
Auftraggeber, Adresse:	Schmid Generalunternehmung AG Neuhaltenring 1 6030 Ebikon	
Objekt:	Hochspannungsleitungen im Bereich Grünmatt, Emmenbrücke	
Tätigkeit:	Magnetfeldsimulation, Beurteilung Strahlung Mobilfunkbasisstation	
Kontaktperson:	Hr. M. Dittrich	Tel.: 041 / 444 40 79
Datum:	7. Dezember 2015	

Ausgangslage / Veranlassung

Es ist vorgesehen auf dem Areal Grünmatt in Emmenbrücke eine Wohnüberbauung zu realisieren. Das Grundstück befindet sich neben den 110-kV-Hochspannungsleitungen Mettlen – Emmenbrücke und Mettlen – Rathausen. Zukünftig ist die Leitung Mettlen – Emmenbrücke auf der Längsseite des Grundstücks vergraben.

Es soll die Verteilung der magnetischen Flussdichte der Leitungen im Bereich der geplanten Überbauung berechnet werden. Die Flussdichteverteilung ist entsprechend zu visualisieren. Von besonderem Interesse ist die Lage der 1 μ T-Isolinie.

Es soll auch die Strahlung der benachbarten Mobilfunkbasisstation auf die Gebäude der Überbauung beurteilt werden.

Gesetzgebung

NISV:

Die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (814.710) ist seit dem 1. Februar 2000 in Kraft. Diese hat den Zweck Menschen vor schädlicher oder lästiger nichtionisierender Strahlung zu schützen. In Anhang 1 der Verordnung ist in Punkt 14 der Anlagegrenzwert (Emission) für den Effektivwert der magnetischen Flussdichte mit 1 μ T festgelegt.

Die NISV bildet die Grundlage für die Simulation und Beurteilung der magnetischen Flussdichtewerte.

LeV:

Die Verordnung über elektrische Leitungen (734.31, Leitungsverordnung) vom 30. März 1994, mit Stand vom 1. Januar 2016 bezweckt die Vermeidung von Gefahren, die von elektrischen Leitungen sowie von der Annäherung, Parallelführung und Kreuzung elektrischer Leitungen unter sich, mit anderen Anlagen oder mit Bauten ausgehen.

Vollzug:

Für den Vollzug der Verordnungen bezüglich der Hochspannungsleitung ist das Eidgenössische Starkstrominspektorat ESTI in Fehraltorf zuständig.

Anmerkung:

Für „alte Anlagen“ gilt gemäss NISV:

¹Überschreitet die von der Anlage erzeugte Strahlung im massgebenden Betriebszustand an Orten mit empfindlicher Nutzung den Anlagegrenzwert ($1 \mu\text{T}$), so ist die Phasenbelegung zu optimieren, dass die magnetische Flussdichte an diesen Orten minimiert wird.

Diese Forderung ist gemäss den Planunterlagen von CKW erfüllt. Die beiden Stränge auf der N-E-Seite sind punktsymmetrisch angeordnet und somit Magnetfeld reduzierend.

Simulation

Für die Simulation kam eine spezielle Software zum Einsatz, die eine komplette 3D-Modellierung erlaubt (siehe Übersichtsgrafiken im Anhang 1).

Freileitungsmaste

Die Lage der Leiterseile wurde genau nachgebildet (siehe Mastbilder im Anhang 1). Der nachgebildete Trassenabschnitt besteht aus vier Masten, welche auf die exakten räumlichen Koordinaten gemäss Trassenplan/Längenprofil gesetzt wurden.

Elektrische Eigenschaften

Leitung	Leitungstyp	Massgebender Betriebsstrom
Freileitung bis M17 Mettlen - Emmenbrücke	3x(1xAldrey 240 mm ²)	535 A (thermischer Grenzstrom Einzelleiter)
Kabelleitung ab M17 Mettlen - Emmenbrücke	Einzelleiter in Rohrblock gem. Plan CKW	535 A (von Freileitung übernommen)
Freileitung Mettlen – Rathausen	3x(1xAldrey 240 mm ²)	535 A

In der Simulationssoftware sind die Leiterseile in einer Datenbank hinterlegt. Die physikalischen Eigenschaften werden berücksichtigt.

Die beiden Leitungssysteme haben die gleiche Lastflussrichtung.

Das Erdseil wurde in der Simulation nicht berücksichtigt.

Ergebnis

Die Grafiken der Berechnungsergebnisse befinden sich im Anhang 2.

Zur Veranschaulichung dienen 2D-Grafiken von Schnitten durch die $1\text{-}\mu\text{T}$ -Isofläche.

Es ergeben sich folgende grösste Eindringtiefen der $1\text{-}\mu\text{T}$ -Isolinie in das Gebäude neben der Hochspannungsleitung:

- auf ca. 0.5 m Höhe 0 m
- auf ca. 5 m Höhe ca. 1 m
- auf ca. 10 m Höhe ca. 6 m
- auf ca. 15 m Höhe ca. 10 m

Beurteilung

Die magnetische Flussdichte überschreitet im Randbereich des Areals und teilweise auch im dort befindlichen Gebäude den Wert von $1 \mu\text{T}$. Die Werte sind höhenabhängig. Im Nahbereich der Freileitung ist die magnetische Flussdichte höhenabhängiger als in grösseren Abständen.

Die gemäss NISV berechneten Werte gelten für Nennlast (100%-ige Auslastung). In der Realität fließen weit geringere Ströme in den Leitungen, sodass die durchschnittlichen Magnetfeldwerte ebenfalls entsprechend geringer sind. Somit ist an den Orten mit Grenzwertüberschreitung mit Werten von $1 - 2 \mu\text{T}$ zu rechnen. Dieser hier zu Grunde gelegter Grenzwert ist ein Vorsorgewert. Der Gefährdungsgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung beträgt hingegen $100 \mu\text{T}$. Der SUVA-Grenzwert für Arbeitsplätze, an denen betriebsbedingt hohe Magnetfelder auftreten, beträgt sogar $500 \mu\text{T}$.

Die für die Situation Grünmatt verbindlichen Freihalteabstände werden durch die LeV definiert. Diese Abstände werden von CKW angegeben. Bei den Masten gelten die Abstände ohne Windauslenkung (da Abspannmasten) und in der Mitte zwischen den Masten, wo die Auslenkung der Leiterseile am grössten ist, gilt der Windauslenkungsabstand (ca. $11 - 12 \text{ m}$).

Die erdverlegte Kabelleitung verursacht an den Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) der Überbauung keine Grenzwertüberschreitung.

Die Mobilfunkbasisstation von Sunrise auf der Parzelle Nr. 2113 verursacht an den Gebäuden der Überbauung keine Grenzwertüberschreitung der Strahlung. Die Berechnung der Strahlenwerte an den exponiertesten Gebäudekanten mit Hilfe der „Zusatzblätter 4a“ gemäss Standortdatenblatt liegt im Anhang 3 bei.

Höchster berechneter Strahlenwert: 1.82 V/m

Anlagegrenzwert gemäss NISV: 5 V/m

Simulationssoftware

Copperfield V.1.6R2 von IEV GmbH

Anhang

- 1, 3 Seiten: Computermodell, Mobilfunkbasisstationsstandort und Mastbilder
- 2, 15 Seiten: Berechnungsebenen mit Isolinien der magnetischen Flussdichten
- 3, 3 Seiten: Berechnungsblätter Mobilfunk („Zusatzblätter 4a“)

Verteiler:

- SCHMID Generalunternehmung, Hr. M. Dittrich, als pdf
- ARNOLD Engineering und Beratung

