Gutachten

über die

Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)

des

T-Systems Dynamic Data Center

Standort Magdeburg

Projekt-Nr.: DTKME0110

Dokument-Nr.: P2483a-10-D

Das vorliegende Dokument besteht aus 35 Seiten inklusive Deckblatt.

Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf dieser Bericht nicht, auch nicht auszugsweise, vervielfältigt oder in anderer Weise dritten Personen zugänglich gemacht werden und auch nicht anderweitig missbräuchlich genutzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeine Angaben ... 4
1.1 Verfasser ... 4
1.2 Ansprechpartner ... 4
1.2.1 Projektleiter ... 4
1.2.2 Durchführung ... 4
1.3 Auftraggeber ... 5
1.3.1 Unternehmen ... 5
1.3.2 Ansprechpartner ... 5
2 Aufgabenstellung ... 6
2.1 Erläuterung Grundlagen EMVU ... 6
2.1.1 Allgemeines ... 6
2.1.2 EMV – Beeinflussungsmodell ... 7
2.2 Gesetzeslage EMVU ... 10
2.2.1 Vorgehen auf europäischer Ebene ... 11
2.2.2 26. BImSchV ... 11
2.2.3 Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektro-magnetischer Felder (BEMFV) ... 12
2.2.4 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) ... 12
2.2.5 Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV) ... 12
2.2.6 Berufgenossenschaftliche Richtlinie BGV B11 ... 12
3 Normung, Stand der Wissenschaft ... 13
3.1 Normenreihe DIN VDE 0848 ... 13
3.2 Biomedizinische Aspekte ... 13
3.3 Grenzwerte abgeleitet aus Gesetzes- und Normungslage ... 15
3.4 Grenzwerte anderer Länder ... 17
4 Erläuterung der Vorgehensweise ... 18
5 Messtechnische Untersuchungen ... 19
5.1 Untersuchungen im Rahmen der Neuplanungen ... 19
5.2 Zusätzliche Untersuchungen zur EMVU am 07.12.2010 ... 20
5.2.1 Messverfahren ... 20
5.2.2 Messpunkte ... 21
5.2.3 Messergebnisse ... 24
5.2.4 Ergebnis der Messungen ... 30
6 Berechnung und Visualisierung des Schutzabstandes von Transformatoren / Energieanlagen ... 31
7 Praxisbeispiele ... 33
8 Fazit ... 34
9 Literatur- und Quellenverzeichnis ... 35

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Änderungsverzeichnis

Dokument- Nummer	Datum	Inhalt/ Änderung
P2483a-10-D	20.12.2010	Ersterstellung

Bexbach, 20. Dezember 2010

Verfasser:

i.A._____

Jens F A L L E R
Systemanalyse EMV

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

1 Allgemeine Angaben

1.1 Verfasser

GHMT AG
In der Kolling 13

D-66450 Bexbach

Telefon: +49 (0) 68 26 / 92 28 – 0
Telefax: +49 (0) 68 26 / 92 28 – 99

E–Mail: info@ghmt.de
Internet: www.ghmt.de

1.2 Ansprechpartner

1.2.1 Projektleiter

Aloysius Rauber

Telefon: +49 (0) 6826 / 9228 – 36
Mobil: +49 (0) 172 / 68992 - 86
Telefax: +49 (0) 6826 / 9228 – 736
E-Mail: aloysius.rauber@ghmt.de

1.2.2 Durchführung

Jens Faller

Telefon: +49 (0) 68 26 / 92 28 – 37
Mobil: +49 (0) 1 72 / 6 89 92 – 87
Telefax: +49 (0) 68 26 / 92 28 – 737
E-Mail: jens.faller@ghmt.de

Dirk Wilhelm

Telefon: +49 (0) 68 26 / 92 28 – 0
Telefax: +49 (0) 68 26 / 92 28 – 99
E-Mail: dirk.wilhelm@ghmt.de

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

1.3 Auftraggeber

1.3.1 Unternehmen

Deutsche Telekom AG
Dreizehnmorgenweg 13-17

D-53175 Bonn

Telefon: +49 (0) 228 / 181 - 0

WWW: www.t-com.de

1.3.2 Ansprechpartner

T-Systems International GmbH

Andreas Schmidt
Projektleiter Modulplanung

Johannisberger Straße 74

D-14197 Berlin

Telefon: +49 (0) 30 / 82091 - 2290
Telefax: +49 (0) 30 / 82091 – 3910
Mobil: +49 (0) 171 / 5 43 72 84

E-Mail: a.schmidt@t-systems.com

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

2 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Erweiterung T-Systems Dynamic Data Center Standort Magdeburg wurden von Seiten der Anwohner Bedenken geäußert, durch die in diesem Zusammenhang neu errichteten Anlagen könnten gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge von elektromagnetischer Emissionen verursacht werden. Die GHMT AG wurde von T-Systems damit beauftragt, die aktuellen und die sich nach der Erweiterung ergebenden Verhältnisse zu ermitteln und einen Vergleich mit den heranzuziehenden einschlägigen Grenzwerten durchzuführen. Sollten in diesem Zusammenhang Grenzwerte überschritten werden, so sollen auch entsprechende Schutzmaßnahmen vorgeschlagen werden.

2.1 Erläuterung Grundlagen EMVU

2.1.1 Allgemeines

Die Nutzung des elektromagnetischen Spektrums wird immer weitreichender und erstreckt sich im Frequenzbereich von 0Hz bis etwa 300GHz.

Neben der Nutzung zur Nachrichtenübertragung und der Energieversorgung, werden elektromagnetische Felder auch für medizinische Zwecke verwendet.

Das gesamte Spektrum wird von Funkdiensten ab etwa 9kHz belegt, die in der Regel über weite Entfernung ihre Dienste betreiben. Diese Funkfrequenzen sind entweder exklusiv den Betreibern der Anlagen (z.B. Mobilfunk, UKW) oder der Allgemeinheit für eine gewisse Funkanwendung (z.B. WLAN, CB-Funk) zugewiesen.

