflussrichtungen dargestellt, da sich insbesondere im Bereich des Trassenraums unterschiedliche Ergebnisse zeigen.

Die Berechnungsergebnisse für die elektrischen Felder sind dargestellt in:

- Abbildung 27 bis Abbildung 31: Elektrische Felder mit Diagramm-Skalierung 1  $\text{kV/m}$
- Abbildung 32 bis Abbildung 36: Elektrische Felder mit Diagramm-Skalierung 5  $\text{kV/m}$

Eine Unterscheidung nach Lastflussrichtungen ist wegen der unverändert anliegenden Spannung bei den elektrischen Feldern nicht erforderlich.

### 5.2 Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Aus den vorstehend genannten Abbildungen ist für die Worst-Case-Situation zusammenfassend zu entnehmen:

Magnetfelder im Hauptbereich der Trasse (außer südliches Ende):

- Unterschreitung von 100  $\mu\text{T}$  ab 11 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte
- Unterschreitung von 10  $\mu\text{T}$  ab 16 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte
- Unterschreitung von 1  $\mu\text{T}$  ab 58 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte
- Unterschreitung von 0,1  $\mu\text{T}$  ab 97 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte

Elektrische Felder im Hauptbereich der Trasse (außer südliches Ende):

- Unterschreitung von 5  $\text{kV/m}$  ab 12 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte
- Unterschreitung von 0,5  $\text{kV/m}$  ab 19 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte
- Unterschreitung von 0,1  $\text{kV/m}$  ab 38 m seitlichem Abstand zur Trassenmitte

In der südöstlichen Ecke des Bebauungsplangebietes sind wegen der dort abknickenden Freileitungstrasse sowohl bei den elektrischen als auch den magnetischen Feldern teilweise etwas größere Abstände erforderlich. Details können den Abbildungen im Anhang entnommen werden.

### **5.3 Bewertung der Berechnungsergebnisse**

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. 5)
- für die elektrischen Felder in Kap. 2.2 (S. 6), insbesondere in Tabelle 2 (S. 6)

#### **5.3.1 Niederfrequente magnetische Wechselfelder**

Der gesetzliche Grenzwert für niederfrequente Magnetfelder (100  $\mu\text{T}$ ) wird ab einem Abstand von 11 m zur Trassenachse der Hochspannungsfreileitung eingehalten.

Der vom ECOLOG-Institut für Daueraufenthaltsbereiche empfohlene Vorsorgewerte (0,1  $\mu\text{T}$ ) wird ab einer Entfernung von 97 m zur Trassenachse der Hochspannungsfreileitung eingehalten.

#### **5.3.2 Niederfrequente elektrische Wechselfelder**

Der gesetzliche Grenzwert für niederfrequente elektrische Felder (5  $\text{kV/m}$ ) wird ab einem Abstand von 12 m zur Trassenachse der Hochspannungsfreileitung eingehalten.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Magnetfeld in 2 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 µT) .....	13
Abbildung 2: Magnetfeld in 2 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 µT) .....	14
Abbildung 3: Magnetfeld in 5 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 µT) .....	15
Abbildung 4: Magnetfeld in 10 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 µT) .....	16
Abbildung 5: Magnetfeld in 15 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 µT) .....	17
Abbildung 6: Magnetfeld in 20 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 µT) .....	18
Abbildung 7: Magnetfeld in 2 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	19
Abbildung 8: Magnetfeld in 2 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	20
Abbildung 9: Magnetfeld in 5 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	21
Abbildung 10: Magnetfeld in 5 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	22
Abbildung 11: Magnetfeld in 10 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	23
Abbildung 12: Magnetfeld in 10 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	24
Abbildung 13: Magnetfeld in 15 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	25
Abbildung 14: Magnetfeld in 15 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	26
Abbildung 15: Magnetfeld in 20 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	27
Abbildung 16: Magnetfeld in 20 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT) .....	28
Abbildung 17: Magnetfeld in 2 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	29
Abbildung 18: Magnetfeld in 2 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	30
Abbildung 19: Magnetfeld in 5 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	31
Abbildung 20: Magnetfeld in 5 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	32
Abbildung 21: Magnetfeld in 10 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	33
Abbildung 22: Magnetfeld in 10 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	34
Abbildung 23: Magnetfeld in 15 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	35
Abbildung 24: Magnetfeld in 15 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	36
Abbildung 25: Magnetfeld in 20 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	37
Abbildung 26: Magnetfeld in 20 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100 µT) .....	38
Abbildung 27: Elektrisches Feld in 2 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m) .....	39
Abbildung 28: Elektrisches Feld in 5 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m) .....	40
Abbildung 29: Elektrisches Feld in 10 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m) .....	41
Abbildung 30: Elektrisches Feld in 15 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m) .....	42
Abbildung 31: Elektrisches Feld in 20 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m) .....	43
Abbildung 32: Elektrisches Feld in 2 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m) .....	44
Abbildung 33: Elektrisches Feld in 5 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m) .....	45
Abbildung 34: Elektrisches Feld in 10 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m) .....	46
Abbildung 35: Elektrisches Feld in 15 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m) .....	47
Abbildung 36: Elektrisches Feld in 20 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m) .....	48
Abbildung 37: Lageplan Bebauungsplan Nr. 126 der Stadt Neubrandenburg: Carlshöhe Ost (gestrichelt umrandet) .....	49

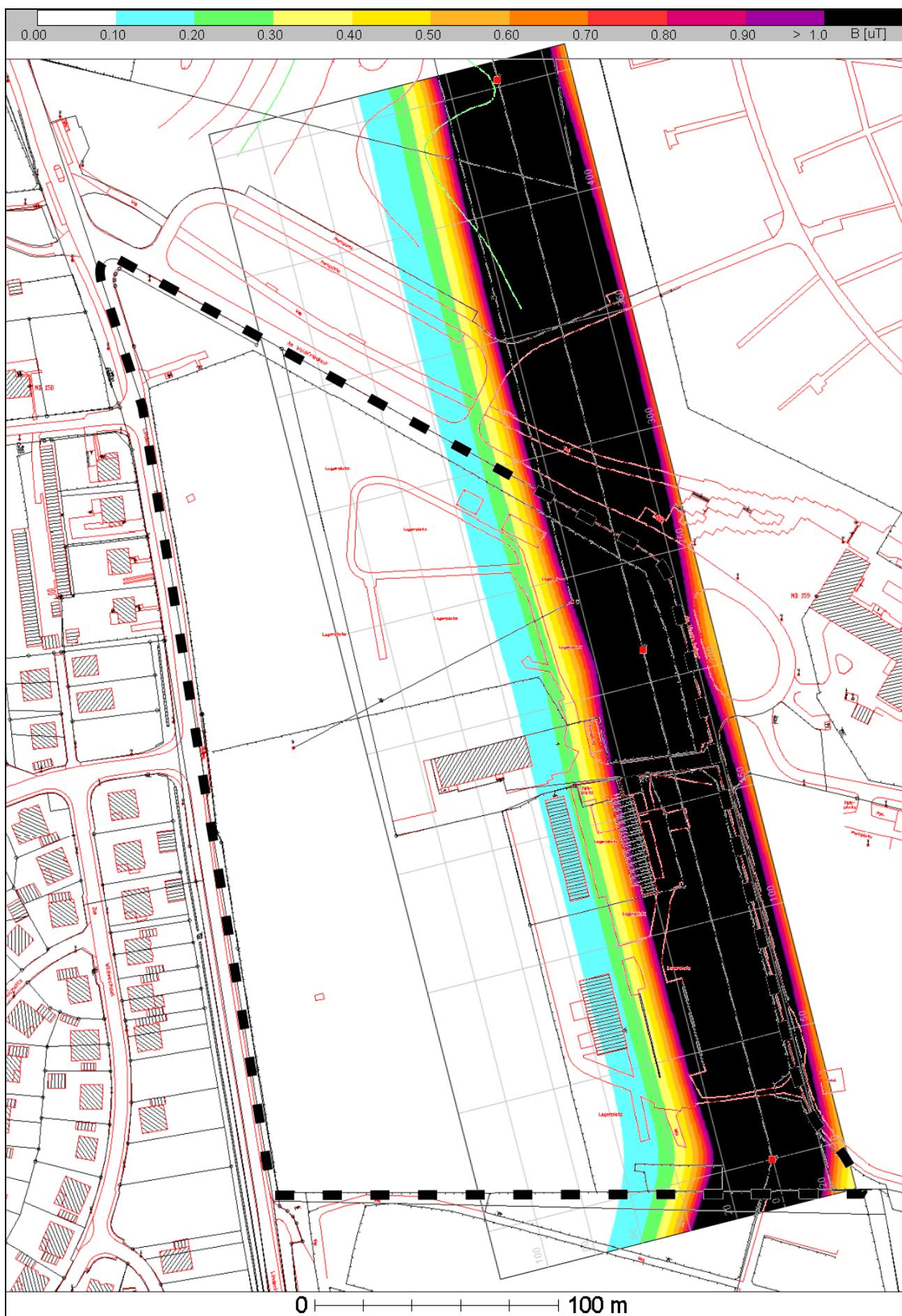


Abbildung 1: Magnetfeld in 2 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1  $\mu\text{T}$ )

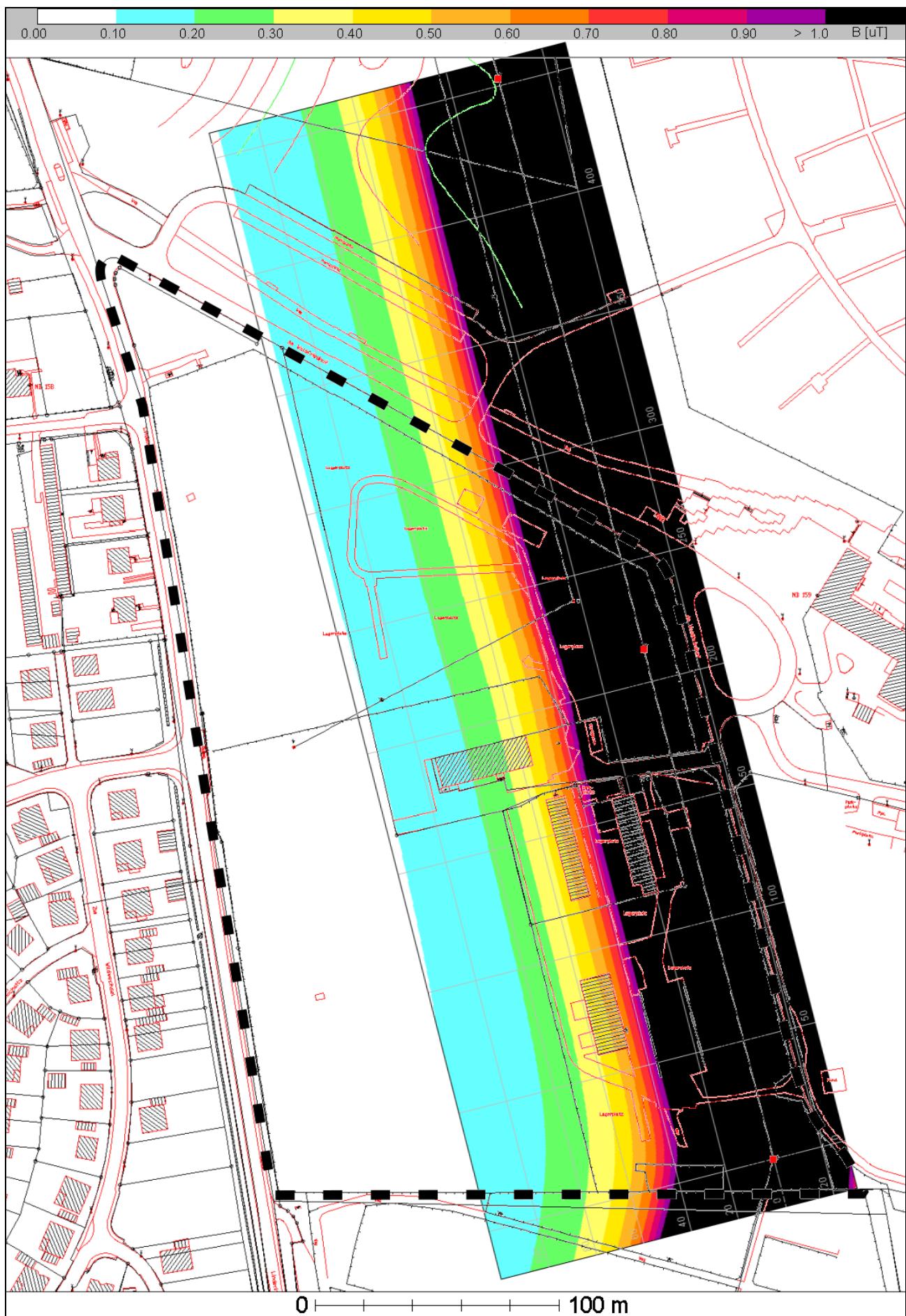


Abbildung 2: Magnetfeld in 2 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1  $\mu\text{T}$ )

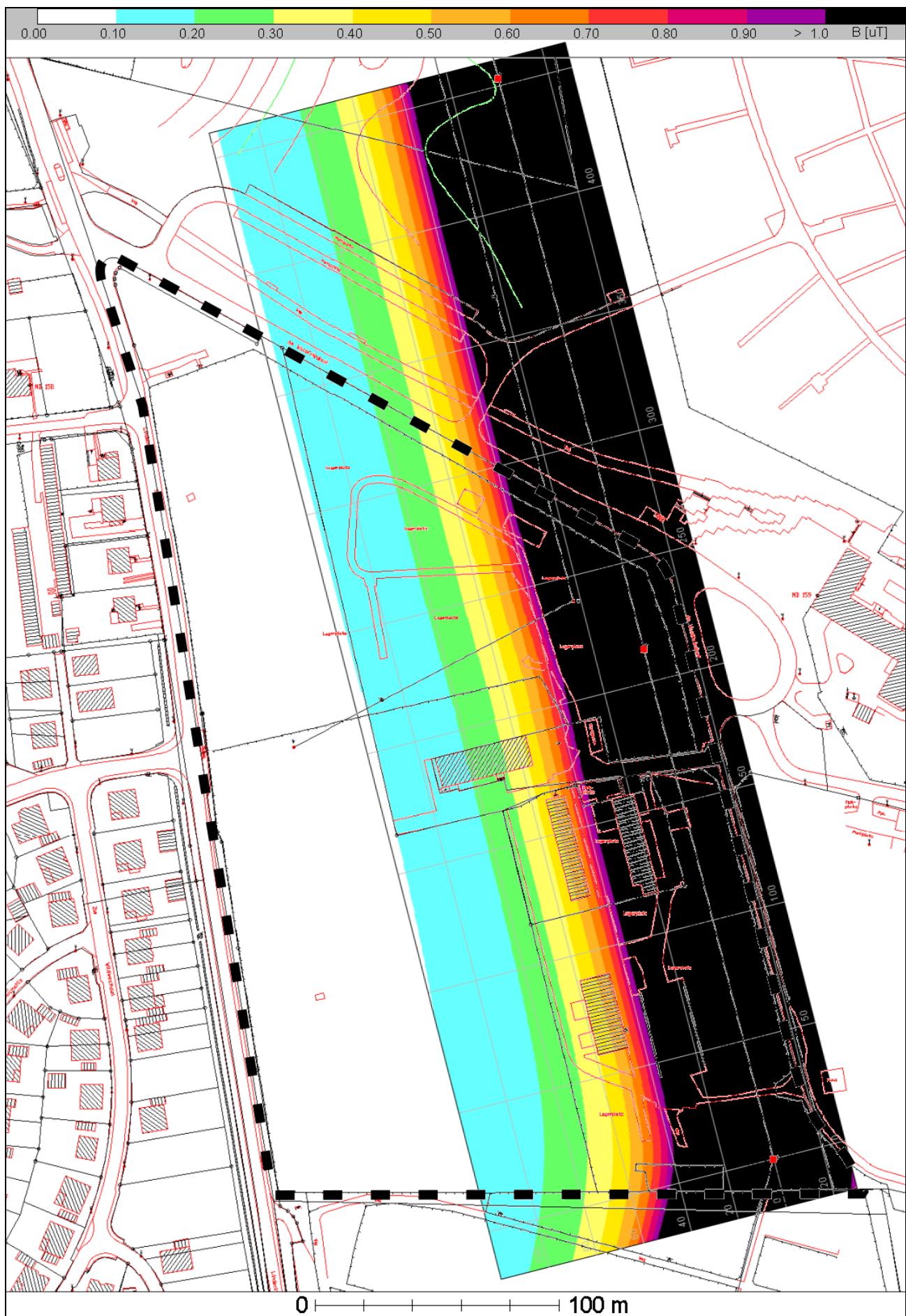


Abbildung 3: Magnetfeld in 5 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1 μT)

