

# **EMV-Erdungs- und Streustromgutachten Regiobahn PFA I, Ia, Ic**

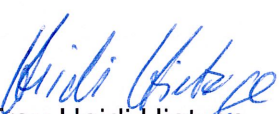
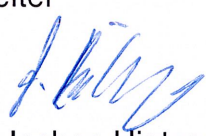


**Bericht Nr. 2016/515250/501-02**

Auftraggeber: Ingenieurbüro Vössing GmbH

Dresden, 27. Oktober 2016

Projektleiter:  
Dr.-Ing. Jochen Hietzge

Bearbeiter:  
Frau Heidi Hietzge

Bearbeiter  Frau Heidi Hietzge	Datum 3.11.2016	Bericht Nr. 2016/515250/501-02
Projektleiter  Dr.-Ing. Jochen Hietzge	3.11.2016	
Freigabe  Dr.-Ing. Ralf Zinke	Datum	Auftraggeber Ingenieurbüro Vössing GmbH
Dokumentation  P. Liebezeit		Auftrag vom 27.08.15

## Verteiler

Firma Ingenieurbüro Vössing GmbH	z. H. Herr Pyschny (1 Exemplar)	Vers.-Datum 03.11.16
--	---------------------------------------	-------------------------

## Inhalt

1	Veranlassung .....	4
2	Grundlagen Rückstromführung und Bahnerdung .....	5
2.1	Betrieb von Wechselstrombahnen .....	5
2.2	Energieversorgungsanlagen 50 Hz.....	6
2.3	Blitzschutz.....	6
3	EMV-Grundsätze .....	8
3.1	Anwendungsbereich .....	8
3.2	Vorsorge .....	8
3.3	Vorgehen zur Umsetzung der Minimierung.....	9
3.4	Minimierungsoptionen der VwV .....	9
3.5	Grenzwerte, Kenngrößen zur Bewertung.....	10
4	Projektbewertung, Minimierungsorte der Expositionsbereiche .....	12
4.1	Allgemein .....	12
4.2	Mettmann Stadtwald PFA Ia .....	13
4.3	Zufahrt Werkstatthalle PFA Ia .....	13
4.4	Bereich Röttgen Km 16,4 – km 17,9 .....	14
4.5	Bereich Hahnenfurth km 17,9 Strecke 2423 – km 20,6 Strecke 2727.....	14
4.6	Neubau Dornap (inkl. HP Hahnefurth) km 20,6 – km 21,4.....	14
4.7	PFA Ic.....	14
5	Modellierung und Grenzwerte .....	15
5.1	Schnitt AC1 .....	15
5.2	Schnitt AC d1 .....	15
5.3	Schnitt AC2 .....	15
5.4	Schnitt AC3 .....	16
5.5	Schnitt AC4 .....	16
5.6	Schnitt AC5 .....	16
5.7	Schnitt AC6 .....	16
6	Prüfung Grenzwerte 26. BlmschV und Bewertung der Minimierung .....	17
6.1	Mettmann Stadtwald PFA Ia .....	17
6.2	Zufahrt Werkstatthalle PFA Ia .....	17
6.3	Bereich Röttgen Km 16,4 – km 17,9 .....	17
6.4	Bereich Hahnenfurth km 17,9 Strecke 2423 – km 20,6 Strecke 2727.....	18
6.5	Neubau Dornap (inkl. HP Hahnefurth) km 20,6 – km 21,4.....	18
6.6	PFA Ic .....	18
7	Zusammenfassung .....	19
8	Abkürzungen.....	20
9	Anlagen.....	21

### Änderungsstand

Version	Datum	Änderungsgrund
0	29.04.2016	Erstellung
1	31.05.2016	Änderung PFA Grenzen
1	27.10.2016	Änderung PFA Ic Speisekabel und redaktionelle Überarbeitung

## **1        Veranlassung**

Die Regiobahn plant die Elektrifizierung und weitgehend den zweigleisigen Ausbau ihrer Streckenabschnitte der Regiobahn Infrastruktur von Kaarster See bis nach Wuppertal. Bei der Elektrifizierung der Strecke sind die Forderungen der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung einzuhalten. Im vorliegenden EMV-Gutachten zur Einhaltung der Grenzwerte für niederfrequente elektrische und elektromagnetische Felder werden die Betroffenheiten entlang der Strecke ermittelt, die Feldbeaufschlagungen in diesen Bereichen untersucht und bezüglich ihrer Minimierungspotentiale betrachtet. Für sensible Bereiche wie Wohnbebauungen innerhalb des Bewertungsabstandes erfolgt wie bisher üblich eine detaillierte Betrachtung. Das Vorgehen erfolgt unter Berücksichtigung der seit März 2016 geltenden Verwaltungsvorschrift zur 26. BImSchV.

Desweiteren wird ein Überblick zu Grundlagen und Spezifika der Bahnerdung gegeben.



## 2 Grundlagen Rückstromführung und Bahnerdung

### 2.1 Betrieb von Wechselstrombahnen

Für den Betrieb des 1 AC 15 kV 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz - Fahrleitungsnetzes von Wechselstrombahnen wird die Netzform TN-C angewendet. Dabei dienen die Fahrschienen der Wechselstrombahn sowohl als Leiter für den Triebrückstrom (Betriebsstrom - Leiter N) als auch als Schutzleiter (PE). Sie stellen somit einen PEN-Leiter dar. Aufgrund der Schutzleiterfunktion sind die Fahrschienen der Wechselstrombahn ständig nahezu widerstandslos zu erden. Das Erdreich kann als paralleler Leiter zu den Fahrschienen – abhängig von den vorliegenden Impedanzverhältnissen – Anteile des Rückstromes im Bahnstromsystem übernehmen. Durch die elektrotechnische Auslegung der Oberleitungs- und Rückleitungsanlage können die Impedanzverhältnisse zwischen der Rückleitungsanlage und dem umgebenden Erdreich gezielt beeinflusst werden, z.B. durch Rückleiterseile.

Alle ortsfesten Bahnanlagen im Bereich von Wechselstrombahnen müssen ebenfalls bahngeerdet und in den Potenzialausgleich (PA) einbezogen werden. Erdung und Potenzialausgleich der ortsfesten Bahnanlagen sind erforderlich, damit im Fahrbetrieb keine unzulässig hohen Potentialdifferenzen zwischen Erde und den Fahrschienen auftreten. Sie können durch die Triebrückströme sowohl im Fahrbetrieb als auch im Kurzschlussfall auftreten. Im Kurzschlussfall muss eine Abschaltung des Kurzschlussstromes in den speisenden Unterwerken innerhalb vorgeschriebener kurzer Zeiten selektiv erfolgen. Daher sind alle ortsfesten elektrotechnischen Bahnanlagen und leitfähige metallische Einrichtungen mit den Fahrschienen als Bahnerde elektrisch leitend zu verbinden. Im Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich gemäß Ril 997.0204 Bild 1 sind diese Verbindungen kurzschlussfest auszuführen, da sie zur Ableitung des Fehlerstromes dienen. Bei Verwendung von Deckenstromschienen kann der Oberleitungsbereich entfallen und es ist nur der Stromabnehmerbereich zu berücksichtigen. Bauteile oder Anlagen die in eine Schutzmaßnahme im öffentlichen Netz einbezogen sind und nicht bahngeerdet sind müssen einen Abstand von 2,5 m zu zugänglichen bahngeerdeten Anlagen aufweisen (DB Ril 997.0204 (6)). Alternativ kann der Nachweis geführt werden, dass die Berührungsspannungen nach DIN EN 50122-1 (VDE 0115 Teil 3) eingehalten werden. Bei Abständen unter einem Meter gilt der Hinweis aus Ril 997.206 (1), dass die Bahnerdungsanlage so gebaut ist, dass die Berührungsspannung, die in einem Abstand von einem Meter abgegriffen werden kann, unkritisch ist.

Weitere Besonderheiten gelten bei leitfähigen Bauteilen kleiner Abmessungen (3m parallel und 2 m horizontal/senkrecht zum Gleis), sie müssen nicht in die Bahnerdung eingebunden werden, wenn für Personen aus beliebiger Richtung erkennbar ist, ob ein leitfähiges Teil aufliegt und das Bauteil keine elektrische Ausrüstung trägt oder beinhaltet.

Bei Metallzäunen im Oberleitungsbereich sind die Forderungen der Ril 997.204 (9) zu beachten und die Verschleppung des Bahnpotentials aus dem Oberleitungsbereich heraus durch 2,5 m Lücken sicherzustellen. Alternativ bleibt die Verwendung nicht leitfähiger Zäune vorbehalten.

Überspannungsableiter sind nur nach Abstimmung mit AS 1 bzw. AS 3 einzusetzen.

Metallische Bauteile sowie die Gebäudebewehrungen im Stromabnehmer- und Oberleitungsbereich der Wechselstrombahn sind ebenfalls mit der Bahnerde zur Potenzialsteuerung zu verbinden. Durch die Verbindung mit der Bahnerde können die Bewehrungen von Stahlbetonbauteilen ebenfalls Teile des Triebrückstromes führen. Um hierbei definierte Verhältnisse zu schaffen, wird die Rückstromführung in den Stahlbetonbauteilen durch zusätzlich in die Bewehrung eingelegte Erdungseisen beeinflusst. Die Erdungseisen sind nach DB Richtlinie (Ril 997.0205) auszuwählen, anzuordnen und zu verarbeiten. Die konstruktive Bewehrung der Stahlbetonkörper wird an diese Erdungseisen zum Zweck des Potenzialausgleichs angerödelt und kann somit auch gewisse Rückstromanteile übernehmen.