Darüber hinaus erzeugen alle Geräte, die mit Strömen und Spannungen arbeiten, auch potentiell Störungen in Form von elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern oder Störströmen und –spannungen. Die Nutzung kann dabei breitbandig (z.B. LAN, PCs) aber auch in einem bestimmten Frequenzbereich (z.B. Einzelne Kanäle von CATV- Netzen, Energienetz) erfolgen. Sie nutzen also das gleiche elektromagnetische Spektrum wie die Funkdienste und können diese stören aber auch von ihnen gestört werden.

Diese Auswirkungen auf elektronische Systeme reichen von geringen, lediglich unangenehmen Beeinflussungen wie z.B. Knackstörungen beim Radioempfang oder Streifen auf Fernsehbildschirmen und Computermonitoren über einzelne Funktionsstörungen von Geräten bis hin zu Totalausfällen von sicherheitsrelevanten Systemen mit fatalen Folgen.

Der notwendige Schutz von Funkdiensten vor ungewollten Aussendungen elektrischer Anlagen und Systemen erforderte die klassische „Funkentstörung“ und stellt eine der zwei Säulen der elektromagnetischen Verträglichkeit EMV dar. Die zweite- und zeitlich erst viel später berücksichtigte- Säule der EMV ist die Sicherstellung der Störfestigkeit von Anlagen und Systemen vor elektromagnetischen Einwirkungen anderer Geräte.

Das Themenfeld der Beeinflussung des Menschen und der Tiere sowohl durch gewollte als auch durch ungewollte elektromagnetische Felder wird als elektromagnetische Umweltverträglichkeit EMVU bezeichnet. Dieses Themenfeld ist Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

2.1.2 EMV – Beeinflussungsmodell

Abbildung 2-1 zeigt beispielhaft die verschiedenen Beeinflussungsmöglichkeiten:

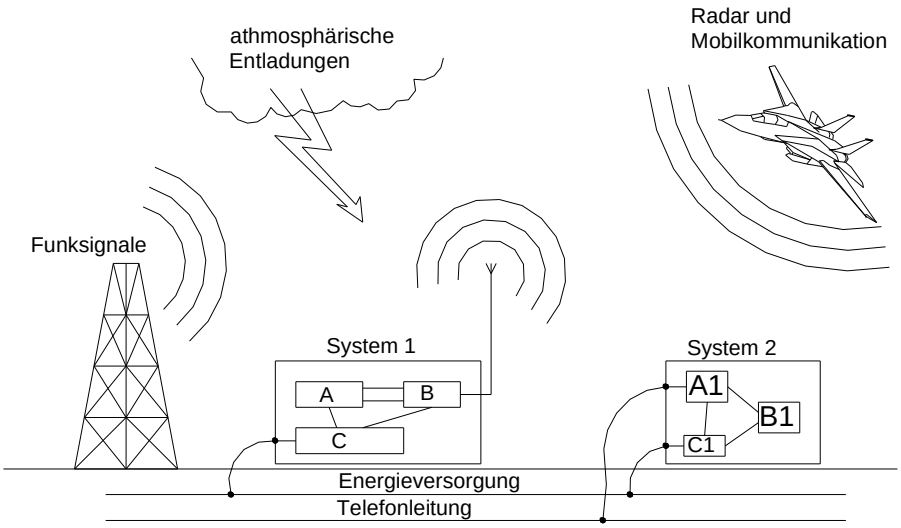

Abbildung 2-1: Elektromagnetische Beeinflussungsmöglichkeiten in der Technik

Alle Arten der Beeinflussungen lassen sich auf ein gemeinsames, einfaches Modell (siehe Abbildung 2-2) zurückführen, das aus lediglich drei Komponenten besteht: eine Quelle als Erzeuger der elektromagnetischen Aussendung, eine Senke, die durch diese Aussendung beeinflusst werden kann und ein Kopplungspfad, über den sich die Aussendung von der Quelle zur Senke ausbreiten kann.

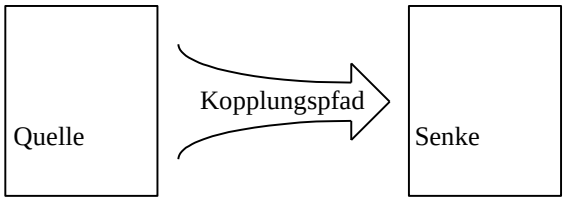

Abbildung 2-2: EMV-Beeinflussungsmodell

Im Einzelfall sind verschiedene Arten von Quelle, Senke und Kopplungspfad zu unterscheiden.

Bei der Quelle kann es sich um natürliche oder künstliche Quellen handeln, wobei die künstlichen nochmals in gewollte oder ungewollte Quellen unterteilt werden können.

Abbildung 2-3 gibt einen Überblick über das gesamte Frequenzspektrum mit Beispielen für mögliche Quellen. Der Frequenzbereich, dessen Wirkungsmechanismus der EMV/ EMVU zugeordnet wird, endet unterhalb 10^{12}Hz.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