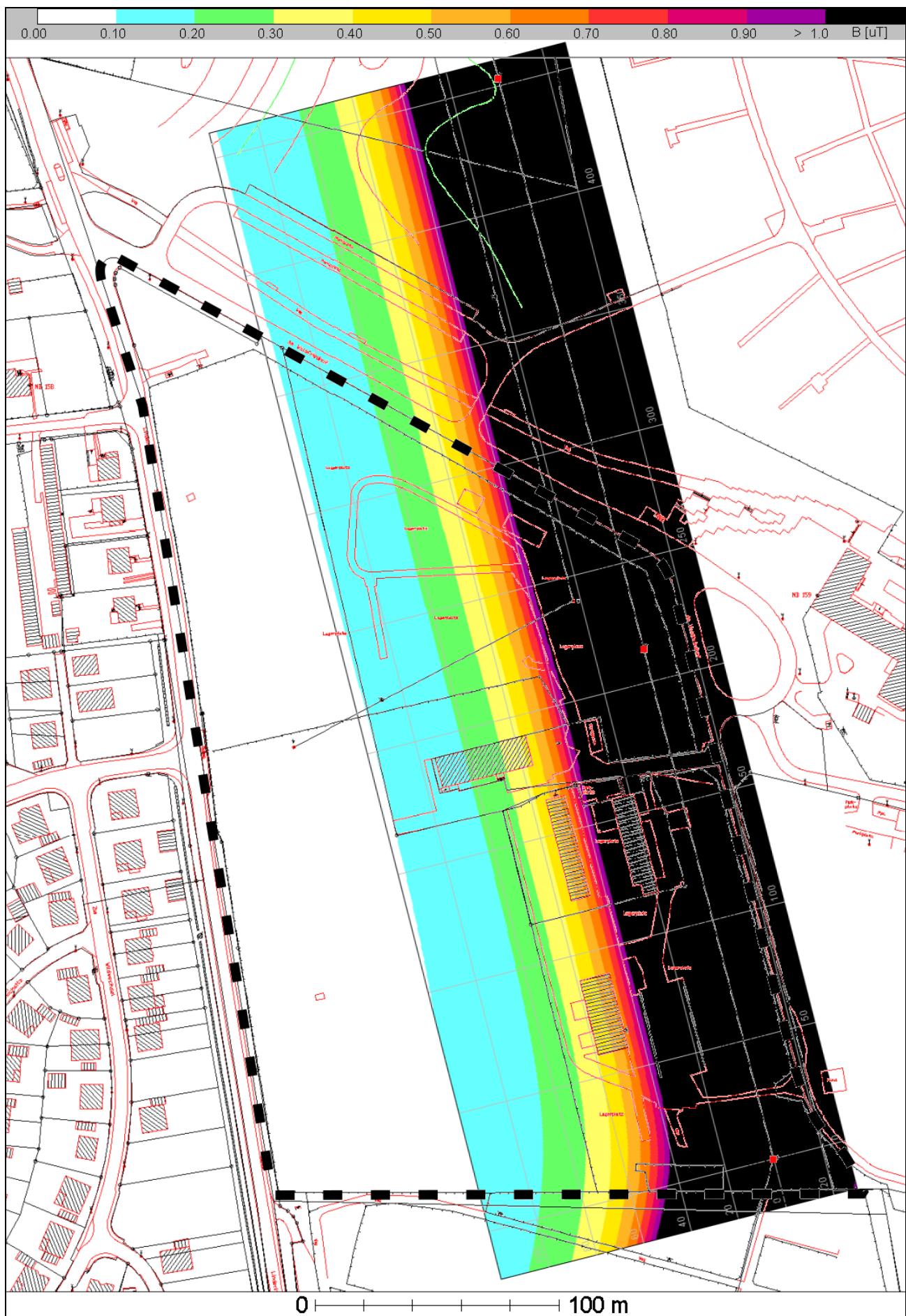
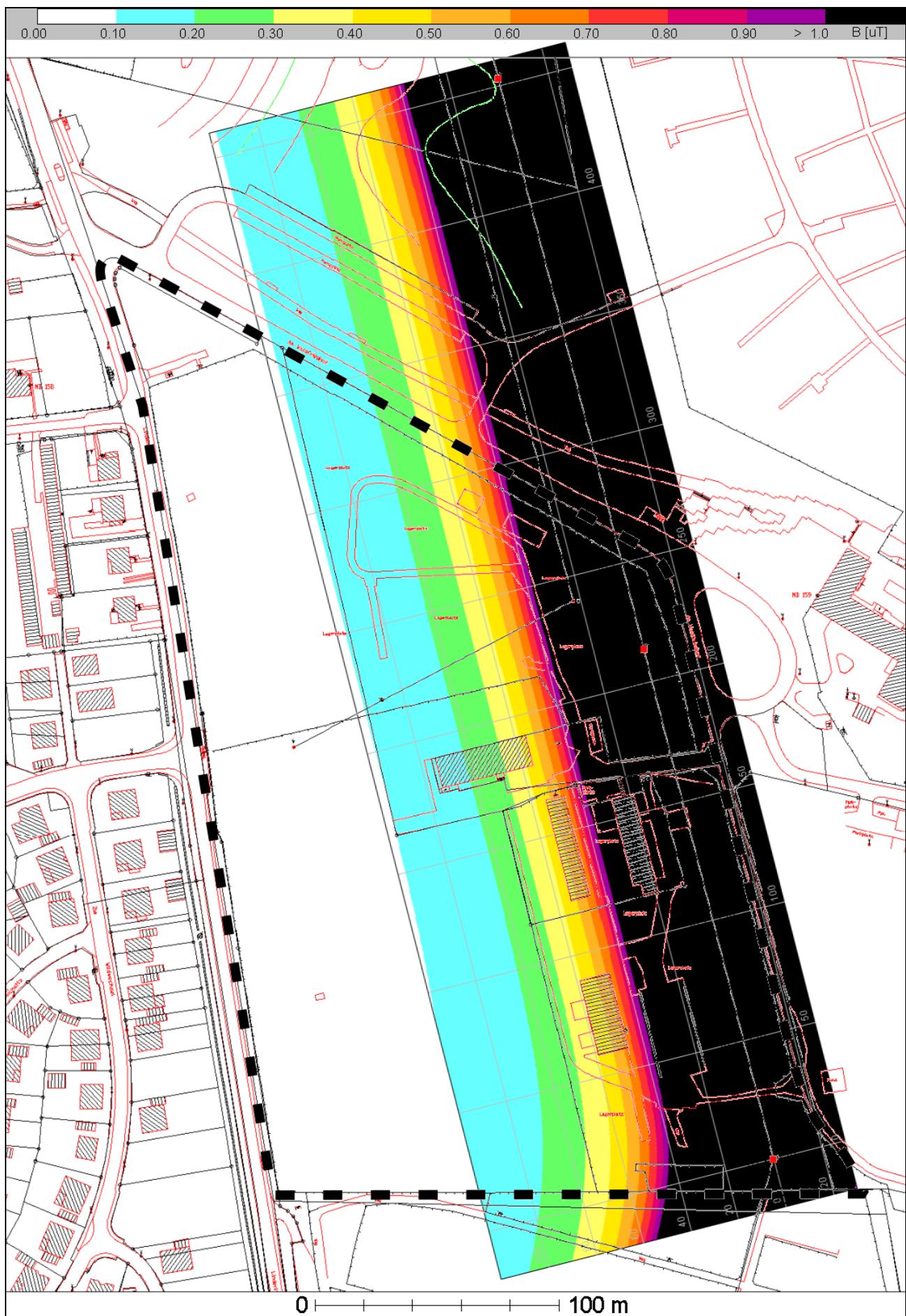


Abbildung 4: Magnetfeld in 10 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1  $\mu\text{T}$ )



**Abbildung 5:** Magnetfeld in 15 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1  $\mu\text{T}$ )

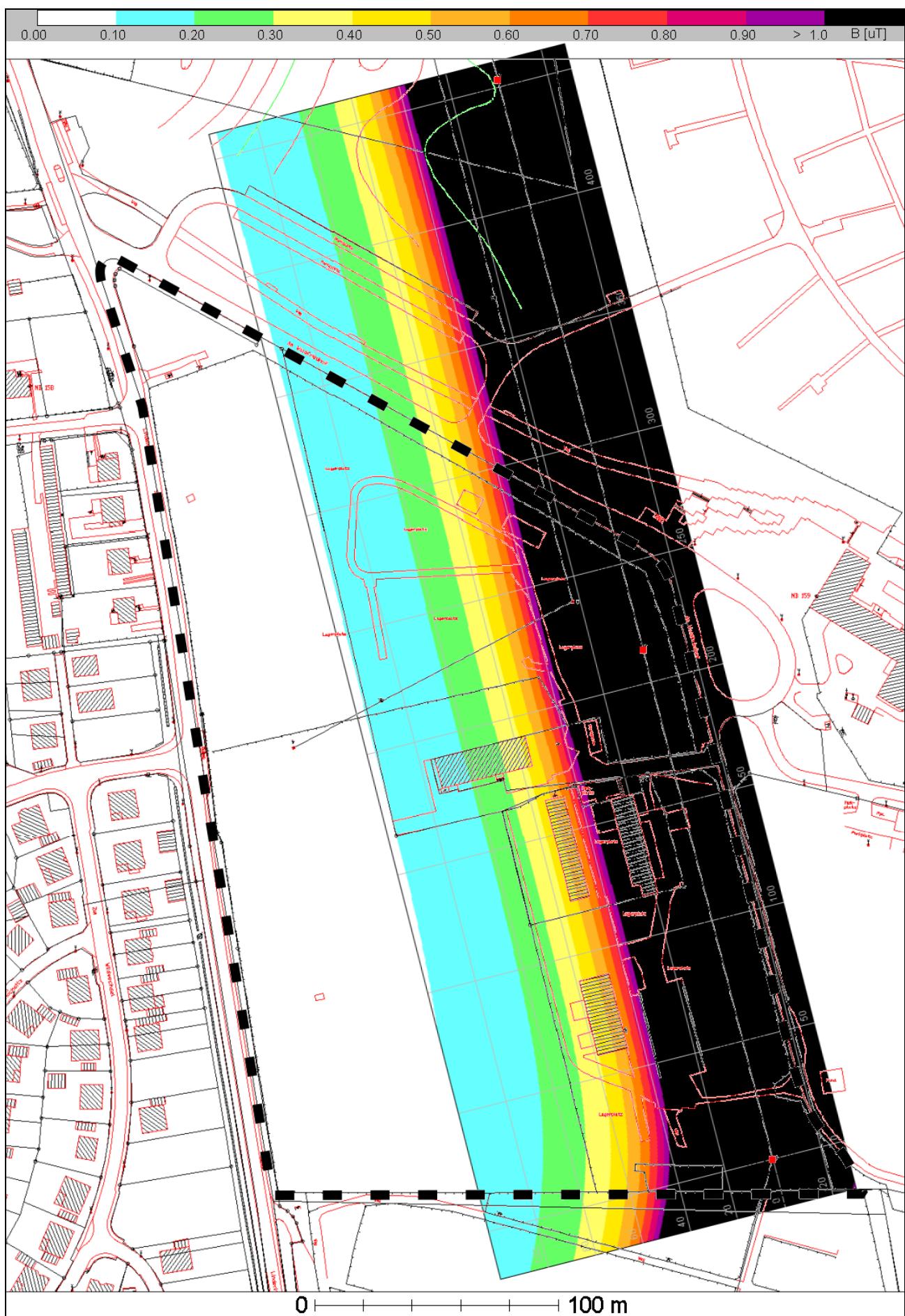


Abbildung 6: Magnetfeld in 20 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 1  $\mu$ T)

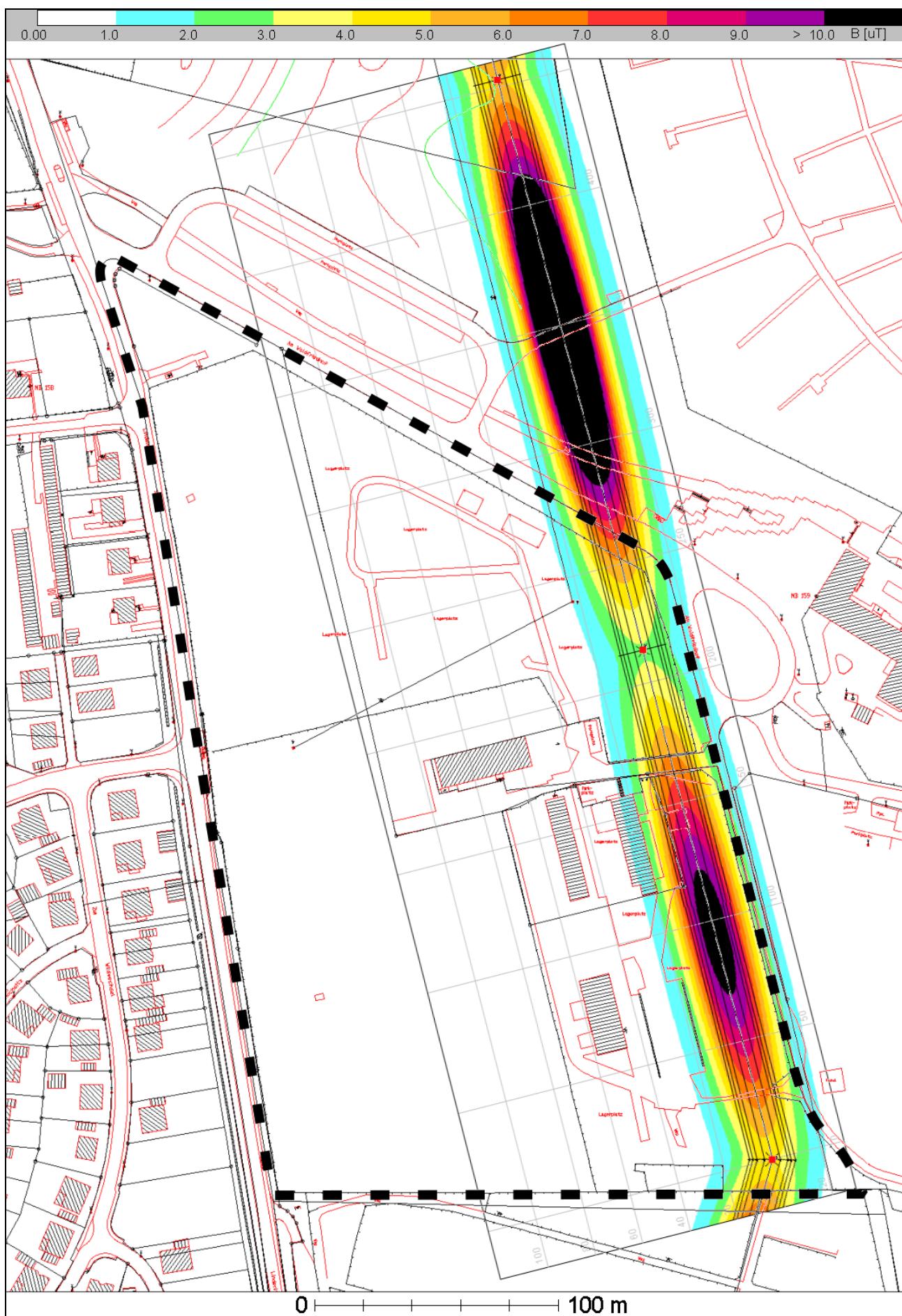


Abbildung 7: Magnetfeld in 2 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )

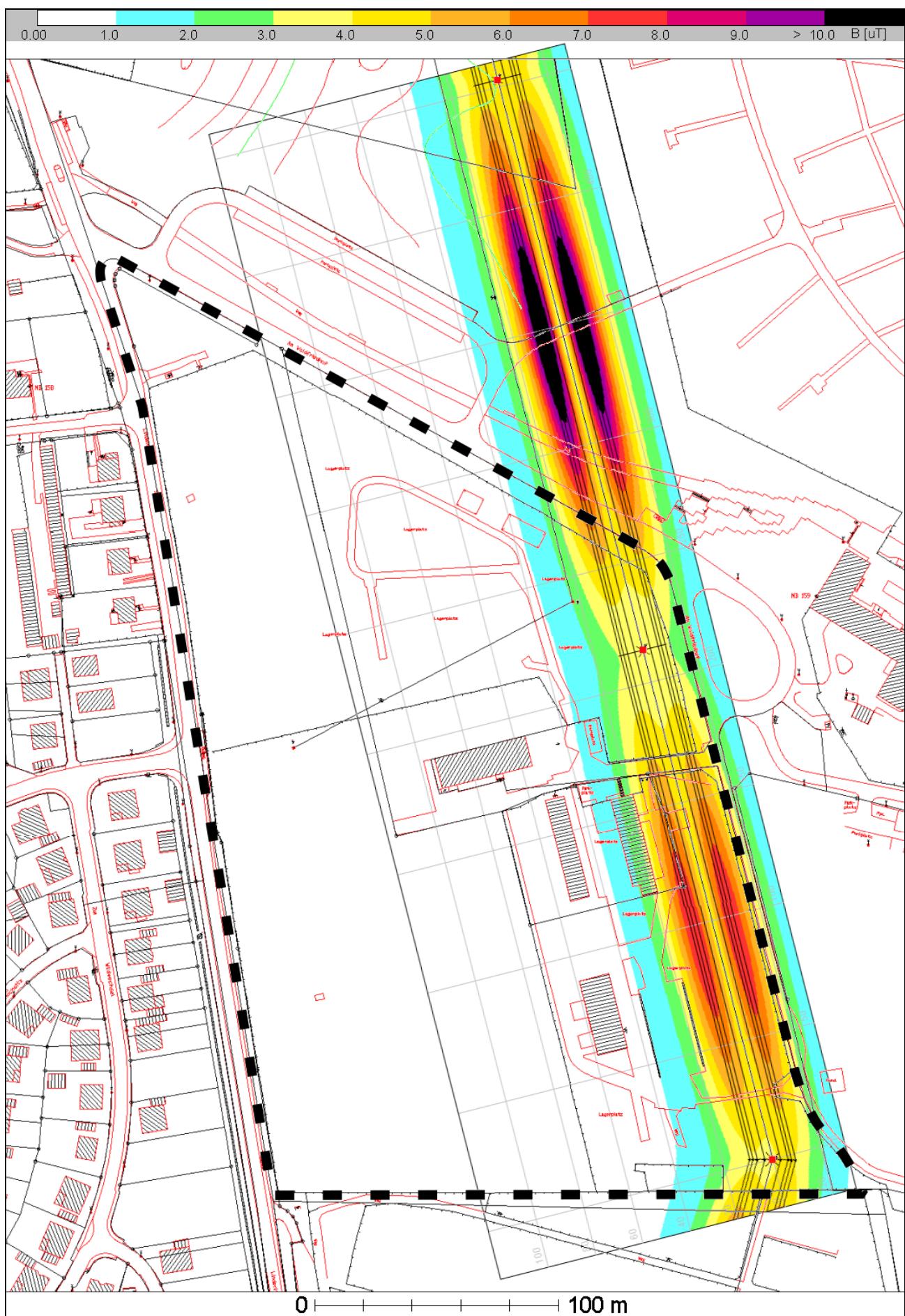


Abbildung 8: Magnetfeld in 2 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )

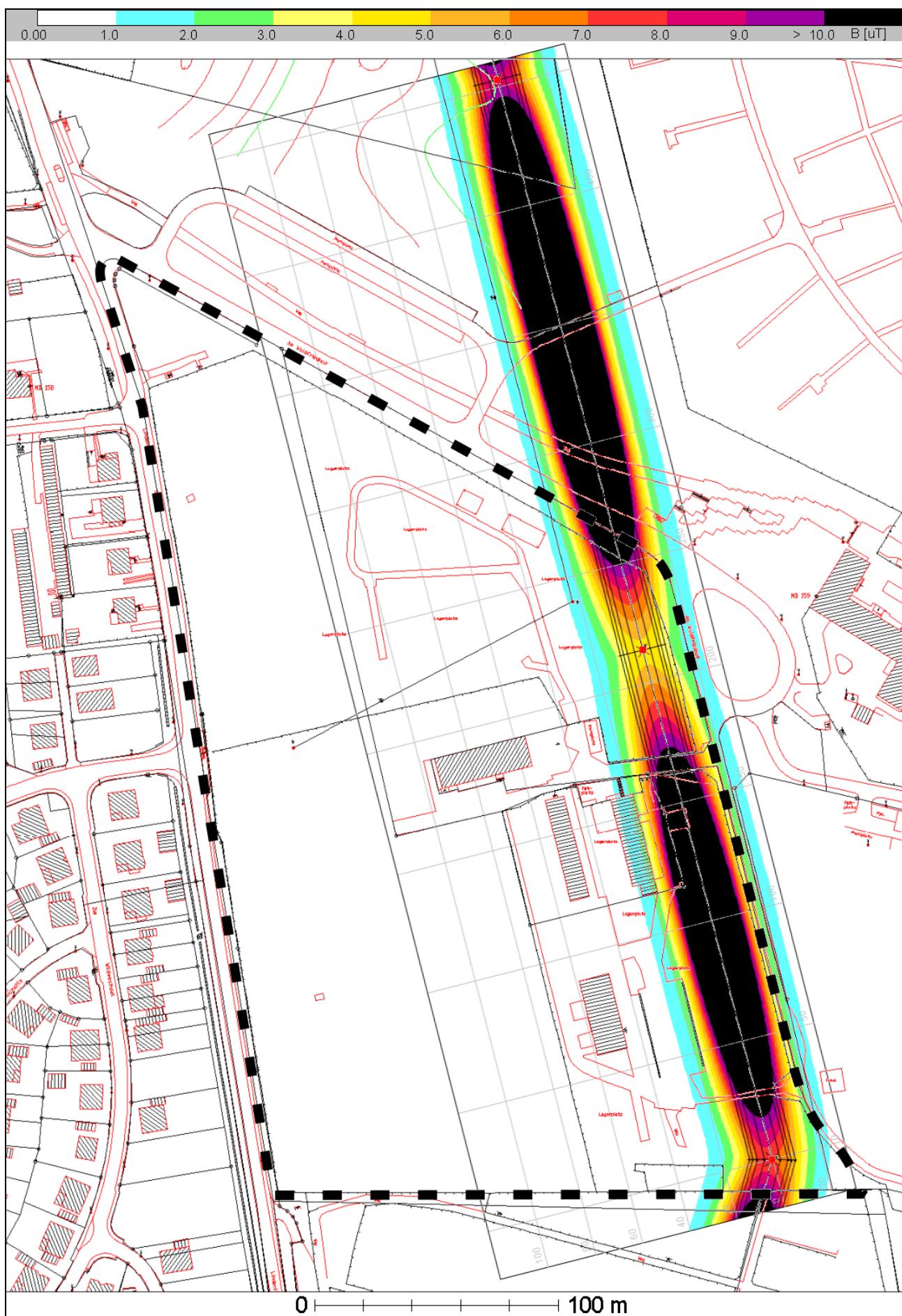


Abbildung 9: Magnetfeld in 5 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu$ T)

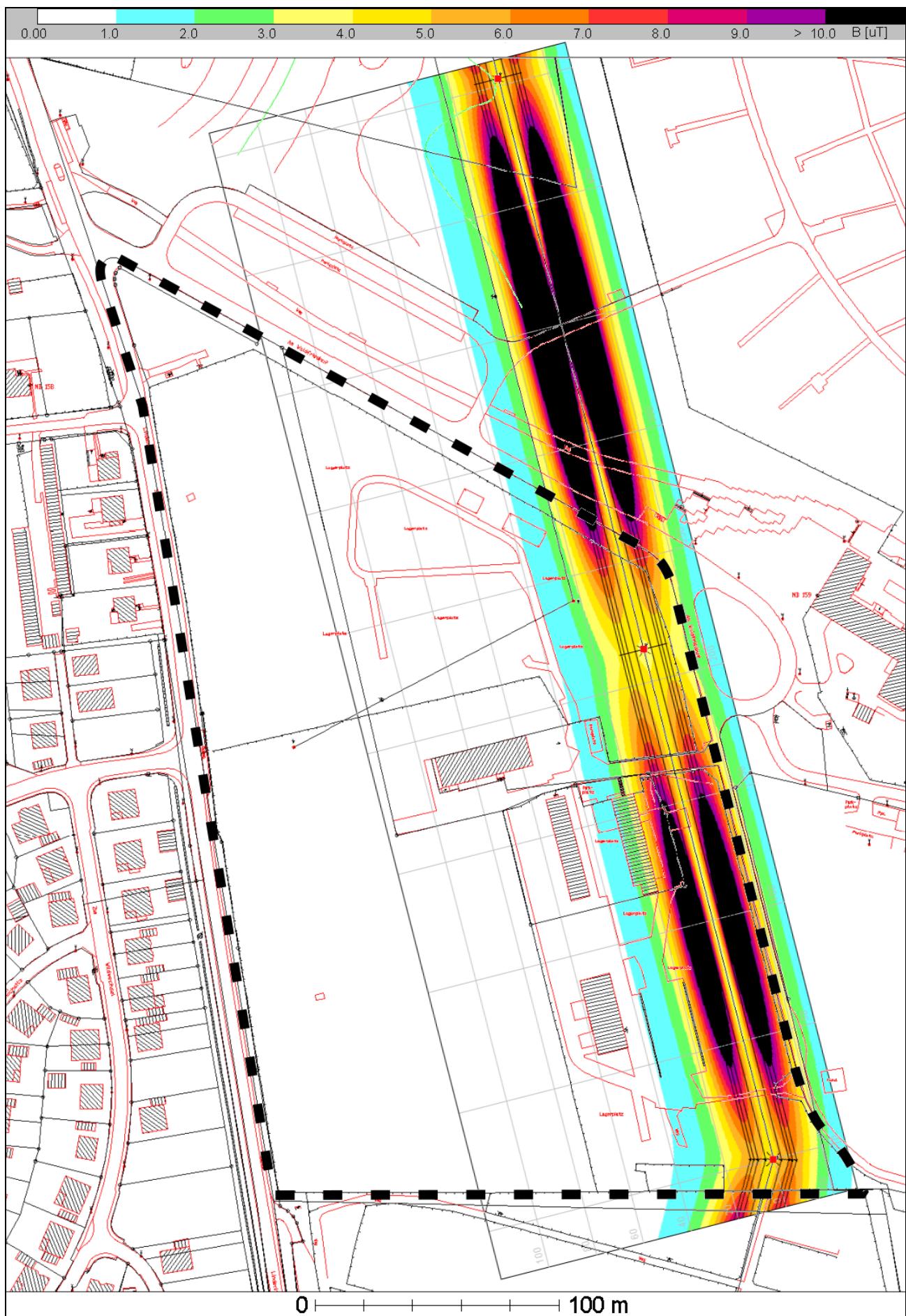


Abbildung 10: Magnetfeld in 5 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )



Abbildung 11: Magnetfeld in 10 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )

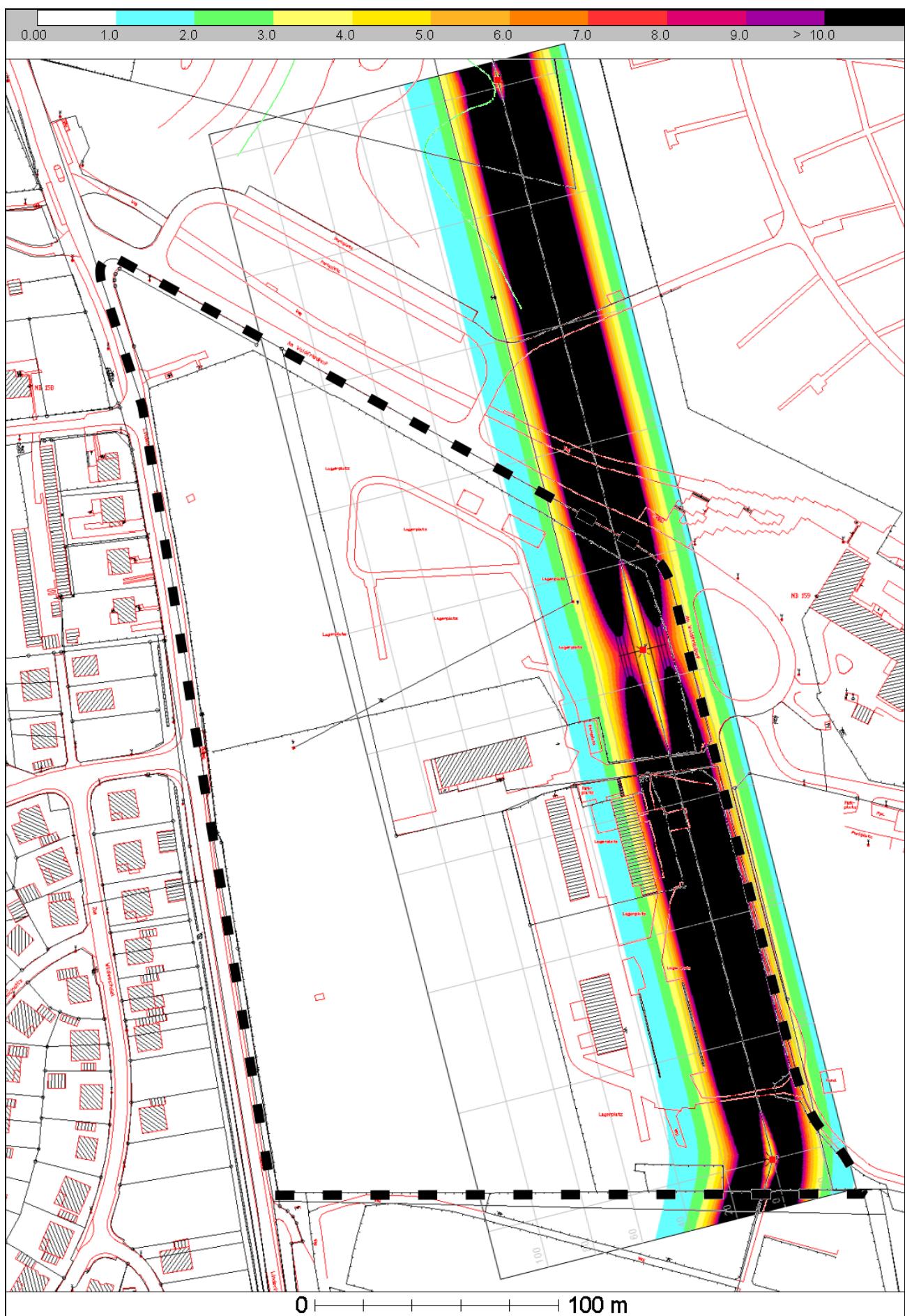


Abbildung 12: Magnetfeld in 10 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )

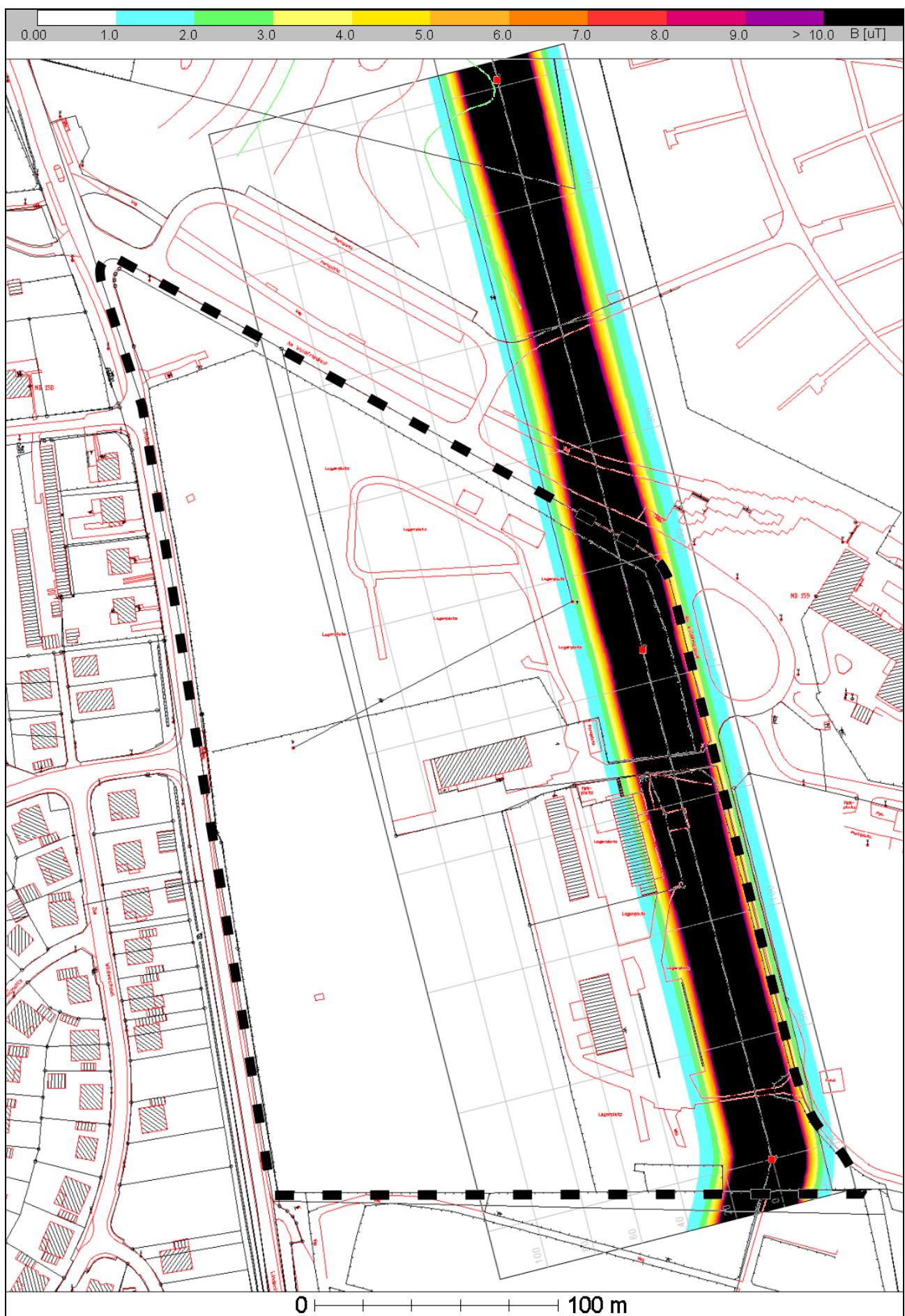


Abbildung 13: Magnetfeld in 15 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10 µT)

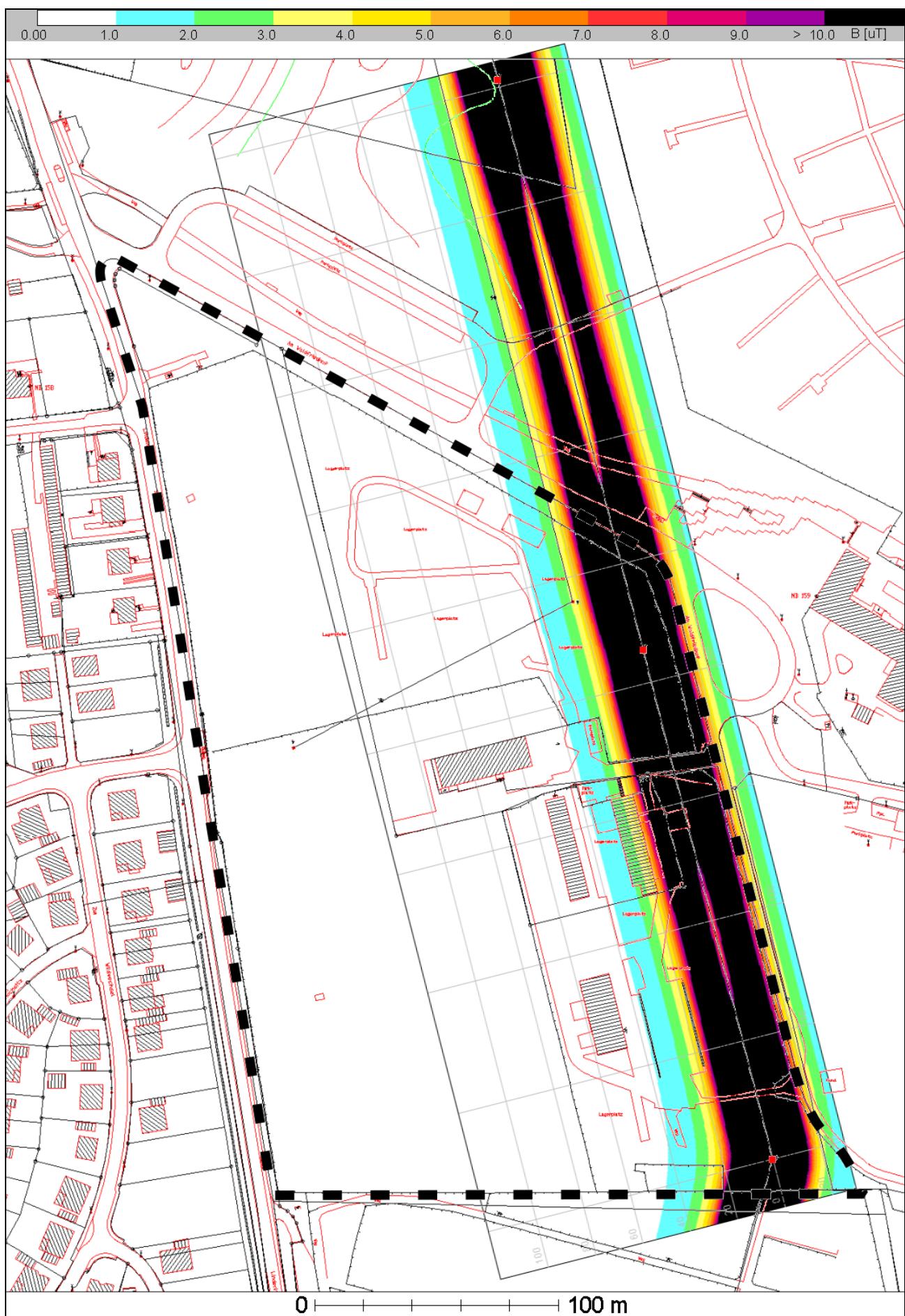


Abbildung 14: Magnetfeld in 15 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )

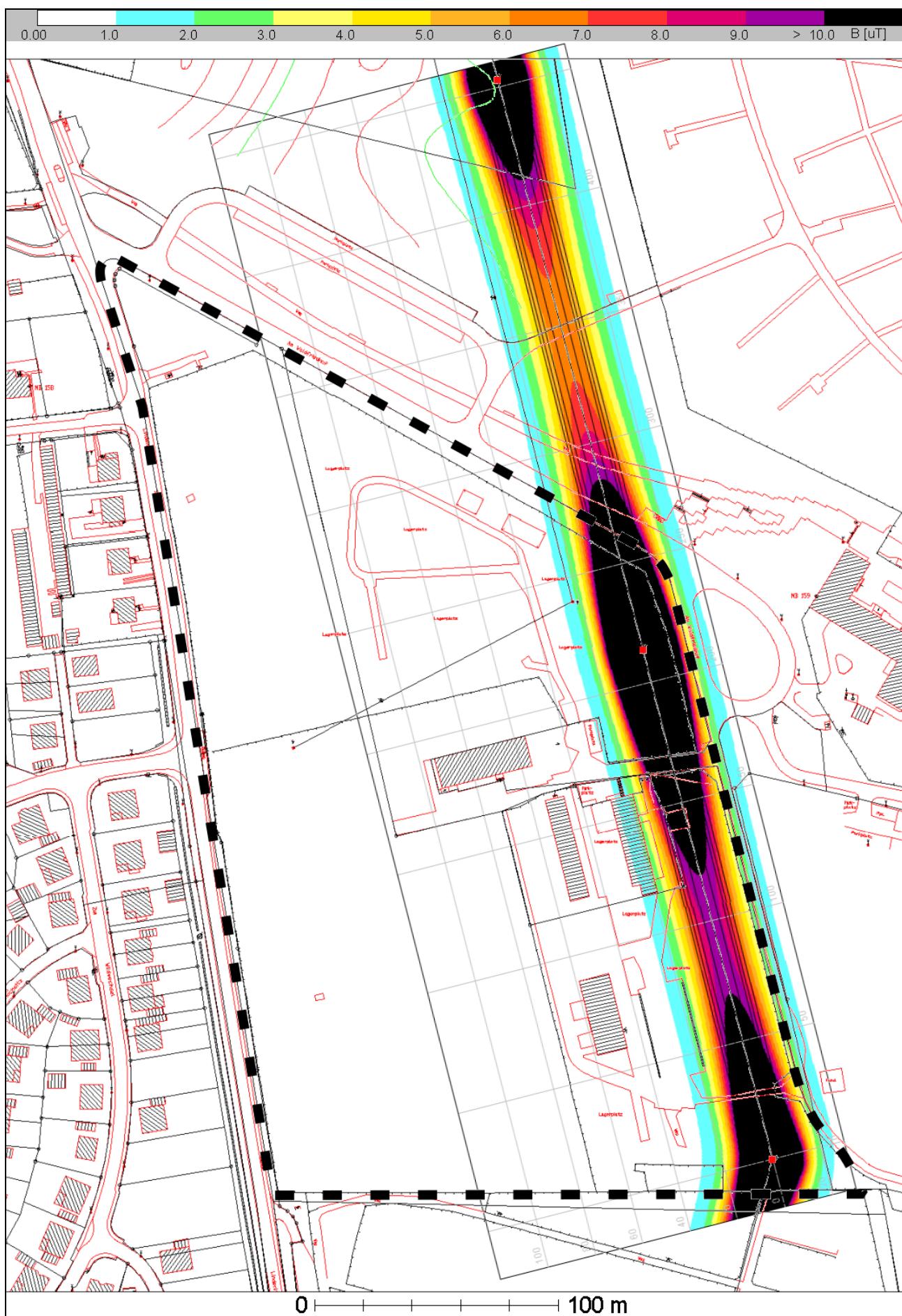


Abbildung 15: Magnetfeld in 20 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu$ T)

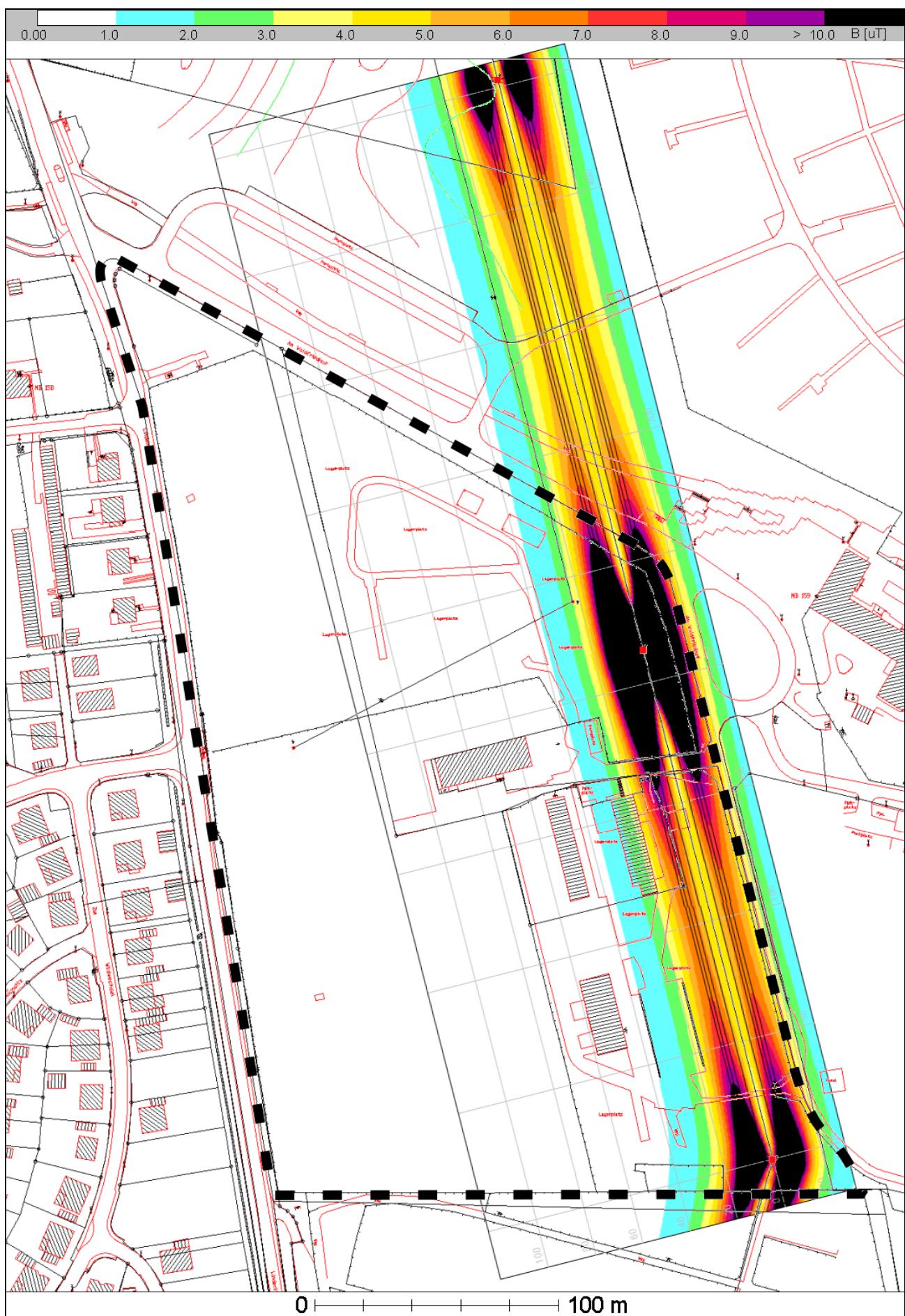


Abbildung 16: Magnetfeld in 20 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 10  $\mu\text{T}$ )

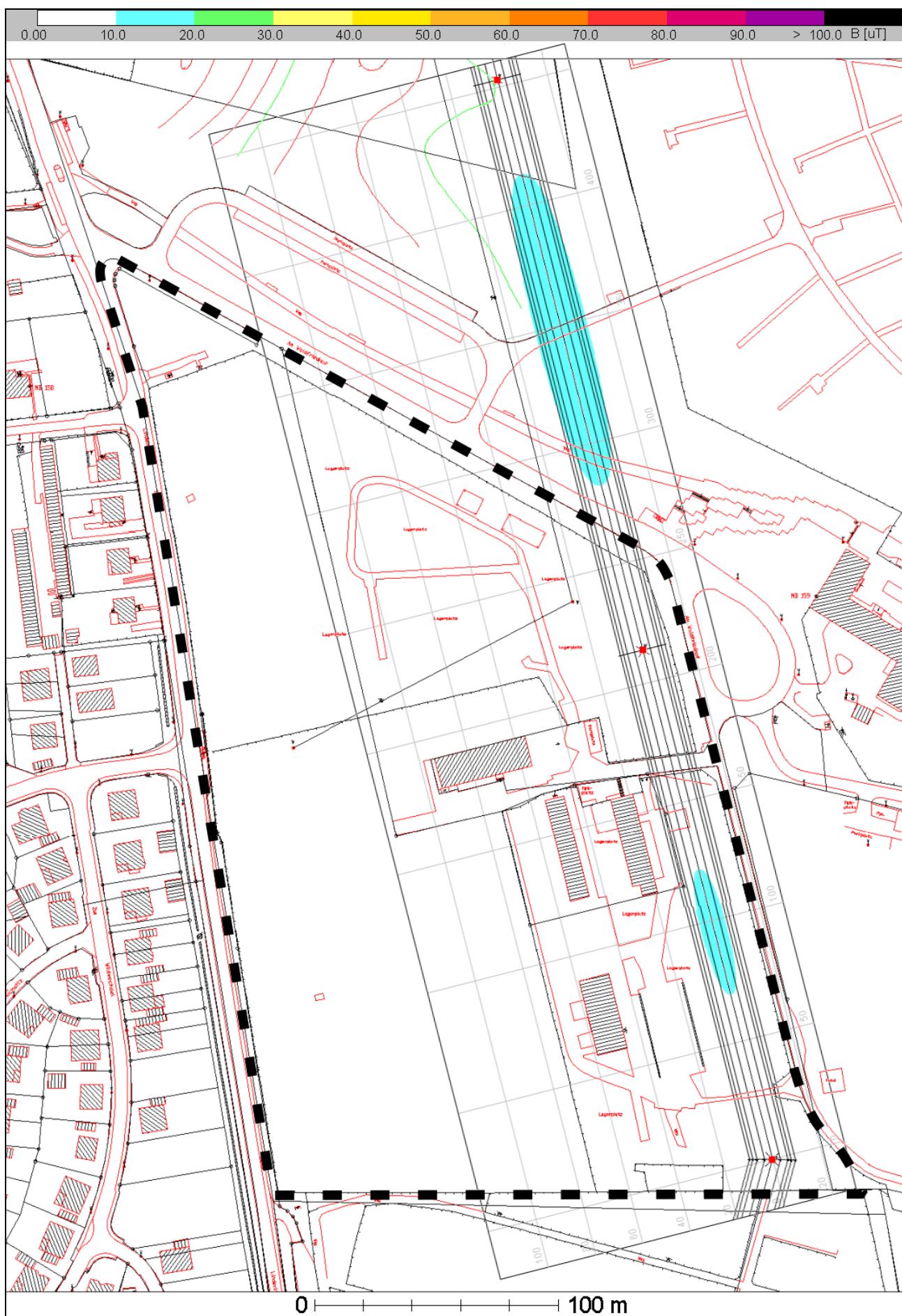


Abbildung 17: Magnetfeld in 2 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu$ T)

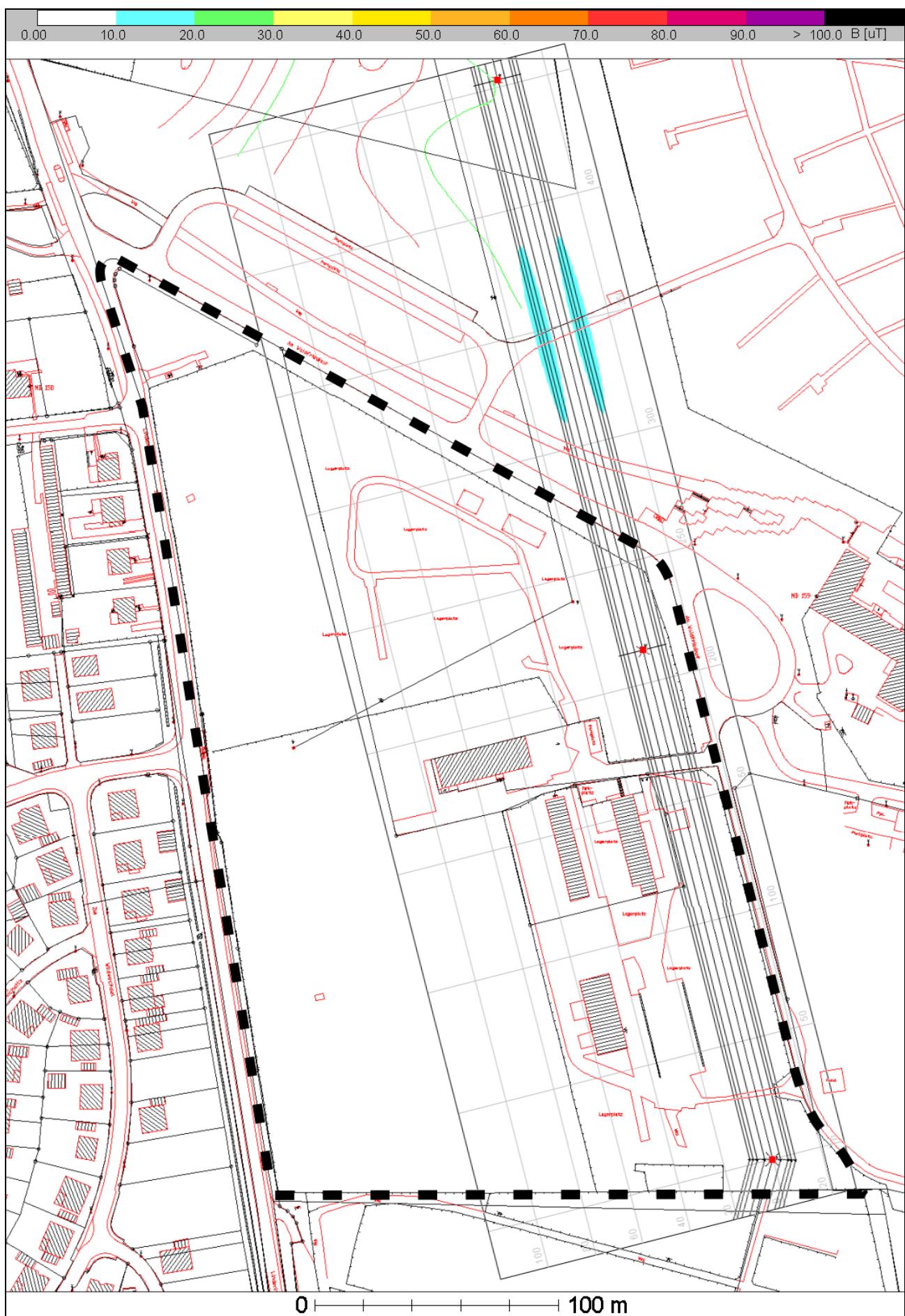


Abbildung 18: Magnetfeld in 2 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )

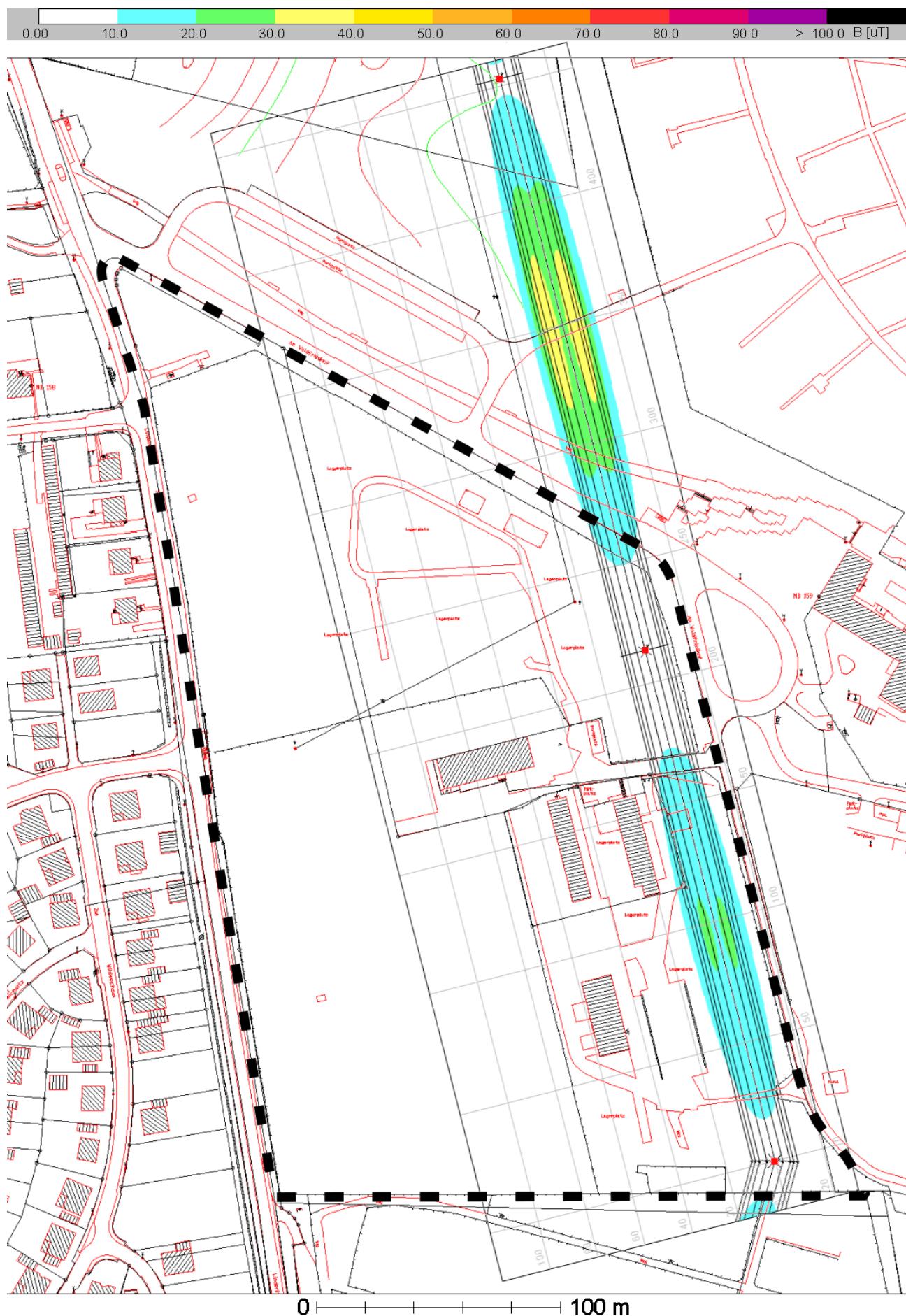


Abbildung 19: Magnetfeld in 5 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )

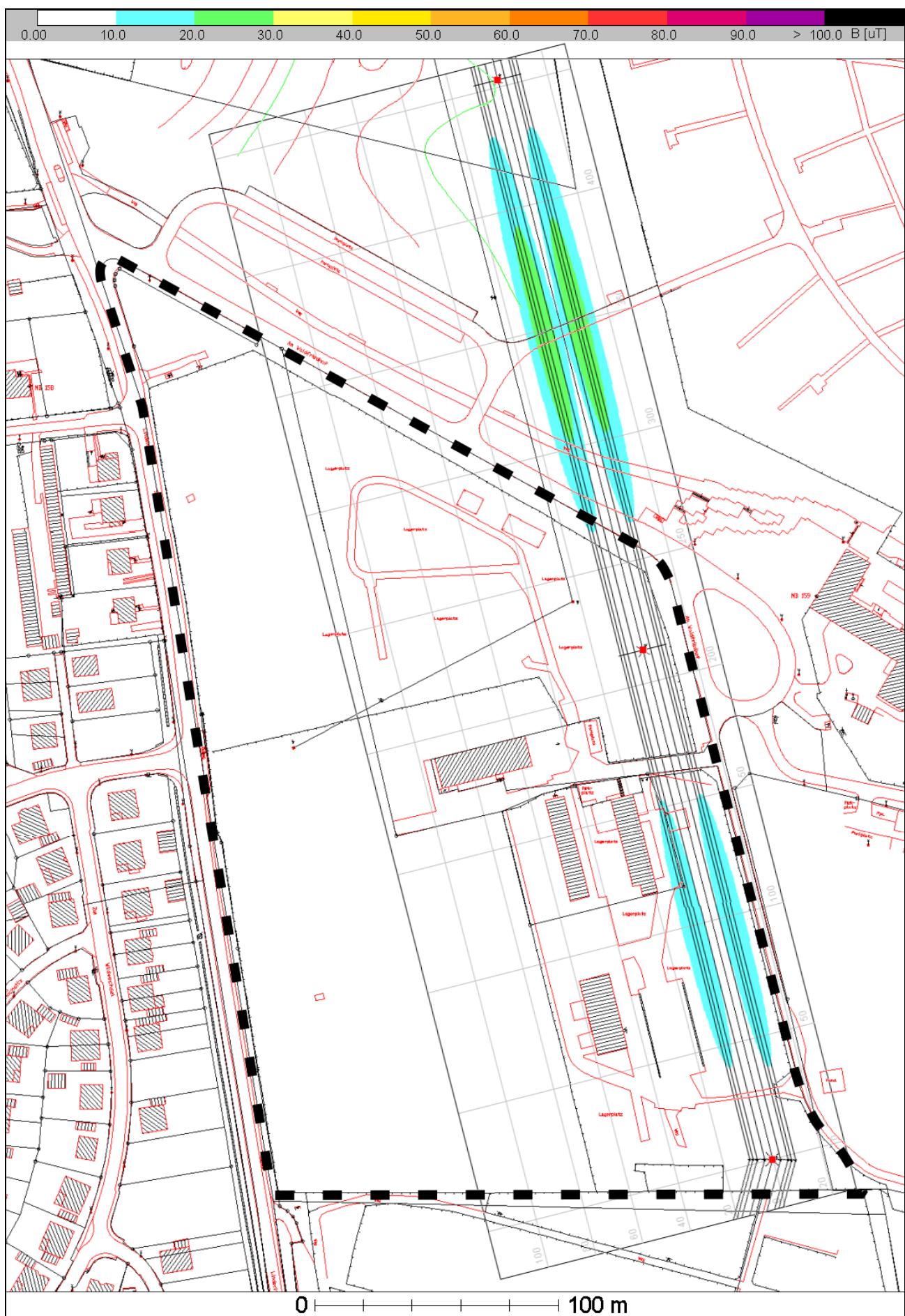


Abbildung 20: Magnetfeld in 5 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )

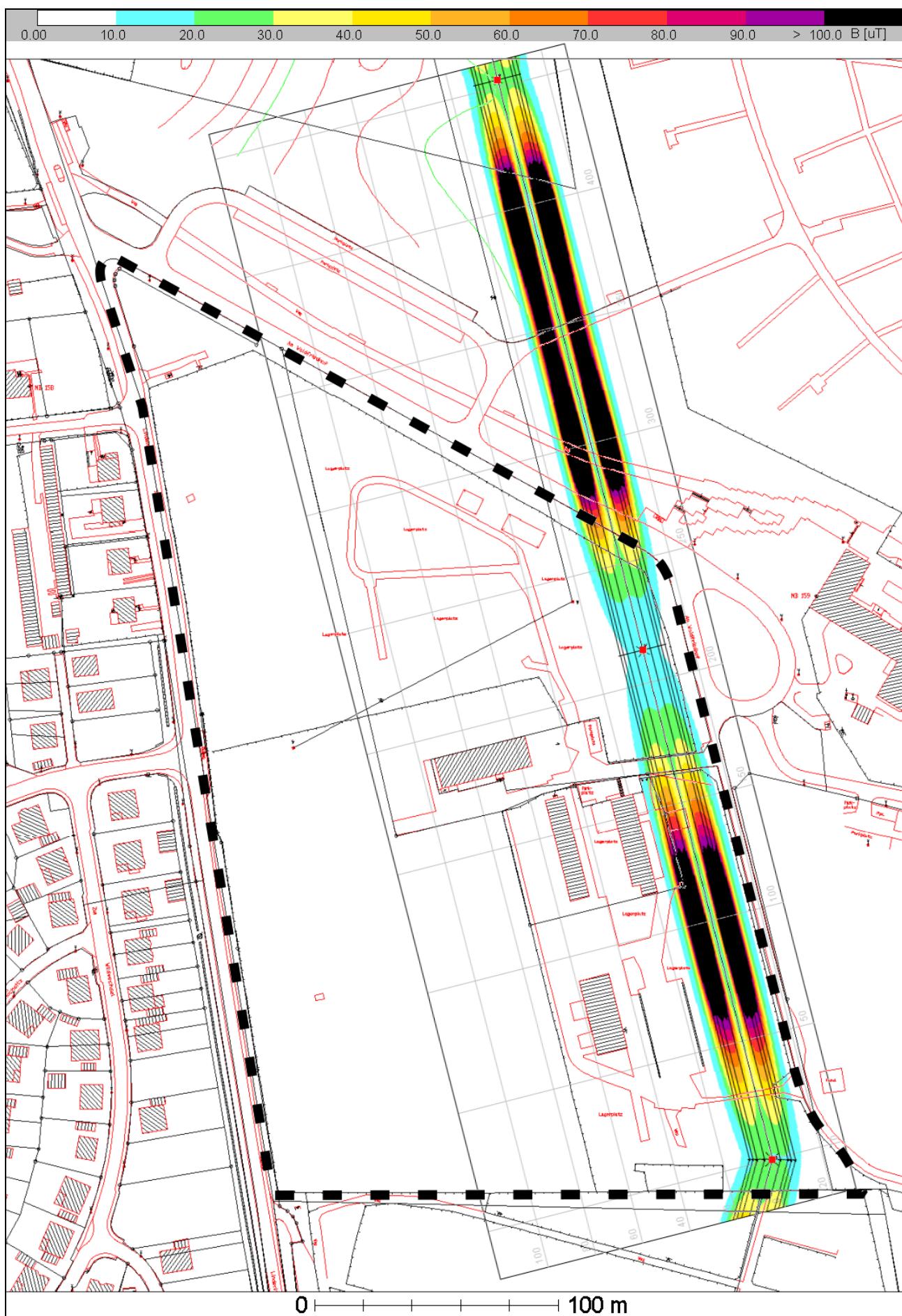
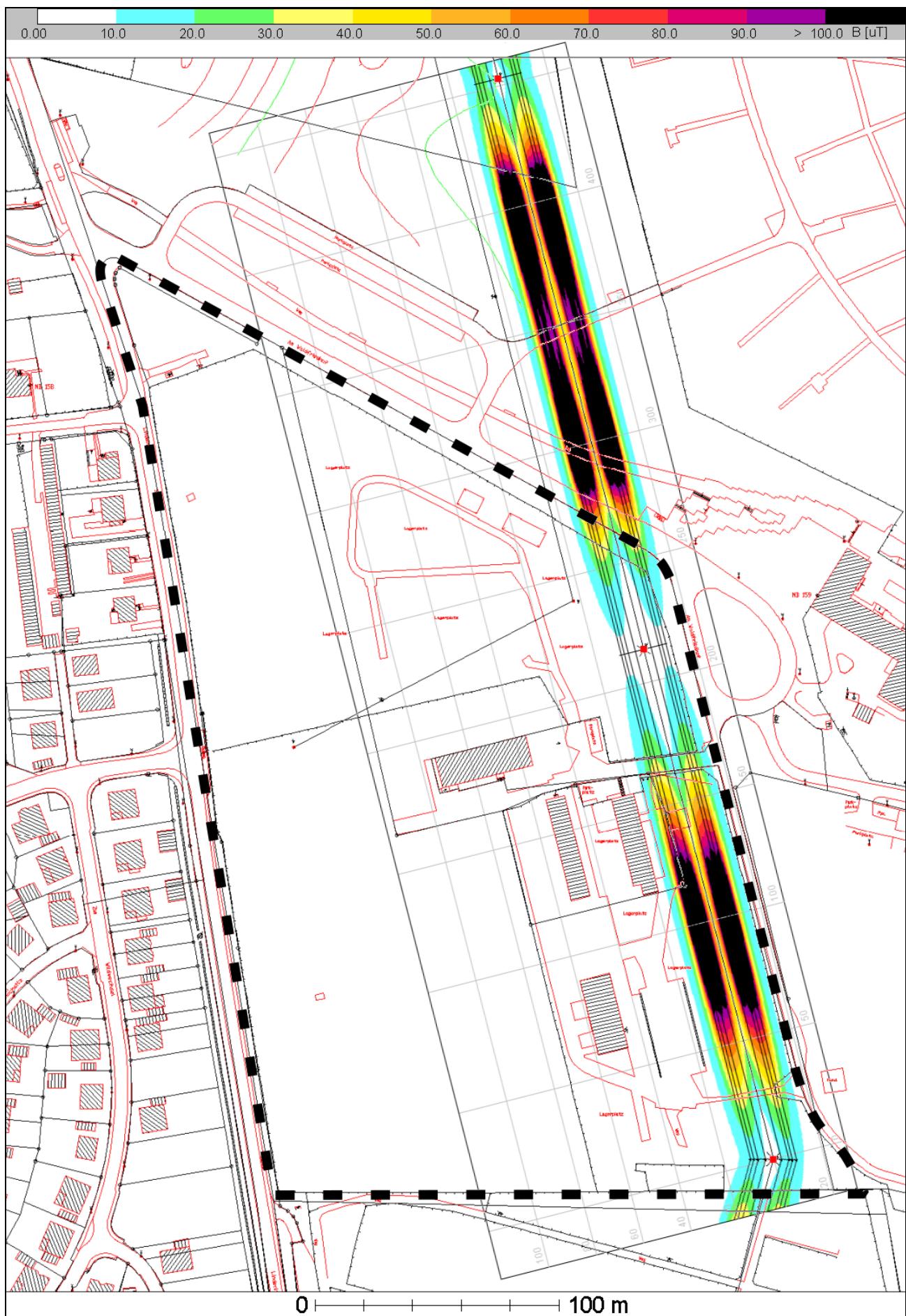


Abbildung 21: Magnetfeld in 10 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )



**Abbildung 22:** Magnetfeld in 10 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu$ T)

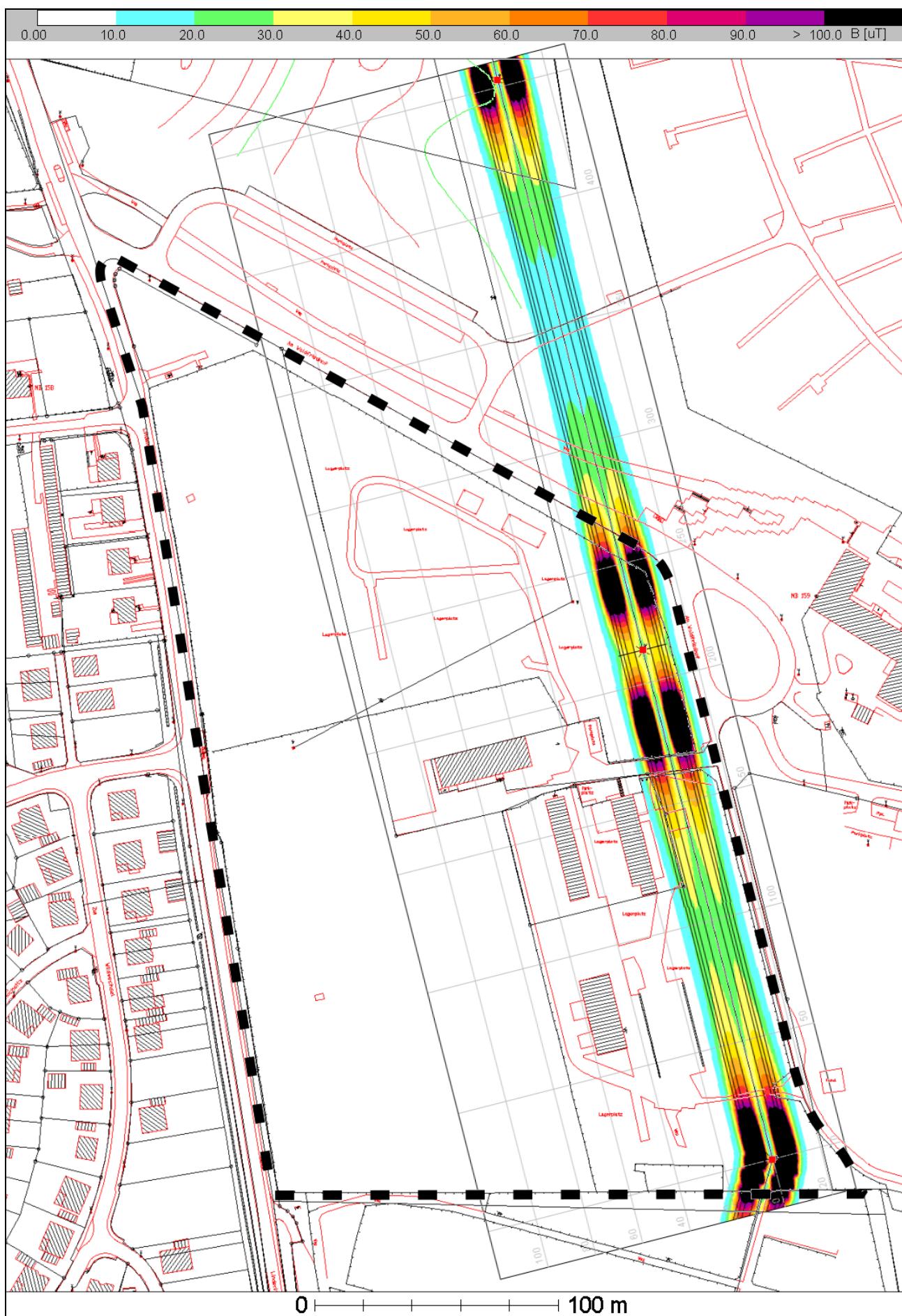


Abbildung 23: Magnetfeld in 15 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )

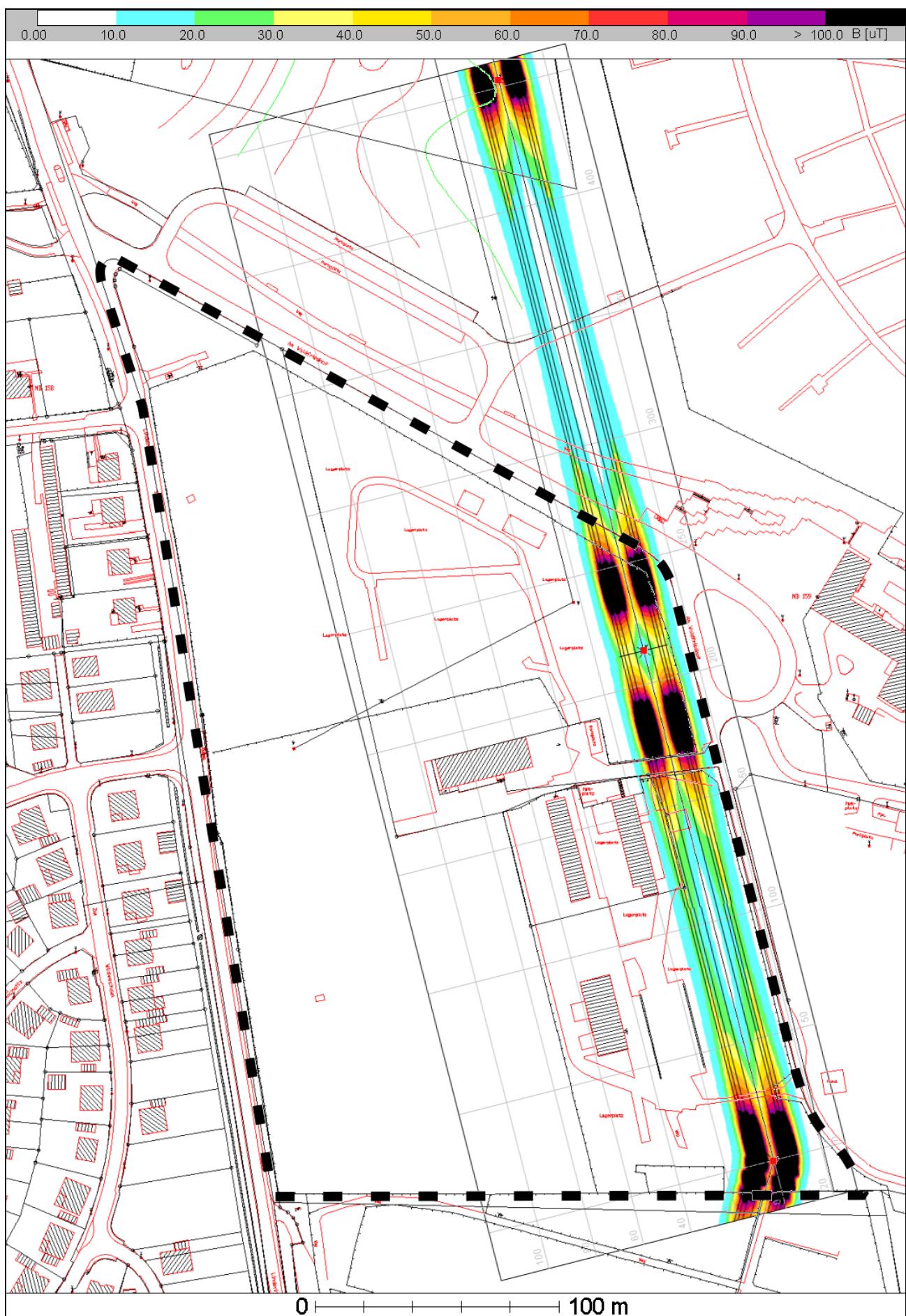


Abbildung 24: Magnetfeld in 15 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )

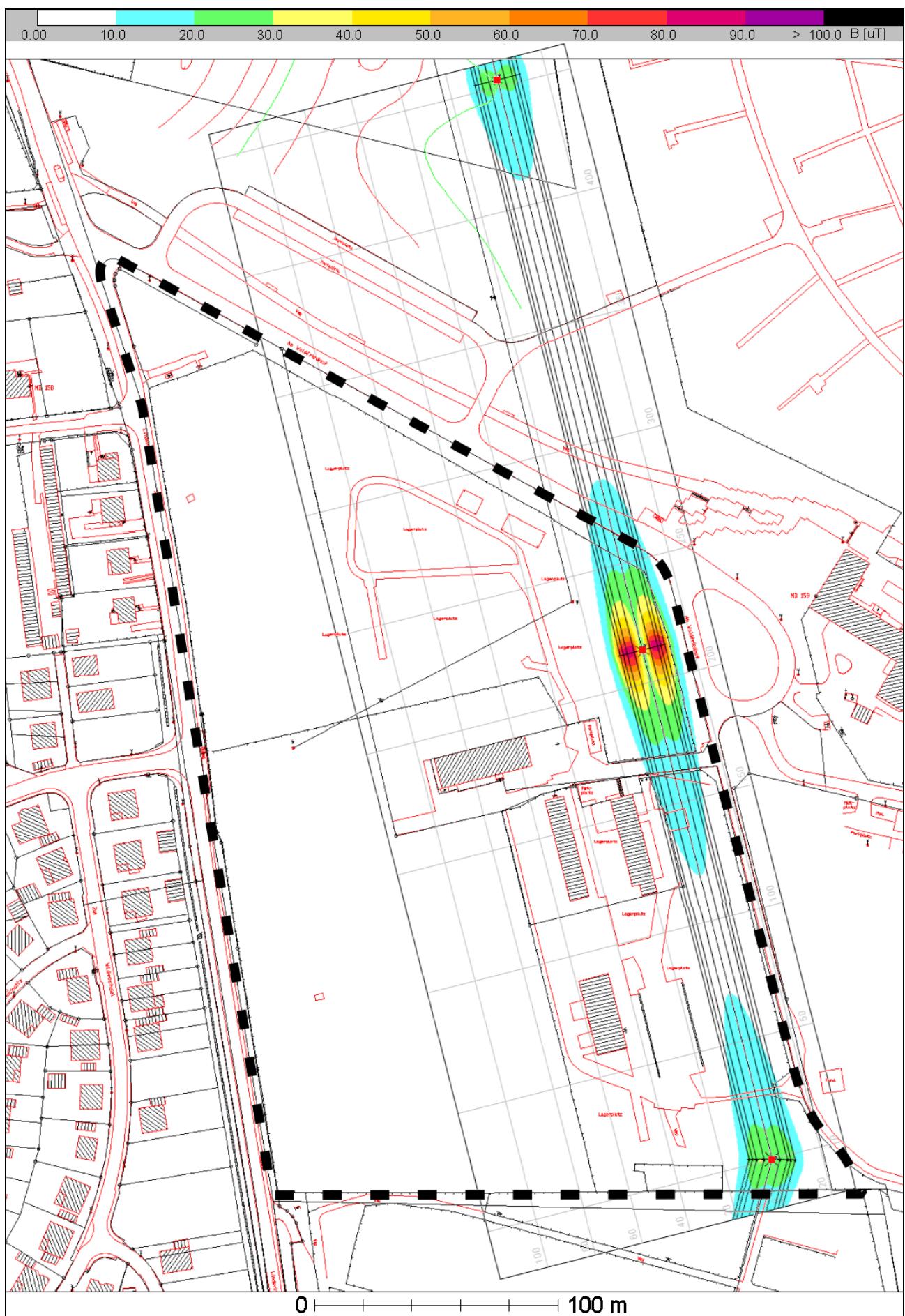
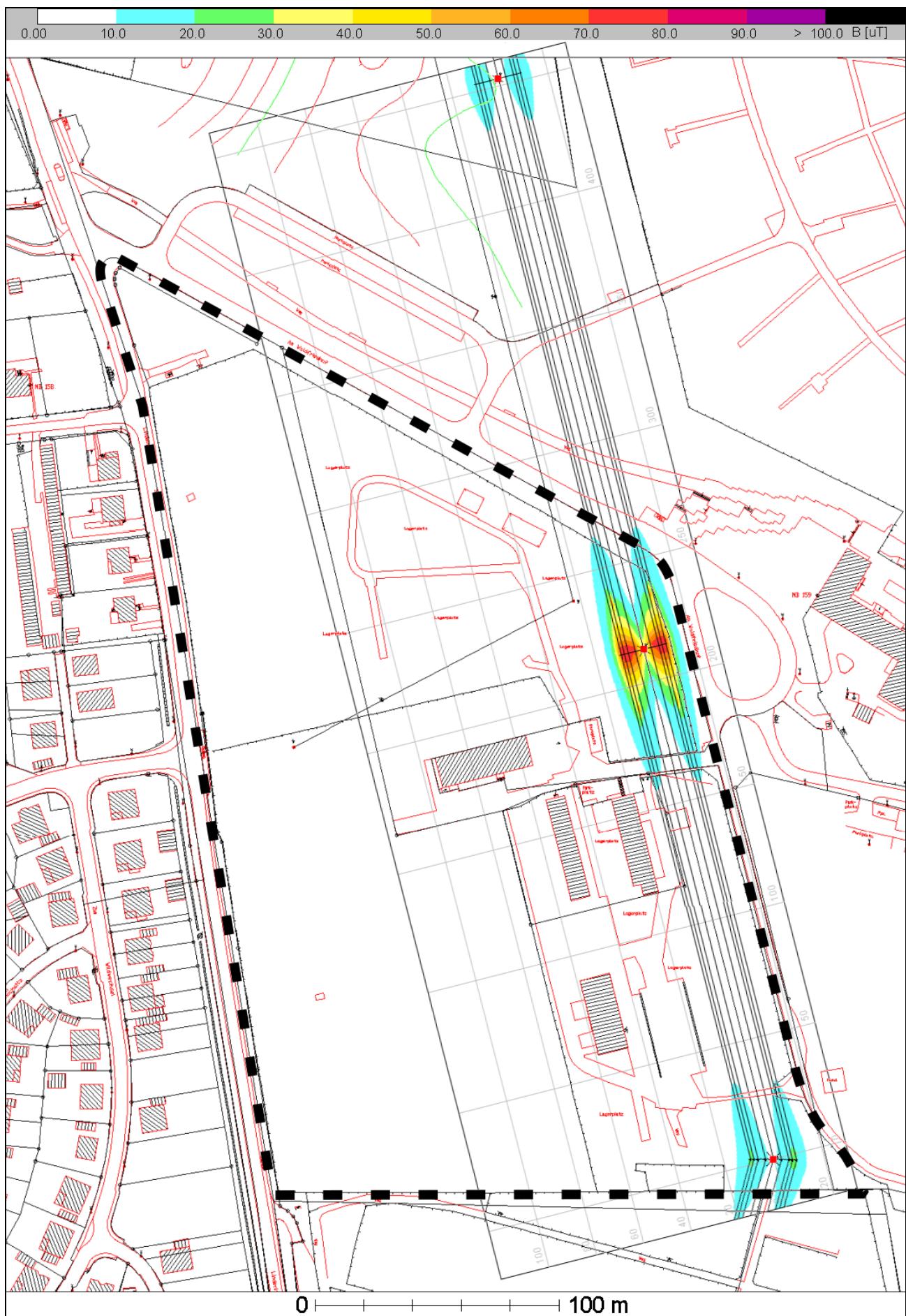


Abbildung 25: Magnetfeld in 20 m Höhe, paralleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu\text{T}$ )



**Abbildung 26:** Magnetfeld in 20 m Höhe, antiparalleler Lastfluss (Diagramm-Skalierung 100  $\mu$ T)

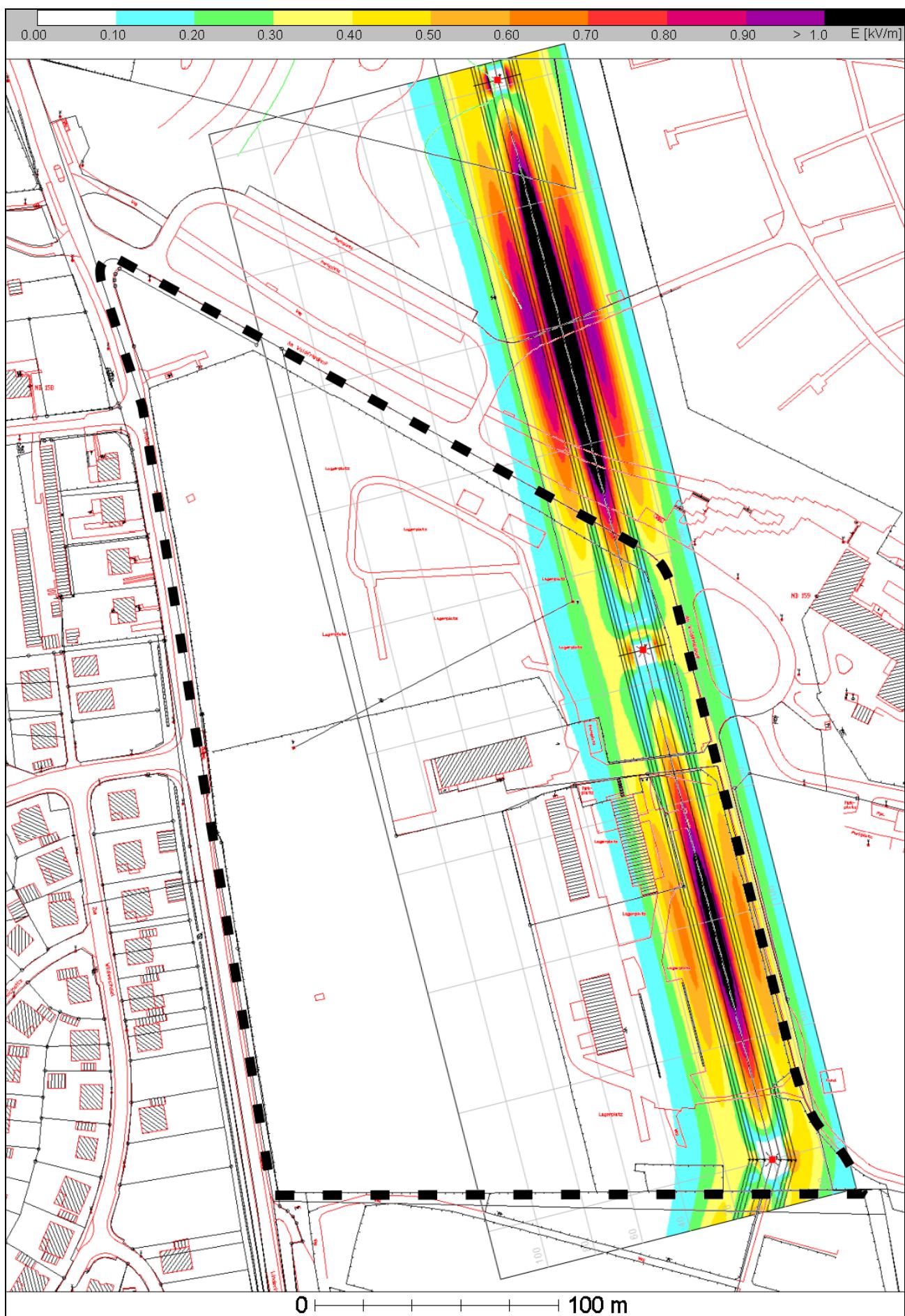


Abbildung 27: Elektrisches Feld in 2 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m)

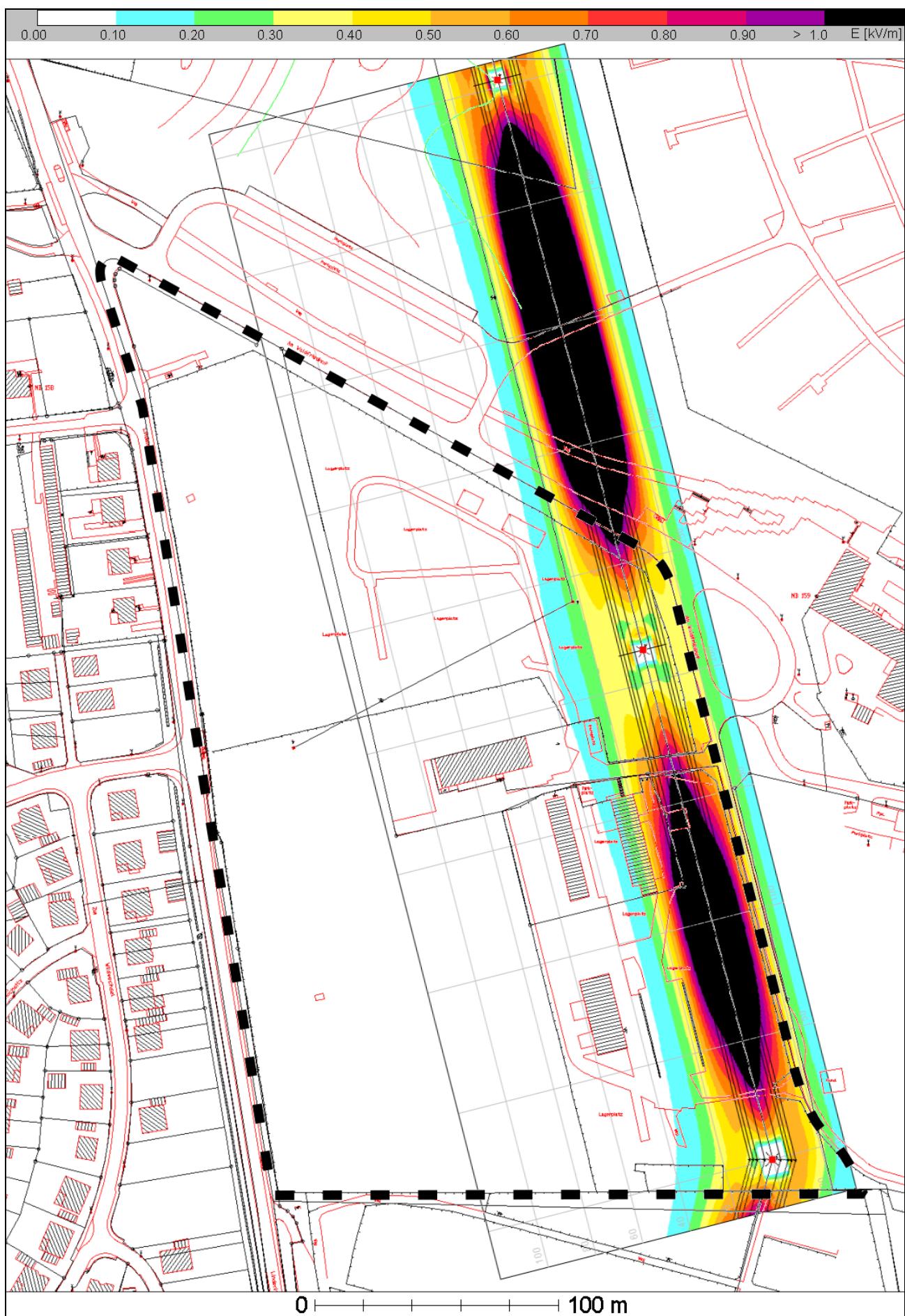


Abbildung 28: Elektrisches Feld in 5 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m)