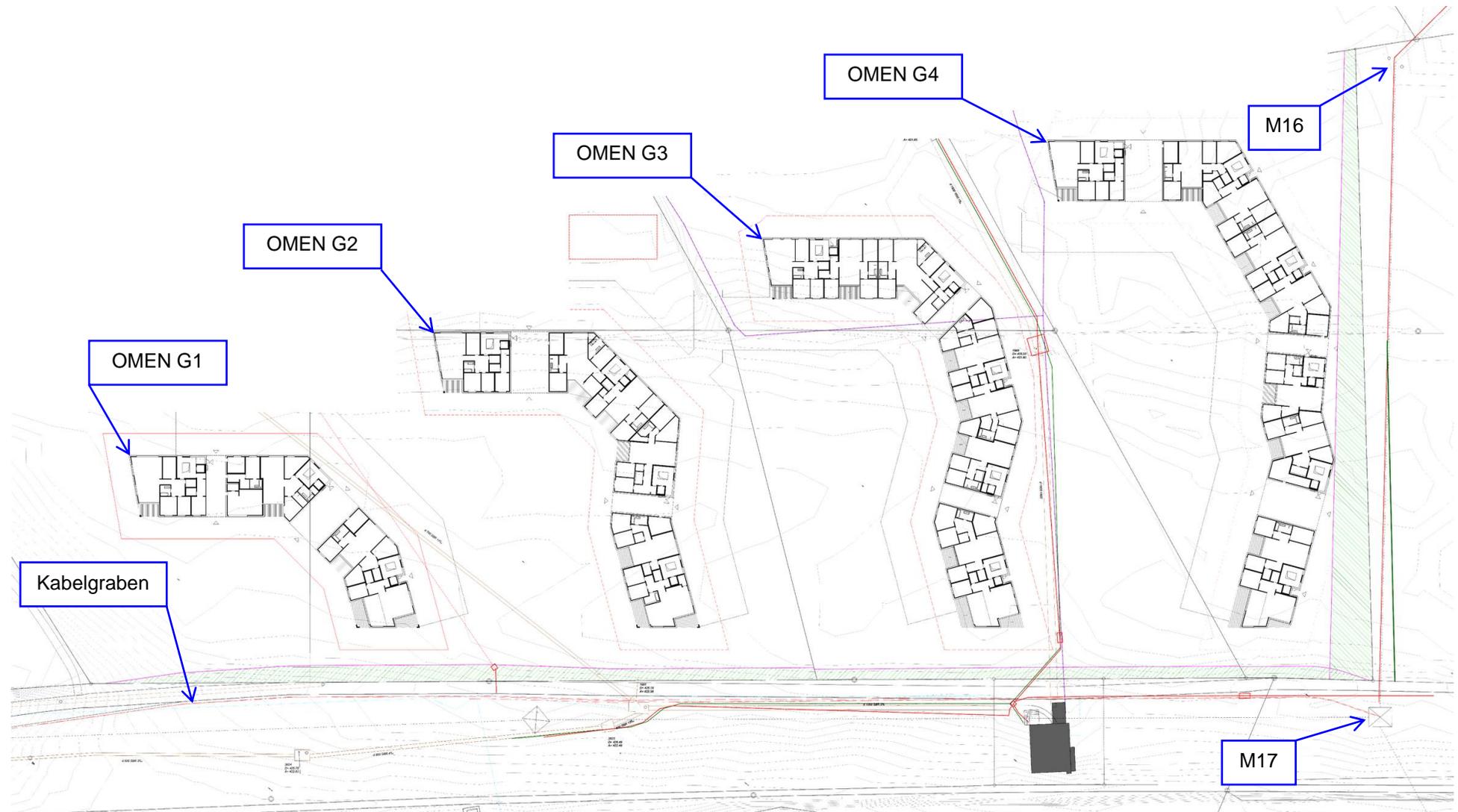
Opfikon, 07. Dezember 2015

ARNOLD

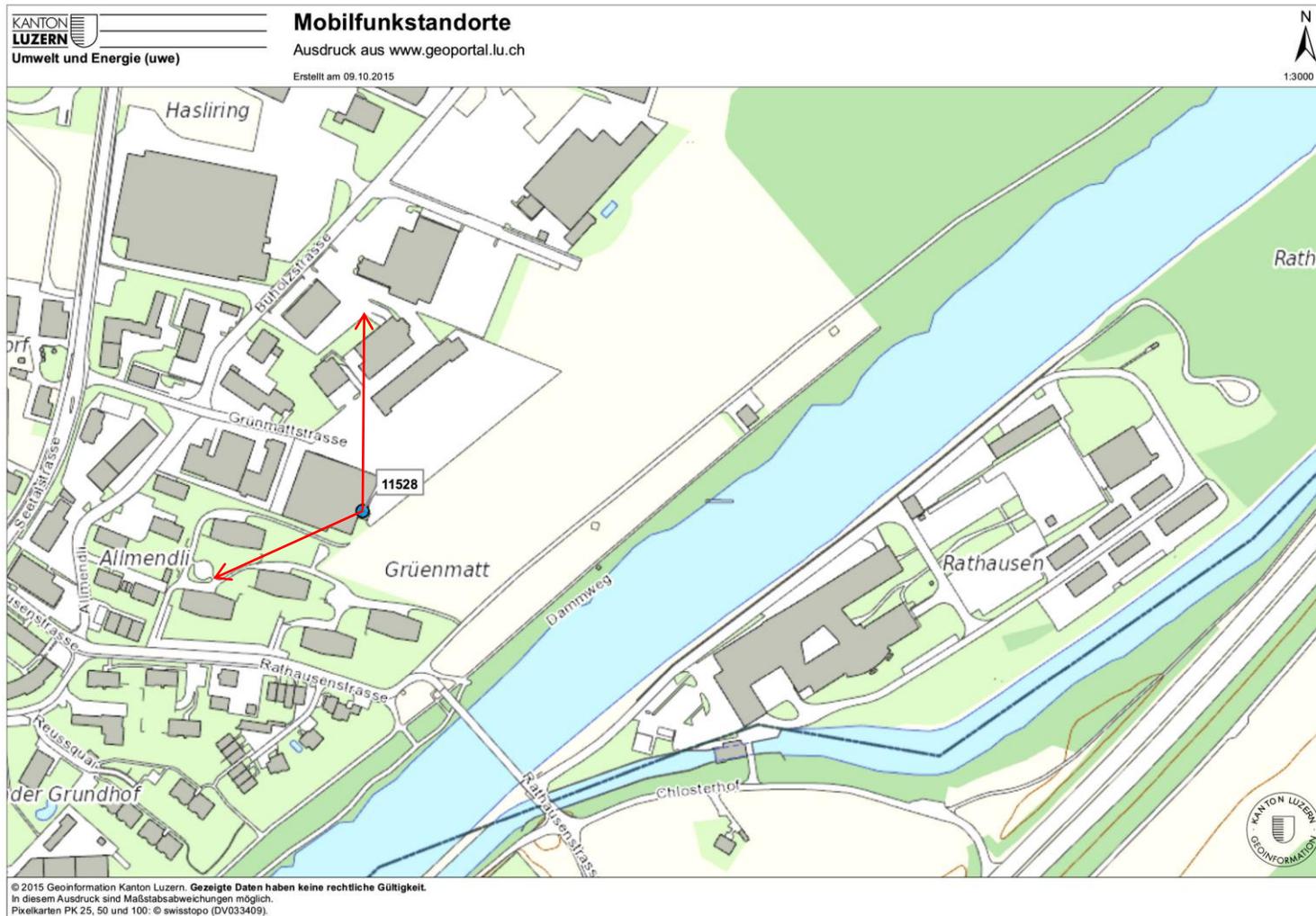
Engineering und Beratung
AG für EMV und Blitzschutz



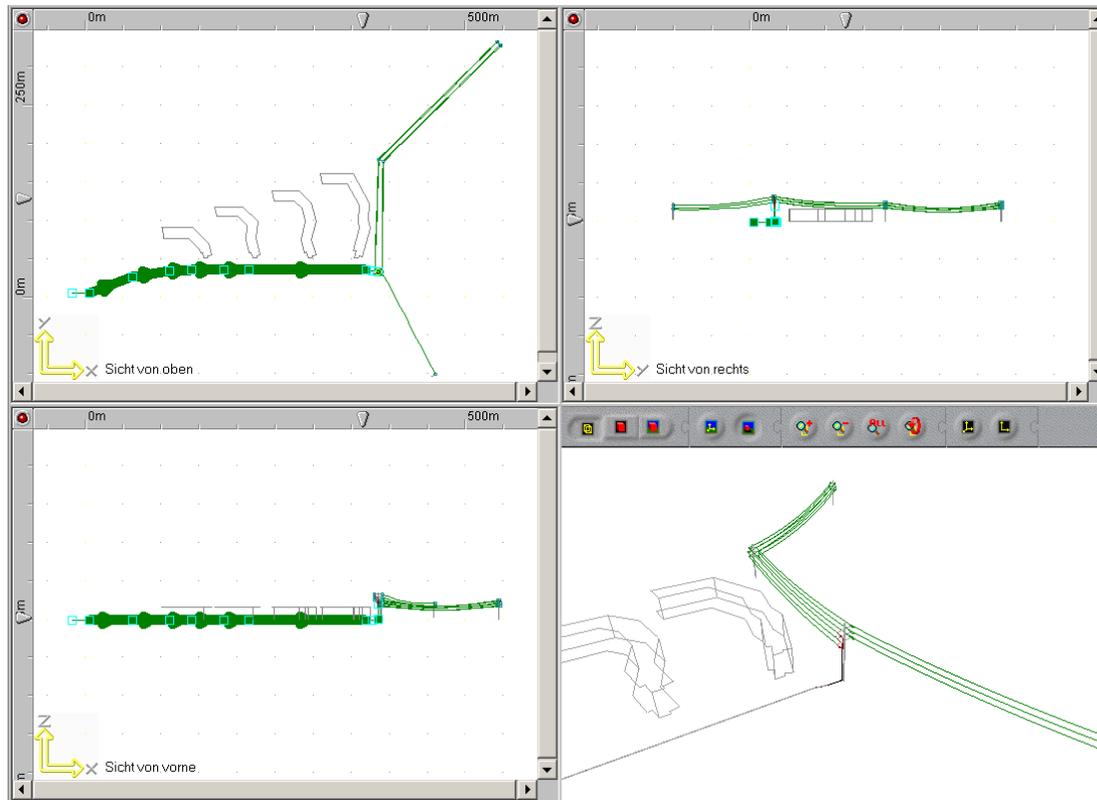
H. Lowack



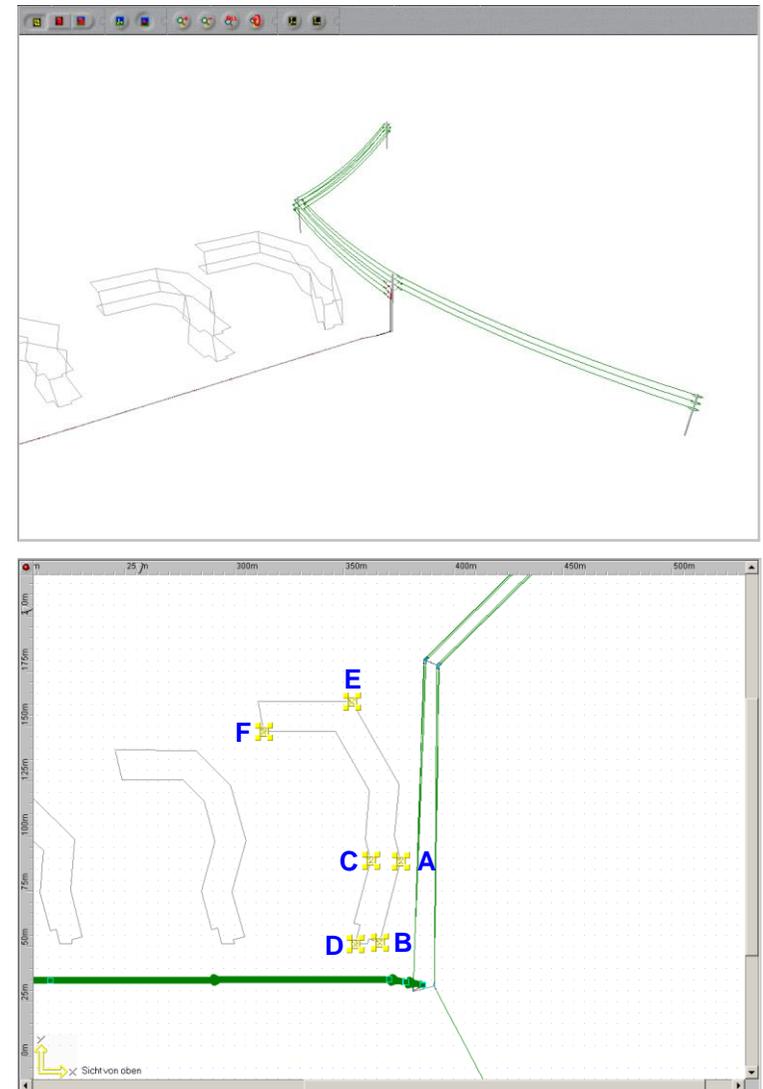
Grundriss Grünmatt mit den HS-Leitungen und Masten