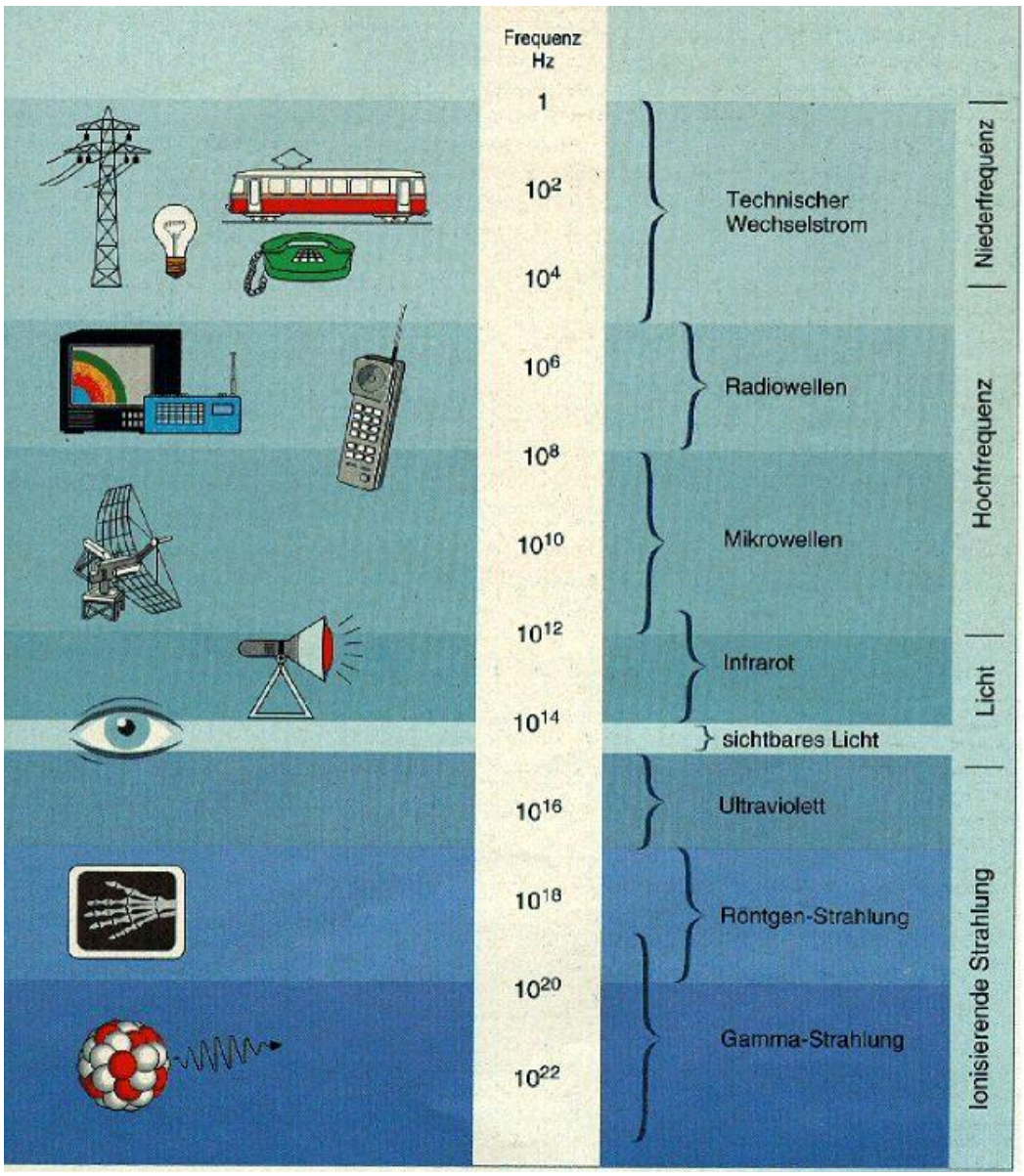

Abbildung 2-3: elektromagnetisches Frequenzspektrum

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Natürliche Quelle	**Künstliche Quelle**	
	Gewollt	**Ungewollt**
Atmosphärische Entladungen (Blitze) Elektrisches Schönwetterfeld Sonneneruptionen kosmische Hintergrundstrahlung	Rundfunk Fernsehen Mobilkommunikation Radar Kernspintomographie	niederfrequente Felder der Energieversorgung hochfrequente Emissionen aus digitalen Schaltungen Störspannungen aus Schalthandlungen

Tabelle 2-1: Elektromagnetische Quellen

In Abhängigkeit von der Art der Störgröße lässt sich beim Kopplungspfad eine Unterteilung in gestrahlte und galvanisch, kapazitiv und induktiv leitungsgeführte Kopplung vornehmen.

gestrahlt	**leitungsgeführt**		
	galvanisch	**kapazitiv**	**induktiv**
über Felder	über gemeinsam benutzte Leitungen	über das elektrische Feld paralleler Leitungen	über das magnetische Feld gekoppelter Leiterschleifen

Tabelle 2-2: elektromagnetische Kopplungspfade

Senke	**Geräte**	**Bioorganismen**	**chemische Prozesse**
	Funktionsbeeinträchtigungen bis Systemausfälle	gesundheitliche Beeinträchtigungen, Schlagwort „Elektrosmog“	Beeinflussung chemischer Reaktionen, z.B. Zünden explosiver Gemische

Tabelle 2-3: elektromagnetische Senken

Quellen und Kopplungspfade bei der EMVU entsprechen denen der EMV. Die Störsenken sind im Gegensatz zur EMV jedoch nicht elektrische oder elektronische Geräte sondern das biologische System Mensch. Entsprechend dem EMV-Beeinflussungsmodell nach Abbildung 2-2 leiten sich für den EMV-Ingenieur bei auftretenden oder zu erwartenden elektromagnetischen Unverträglichkeiten drei Eingriffsmöglichkeiten ab (siehe Tabelle 2-4).

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Quelle:	Reduktion der Störemissionen
	Sendefunkanlagen können Emissionen und Störwirkungen beispielsweise durch Pegelanpassung, Antennenwahl- und –ausrichtung, Signalform und Modulationsverfahren steuern. Bei Transformatoren oder Schaltanlagen kann eine Reduktion beispielsweise des Magnetfeldes durch Änderung der geometrischen Anordnung von Leitern zueinander erreicht werden.
Kopplungspfad:	Reduktion der Störkopplung
	Lässt sich der Störpegel, wie z.B. bei gewollt abgestrahlten elektromagnetischen Feldern zur Informationsübertragung, nicht reduzieren, so kann versucht werden, den Kopplungspfad zwischen Quelle und Senke zu unterbrechen oder zu bedämpfen. Bei gestrahlten Störgrößen wie beim Mobilfunk kann dies beispielsweise durch Schirmmaßnahmen und Abstandsvergrößerung erfolgen, bei leitungsgeführter Kopplung durch geeignete Filterung. Auch bei Transformatoren oder Schaltanlagen kann eine weitere Reduktion beispielsweise des Magnetfeldes durch die Anbringung einer geeigneten Abschirmung erfolgen.
Senke:	Erhöhung der Störfestigkeit
	Handelt es sich bei der Störsenke um ein elektrisches oder elektronisches Gerät, so kann wie im Falle der Reduktion der Störemissionen bei der Störquelle versucht werden, durch einen EMV-gerechten Schaltungsentwurf, ein geeignetes Layout und besondere Sorgfalt bei der Bauteilauswahl die Störfestigkeit der Senke zu erhöhen. Bei Mikrocontrollergesteuerten Geräten kann zusätzlich durch den Einsatz fehlertoleranter Software das Störfestigkeitsverhalten des Gerätes positiv beeinflusst werden. Zur Sicherstellung der EMVU kann Einschränkung der Nutzung oder der Expositionsdauer notwendig sein