Weil alle ausgedehnten ortsfesten Bahnanlagen durch die gemeinsame Erdung bahnstromrückführend sein können, müssen Mäntel von Kabelverbindungen und metallische Leitungen, die von außen in die ortsfesten Bahnanlagen eingeführt werden, an geeigneten Übergangsgrenzen mit Potenzialtrennungen mit Isoliermuffen (und eventuell Schutzgeräten) ausgestattet werden. Kabelmäntel werden nur einseitig mit Erde verbunden. Kein Problem besteht für durchlaufende Kabel und Rohrleitungen, sofern sie gegen die Bahnanlage isoliert ausgeführt sind. Durch diese Maßnahmen wird eine Verschleppung des Bahnpotenzials nach außen verhindert.

## **2.2 Energieversorgungsanlagen 50 Hz**

Zur Energieversorgung der Infrastruktur werden 50-Hz-Niederspannungssysteme (3 AC 400 V) aufgebaut. Diese können aus bahneigenen Transformatorstationen (Mittelspannung/400 V) oder aus bahnfremden 400-V-Ortsnetzen (dann nur als TT-System) eingespeist werden. Je nach Art der Einspeisung sind spezifische Erdungs- und Schutzmaßnahmen erforderlich. Diese sind in Ril 954.0107 beschrieben.

Die Sternpunkte der Mittelspannungstransformatoren auf der 400 V-Ebene sind über die Haupterdungsschiene (HES) mit der Bahnerde bzw. bei DC-Bahnen offen über Spannungsdurchschlagsicherungen mit der Rückleitung zu verbinden.

Die 3 AC 400/230 V 50 Hz-Verbrauchernetze können in der Netzform TN-S und TT aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den Empfehlungen des VDE sind nach dem DB-Regelwerk 954 auch TN-C-Systeme für Verteileranlagen in Stellwerken gefordert, so es sich um die Zusammenschaltung von Netzersatzanlagen (NEA) handelt. Für Bahnhofsanlagen der DB Station&Service gelten die Festlegungen der Ril 813 Modul 40.

## **2.3 Blitzschutz**

Eine Blitzschutzanlage hat die Aufgabe, Gebäude vor direkten Blitzeinschlägen und eventuellem Brand oder vor den Auswirkungen des eingepprägten Blitzstromes zu schützen. Das System der Blitzschutzanlage besteht aus einem äußeren und einem inneren Blitzschutzsystem.

Das äußere Blitzschutzsystem dient der Ableitung des Blitzstromes von der Fangeinrichtung über die Ableiteinrichtungen bis zur Erdungsanlage. Für das äußere Blitzschutzsystem ist der Eigentümer der baulichen Einrichtung verantwortlich.

Fahrschienen der Gleise der AC- und der DC-Bahnen dürfen nicht als Blitzschutzleiter verwendet werden.

Das innere Blitzschutzsystem dient der Begrenzung von Überspannungen in elektrischen Verbrauchernetzen sowie an elektrischen und elektronischen Endgeräten. Die Maßnahmen des inneren Blitzschutzes sind vom Betreiber der Netze und Endgeräte durchzuführen.

### 3 EMV-Grundsätze

#### 3.1 Anwendungsbereich

Die 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) in der Fassung vom August 2013 gilt u.a. für die Errichtung und den Betrieb von Niederfrequenzanlagen. Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder. Sie berücksichtigt nicht die Wirkung der elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate.

Zu den Niederfrequenzanlagen gehören neben den ortsfesten Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1000 Volt und mehr ausdrücklich auch die Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen und sonstige vergleichbare Anlagen im Frequenzbereich von 1 Hertz bis 9 Kilohertz.

Anlagen des GSM-R Funkes liegen mit ihren Bändern von 876 Megahertz bis 925 Megahertz außerhalb dieser Betrachtung.

Weiterhin zu beachten sind Feldanteile von Hochfrequenzanlagen zwischen 9 kHz bis 10 MHz, die einer Standortgenehmigung im Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen. Die Überprüfung erfolgt auf Grundlage der Datenbank der Bundesnetzagentur.

#### 3.2 Vorsorge

In dieser Untersuchung werden alle Grenzwerte gemäß der „Anforderungen zur Vorsorge“ (§4) verwendet. Dies dient dem besonderen Schutz von Bereichen mit Wohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten, Kinderhorten, Spielplätzen oder ähnlichen Einrichtungen.

Dies ist die Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte für „Bereiche der nicht nur vorübergehenden Exposition“. Diese erfolgt unabhängig des Minimierungsgebotes.

In Absatz (2) der „Anforderungen zur Vorsorge“ ist gefordert, bei Errichtung oder maßgeblicher Änderung von Niederfrequenzanlagen oder Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder nach dem Stand der Technik zu minimieren. Dies gilt unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich. Eine genauere Beschreibung des Inhaltes dieser Forderung ist in der Verwaltungsvorschrift (VwV) zur Immissionsschutzverordnung beschrieben und seit März 2016 anzuwenden.

So gibt es neben dem „Bewertungsabstand“ jetzt einen „Einwirkungsbereich“, in dem die Ergebnisse möglicher Minimierungsmaßnahmen für alle hier befindlichen „maßgebliche Minimierungsorte“ gleichberechtigt zu bewerten sind.

Für „maßgebliche Minimierungsorte“ innerhalb des Bewertungsabstandes erfolgt eine Einzelprüfung der Grenzwerteinhaltung. Dies entspricht dem bisherigen Vorgehen zur Bewertung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder bezüglich 26. BImSchV.

### 3.3 Vorgehen zur Umsetzung der Minimierung

Die Umsetzung des Minimierungsgebotes erfolgt in den Schritten:

- Vorprüfung,
- Ermittlung der Minimierungsmaßnahme,
- Bewertung der Maßnahme.

In der Vorprüfung wird festgestellt ob der Anlass der Minimierung, wie Neubau oder maßgebliche Erweiterung einer Niederfrequenzanlage oder Gleichstromanlage vorliegt. Wenn ja, erfolgt die Untersuchung, ob ein „maßgeblicher Minimierungsort“ gegeben ist.

Ist dies der Fall werden die Minimierungsorte bestimmt und hinsichtlich ihrer Anlagennähe mittels Bewertungsabstand eingestuft. Danach erfolgt eine individuelle Prüfung des Minimierungsortes bzw. eine Prüfung der Bezugspunkte der entfernteren Minimierungsorte auf die gegebenen Minimierungspotentiale.

Zur Maßnahmenbewertung wird die Verhältnismäßigkeit der Maßnahme geprüft.

### 3.4 Minimierungsoptionen der VwV

In der Verwaltungsvorschrift sind vielfältige Maßnahmen und deren zugehörigen Wirksamkeiten beschrieben die zu einer Minimierung der Felder führen können. Für die Anlagen der Bahnstromversorgung mit 16,7 Hz sind dies die nachfolgend angeführten Maßnahmen.

Für Bahnstromfreileitungen beispielhaft:

Abstandsoptimierung	Wirksamkeit in Trassennähe hoch, dann abnehmend
Elektrische Schirmung	Wirksamkeit für E-Feld hoch sonst eingeschränkt und Abhängig von der Lage der Erdseile

Für Bahnstromoberleitung:

Abstandsoptimierung	Wirksamkeit mittel
Autotransformatoren	Wirksamkeit hoch, nicht aber im Abschnitt des Zuges. Verlangt zusätzlichen Feeder -15 kV und weiteres, beeinflusst Speiselänge, daher Aufwand z.T. erheblich.
Booster ohne Isolierstoß	Wirksamkeit hoch, nicht aber im Abschnitt des Zuges. Verkürzt Speiselänge, daher Aufwand z.T. erheblich.
Rückleiterseil	Wirksamkeit hoch, verringert Erdströme. Aufwand kann gering sein bei geeigneten Masten.
Zweiseitige Speisung	Wirksamkeit hoch durch Minimierung Fahrstrom. Aufwand kann erheblich sein für zusätzliches UW.

Wirksamkeiten und Aufwand sind stark anwendungsabhängig. Die hier gekürzt dargestellten typischen Verhalten können gegebenenfalls gegenteilig wirken.

### 3.5 Grenzwerte, Kenngrößen zur Bewertung

Die Grenzwerte für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder sind in der 26. BImSchV für einzelne Frequenzen festgelegt. Für die Untersuchungen in diesem Gutachten sind die folgenden Werte relevant.

Die Grenzwerte für die Niederfrequenzanlagen der Bahn mit 16,7 Hertz liegen in der geltenden Fassung vom 8/2013 bei: 300  $\mu$ T für die magnetische Flussdichte und 5 V/m für die elektrische Feldstärke.

Die Grenzwerte für die Niederfrequenzanlagen mit 50 Hertz liegen in der geltenden Fassung vom 8/2013 bei: 200  $\mu$ T für die magnetische Flussdichte für Ausnahmen und bei 100  $\mu$ T zur Vorsorge für die in dieser Untersuchung relevanten Bereiche, sowie 5 V/m für die elektrische Feldstärke.

(informativ Anlagen über 2000 V für DC 0 Hz 500  $\mu$ T)

Zur Einordnung und Bewertung der maßgeblichen Minimierungsorte sind in der Verwaltungsvorschrift die für unterschiedlichen Frequenzen und Anlagen relevanten Abstände benannt. Nachfolgend ist eine Auswahl aufgeführt.