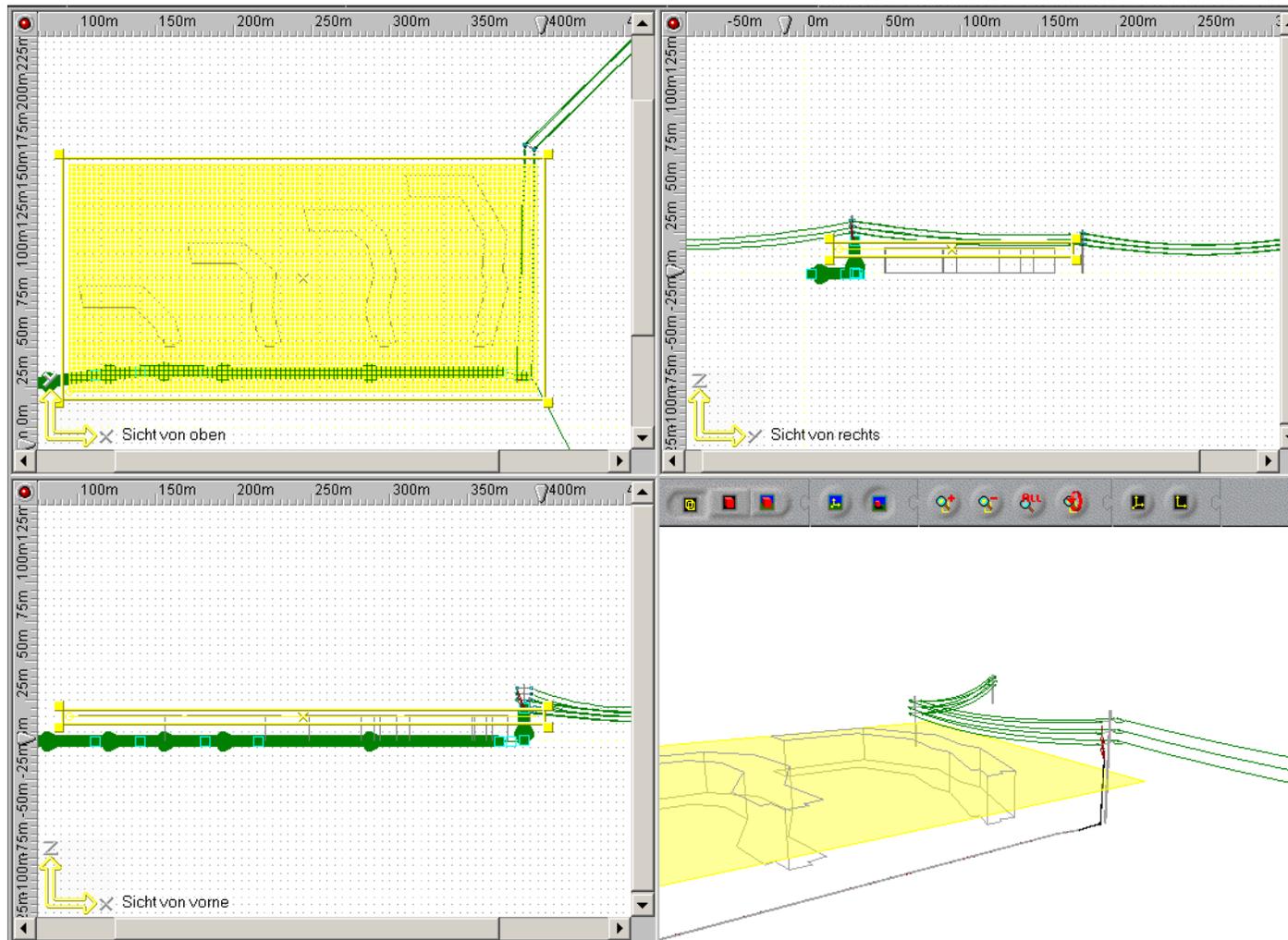


Standort der Mobilfunkbasisstation LU619-1 mit den beiden Senderrichtungen

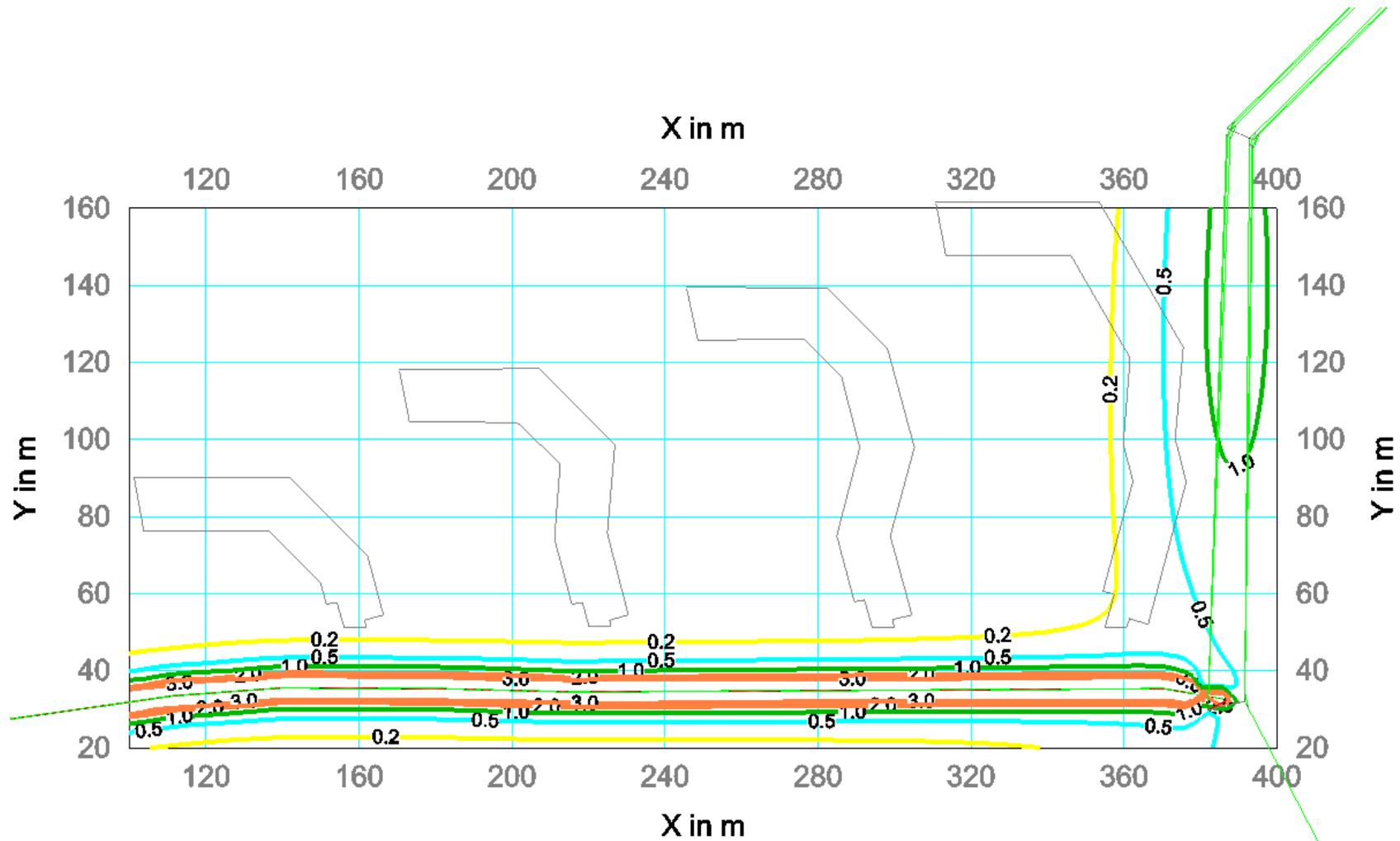


Ansichten Computermodell