Tabelle 2-4: Eingriffsmöglichkeiten zur Verbesserung der EMV/ EMVU

Für den Anlagenerrichter bleibt als Eingriffsmöglichkeit zur Herstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit in der Regel nur der Kopplungspfad, da weitreichende Eingriffe in die Hardware der einzelnen verwendeten Geräte nicht möglich sind.

2.2 Gesetzeslage EMVU

In Deutschland hat die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates mit der **26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes** erstmals eigene Regelungen zum Schutz vor nichtionisierenden Strahlen getroffen und damit sowohl dem Gesundheitsschutz als auch der Rechtssicherheit Rechnung getragen. Die **Empfehlung des Rates vom 12.Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz —300 GHz, 1999/519/EG)** regelt die Personenschutzgrenzwerte europaweit. Deren Empfehlungen entsprechen den Grenzwerten der 26. BImSchV und gehen bezüglich des Frequenzbereiches darüber hinaus.

Weiterhin befassen sich verschiedene Normen der Reihe **DIN VDE 0848** und auch Bestimmungen der **Berufsgenossenschaften** mit Grenzwerten für die Exposition von Menschen durch niederfrequente Felder. Diese liegen höher als die Grenzwerte der 26. BImSchV und der EMVU-EU-Richtlinie. Grenzwertempfehlungen sog. **„kritischer Institute“** liegen niedriger als die Festlegungen der 26. BImSchV, besitzen jedoch keine rechtliche Relevanz.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

2.2.1 Vorgehen auf europäischer Ebene

Die Verfahren, nach denen Grenzwerte zum Schutz des Menschen vor schädlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder festgelegt werden, sind in den einzelnen Ländern der Welt sehr unterschiedlich. Speziell in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) lösen allerdings europäische Vorschriften immer mehr nationale Regelungen ab. Innerhalb der Organisation der EU ist die Europäische Kommission für die Festlegung von Grenzwerten zuständig.

Die Empfehlung des Rates vom 12.Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz —300 GHz, 1999/519/EG) regelt die Personenschutzgrenzwerte der Allgemeinbevölkerung und basiert auf den Bestimmungen der IRPA/ICNIRP.

2.2.2 26. BImSchV

Die 26. Verordnung zur Durchführung des **B**undes**Im**missions**Sch**utz**G**esetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder, kurz: 26. BImSchV) vom 1. Januar 1997 dient - gemäß dem Regelungsbereich des Gesetzes - dem Schutz der Allgemeinbevölkerung. Arbeitsplatzspezifische Aussagen sind nicht darin enthalten. Sinn und Zweck der Verordnung ist neben dem Schutz- und Vorsorgegedanken auch eine Rechtssicherheit für Anlagenbetreiber.

Die 26. BImSchV gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hoch- und Niederfrequenzanlagen, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmen Verwendung finden und keine Genehmigung nach § 4 des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) benötigen.

Bei genehmigungspflichtigen Anlagen ist der Prozess der Zulassung zwar prinzipiell ein anderer, die Bestimmungen der 26. BImSchV müssen aber dennoch eingehalten werden.

Hochfrequenzanlagen im Sinne der Verordnung sind ortsfeste Sendefunkanlagen mit einer Sendeleistung von 10 Watt EIRP oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 GHz erzeugen.

Unter Niederfrequenzanlagen versteht die Verordnung ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität. Dazu gehören:

- Freileitungen und Erdkabel mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Spannung von 1000 Volt oder mehr.
- Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen einschließlich der Umspann- und Schaltanlagen mit einer Frequenz von 16 2/3 Hz oder 50 Hz.
- Elektroumspannanlagen einschließlich der Schaltfelder mit einer Frequenz von 50 Hz oder mehr.

Sämtliche Anlagen sind so zu errichten und betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere ortsfeste Anlagen bestimmte Grenzwerte nicht überschritten werden.

Der Ausdruck „zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt“ impliziert in diesem Zusammenhang, dass man praktisch von einer 24-stündigen Dauerexposition ausgeht. Weitergehende Auslegungen interpretieren außerdem, dass den exponierten Menschen bei ihrem momentanen Tun nicht bewusst ist, dass sie EM-Feldern ausgesetzt sind.

In diesen beiden Punkten liegt die wesentliche Abgrenzung zu arbeitsplatzspezifischen Bestimmungen (siehe z.B. BGV B11). Im Allgemeinen wird dort vorausgesetzt, dass den Exponierten sehr wohl bekannt ist, dass sie sich in EM-Feldern bewegen und damit auch entsprechende Schutzbestimmungen einhalten sollen. Überdies wird eine solche Exposition am Arbeitsplatz auch keine 24 Stunden am Tag andauern.

Als in vielen Fällen problematisch erweist sich die Frage nach dem Einwirkungsbereich und wie er festzulegen ist. Bei NF-Anlagen gibt es dazu recht eindeutige Bestimmungen. Im hochfrequenten Bereich tut man sich eher damit schwer, denn oft ist aufgrund einer ausgeprägten Richtwirkung von Sendefunkanlagen und deren Vielfalt keine pauschale Aussage möglich.