#### Einwirkungsbereich:

Niederfrequenzanlagen:

• Freileitungen	Nennspannung:	$\geq 380$ kV	400 m
		$\geq 220$ kV - <380 kV	300 m
		$\geq 110$ kV - <220 kV	200 m
		< 110 kV	100 m
• Erdkabel	Nennspannung:	$\geq 380$ kV	100 m
		$\geq 220$ kV - <380 kV	75 m
		$\geq 110$ kV - <220 kV	35 m
		$\geq 50$ kV - <110 kV	25 m
		< 50 kV	10 m

Umspann- und Schaltanlagen:

• Umspann- und Schaltanlage > 110 kV	100 m
• Umspann- und Schaltanlage $\leq 110$ kV	50 m
• Ortsnetzumspannstation (Umspannung von Mittel- auf Niederspannung)	10 m

Bahnstromanlagen:

• Bahnstromfernleitungen siehe Freileitungen Niederfrequenzanlagen	
• Bahnoberleitungen	100 m
• Bahnenergieleitungen	100 m
• Bahnstromumrichteranlage	20 m
• Umspann- und Schaltanlage	20 m

**Bewertungsabstände:****Niederfrequenzanlagen:**

• Freileitungen	Nennspannung:	$\geq 380 \text{ kV}$	20 m
		$\geq 220 \text{ kV} - <380 \text{ kV}$	15 m
		$\geq 110 \text{ kV} - <220 \text{ kV}$	10 m
		$< 110 \text{ kV}$	5 m
• Erdkabel	Nennspannung:	$\geq 380 \text{ kV}$	10 m
		$\geq 220 \text{ kV} - <380 \text{ kV}$	5 m
		$\geq 110 \text{ kV} - <220 \text{ kV}$	1 m
		$\geq 50 \text{ kV} - <110 \text{ kV}$	1 m
		$< 50 \text{ kV}$	1 m

**Umspann- und Schaltanlagen:**

• Umspann- und Schaltanlage $> 110 \text{ kV}$	5 m
• Umspann- und Schaltanlage $\leq 110 \text{ kV}$	1 m
• Ortsnetzumspannstation (Umspannung von Mittel- auf Niederspannung)	1 m

**Bahnstromanlagen:**

• Bahnstromfernleitungen siehe Freileitungen Niederfrequenzanlagen	
• Bahnoberleitungen	10 m
• Bahnenergieleitungen	10 m
• Bahnstromumrichteranlage	5 m
• Umspann- und Schaltanlage	5 m

## 4 Projektbewertung, Minimierungsorte der Expositionsbereiche

### 4.1 Allgemein

Der Planfeststellungsabschnitt (PFA) I der Regiobahn – Infrastruktur zwischen Kaarster See und Wuppertal befindet sich zwischen Bahnhof Mettmann Stadtwald und Abzw Dornap. Die Oberleitungsplanung betrifft die Strecke 2423 Düsseldorf-Gerresheim – Dornap Hahnenfurth ca. km 15,8 bis km 19,7 und Dornap Hahnenfurth – Abzw Dornap Strecke 2727. Dem vorgelagert ist der PFA Ia auf der Strecke 2423 Düsseldorf-Gerresheim – Dornap Hahnenfurth km 15,09 bis 80 m vor km 15,8 den Bahnhof Mettmann Stadtwald betreffend. Zusätzlich liegt im PFA Ia die Zufahrt zur Werkstatthalle. Sie verläuft als ein elektrifiziertes Einzelgleis ohne Verstärkungsleitung.

Bei der Errichtung der Oberleitungsanlage handelt es sich um einen Neubau einer Niederfrequenzanlage im Sinne der Vorschrift. Damit erfolgt neben der Überprüfung der Grenzwerte der 26. BImSchV auch eine Bestimmung von Minimierungsorten im Sinne der 26. BImSchV VwV und deren Bewertung. Die Anbindung der elektrifizierten Strecke erfolgt über das Gleis 904 im Bahnhof Dornap – Hahnenfurth durch Kabel entlang der alten Nordbahntrasse von der Strecke 2723. Die Einspeisung und das Bahnhofsgleis 904 liegen im Planfeststellungsabschnitt Ic. Der Speiseabgang zu PFA Ic wird entlang der Strecke 2723 Essen-Kupferdreh – Wuppertal-Vohwinkel und der Strecke 2550 Gruiten – Wuppertal-Elberfeld vom Schaltposten Bahnhof Wuppertal-Vohwinkel aus geführt. Durch die Errichtung des Abgangs zur Einspeisung in Dornap-Hahnenfurth erfolgt keine Leistungserhöhung im vorhandenen Schaltposten. Deshalb wird diese Maßnahme nicht als wesentliche Änderung der bestehenden Niederspannungsanlage betrachtet und es erfolgt keine weitere Untersuchung der Zuleitung entlang der elektrifizierten Strecken.

Im Planfeststellungsbereich I und Ia der Regiobahn – Infrastruktur verläuft die Strecke 2423 zweigleisig und ohne Verstärkungsleitung. Im Neubauabschnitt Hahnenfurth bis Abzw. Dornap verläuft sie dann ab km 20,5 eingleisig.

Für die Prüfung auf maßgebliche Minimierungsorte ist der Bereich in 6 Abschnitte geteilt. Diese sind:

- Mettmann Stadtwald PFA Ia
- Zufahrt Werkstatthalle PFA Ia
- Bereich Röttgen Km 16,4 – km 17,9
- Bereich Hahnenfurth km 17,9 Strecke 2423 – km 20,6 Strecke 2727
- Neubau Dornap (inkl. HP Hahnenfurth) km 20,6 – km 21,4
  
- PFA Ic Speiseleitung Bf Dornap-Hahnenfurth



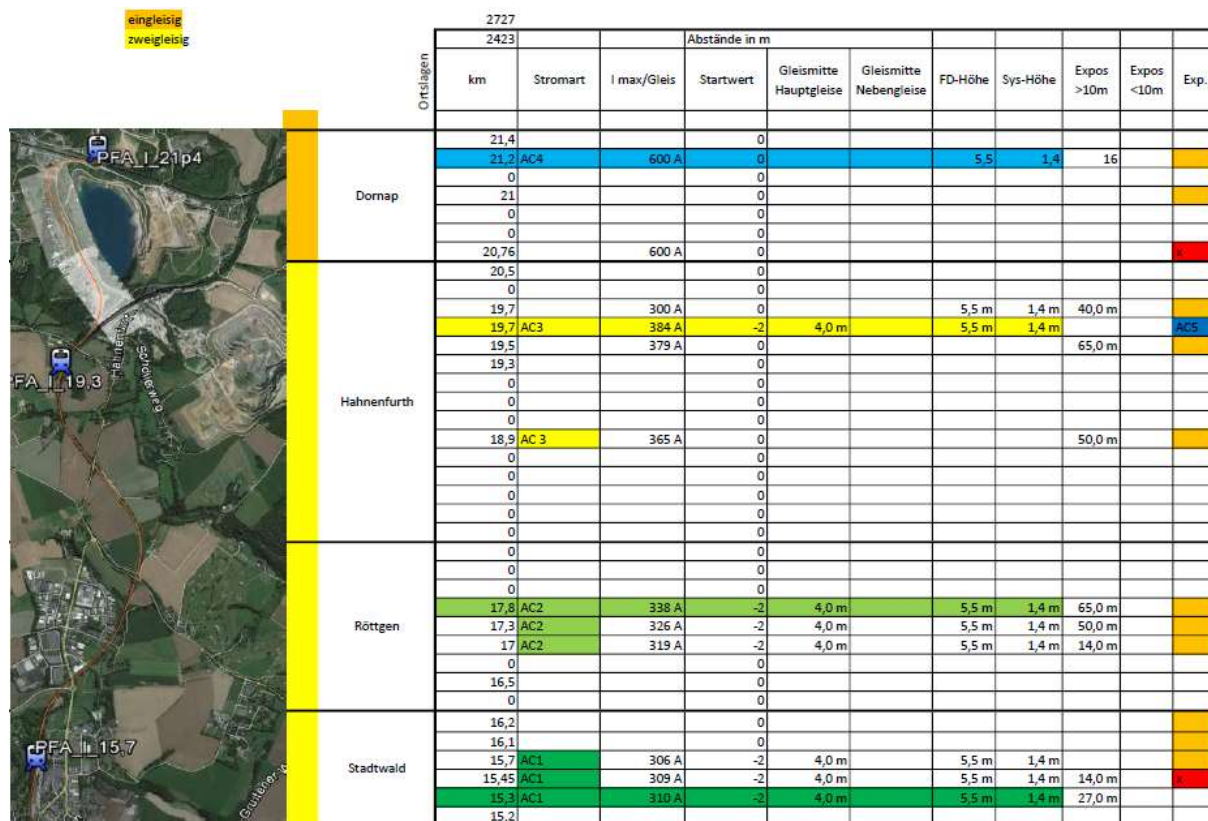


Bild 1: Projektbereich Elektrifizierung und zweigleisiger Ausbau PFA I, Ia und Ic

## 4.2 Mettmann Stadtwald PFA Ia

In diesem Bereich gibt es keine maßgeblichen Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstands. Direkt angrenzend im Abstand ab 14 m bis 17 m befinden sich die alten Vorplatzbebauungen. Im Abstand von 27 m südlich befindet sich das berufliche Gymnasium Neandertal. Weitere Wohnbebauung erstreckt sich beidseits der Strecke in ca. 30 m bis 60 m Entfernung. Die Streckenströme verteilen sich auf die Oberleitungsanlagen beider Gleise. Die Feldberechnung für diesen Abschnitt erfolgt mit Modell AC1.