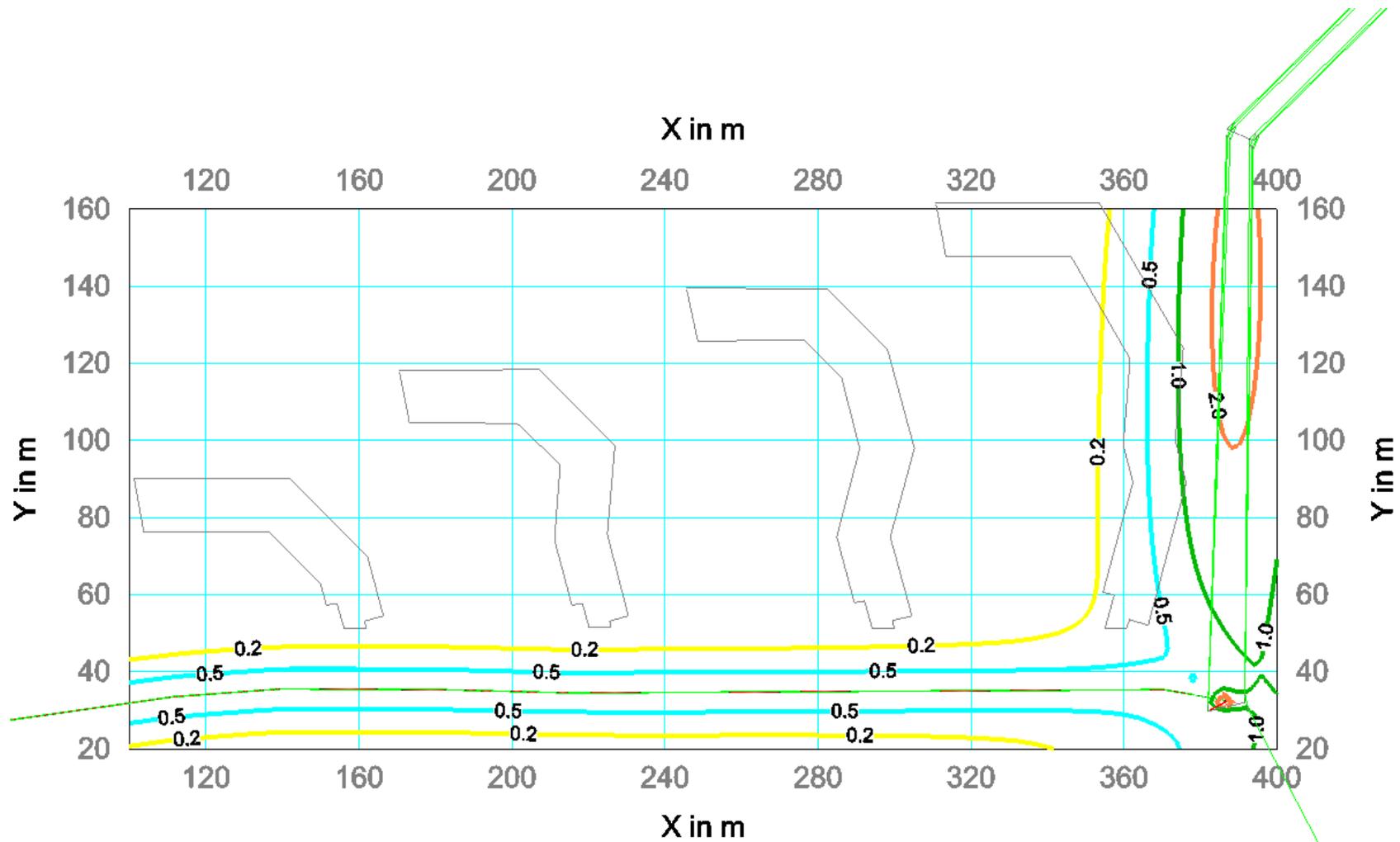




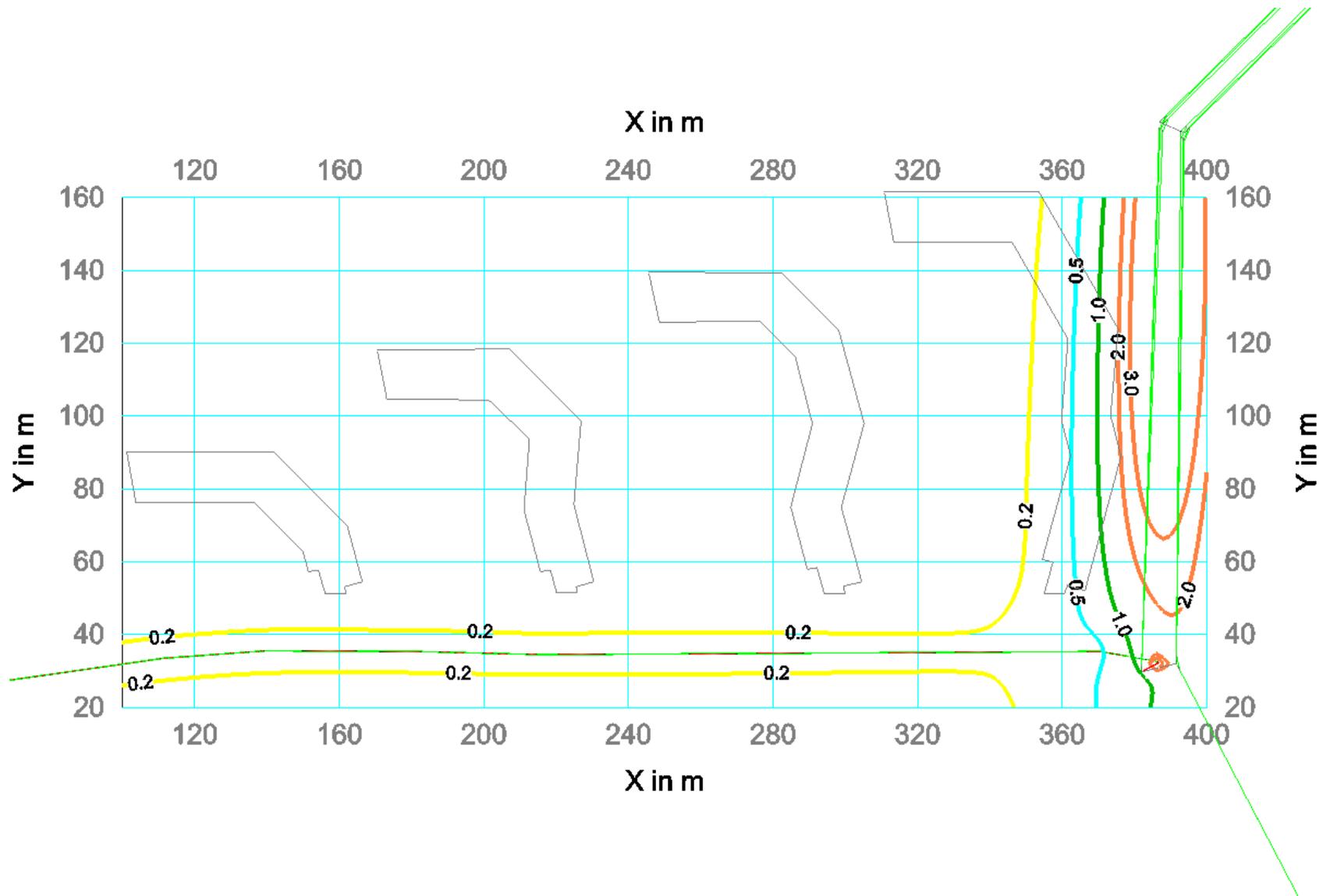
Horizontale Berechnungsebene im Modell



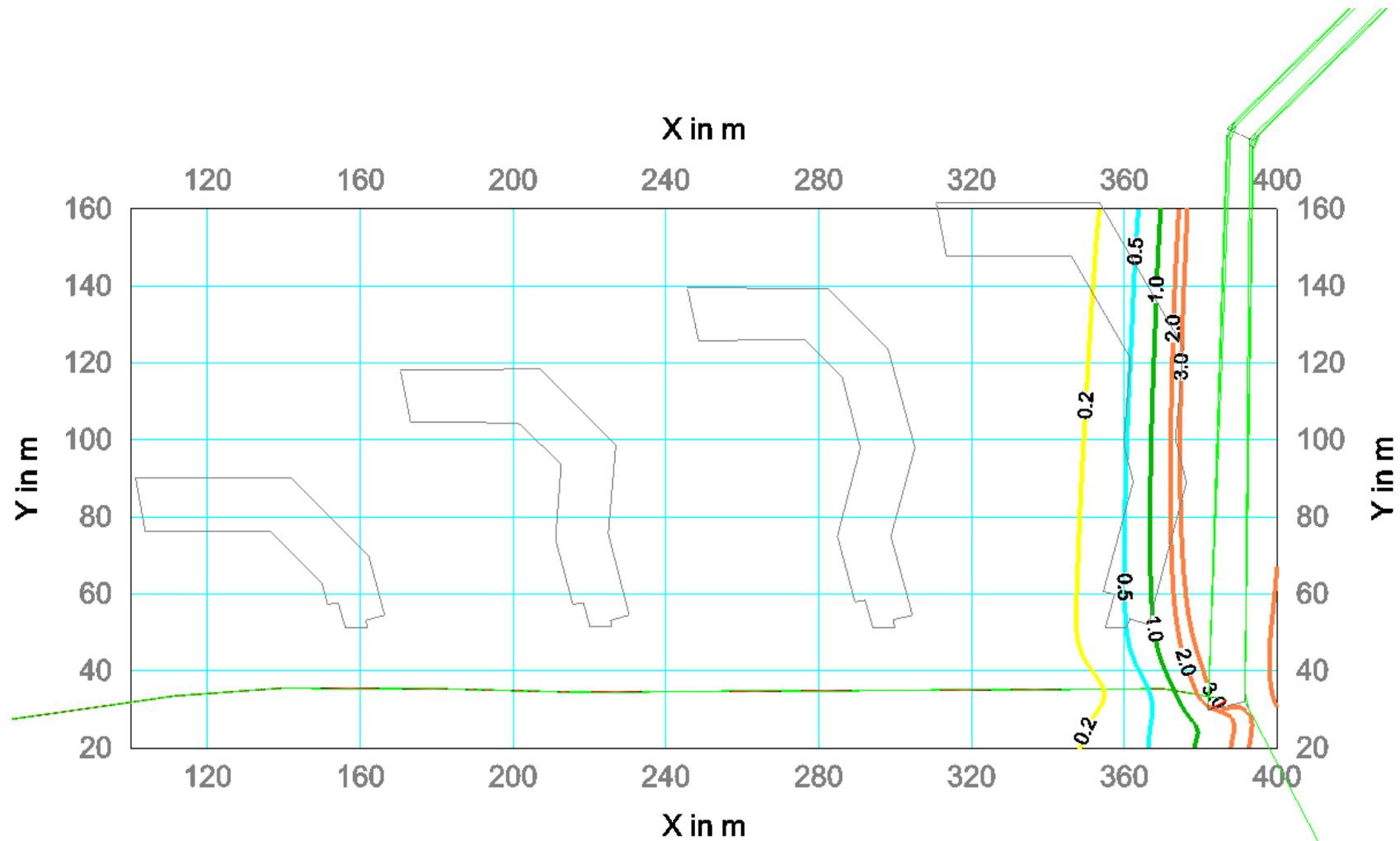
Schnitt auf Höhe 0.5 m über Boden (alle Werte in μT)