Ein weiterer wesentlicher Punkt der Verordnung ist die Anzeigepflicht für den Betreiber einer Hochfrequenzanlage. Mindestens 2 Wochen vor der Inbetriebnahme oder der Durchführung einer wesentlichen Änderung hat die Anzeige bei der zuständigen Behörde (in der Regel die Gewerbeaufsichtsämter) zu erfolgen. Speziell für den hochfrequenten Bereich ist der Anzeige eine nach telekommunikationsrechtlichen Vorschriften zu erstellende Standortbescheinigung der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekom-

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im eurolab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

munikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) beizufügen. Durchgesetzt und in Form der Durchführungshinweise des LAI manifestiert hat sich die Angabe von Sicherheitsabständen, welche zu der jeweiligen Sendefunkanlage einzuhalten sind.

Das Austauschen von gleichwertigen Ersatzteilen stellt sowohl im hoch- wie auch im niederfrequenten Bereich keine wesentliche Änderung im Sinne des Gesetzes dar und muss daher auch nicht erneut angezeigt werden.

2.2.3 Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV)

Diese Verordnung regelt das Nachweisverfahren zur Gewährleistung des Schutzes von Personen in den durch den Betrieb von ortsfesten Funkanlagen entstehenden elektromagnetischen Feldern.

Eine ortsfeste Funkanlage ist eine Funkanlage im Sinne des §2 Nr. 3 des Gesetzes über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG), einschließlich Radaranlagen, die während ihres bestimmungsgemäßen Betriebes keine Ortsveränderung erfährt.

Diese Verordnung verweist auf die Grenzwerte nach der 26. BImSchV, sowie auf die Empfehlung 1999/519/EG des Rates vom 12. Juli 1999 und DIN VDE 0848-3-1/A1 (Februar 2001).

2.2.4 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Hier nicht anwendbar

2.2.5 Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV)

Hier nicht anwendbar

2.2.6 Berufgenossenschaftliche Richtlinie BGV B11

Hier nicht anwendbar

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im eurolab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

3 Normung, Stand der Wissenschaft

3.1 Normenreihe DIN VDE 0848

Die Normenreihe DIN VDE 0848 beschäftigt sich mit der Sicherheit in elektromagnetischen Feldern. Sie beschreibt damit Aspekte, die im Umgang mit EM-Feldern zu beachten sind und die nicht im Rahmen der Normenvielfalt zum EMVG behandelt werden. Die DIN VDE 0848 war in Deutschland lange Zeit die einzige umfassende Quelle, welche sich mit Messverfahren und Grenzwertfestlegungen im Bereich der Feldexposition befasst hat. Teile der Normenreihe haben in die Merkregeln und die UVV der Berufsgenossenschaften Eingang gefunden (BGVB11). In den Amtsblattverfügungen 95/1992 und 77/1994 wurden die Grenzwerte der DIN-Norm als verbindlich erklärt. Auch das Verteidigungsministerium übernahm die DIN VDE 0848 in seinem Zuständigkeitsbereich.

Über den technischen Bereich hinausgehend erlangten die Grenzwerte aufgrund fehlender rechtlicher Regelungen sogar eine juristische Bedeutung.

Die Normenreihe hat als Fundstelle von Grenzwerten zweifellos an Bedeutung verloren. Zugelegt hat sie jedoch dort, wo es um Definitionen, Messverfahren und Messkonzeptionen im Bereich der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit geht. Hier stellt sie in ihrer originären Eigenschaft als technische Regel einen weitreichenden Standard dar, an dem sich all diejenigen orientieren, welche sich mit Untersuchungen auf dem EMVU-Sektor beschäftigen.

In der aktuellen Fassung von 2010 beschränkt sich die VDE 0848 auf die Definition der Messverfahren und legt keine Grenzwerte mehr fest.

Auf eine tabellarische Aufbereitung der wesentlichen Grenzwertfestlegungen nach altem Stand wird verzichtet. Von Interesse sind lediglich noch die so genannten Herzschrittmachergrenzwerte als Spitzenwerte der elektrischen und magnetischen Ersatzfeldstärke, welche insbesondere für den Frequenzbereich von 50 kHz bis 50 MHz der DIN VDE 0848 Teil 2 entnommen werden können. Werte für andere Implantate sind immer noch in der Beratung. Die in der Norm angegebenen Werte werden der Störfestigkeitsgrenze des unipolaren Herzschrittmachers gerecht. Er gilt gemeinhin als empfindlichstes Implantat, obschon über die Beeinflussbarkeit anderer elektronischer Körperhilfsmittel (z.B. Hörgeräte) nur wenig bekannt ist.

Im niederfrequenten Bereich sollten – bei der Beurteilung von Arbeitsplätzen für Träger von Herzschrittmachern - die Empfehlungen der deutschen Strahlenschutzkommission zur Anwendung kommen. Bei 50 Hz werden als Obergrenze 2,5 kV/m für die elektrische Feldstärke und 20 µT für die magnetische Flussdichte angegeben. Setzt man diese beiden Zahlen in Bezug zu den Angaben der 26. BImSchV, so sollte man stets bedenken, dass es sich hierbei primär um eine Beeinflussung auf der Geräteseite handelt, der Mensch also nur *indirekt* den EM-Feldern ausgesetzt ist. Somit hinkt ein Vergleich mit den (höheren) Werten der Verordnung, welche eine den Menschen *direkt* betreffende Feldwirkung als Grundlage haben. Auch darf nicht vergessen werden, dass eine nur kurzzeitige Überschreitung des Personenschutzgrenzwertes von 100 µT höchstwahrscheinlich keine direkten negativen Folgen auf den Menschen haben wird. Hingegen kann bei einem Herzschrittmacher eine Übertretung der Störfestigkeitsgrenze direkt weitreichende Funktionsstörungen zur Folge haben.

3.2 Biomedizinische Aspekte

Im Zusammenhang mit den in der EMVU in Betracht zu ziehenden biomedizinischen Aspekten muss zunächst die Frage geklärt werden, wie EM-Felder auf den Bioorganismus wirken.