Bezüglich Hintergrundbelastung wurden keine Anlagen in die Berechnung einbezogen.

## 4.3 Zufahrt Werkstatthalle PFA Ia

In diesem Bereich gibt es keine maßgeblichen Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstands und des Einwirkbereichs. Es treten nur Ströme durch Rangierfahrten oder Wagnvorbereitungen auf. Wegen der kurzen Distanzen treten nur geringe Erdstromanteile in großer Entfernung auf.

Die Feldberechnung für diesen Abschnitt erfolgt mit Modell AC d1.

Bezüglich Hintergrundbelastung wurden keine Anlagen in die Berechnung einbezogen.

#### **4.4 Bereich Röttgen Km 16,4 – km 17,9**

Im weiteren Bereich der Straße Siedlung Röttgen entlang der Gleise gibt es keinen maßgeblichen Minimierungspunkt innerhalb des Bewertungsabstandes von 10 m zur Gleismitte. An der Siedlung Röttgen km 17 bestehen die größten Annäherungen bei 14 m bis ca. 20 m. Weitere Bebauung befindet sich ca. 50 m und 65 m beidseitig der Trasse. Die Modellierung der Felder für die Bezugspunkte der maßgeblichen Minimierungsorte an der Grenze des Bewertungsabstands erfolgen mit Model AC2.

Bezüglich Hintergrundbelastung wurden keine Anlagen angenommen.

#### **4.5 Bereich Hahnenfurth km 17,9 Strecke 2423 – km 20,6 Strecke 2727**

Im Bereich Hahnenfurth gibt es keine maßgeblichen Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstands. Wohnbebauung gibt es im Bereich km 18,9 und von km 19,5 bis km 19,7. Diese erstreckt sich beidseits der Strecke in ca. 40 m bis 70 m Entfernung. Die mögliche Feldbelastung werden mit Schnitt AC3 berechnet.

Bezüglich Hintergrundbelastung wurden keine Anlagen hinzugezogen.

#### **4.6 Neubau Dornap (inkl. HP Hahnefurth) km 20,6 – km 21,4**

Im Bereich des Abzweig Dornap gibt es keine Expositionen des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts innerhalb der 10 m zur Gleismitte und damit auch keine maßgeblichen Minimierungsorte innerhalb des Bewertungsabstandes. Als maßgeblichen Minimierungsort im Einwirkungsbereich wird die Kantine am km 21,2 mit einem Abstand von 16 m geführt. Hierfür wird der Schnitt AC4 zur Feldberechnung genutzt.

Für Hintergrundbelastung wurden keine Anlagen in die Berechnung einbezogen.

#### **4.7 PFA Ic**

In diesem Abschnitt erfolgt eine Speisung der Strecke über das elektrifizierte Bahnhofsgleis 904. Bei km 20,1 ca. 30 m nordöstlich wird die Bebauung an der B7 als Wohnbebauung zugeordnet. Es ist eine Verstärkungsleitung auf der dem Minimierungsort abgewandten Seite geführt. Die hier fließenden Ströme entsprechen den Strömen im zweigleisigen Abschnitt Hahnenfurth. Die Rückleitungsbedingungen sind wegen der Bahnhofsgleise hier nicht schlechter als im Abschnitt Hahnenfurth. Daher wird die Berechnung mit Schnitt AC3 mitgenutzt.

Im weiteren Verlauf gibt es ab km 20,7 bis 21,1 nördlich der Trasse und bei km 20,25 südlich ab EÜ Am Sandfeld Wohnbebauungen mit Annäherungen an die Trasse von bis zu 20 m. Die Speiseleitung wird hier als Erdkabel geführt, was einen Einwirkungsbereich von 10 m und einen Bewertungsabstand von 1 m bedingt. Das Rückleitersystem wird durch die Schienen gebildet. Da dieser Fall nicht explizit in der Vorschrift benannt ist und die Rückleitung ein Teil der Oberleitungsanlage ist erfolgt hier eine Betrachtung. Zur Abschätzung der Felddausbildung wird Schnitt AC6 herangezogen.

Zur Beurteilung der Felder ab km 21,3 dient Schnitt AC5, der die Felder für Kabelverlegung einer Speise- und zweier Rückstromleitungen aufzeigt.

Bezüglich Hintergrundbelastung wurden keine Anlagen festgestellt.

## 5 Modellierung und Grenzwerte

Zur Berechnung der elektromagnetischen Felder entlang der Strecke werden nachstehende Kennwerte der Oberleitung gemäß der Planfeststellungsunterlagen verwendet:

- Regelfahrdrahthöhe 5,50 m,
- Regelsystemhöhe Strecke 1,40 m.

Weiterhin zu beachten sind Feldanteile von Hochfrequenzanlagen zwischen 9 kHz bis 10 MHz, die einer Standortgenehmigung im Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen. Die Überprüfung erfolgt auf Grundlage der Datenbank der Bundesnetzagentur und ergab zum 20.04.2016 keine Treffer bei zu berücksichtigenden Anlagen.

### 5.1 Schnitt AC1

Geometriedaten: Regelquerprofil zweigleisig mit Profilmasten beidseitig, Strecke 2423, km 15,3, Systemhöhe 1,4 m, Fahrdrahthöhe 5,5 m, Gleismittenabstand 4 m, keine Verstärkungsleitung  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Gesamtspeisestrom im Bereich nach Speisekonzept analog TK Beeinflussung 620 A  
2 Streckenströme 310 A 40% Rückstrom Gleis  
Erdstrom entfernt 60% Streckenstrom 2423 a 372 A

### 5.2 Schnitt AC d1

Geometriedaten: eingleisiger Abschnitt mit Winkelmasten, Strecke 2423, km 15,7, Systemhöhe 1,4 m, Fahrdrahthöhe 5,5 m, keine Verstärkungsleitung  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Rangier- und Hilfsbetriebestrom 100 A  
1 Abschnittstrom 100 A 70% Rückstrom Gleis  
Erdstrom entfernt 30% Abschnittstrom a 30 A

### 5.3 Schnitt AC2

Geometriedaten: Regelquerprofil zweigleisig mit Profilmasten beidseitig, Strecke 2423, km 17,8, Systemhöhe 1,4 m, Fahrdrahthöhe 5,5 m, Gleismittenabstand 4 m, keine Verstärkungsleitung  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Gesamtspeisestrom im Bereich nach Speisekonzept analog TK Beeinflussung 678 A  
2 Streckenströme 338 A 40% Rückstrom Gleis  
Erdstrom entfernt 60% Streckenstrom 2423 a 405 A

#### 5.4 Schnitt AC3

Geometriedaten: Regelquerprofil zweigleisig mit Profilmasten beidseitig, Strecke 2727, km 19,7, Systemhöhe 1,4 m, Fahrdrathöhe 5,5 m, Gleismittenabstand 4 m, keine Verstärkungsleitung  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Gesamtspeisestrom im Bereich nach Speisekonzept analog TK Beeinflussung 768 A  
2 Streckenströme 384 A 40% Rückstrom Gleis  
Erdstrom entfernt 60% Streckenstrom 2727 a 460 A

#### 5.5 Schnitt AC4

Geometriedaten: eingleisige Strecke 2727, km 21,2, Systemhöhe 1,4 m, Fahrdrathöhe 5,5 m, keine Verstärkungsleitung  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Gesamtspeisestrom im Bereich nach Speisekonzept analog TK Beeinflussung 600 A  
1 Streckenstrom 600 A 40% Rückstrom Gleis  
Erdstrom entfernt 60% Streckenstrom 2727 a 360 A

#### 5.6 Schnitt AC5

Geometriedaten: Zur Strecke 2423, km 21,3, Kabellage -0,8 m eine Verstärkungsleitung und in 1 m Abstand zwei Rückleiter 0,5 m Abstand untereinander.  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Gesamtspeisestrom im Bereich nach Speisekonzept entsprechend Speisung im Schnitt AC3 mit 768 A  
1 Speisestrom 768 A 50% Rückstrom Gleis durch zwei Kabel a 192 A  
Erdstrom entfernt 50% Streckenstrom 2423 a 384 A

#### 5.7 Schnitt AC6

Geometriedaten: Regelquerprofil eingleisig Speiseleitung bahnlinks, Strecke 2423 km 20,7, kein Kettenwerk, Tiefe Kabel Verstärkungsleitung 0,8 m.  
1 Speisekabel 3 m nördlich Trassenmitte  
1 entfernte Erde

Ströme und deren Verteilungen:  
Gesamtspeisestrom im Bereich nach Speisekonzept 768 A, 50% Rückstrom Gleis, Erdstrom entfernt 50% a 384 A

## **6 Prüfung Grenzwerte 26. BlmschV und Bewertung der Minimierung**

### **6.1 Mettmann Stadtwald PFA Ia**

Die Überprüfung der Grenzwerte der 26. BlmSchV des Schnittes AC1 ergibt innerhalb des Bewertungsabstandes keine Grenzwertüberschreitung. Maßgebliche Minimierungsorte gibt es in Form der alten Vorplatzbebauung bei ca. Streckenkilometer 15,5. Durch die Örtlichkeit und das Speisekonzept werden zusätzliche Minimierungsmaßnahmen nicht ausgewählt. Die Örtlichkeit als Bahnhof führt zu niedrigen Geschwindigkeiten und damit zu geringen lokalen Strömen, da die größten Ströme im Geschwindigkeitsbereich ab 50 km/h erreicht werden. Durch das Speisekonzept (zweiseitige Speisung) entspricht der Standort in etwa der elektrischen Mitte, d.h. dass im Wesentlichen alle Ströme von hier jeweils zu den Streckenenden fließen.