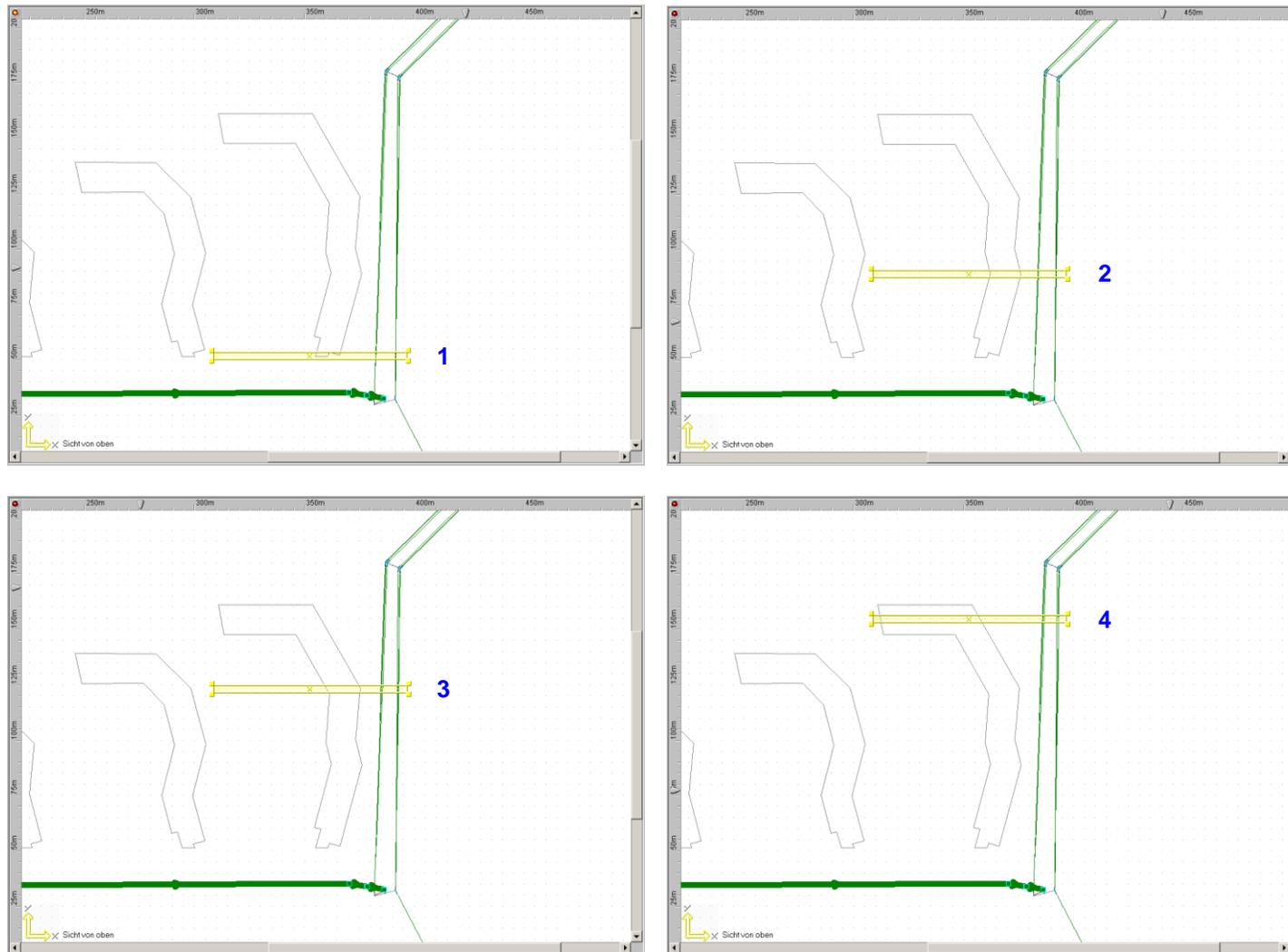
Schnitt auf Höhe 5 m über Boden (alle Werte in μT)



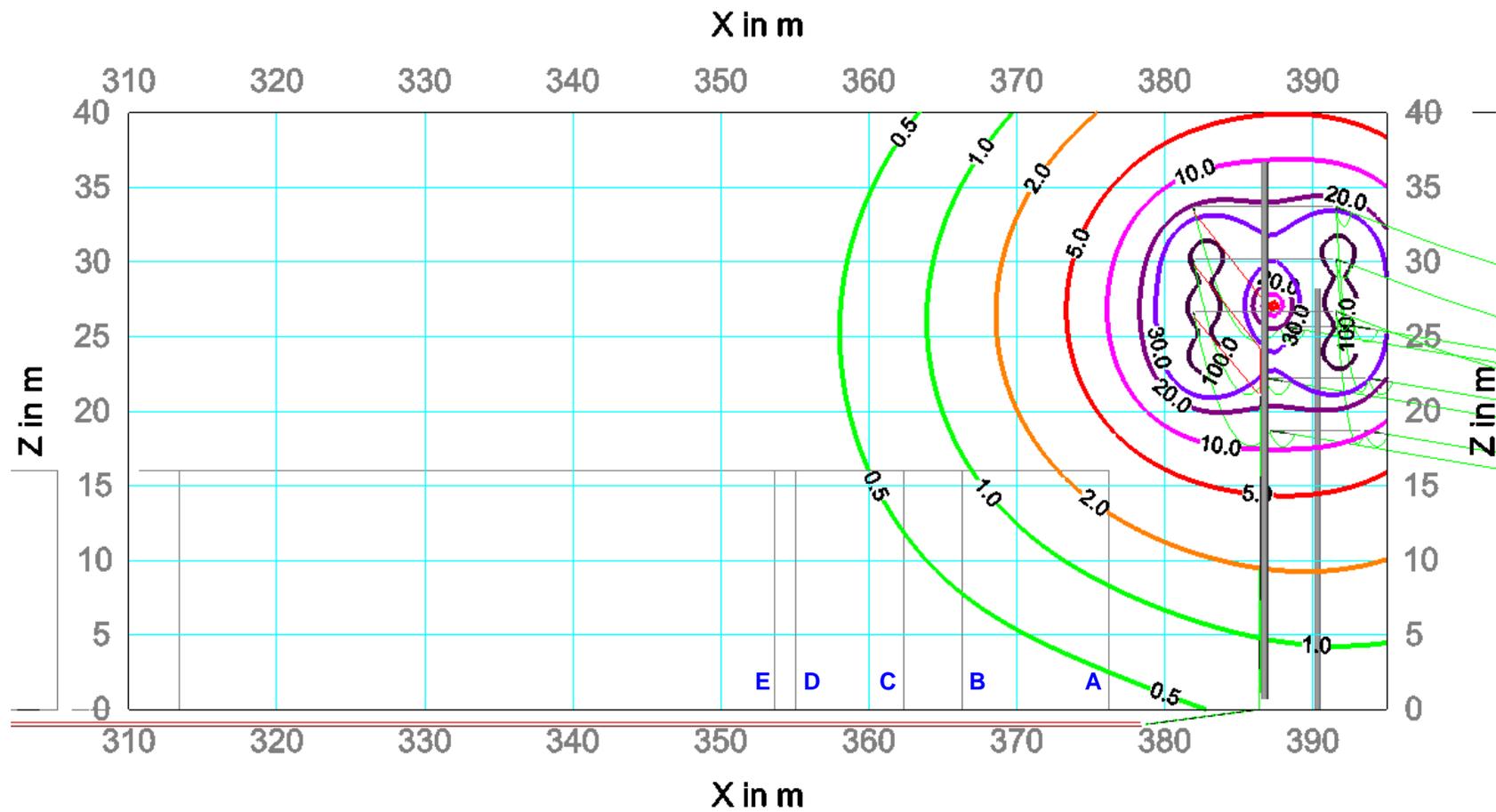
Schnitt auf Höhe 10 m über Boden (alle Werte in μT)



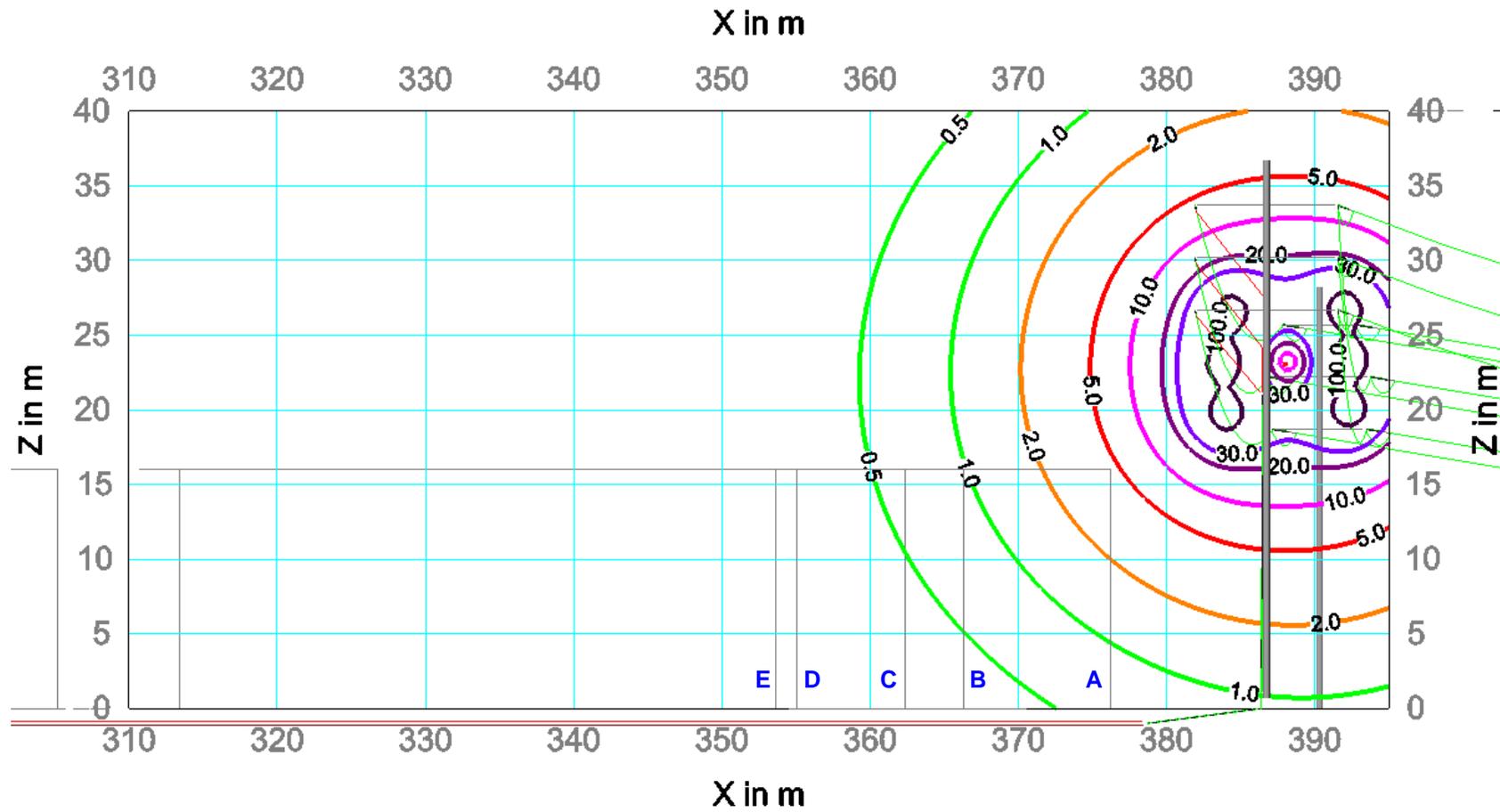
Schnitt auf Höhe 15 m über Boden (alle Werte in μT)