Der Ausgangspunkt aller Betrachtungen sind die so genannten Basisgrenzwerte. Sie beschreiben physikalische Größen, welche direkt auf den Menschen einwirken. Im niederfrequenten Bereich (bis ca. 30 kHz) sind dies im Wesentlichen die von äußeren Feldern im Körperinneren induzierten Stromdichten und damit einhergehende Oberflächenwirkungen (z.B. Bewegungen von Körperhaaren) oder Reizwirkungen auf Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen. Bei der Hochfrequenz (30 kHz – 300 GHz) ist die Erwärmung von Gewebe durch Energieabsorption (thermische Wirkung) vorherrschend. Diese ist am effektivsten im so genannten Resonanzbereich von 30 MHz – 300 MHz. Oberhalb davon (300 MHz – 300 GHz) ist die Wellenlänge klein im Vergleich zu den beim Menschen auftretenden geometrischen Abmessungen. Hinzu kommt, dass die Eindringtiefe der elektromagnetischen Felder immer geringer wird. Sie beträgt bei 433 MHz in Muskelgewebe nur noch 2 cm und bei 2,4 GHz nur noch 6 mm. Oberhalb von 10 GHz ist die Wirkung der elektromagnetischen Felder auf die Körperoberfläche begrenzt. Das Phänomen des „Hörens“ von pulsförmig amplitudenmodulierter HF-Strahlung (1-100 µs-Pulse), wie sie etwa bei der Radarstrahlung im Frequenzbereich von 200MHz – 3GHz auftreten kann, lässt sich ebenfalls durch thermisch ausgelöste Effekte erklären.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

In einem Übergangsbereich von etwa 10 bis 100 kHz kommen - abhängig von der Frequenz – sowohl NF- wie auch HF-Effekte zum Tragen.

Der Grundsatz der Grenzwertfestlegung und Normung ist eine Verständigung auf maximale Werte an Stromdichten und Erwärmung, welche einem Menschen - ohne dass er Schaden davon trägt - zuzumuten ist. Die Festlegungen darüber basieren auf international anerkannten und wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnissen.

In der alltäglichen Praxis ist die Einhaltung von Basisgrenzwerten messtechnisch nur äußerst schwierig nachzuweisen. Aus diesem Grund führte man Grenzwerte für die außerhalb des Körpers herrschenden Feldgrößen ein. Dabei rechnete man gewissermaßen von den maximalen Werten im Körperinneren auf derartige Größen verursachende äußere Felder zurück und gab noch einen Sicherheitszuschlag dazu. Die so gefundenen Limits werden als abgeleitete Grenzwerte bezeichnet. Deren Messung findet im Rahmen von arbeitsplatzspezifischen Untersuchungen statt.

Bei einer Überschreitung der abgeleiteten Grenzwerte besteht insbesondere im Arbeitsschutz die Möglichkeit, die Einhaltung der geltenden Bestimmungen nachzuweisen, indem plausibel gemacht werden kann, dass die Basisgrenzwerte (z.B. Stromdichten) nicht verletzt werden. Diesen Nachweis zu führen setzt jedoch einen umfangreichen Pool spezieller Messgeräte voraus. Die Erfahrung zeigt, dass es nahezu immer effizienter ist, durch entsprechende Modifikationen auf herkömmlichem Wege (Messung der abgeleiteten Größen) die Einhaltung der Anforderungen zu belegen.

Neben den so genannten gesicherten Erkenntnissen der Reiz- und thermischen Wirkungen werden in der Literatur auch nichtthermische (auch: athermische) Wirkungen beschrieben. Als Gegenstand aktueller Forschungstätigkeiten werden sie auf ihre biologische Relevanz hin untersucht. Die bislang gefundenen Zusammenhänge gelten im Hinblick auf die Auswirkung auf den Menschen als noch ungesichert. Die Ursache liegt im Wesentlichen darin, dass die Forschungsergebnisse von anderen Instituten nicht nachvollzogen werden konnten und somit nicht reproduzierbar waren.

Bei allen bislang nicht eindeutig nachgewiesenen Effekten geht es um Vorgänge im Körperinneren, die eben nicht auf der direkten Wirkung von Stromdichten (Effektivwerte) oder Erwärmung beruhen. Konkret enthalten viele solcher Publikationen Hinweise etwa auf eine mögliche Tumorpromotion, signifikante Änderungen von EEG- und EKG-Signalen oder die Entstehung der Alzheimerschen Krankheit. Der Tenor solcher Veröffentlichungen ist in der Regel die Forderung nach einer Absenkung der bestehenden abgeleiteten Grenzwerte.

Im Bereich der biomedizinischen Aspekte angesiedelt sind auch die so genannten indirekten Feldeinwirkungen. Prinzipiell unterscheidet man dabei zwischen mittelbaren Feldeinwirkungen und dem Einfluss auf elektrische Implantate (Abschn. 3.1).

Zu den mittelbaren Effekten zählen beispielsweise Körperströme, Berührungsspannungen oder Schocks, welche sich durch das Berühren von elektrisch leitfähigen Teilen und Gebilden (Freileitungen, Antennen) ergeben können. Neben den in Abschn. 3.1 getroffenen Aussagen über die Einhaltung der Störfestigkeit von Schrittmachern gelten insbesondere auch für den Bereich des Mobilfunks Abstandsempfehlungen der Strahlenschutzkommission. Bei Handys gilt eine Beeinflussung als sicher ausgeschlossen, wenn ein Abstand von 30 cm vom Handy zum Schrittmacher gewahrt wird (gemäß Empfehlung BFS/ SSK).

Nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft sind keine Absenkungen der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte notwendig, weshalb für dieses Gutachten die Grenzwerte der 26.BImSchV bzw. der EMVU-Richtlinie der EU herangezogen werden.