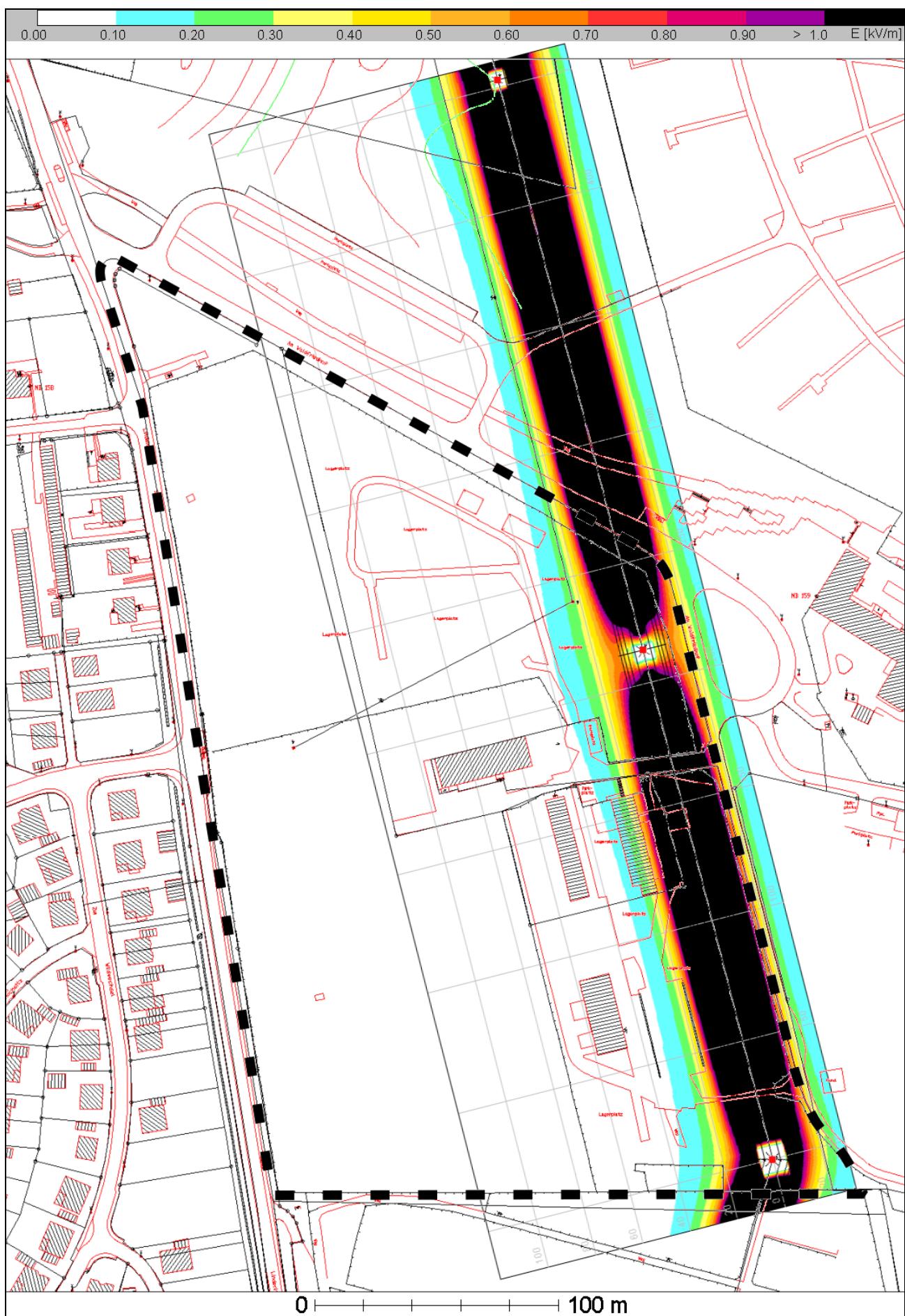


Abbildung 29: Elektrisches Feld in 10 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1  $\text{kV/m}$ )

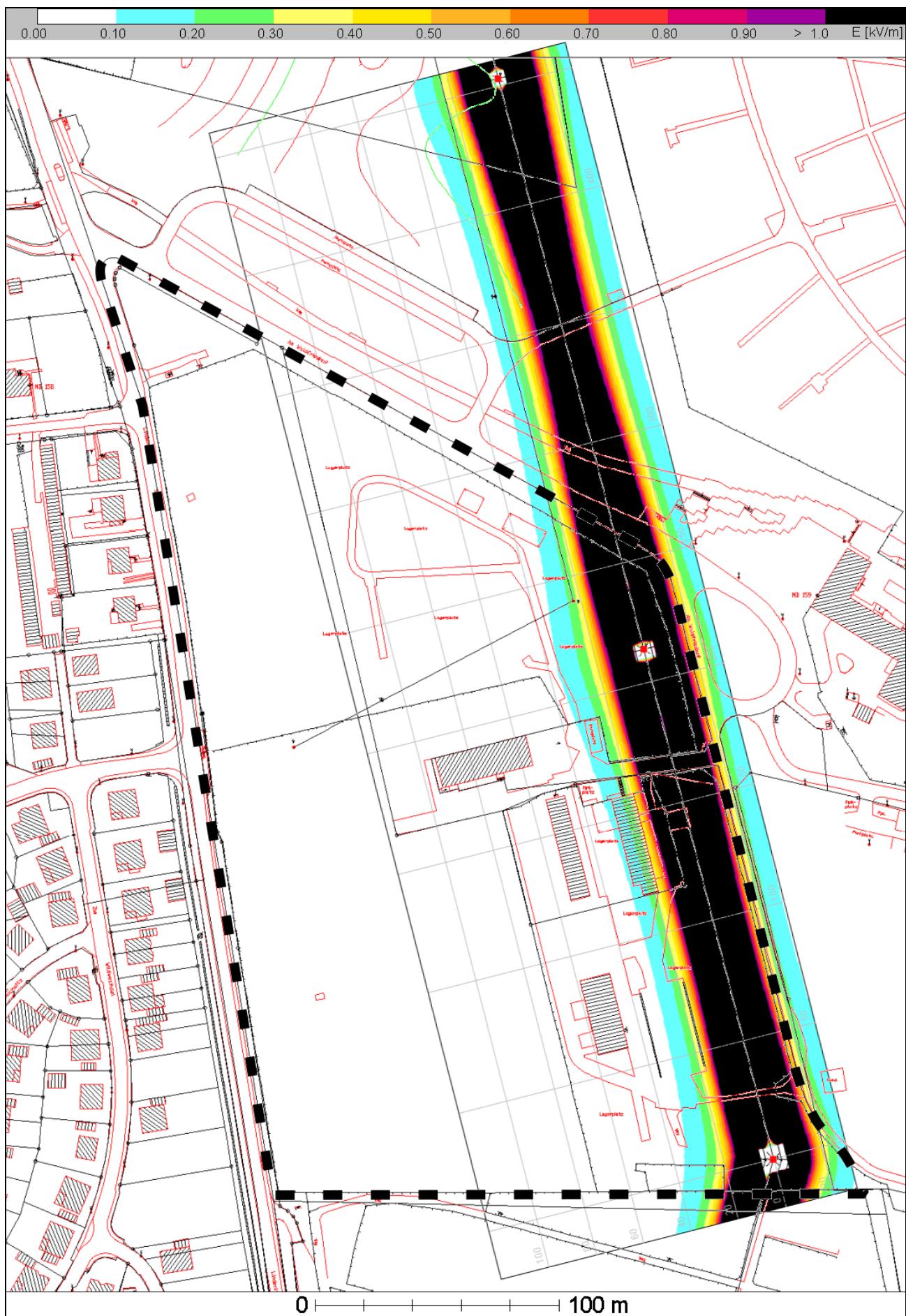


Abbildung 30: Elektrisches Feld in 15 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m)

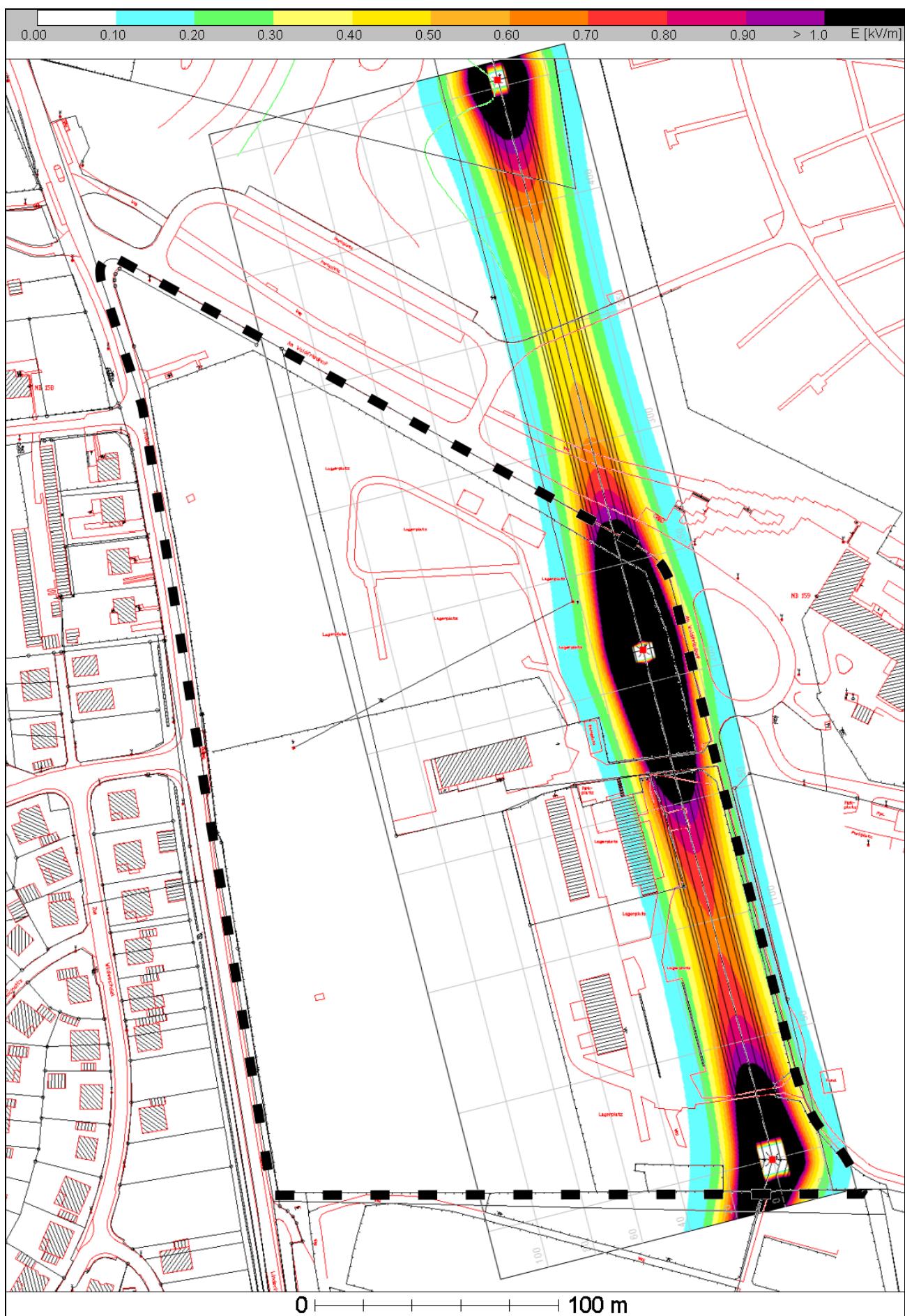


Abbildung 31: Elektrisches Feld in 20 m Höhe (Diagramm-Skalierung 1 kV/m)

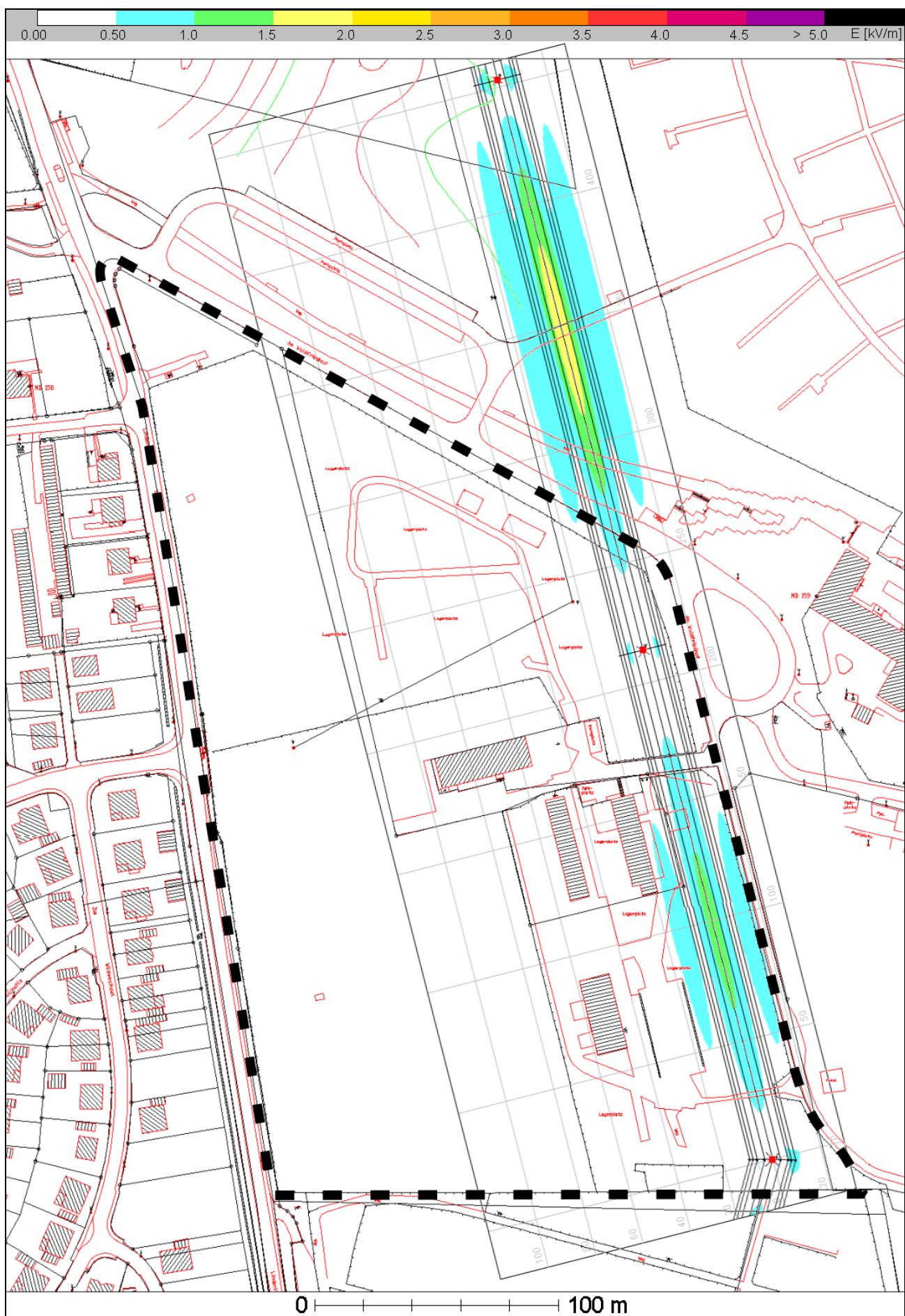


Abbildung 32: Elektrisches Feld in 2 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m)