Zusammengefasst ergibt sich für diesen Expositionsbereich:

E-Feld: kleiner 5 kV/m, damit keine Grenzwertüberschreitung

B-Feld: keine Grenzwertüberschreitungen

Minimierungsmaßnahmen keine zusätzlichen, da z.T. schon angewendet.

### **6.2 Zufahrt Werkstatthalle PFA Ia**

Die Überprüfung der Grenzwerte der 26. BlmSchV des Schnittes AC d1 ergibt innerhalb des Bewertungsabstandes keine Überschreitung.

Zusammengefasst ergibt sich für diesen Expositionsbereich:

E-Feld: kleiner 5 kV/m, damit keine Grenzwertüberschreitung

B-Feld: keine Grenzwertüberschreitungen

Es gibt keine maßgeblichen Minimierungsorte, eine Minimierung der Felder ist hier nicht gefordert. Eine Minimierung ist auf Grund der Feldgröße auch nicht erforderlich.

### **6.3 Bereich Röttgen Km 16,4 – km 17,9**

Die Überprüfung der Grenzwerte der 26. BlmSchV des Schnittes AC2 ergibt für die Wohnbebauung an den Bezugspunkten (Grenze des Bewertungsbereichs) keine Überschreitung. Durch das Speisekonzept (zweiseitige Speisung) und der Lage des Standorts in ca. 2 km Abstand zur elektrischen Mitte, wird davon ausgegangen, dass im Wesentlichen alle Zugströme weiter als Mettmann Stadtwald entfernt nicht am Minimierungsort vorbeifließen. Damit werden die Streckenströme, und damit die elektromagnetischen Felder, unter den berechneten Werten der höchsten möglichen Streckenströme liegen.

Zusammengefasst ergibt sich für diesen Expositionsbereich:

E-Feld: kleiner 5 kV/m, damit keine Grenzwertüberschreitung

B-Feld: keine Grenzwertüberschreitungen

Minimierungsmaßnahmen keine zusätzlichen, da z.T. schon angewendet.

#### **6.4 Bereich Hahnenfurth km 17,9 Strecke 2423 – km 20,6 Strecke 2727**

Die Überprüfung der Grenzwerte der 26. BImSchV des Schnittes AC3 ergibt für die Wohnbebauungen an den Bezugspunkten der Berechnung, die an der Grenze des Bewertungsabstandes liegen, keine Grenzwertüberschreitung. Die elektromagnetischen Felder an den festgestellten Minimierungsorten sind so gering, dass weitere Minimierungsmaßnahmen nicht vorgeschlagen werden. In diesem Bereich liegt eine der zwei Einspeisungen der Strecke, die somit lokal ein Feldmaximum bewirkt, dass aufgrund des gegebenen Abstandes zu Minimierungsorten keine negativen Auswirkungen hat. Damit können die Vorteile der zweiseitigen Speisung z.B. in der Stadt Mettmann maximale Wirkung zeigen. Die Stadt Mettmann profitiert also davon, dass im Eispeisebereich im Bereich Hahnenfurt keine maßgeblichen Minimierungsorte vorliegen, wodurch der Bereich Mettmann nur mit der Hälfte der Traktionsströme beaufschlagt wird, wie es bei Speisung von nur einer Seite wäre.

Zusammengefasst ergibt sich für diesen Expositionsbereich:

E-Feld: kleiner 5 kV/m, damit keine Grenzwertüberschreitung  
B-Feld: keine Grenzwertüberschreitungen

Keine zusätzlichen Minimierungsmaßnahmen, da z.T. schon angewendet.

#### **6.5 Neubau Dornap (inkl. HP Hahnefurth) km 20,6 – km 21,4**

Der maßgebende Minimierungsort im Bereich Dornap liegt mit 16 m Entfernung am km 21,2. Hier gilt der Geometrieschnitt AC4. Die Exposition liegt am Abzweig Dornap am Ende des Speisebereichs, sodass hier ein Minimum des Stromes vorliegt und im normalen Betrieb die Feldbelastung unter der Hälfte der angegebenen magnetischen Induktion liegen wird.

Zusammengefasst ergibt sich für diesen Expositionsbereich:

E-Feld: kleiner 5 kV/m, damit keine Grenzwertüberschreitung  
B-Feld: keine Grenzwertüberschreitungen

Keine zusätzlichen Minimierungsmaßnahmen, da z.T. schon angewendet.

#### **6.6 PFA Ic**

Für den maßgeblichen Minimierungsort am km 20,1 in ca. 30 m Entfernung zur nächstgelegenen Gleisachse liefert die Feldberechnung am Schnitt AC3 die zu erwartenden elektromagnetischen Felder. Die dargestellten Feldstärken bei  $x=30$  m sind für den maximalen Betriebsstrom berechnet. Dieser tritt, wenn überhaupt, nur kurzzeitig auf. Aufgrund der geringen Feldstärken wird kein wesentlicher Nutzen in weiteren Minimierungsmaßnahmen gesehen. Die maßgeblichen Minimierungspunkte im Bereich Am Sandfeld km 20,7 bis km 21,1 werden mit den Feldern gemäß Schnitt AC6 beschrieben. Durch die Umplanung der Speiseleitung als Kabel ist eine wesentliche Minimierung erfolgt.

Zusammengefasst ergibt sich für diesen Expositionsbereich:

E-Feld: kleiner 5 kV/m, damit keine Grenzwertüberschreitung  
B-Feld: keine Grenzwertüberschreitungen



## 7 Zusammenfassung

Für die Planfeststellung der Regiobahn – Infrastruktur im PFA I, Ia und Ic konnte für alle Expositionen die Einhaltung der Grenzwerte und somit die Erfüllung der Vorsorgeforderung der 26. BImSchV ermittelt werden. Überlappungen von Einwirkbereichen dritter Niederspannungssysteme an maßgeblichen Minimierungs-orten innerhalb des Bewertungsabstand ergaben sich nicht.

Die Überprüfung der weiterhin zu beachtenden Feldanteile von genehmigungspflichtigen Hochfrequenzanlagen zwischen 9 kHz bis 10 MHz, die eines Nachweisverfahrens zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, erfolgte auf Grundlage der Datenbank der Bundesnetzagentur. Mit Stand vom 20.04.2016 liegen keine Anlagen im Einflussbereich des Planfeststellungsabschnitts und somit keine zusätzlichen zu beachtenden Feldanteile vor.


Die Forderungen der 26. BImSchV 2013 bezüglich der Minimierung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder wurden im Rahmen der Machbarkeit in weiten Teilen der Planungsabschnitte schon angewandt. Sehr großen Einfluss hierbei hat die zweiseitige Speisung, die eine starke Unterschreitung der berechneten Felder erwarten lässt. An den vorgefundenen (nicht nur für den vorübergehenden Aufenthalt vorgesehenen Bereichen) maßgeblichen Minimierungsorten der PFA I und PFA Ia wurden keine weiteren wirtschaftlich angemessenen Minimierungspotentiale der Bahnstromoberleitungsanlage zur Minimierung der elektromagnetischen Felder gefunden.

Im PFA Ic wird keine weitere Minimierungsmaßnahme benannt. Da die Umplanung der Speiseleitung auf Kabel eine wesentliche Minimierung der Felder im Bereich km 20,7 bis km 21,1 Strecke 2423 erbracht hat.

## 8 Abkürzungen

B-Feld:	Feld der magnetischen Induktion
BImSchV:	Bundes-Immissionsschutzverordnung
VwV:	Verwaltungsvorschrift
EMF:	Elektromagnetische Felder
EMV:	Elektromagnetische Verträglichkeit
E-Feld:	Elektrisches Feld
AC:	Wechselstrom
DC:	Gleichstrom
SÜ:	Straßenüberführung
EÜ:	Eisenbahnüberführung
IfB:	Institut für Bahntechnik
MHz:	Megahertz, Frequenz
HES:	Haupterdungsschiene
Hz:	Hertz
kV:	Kilovolt
$\mu$ T:	Mikro Tesla, Einheit der magnetischen Induktion
VL:	Verstärkungsleitung
PFA:	Planfeststellungsabschnitt