Im Bereich der biologischen Verträglichkeit wurden von medizinischer Seite für die nachfolgend aufgeführten Parameter so genannte Basisgrenzwerte definiert:

- die elektrische Stromdichte J im Körper in A/m^2,
- die spezifische Absorption SA in J/kg,
- die spezifische Absorptionsrate SAR in W/kg,
- und die Leistungsdichte S in W/m^2

Zur messtechnischen Beurteilung der Einhaltung dieser Grenzwerte werden abgeleitete Grenzwerte der magnetischen und elektrischen Feldstärke definiert. Da der Energieeintrag in den Körper maßgeblich für die biologische Wirkung verantwortlich ist, muss bei gepulsten Feldern ein entsprechend gemittelter Wert (der sog. Effektivwert) bestimmt werden.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

3.3 Grenzwerte abgeleitet aus Gesetzes- und Normungslage

Phänomen	**Immission**
Gestrahltes elektromagnetisches Feld 0Hz bis 300GHz	26.BImSchV und 1999/519/EG

Tabelle 3-1: biologische Grenzwerte

Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	**Elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)**	**magnetische Feldstärke in Ampere pro Meter (A/m)**
0-1 Hz	-	4×10^4
1-8 Hz	10.000	$4 \times 10^4 / f^2$
8-25 Hz	10.000	5000/f
0,025-0,8 kHz	250/f	5/f
0,8-3 kHz	250/f	6,25
3-150 kHz	87	6,25
0,15-1 MHz	87	0,92/f
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,92/f

Tabelle 3-2: Grenzwerte der EG-Empfehlung 1999/519/EG

Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	**Effektivwert der Feldstärke, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle**	
	elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)	**magnetische Feldstärke in Ampere pro Meter (A/m)**
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2000	$1{,}375 \cdot \sqrt{f}$	$0{,}0037 \cdot \sqrt{f}$
2000 – 300.000	61	0,16

Tabelle 3-3: Grenzwerte für Dauersignale der 26. BImSchV, Hochfrequenzanlagen

Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	**Spitzenwert der Feldstärke**	
	elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)	**magnetische Feldstärke in Ampere pro Meter (A/m)**
10 – 400	880	2,34
400 – 2000	$44 \cdot \sqrt{f}$	$0{,}1184 \cdot \sqrt{f}$
2000 – 300.000	1952	5,12

Tabelle 3-4: Grenzwerte für die Spitzenfeldstärke gepulster Signale, 26. BImSchV, Hochfrequenzanlagen

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Frequenz in Hertz (Hz)	Effektivwert der Feldstärke und der magnetischen Flussdichte	
	elektrische Feldstärke, in Kilovolt pro Meter (kV/m)	magnetische Flussdichte, in Mikrotesla (µT)
50 Hz-Felder	5	100
16 2/3 Hz-Felder	10	300

Tabelle 3-5: Grenzwerte der 26. BImSchV, Niederfrequenzanlagen

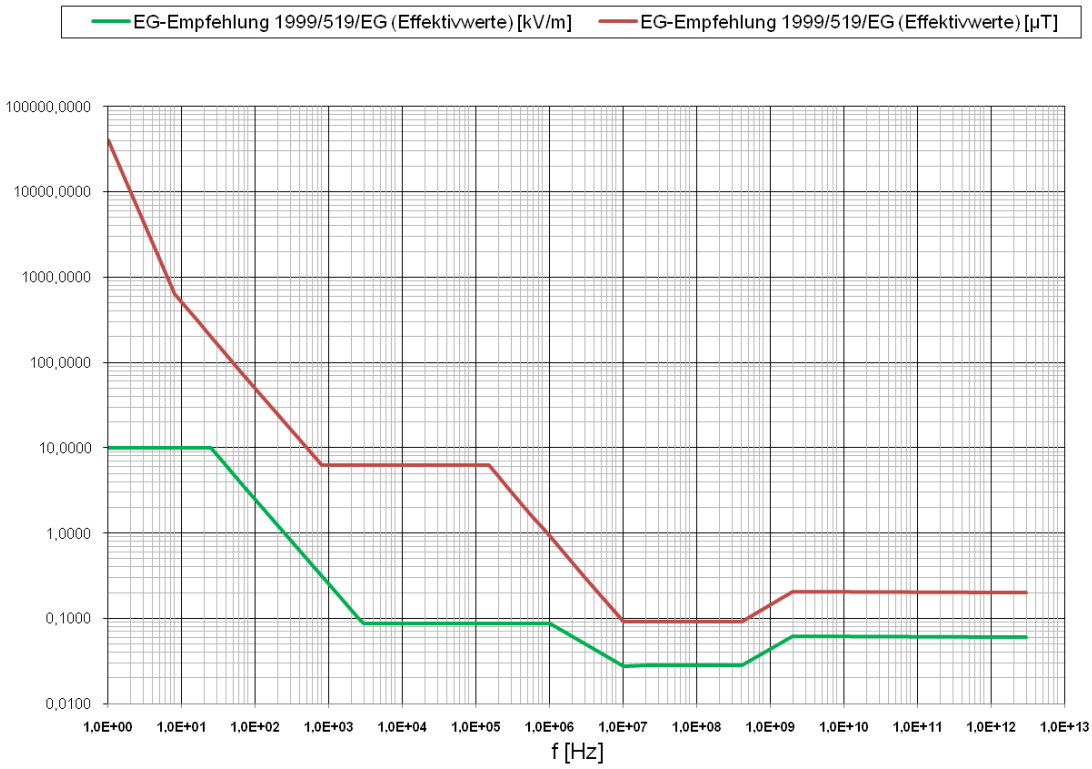

Abbildung 3-1: EMVU-Grenzwerte aus der Empfehlung der Europäischen Union 1999/519/EG

Die grafische Darstellung in Abbildung 3-1 ergibt sich aus den Werten der Tabelle 3-2 bis Tabelle 3-5.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

3.4 Grenzwerte anderer Länder

Einige länderspezifischen Grenzwerte sind in Tabelle 3-6 aufgeführt. Eine ausführliche Darstellung weltweiter nationaler Grenzwerte findet sich auf der Internet-Seite der WHO.