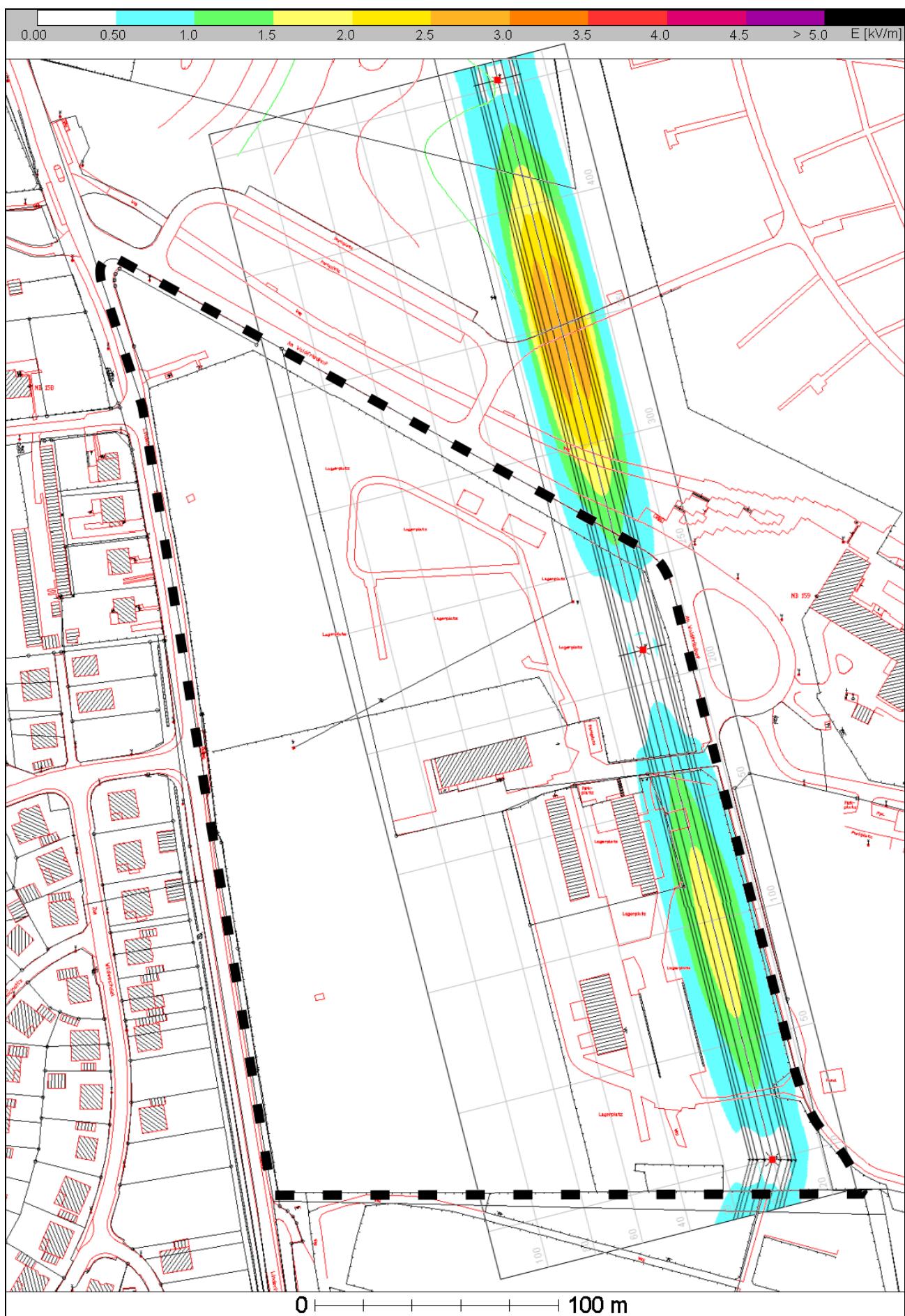


Abbildung 33: Elektrisches Feld in 5 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m)

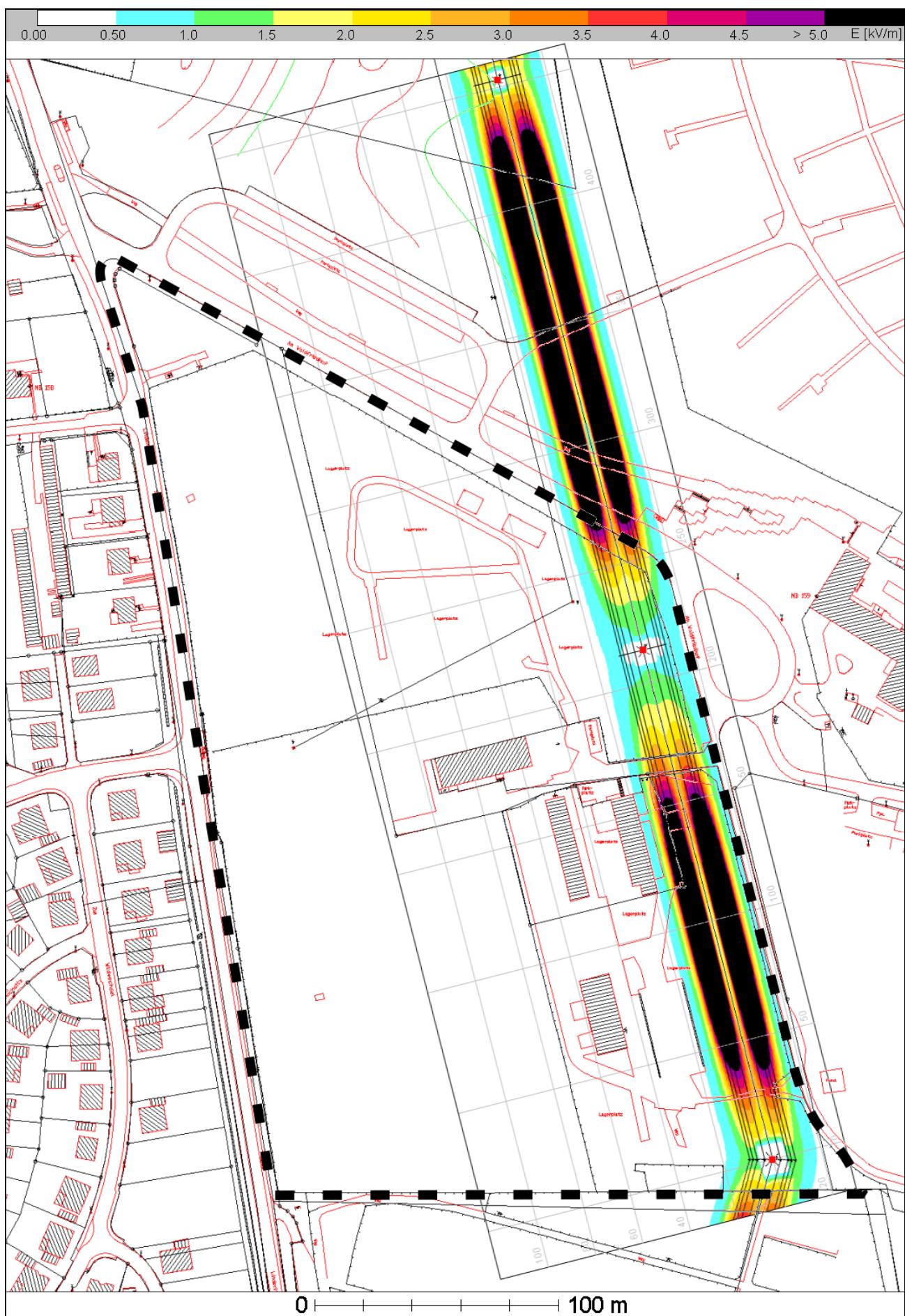


Abbildung 34: Elektrisches Feld in 10 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m)

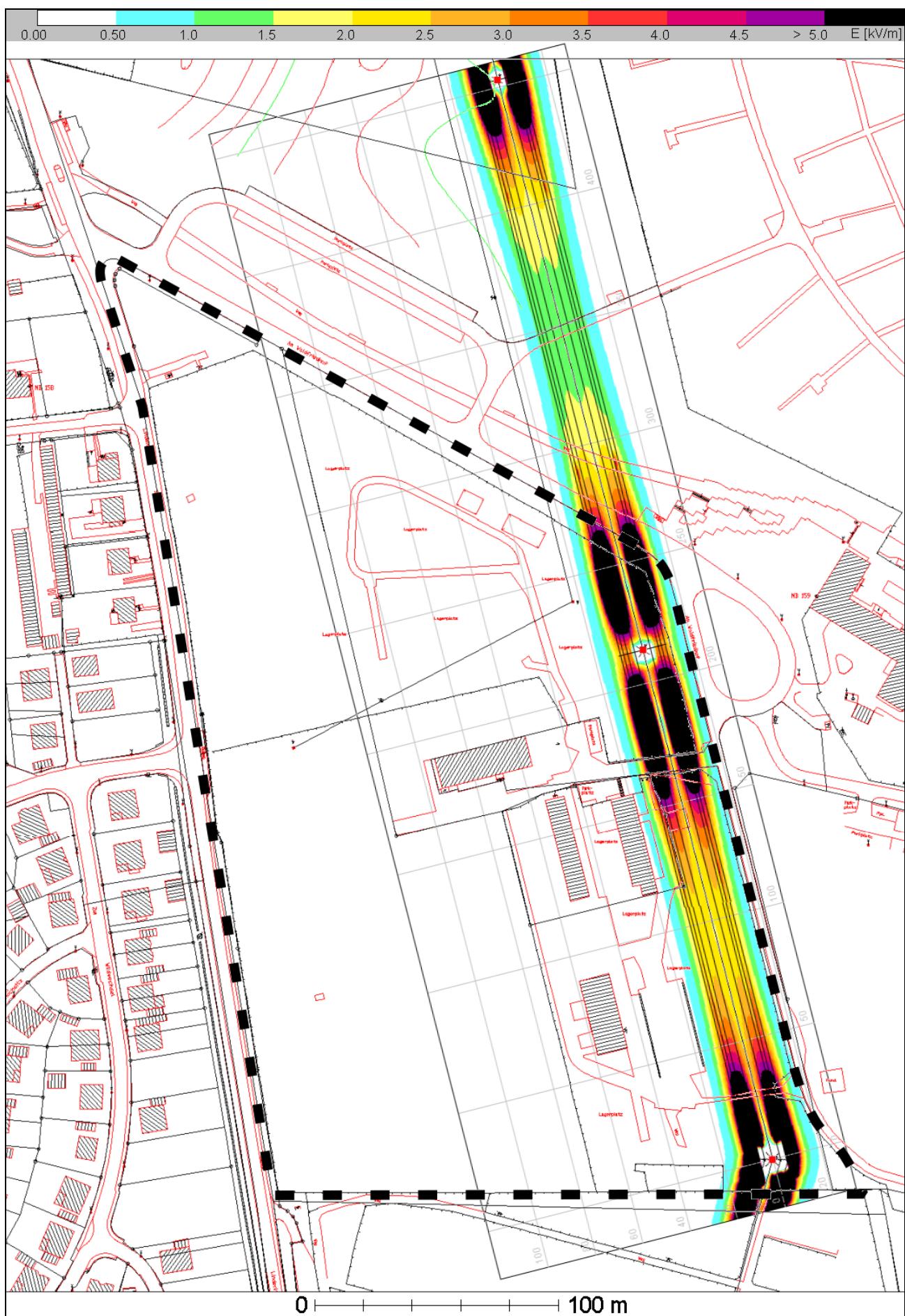
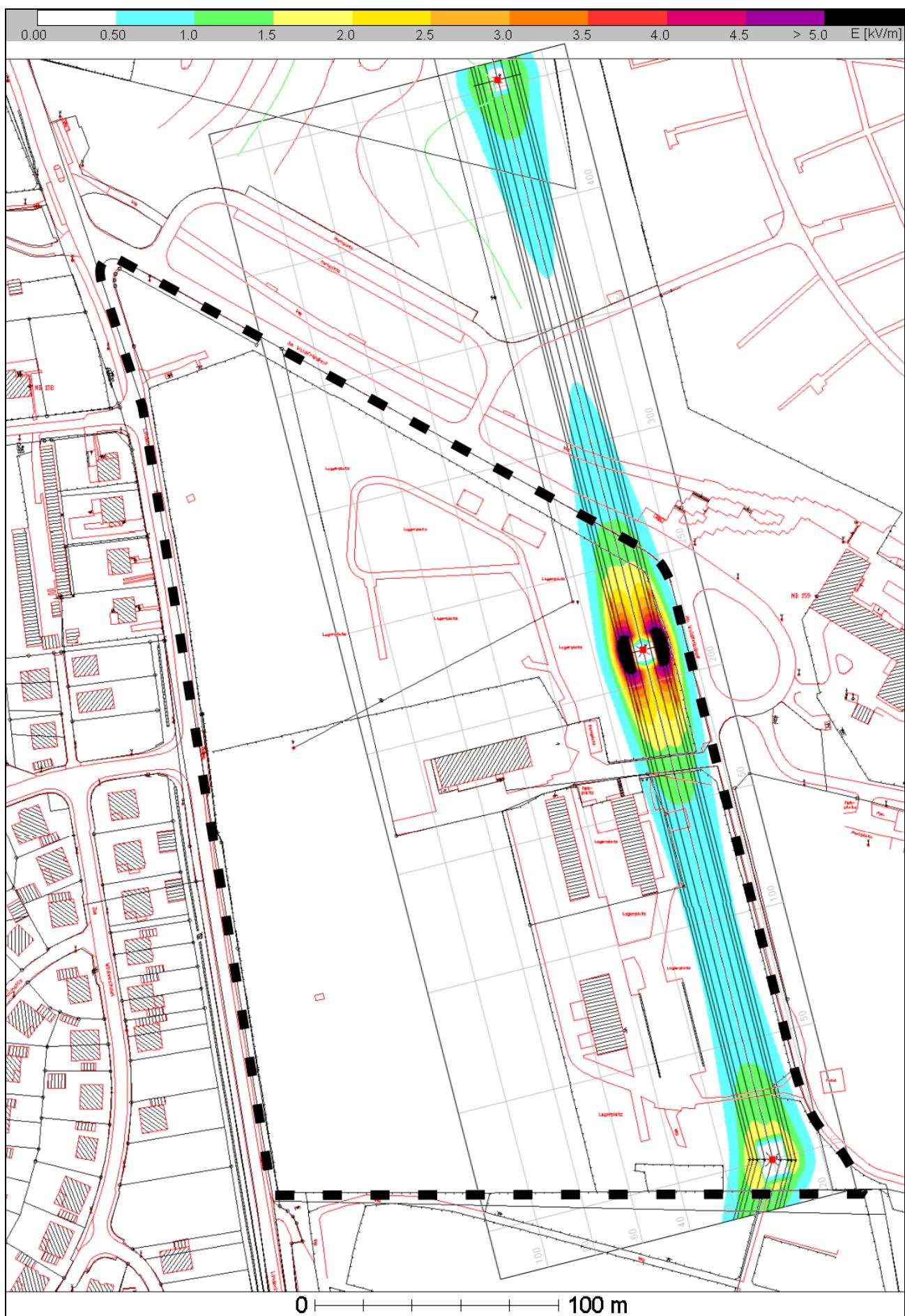


Abbildung 35: Elektrisches Feld in 15 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m)



**Abbildung 36:** Elektrisches Feld in 20 m Höhe (Diagramm-Skalierung 5 kV/m)

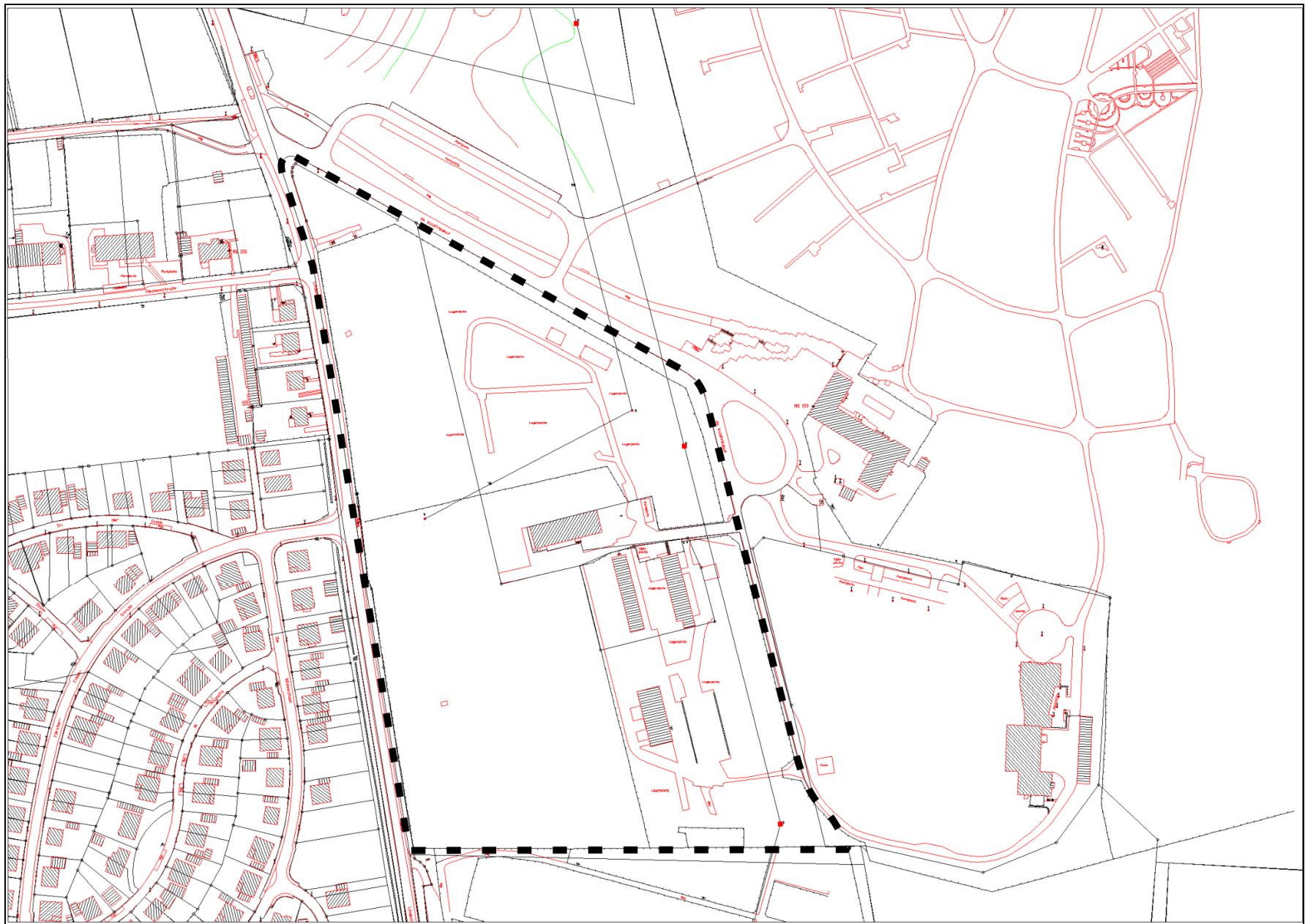


Abbildung 37: Lageplan Bebauungsplan Nr. 126 der Stadt Neubrandenburg: Carlshöhe Ost (gestrichelt umrandet)