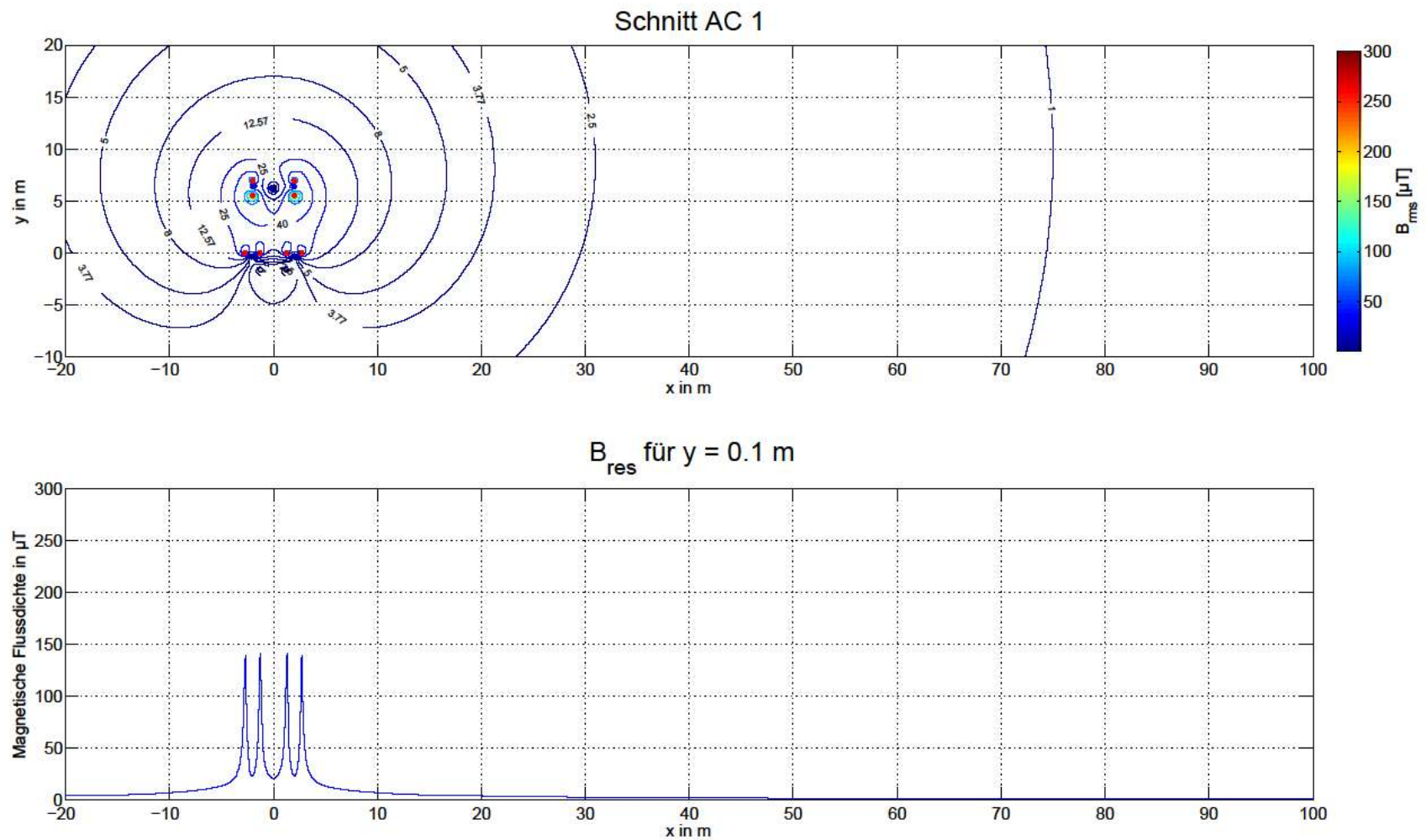
- Ende Dokument -

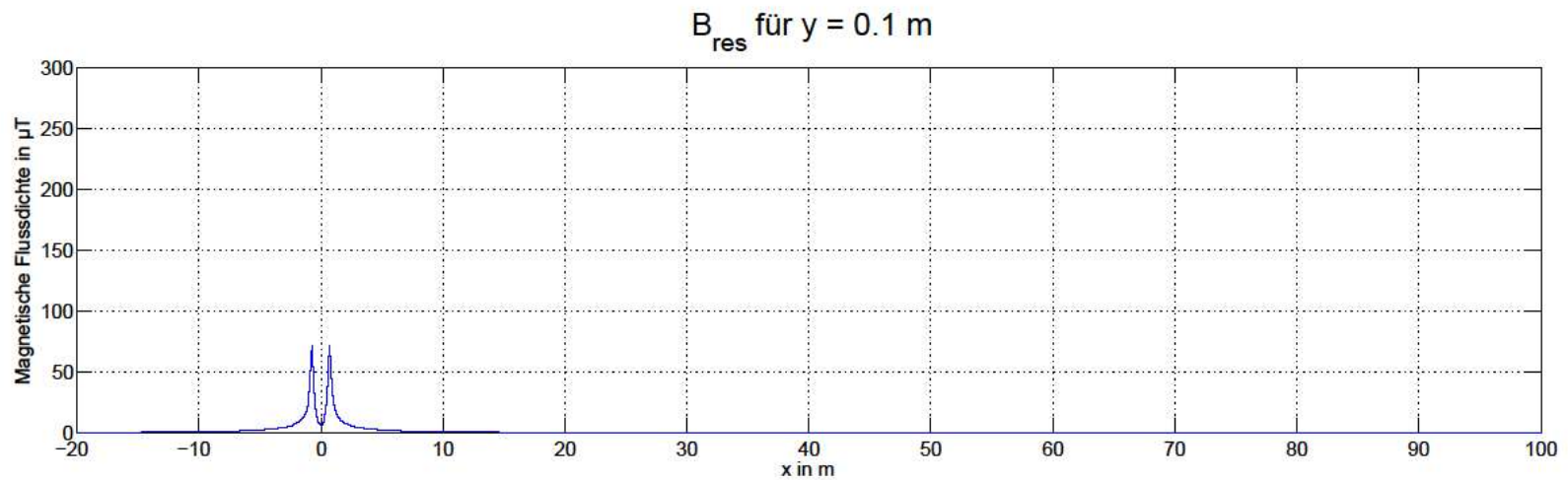
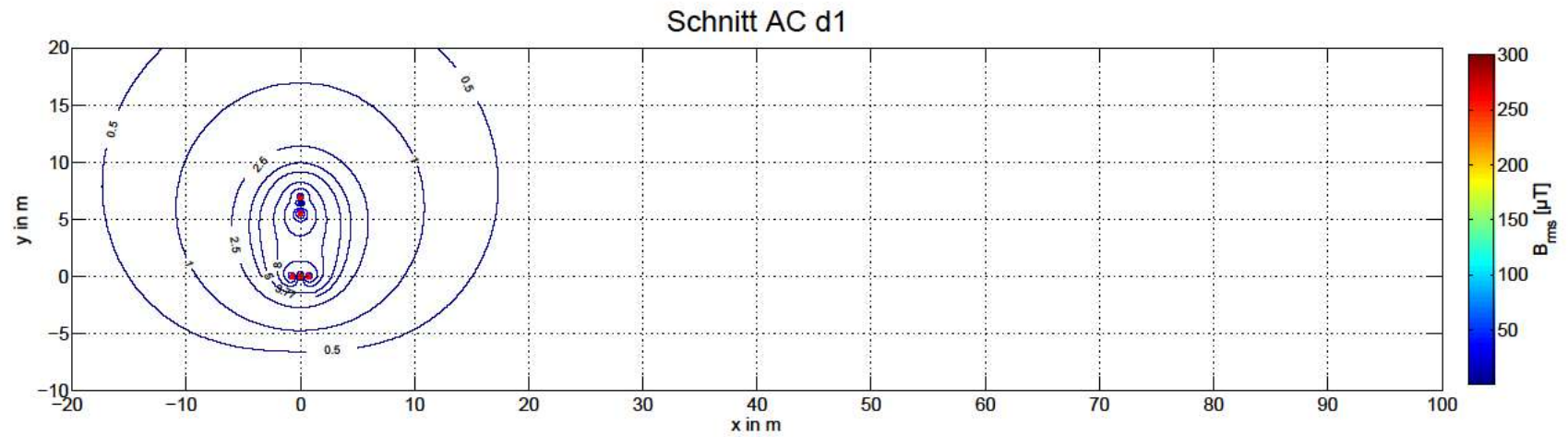