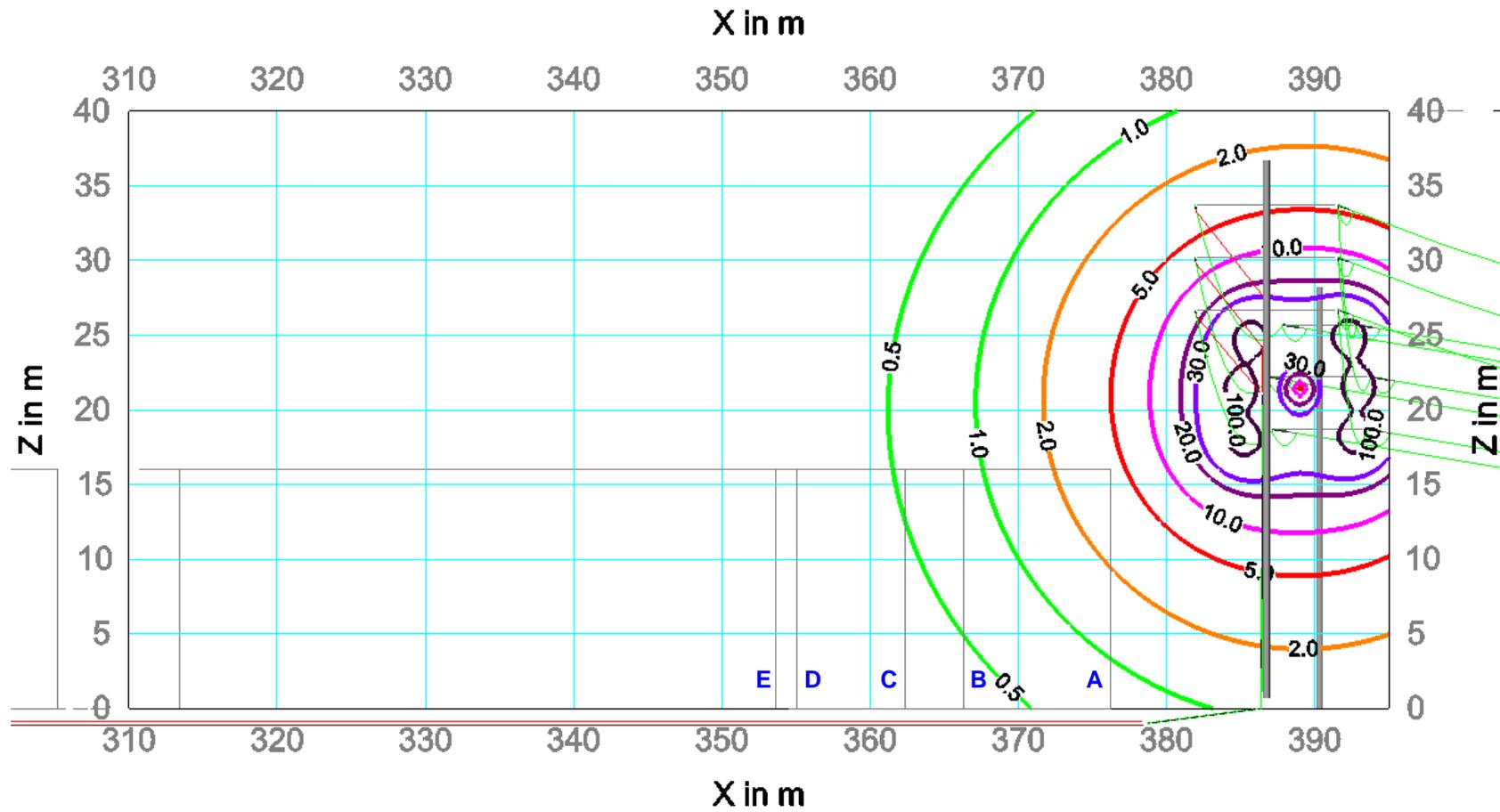
Positionen der vertikalen Schnitte xz



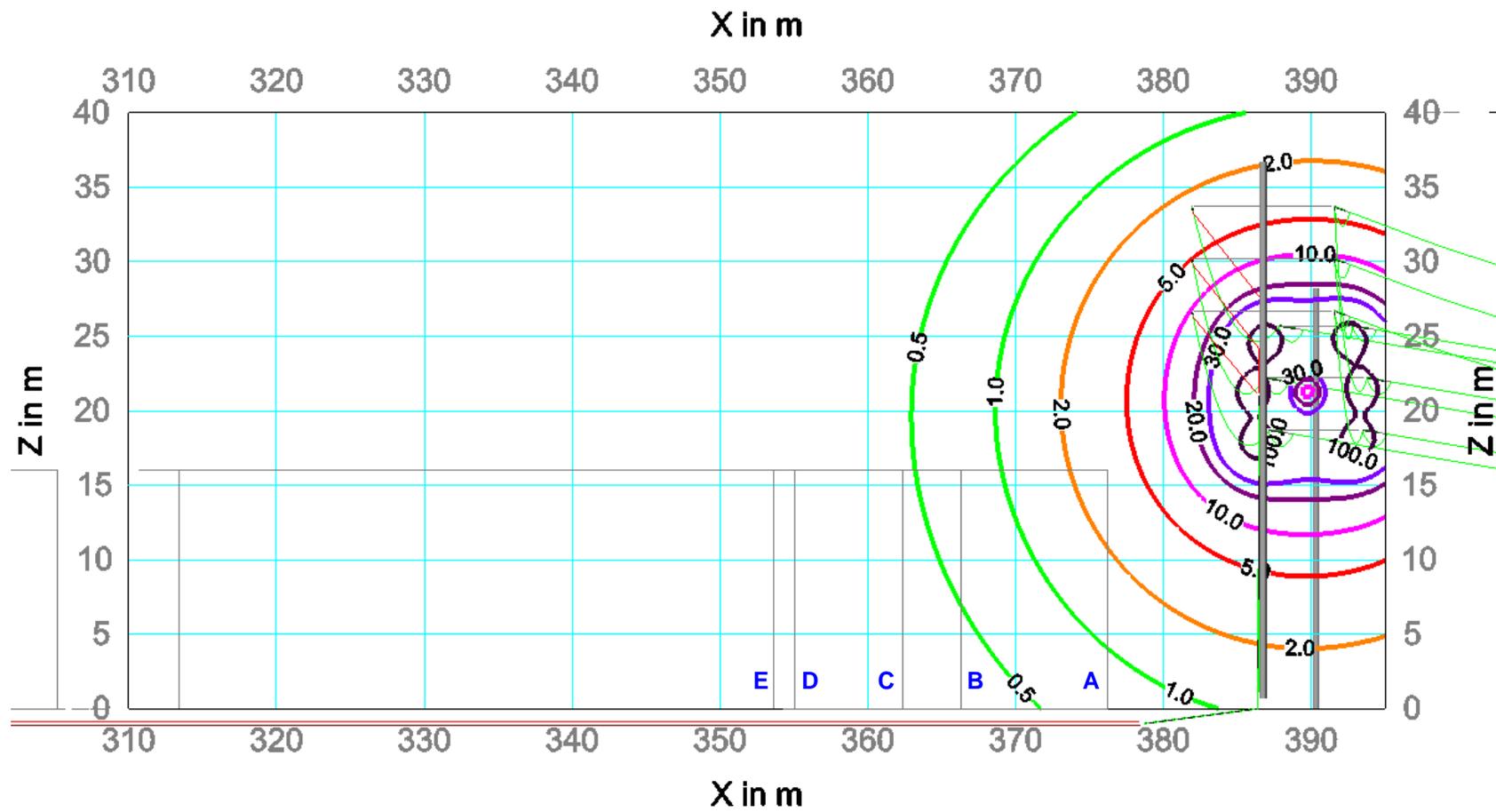
Schnitt 1 (alle Werte in μT)



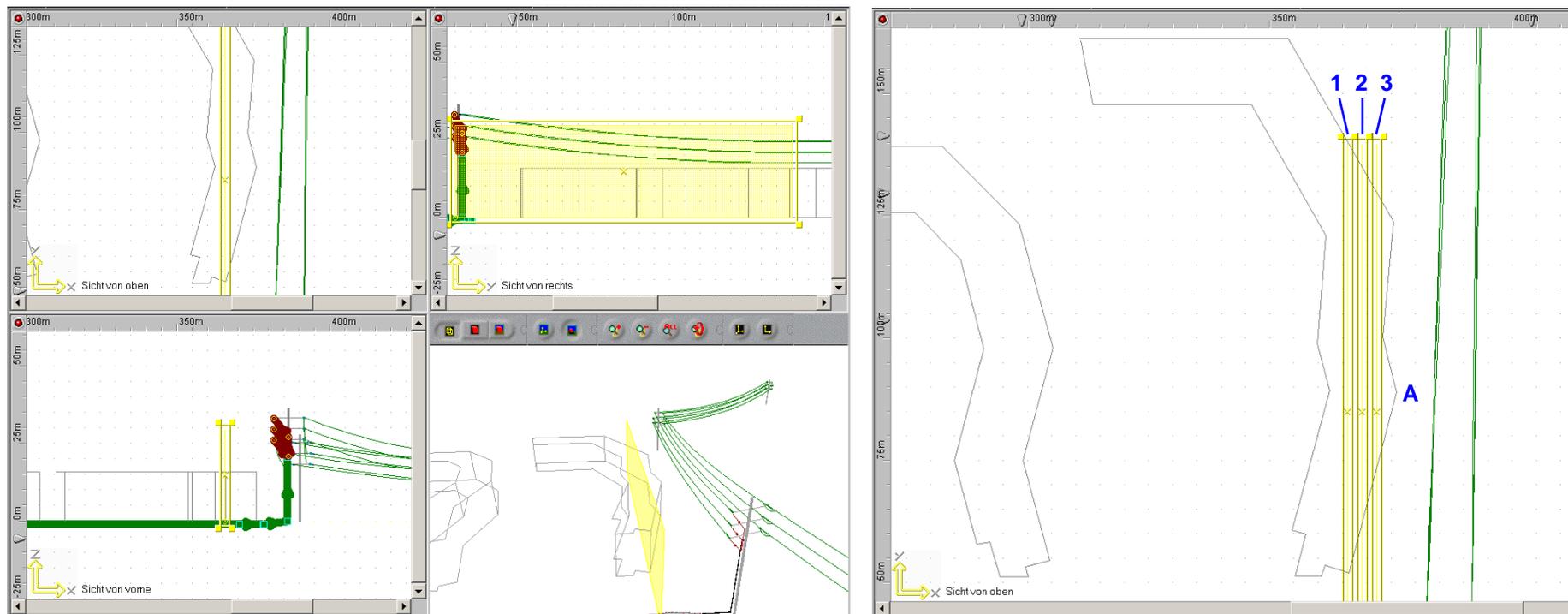
Schnitt 2 (alle Werte in μT)



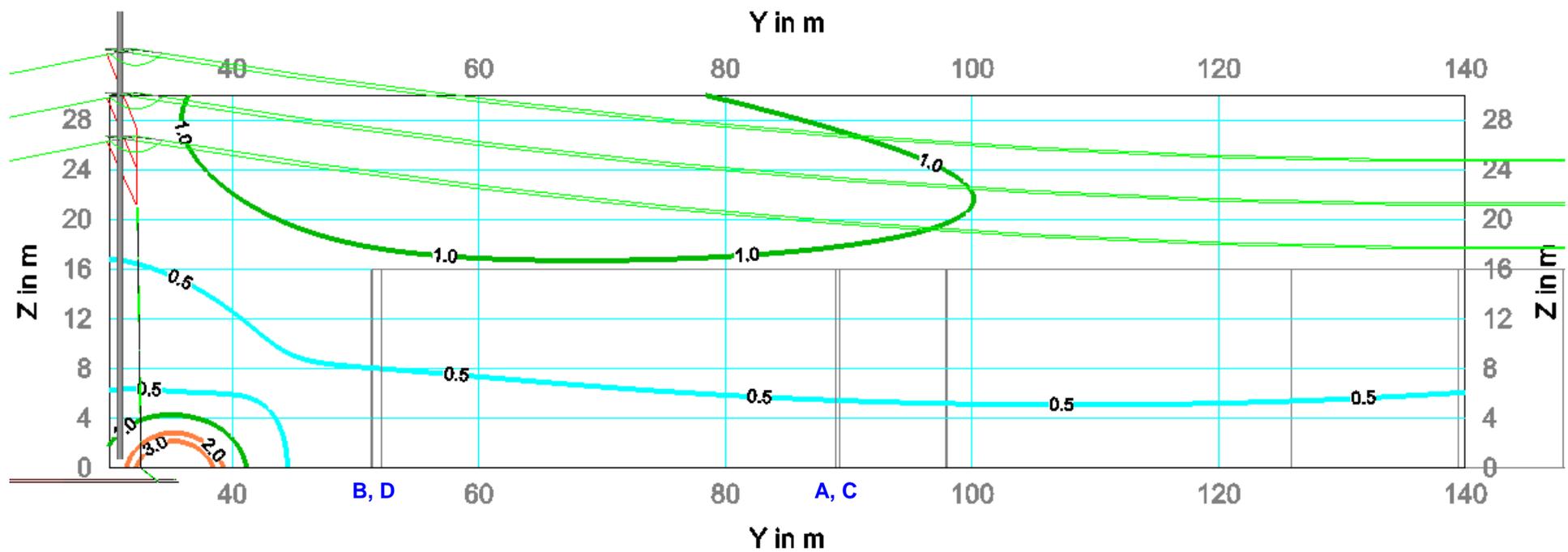
Schnitt 3 (alle Werte in μT)

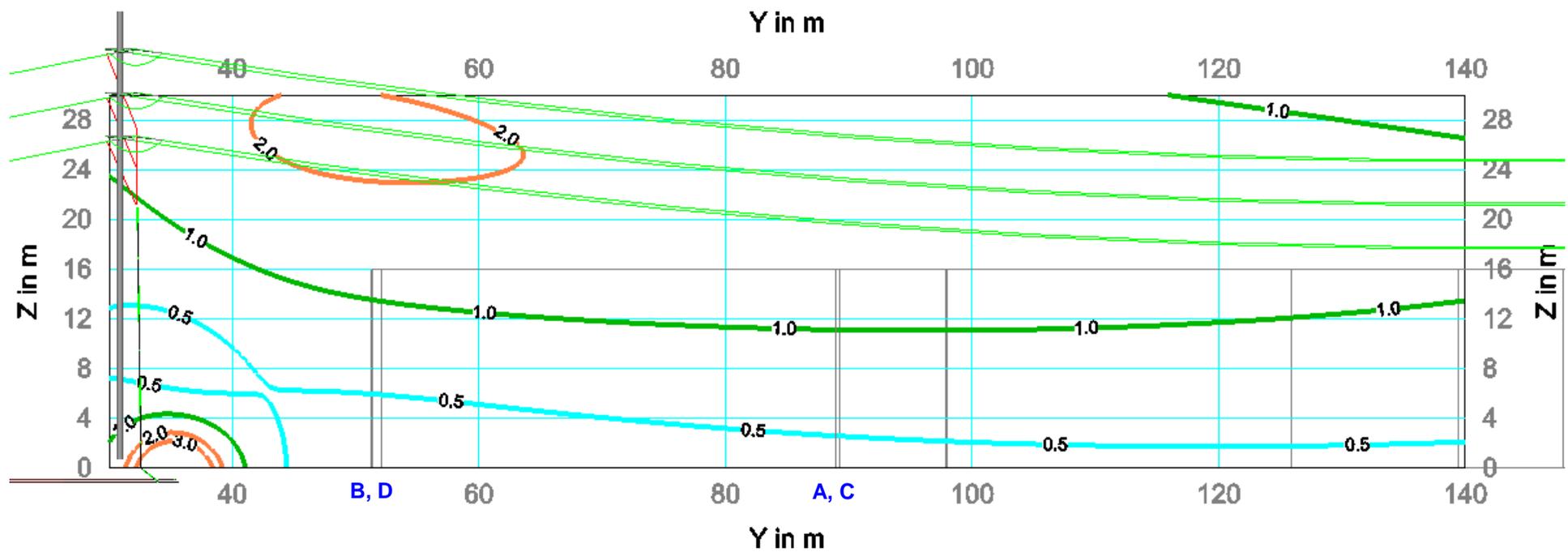


Schnitt 4 (alle Werte in μT)

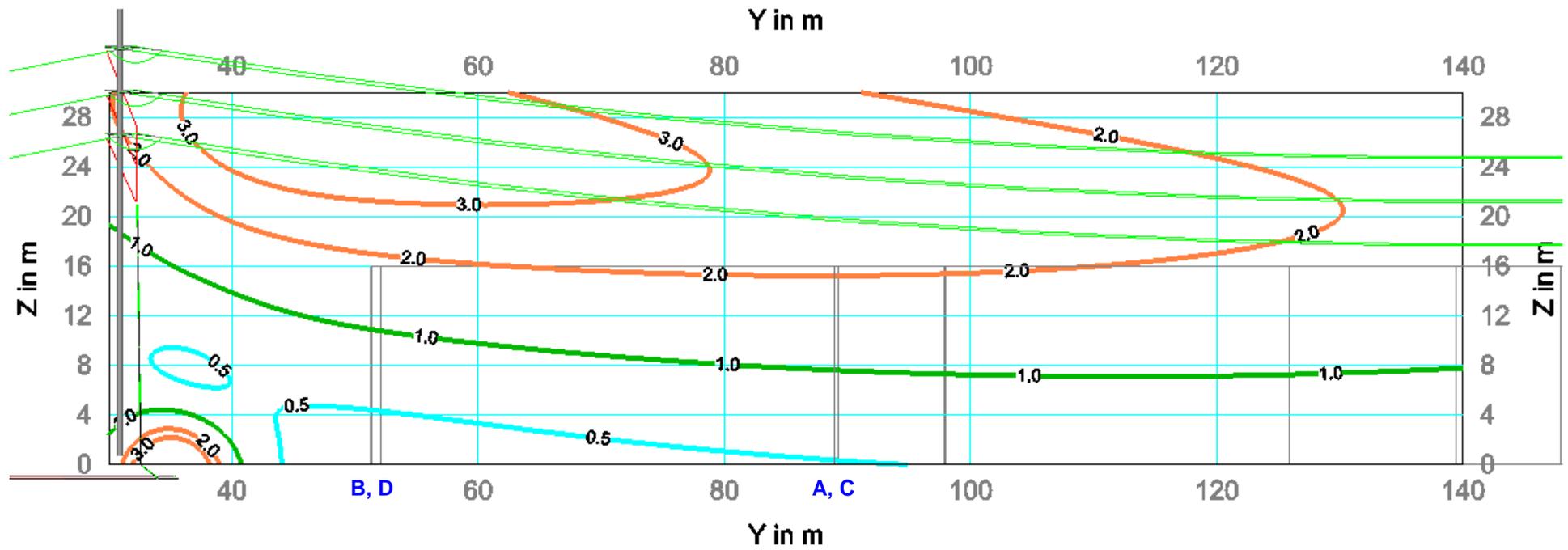


Positionen der vertikalen Schnitte yz
Schnitt 1 im Abstand $x = 10.2$ m vom Eckpunkt A entfernt
Schnitt 2 im Abstand $x = 7.2$ m vom Eckpunkt A entfernt
Schnitt 3 im Abstand $x = 4.2$ m vom Eckpunkt A entfernt