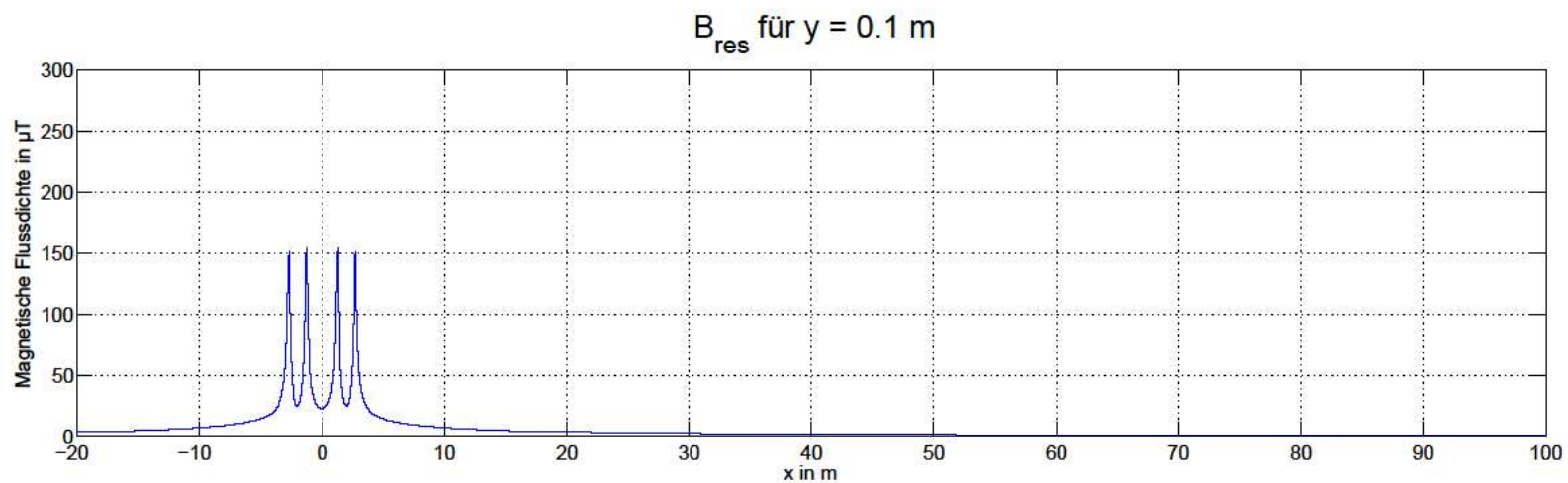
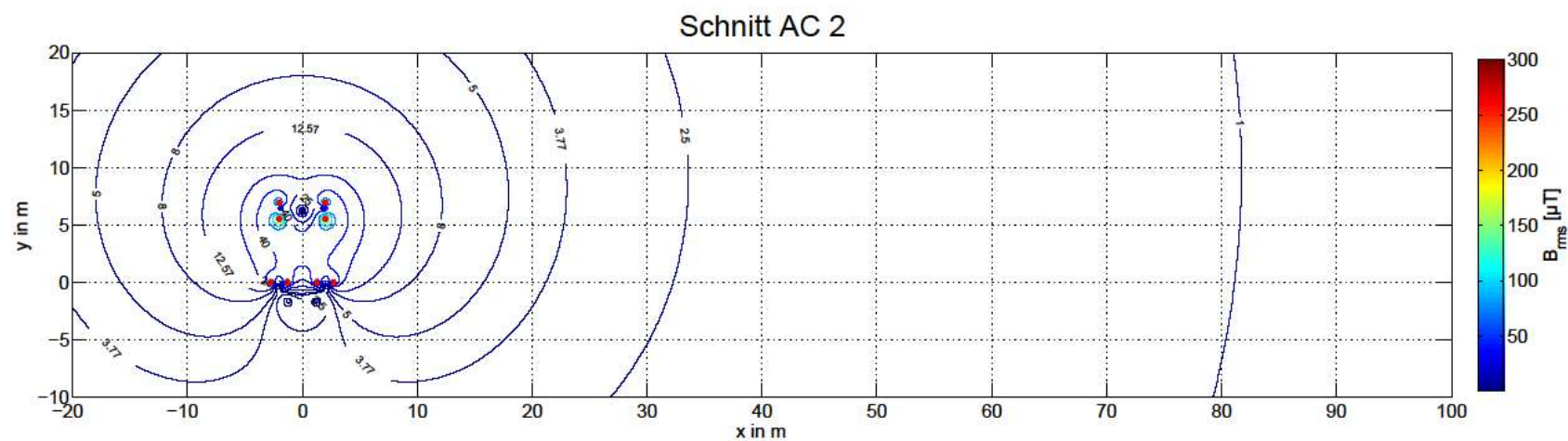
Dr.-Ing. Jochen Hietzge

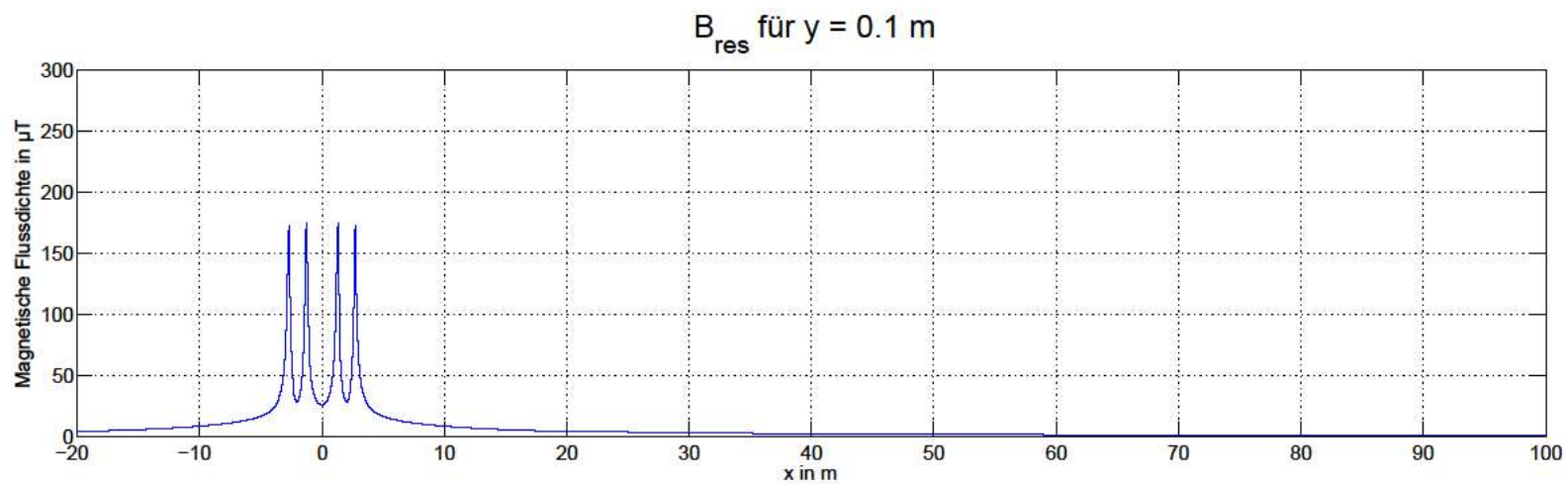
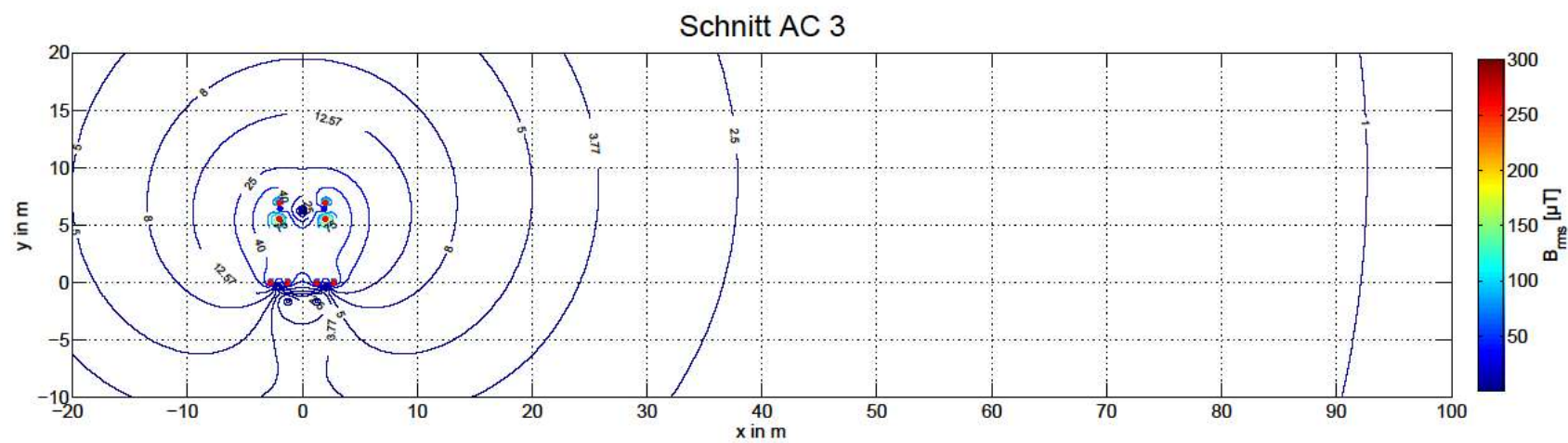


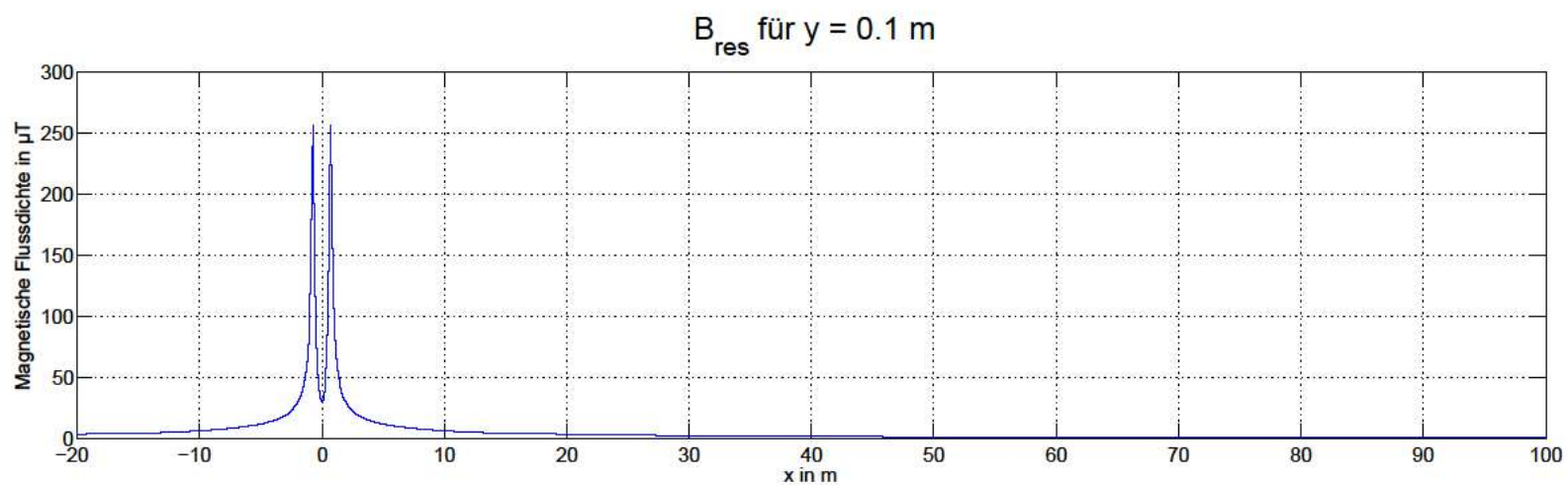
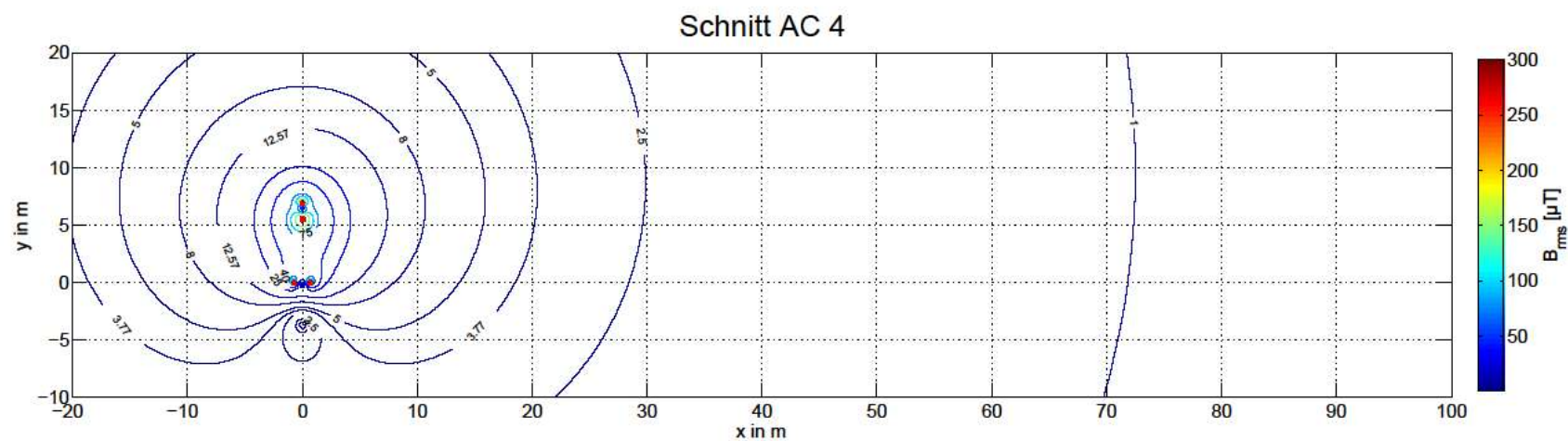
## 9 Anlagen



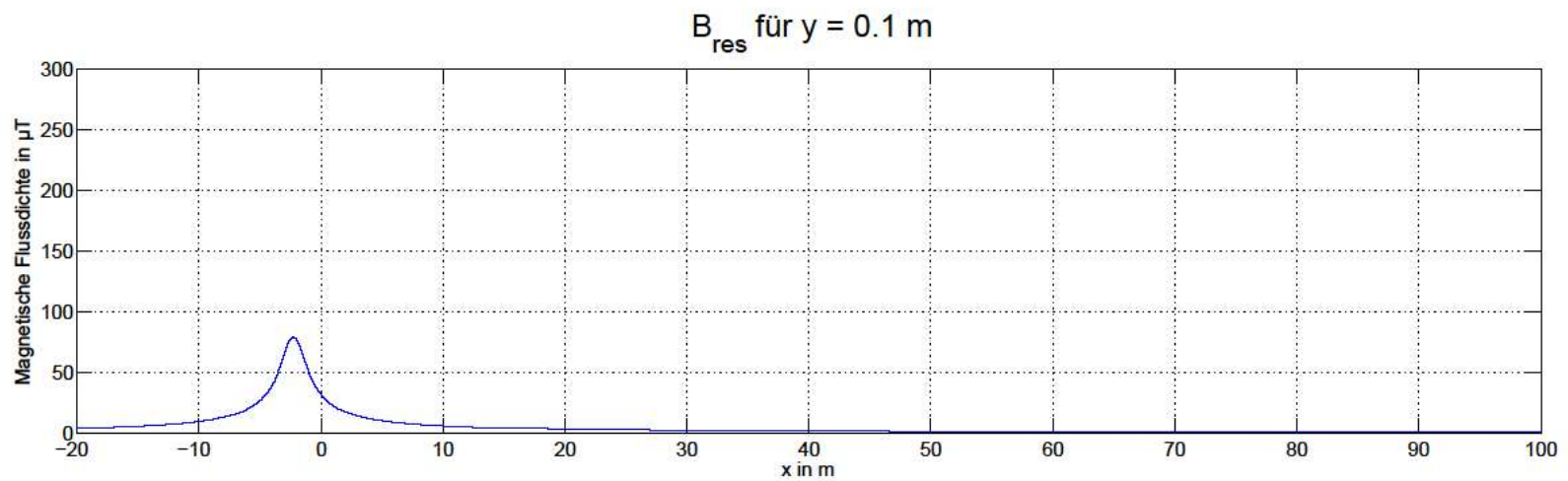
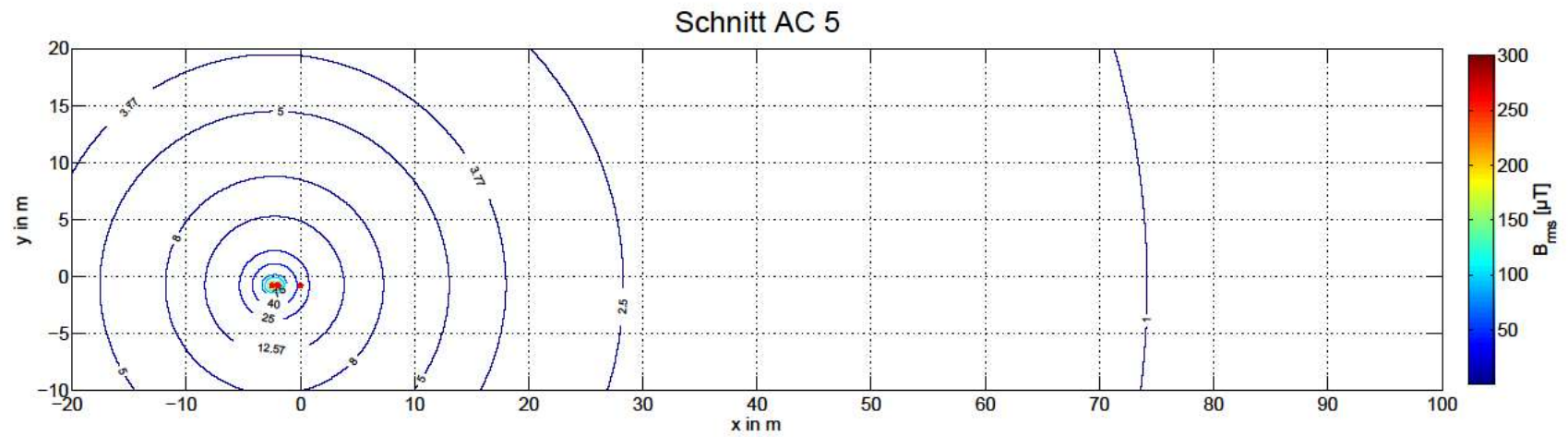




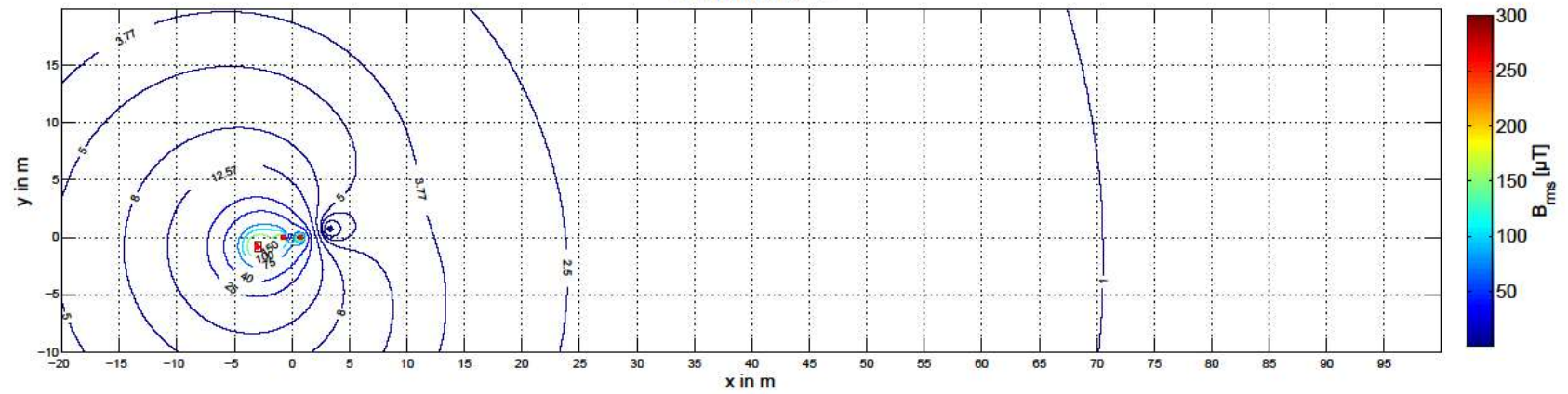








Schnitt AC 6



$B_{\text{res}}$  für  $y = 0.1 \text{ m}$