Schnitt 1 (alle Werte in μT)



Schnitt 2 (alle Werte in µT)



Schnitt 3 (alle Werte in µT)

Zusatzblatt 4a: Strahlung an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN). Rechnerische Prognose

Nr. des OMEN im Situationsplan: G1

Beschreibung und Adresse des OMEN: Überbauung Grünmatt

Nutzung des OMEN: Wohnen

Höhe des OMEN über Boden:

Höhe des OMEN über Höhenkote 0:

13 m

Betreiber / Laufnummer n	1	2	3	4						
Nr. der Antenne	A1	A2	A3	A4						Global
Frequenzband (in MHz)	800-900	800-900	2100	2100						OMEN
Netzbetreiber	sunrise	sunrise	sunrise	sunrise						>AntDi
Antennenhöhe Unterkant (in m über Höhenkote 0)	16.33	16.33	16.33	16.33						AntDi>
ERP _n : Sendeleistung (in W)	800	800	1000	1000						berech
Horizontaler Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	41	41	41	41						
Höhenunterschied zwischen Antenne und OMEN (in m)	3.33	3.33	3.33	3.33						
d _n : direkter Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	41.1	41.1	41.1	41.1						
Azimut des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von N)	120	120	120	120						
Elevation des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-4.64	-4.64	-4.64	-4.64						
Kritische horizontale Senderichtung der Antenne (in Grad von N)	0	245	0	245						
Kritische vertikale Senderichtung der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-5	-5	-5	-5						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, horizontal (in Grad)	120	-125	120	-125						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, vertikal (in Grad)	0.36	0.36	0.36	0.36						
Richtungsabschwächung horizontal (in dB)	15	15	15	15						
Richtungsabschwächung vertikal (in dB)	0	0	0	0						
Richtungsabschwächung total (in dB)	15	15	15	15						
γ _n : Richtungsabschwächung total (als Faktor)	31.6	31.6	31.6	31.6						
Gebäudedämpfung (in dB)	0	0	0	0						
δ _n : Gebäudedämpfung (als Faktor)	1.00	1.00	1.00	1.00						
$E_n = \frac{7}{d_n} \cdot \sqrt{\frac{ERP_n}{\gamma_n \cdot \delta_n}}$ Feldstärkebeitrag (in V/m)	0.86	0.86	0.96	0.96						

Elektrische Feldstärke der Anlage [V/m]

$$E_{Anlage} = \sqrt{\sum_n E_n^2} =$$

1.82

Zusatzblatt 4a: Strahlung an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN). Rechnerische Prognose

Nr. des OMEN im Situationsplan: G2

Beschreibung und Adresse des OMEN: Überbauung Grünmatt

Nutzung des OMEN: Wohnen

Höhe des OMEN über Boden:

Höhe des OMEN über Höhenkote 0:

13 m

Betreiber / Laufnummer n	1	2	3	4						
Nr. der Antenne	A1	A2	A3	A4						Global
Frequenzband (in MHz)	800-900	800-900	2100	2100						OMEN
Netzbetreiber	sunrise	sunrise	sunrise	sunrise						>AntDi
Antennenhöhe Unterkant (in m über Höhenkote 0)	16.33	16.33	16.33	16.33						AntDi>
ERP _n : Sendeleistung (in W)	800	800	1000	1000						berech
Horizontaler Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	83	83	83	83						
Höhenunterschied zwischen Antenne und OMEN (in m)	3.33	3.33	3.33	3.33						
d _n : direkter Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	83.1	83.1	83.1	83.1						
Azimet des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von N)	58	58	58	58						
Elevation des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-2.30	-2.30	-2.30	-2.30						
Kritische horizontale Senderichtung der Antenne (in Grad von N)	0	245	0	245						
Kritische vertikale Senderichtung der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-2	-2	-2	-2						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, horizontal (in Grad)	58	-187	58	-187						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, vertikal (in Grad)	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30						
Richtungsabschwächung horizontal (in dB)	8	15	7	15						
Richtungsabschwächung vertikal (in dB)	0	0	0	0						
Richtungsabschwächung total (in dB)	8	15	7	15						
γ _n : Richtungsabschwächung total (als Faktor)	6.3	31.6	5.0	31.6						
Gebäudedämpfung (in dB)	0	0	0	0						
δ _n : Gebäudedämpfung (als Faktor)	1.00	1.00	1.00	1.00						
$E_n = \frac{7}{d_n} \cdot \sqrt{\frac{ERP_n}{\gamma_n \cdot \delta_n}}$ Feldstärkebeitrag (in V/m)	0.95	0.42	1.19	0.47						

Elektrische Feldstärke der Anlage [V/m] $E_{Anlage} = \sqrt{\sum_n E_n^2} =$

1.65

Zusatzblatt 4a: Strahlung an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN). Rechnerische Prognose

Nr. des OMEN im Situationsplan: G3

Beschreibung und Adresse des OMEN: Überbauung Grünmatt

Nutzung des OMEN: Wohnen

Höhe des OMEN über Boden:

Höhe des OMEN über Höhenkote 0:

13 m

Betreiber / Laufnummer n	1	2	3	4						
Nr. der Antenne	A1	A2	A3	A4						Global
Frequenzband (in MHz)	800-900	800-900	2100	2100						OMEN
Netzbetreiber	sunrise	sunrise	sunrise	sunrise						>AntDi
Antennenhöhe Unterkant (in m über Höhenkote 0)	16.33	16.33	16.33	16.33						AntDi>
ERP _n : Sendeleistung (in W)	800	800	1000	1000						berech
Horizontaler Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	157	157	157	157						
Höhenunterschied zwischen Antenne und OMEN (in m)	3.33	3.33	3.33	3.33						
d _n : direkter Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	157.0	157.0	157.0	157.0						
Azimut des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von N)	47	47	47	47						
Elevation des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-1.22	-1.22	-1.22	-1.22						
Kritische horizontale Senderichtung der Antenne (in Grad von N)	0	245	0	245						
Kritische vertikale Senderichtung der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-1	-1	-1	-1						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, horizontal (in Grad)	47	-198	47	-198						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, vertikal (in Grad)	-0.22	-0.22	-0.22	-0.22						
Richtungsabschwächung horizontal (in dB)	6.5	15	5.3	15						
Richtungsabschwächung vertikal (in dB)	0	0	0	0						
Richtungsabschwächung total (in dB)	6.5	15	5.3	15						
γ _n : Richtungsabschwächung total (als Faktor)	4.5	31.6	3.4	31.6						
Gebäudedämpfung (in dB)	0	0	0	0						
δ _n : Gebäudedämpfung (als Faktor)	1.00	1.00	1.00	1.00						
$E_n = \frac{7}{d_n} \cdot \sqrt{\frac{ERP_n}{\gamma_n \cdot \delta_n}}$ Feldstärkebeitrag (in V/m)	0.60	0.22	0.77	0.25						

Elektrische Feldstärke der Anlage [V/m] $E_{Anlage} = \sqrt{\sum_n E_n^2} =$

1.03

Zusatzblatt 4a: Strahlung an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN). Rechnerische Prognose

Nr. des OMEN im Situationsplan: G4

Beschreibung und Adresse des OMEN: Überbauung Grünmatt

Nutzung des OMEN: Wohnen

Höhe des OMEN über Boden:

Höhe des OMEN über Höhenkote 0:

13 m

Betreiber / Laufnummer n	1	2	3	4						
Nr. der Antenne	A1	A2	A3	A4						Global
Frequenzband (in MHz)	800-900	800-900	2100	2100						OMEN
Netzbetreiber	sunrise	sunrise	sunrise	sunrise						>AntDi
Antennenhöhe Unterkant (in m über Höhenkote 0)	16.33	16.33	16.33	16.33						AntDi>
ERP _n : Sendeleistung (in W)	800	800	1000	1000						berech
Horizontaler Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	222	222	222	222						
Höhenunterschied zwischen Antenne und OMEN (in m)	3.33	3.33	3.33	3.33						
d _n : direkter Abstand zwischen Antenne und OMEN (in m)	222.0	222.0	222.0	222.0						
Azimut des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von N)	43	43	43	43						
Elevation des OMEN gegenüber der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-0.86	-0.86	-0.86	-0.86						
Kritische horizontale Senderichtung der Antenne (in Grad von N)	0	245	0	245						
Kritische vertikale Senderichtung der Antenne (in Grad von der Horizontalen)	-1	-1	-1	-1						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, horizontal (in Grad)	43	-202	43	-202						
Winkel des OMEN zur krit. Senderichtung, vertikal (in Grad)	0.14	0.14	0.14	0.14						
Richtungsabschwächung horizontal (in dB)	5	15	4.7	15						
Richtungsabschwächung vertikal (in dB)	0	0	0	0						
Richtungsabschwächung total (in dB)	5	15	4.7	15						
γ _n : Richtungsabschwächung total (als Faktor)	3.2	31.6	3.0	31.6						
Gebäudedämpfung (in dB)	0	0	0	0						
δ _n : Gebäudedämpfung (als Faktor)	1.00	1.00	1.00	1.00						
$E_n = \frac{7}{d_n} \cdot \sqrt{ERP_n}$ Feldstärkebeitrag (in V/m)	0.50	0.16	0.58	0.18						

Elektrische Feldstärke der Anlage [V/m]

$$E_{Anlage} = \sqrt{\sum_n E_n^2} =$$

0.80