Land	Grenzwert, µT	Grenzwert, V/m		
	50 Hz	GSM900	GSM1800	UMTS/WLAN
Deutschland	100	42	58	61
Großbritannien	1600	42	58	61
Frankreich	100	42	58	61
Schweiz *)	1	6	6	6
Italien	100	6	6	6
Russland	100	6,1	6,1	6,1
China	keine Festlegung	6,1	6,1	6,1
USA**)	keine Festlegung	42	58	61
Salzburger Grenzwert***)	keine Festlegung	0,6	0,6	0,6

Tabelle 3-6: Länderspezifische Grenzwerte

Es ist zu berücksichtigen, dass in einigen Ländern (z.B. Österreich) auch lokale Regelungen der maximal zulässigen Belastung durch EM-Felder eingeführt werden können.

*): In der Schweiz gelten die Grenzwerte wie sie in der Empfehlung der Europäischen Union 1999/519/EG dargelegt sind. Zusätzlich sind für Orte mit „empfindlicher Nutzung“ schärfere Anlagegrenzwerte definiert. Diese sind in der oben stehenden Tabelle angegeben.

**) In den USA sind keine einheitlichen gesetzlichen Grenzwerte definiert (http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/). Hauptsächlich beziehen sich die Grenzwerte auf den IEEE/ANSI Standard C.95-2005, der seit 2005 mit europäischen Empfehlungen harmonisiert ist.

***) Der „Salzburger Grenzwert“ ist ein s.g. Grenzwert der von Baubiologen vorgeschlagen wird und bisher weder gesetzlich noch wissenschaftlich anerkannt ist.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im eurolab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

4 Erläuterung der Vorgehensweise

Im Rahmen der Untersuchungen der elektromagnetischen Verträglichkeit im Rahmen der geplanten Baumaßnahmen der T-Systems am Standort Magdeburg wurden zunächst die relevanten Planunterlagen gesichtet und ausgewertet. Unter anderem wurde über die Bundesnetzagentur die Lage der umliegenden meldepflichtigen Sendeanlagen recherchiert.

Die bereits im Sommer durchgeführten messtechnischen Untersuchung, die mit dem Ziel durchgeführt wurden mögliche Beeinflussung von außen auf die Systeme der T-Systems festzustellen, wurden nun auch im Hinblick auf mögliche bestehende biologisch relevante Belastungen durch elektromagnetische Felder untersucht.

Zusätzlich wurden Messungen der von den Bestandsanlagen ausgehenden magnetischen Felder durchgeführt und auf maximale Anlagenlast hochgerechnet. Für die geplanten Anlagen wurde eine Rechnersimulation durchgeführt. Die Mess- und Berechnungsergebnisse wurden mit den geltenden Grenzwerten verglichen.

Zur Verdeutlichung der Verhältnisse wurde ein Vergleich mit alltäglichen elektromagnetischen Belastungen in Haushalten mit den Belastungen durch die Anlagen der T-Systems angestellt.

Die Ergebnisse werden dann mit den geltenden Grenzwerten nach 26. BImschV verglichen. Zusätzlich wird ein Vergleich mit den Anlagegrenzwerten nach der Verordnung für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung der Schweiz (NISV) angestellt.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

5 Messtechnische Untersuchungen

Im Zusammenhang mit den Planungen der neuen Gebäude wurden messtechnische Untersuchungen der elektromagnetischen Umgebung vorgenommen. Zusätzlich wurden im Rahmen dieses Gutachtens weitere Untersuchungen der magnetischen Felder wie sie von den energietechnischen Anlagen des Standortes verursacht werden durchgeführt.

5.1 Untersuchungen im Rahmen der Neuplanungen

Im Rahmen der Neuplanung zweier Data-Center und der notwendigen Infrastruktur wurden bereits Messungen auf dem Gelände der T-Systems durchgeführt. Diese Messungen beschränkten sich nicht nur auf den Bereich energietechnischer Frequenzen sondern wurden auch in höherfrequenten Bereichen bis zu 6GHz durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigten, dass sämtliche Messwerte im niederfrequenten Bereich sowie auch im hochfrequenten Bereich unterhalb der Grenzwerte der 26. BImschV liegen.

Magnetische Flussdichte

Es wurden keine Überschreitungen der Grenzwerte nach 26. BImschV festgestellt.

Hochfrequente Felder

Im Umfeld der Liegenschaft befinden sich einige ortsfeste Sendefunkstellen (Mobilfunk sowie DVB-T Sender) sowie Rückkühler des Bestands. Die Messung ergibt, dass die Funkstörfeldstärken an allen Messpunkten deutlich unterhalb des angesetzten Kennwerts von minimal 27,5 V/m liegen

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

5.2 Zusätzliche Untersuchungen zur EMVU am 07.12.2010

Die Messungen wurden durchgeführt um festzustellen, welche elektromagnetischen Aussendungen von den bestehenden Anlagen der T-Systems in der Lübecker Straße 2 ausgehen.

Da sich auf dem Gelände keine Funksendeanlagen wie beispielsweise Mobilfunk, Richtfunk, Bündelfunk oder BOS-Funkanlagen befinden, konnten sich die Messungen auf Frequenzen beschränken, wie sie von energietechnischen Anlagen erzeugt werden. Das heißt es wurden die magnetischen Felder bestimmt, die von den Transformatoren und den zugehörigen Niederspannungs- und Mittelspannungsverteilungen sowie den USV-Anlagen erzeugt werden.

Die Messungen wurden so durchgeführt, dass die nahegelegene Bahnstrecke die Messungen nicht beeinflussen konnte.

Die Messpunkte lagen in der direkten Umgebung der felderzeugenden Anlagen, zusätzlich wurde entlang des Begrenzungszaunes zum Wohngebiet Messungen durchgeführt. Die Lage der Messpunkte ist in Kapitel 5.2.2 dargestellt.

5.2.1 Messverfahren

Das Messverfahren basiert auf DIN VDE 0848 und Empfehlungen aus [8].

Die Aufnahme der Werte der magnetischen Flussdichte erfolgte mit Hilfe von EM-Feldanalysatoren Typ EFA-3 mit externen Feldsonden nach DIN VDE 0848. Hierbei wurden Spitzenwerte (PEAK) der magnetischen Flussdichte mit einer dreidimensionalen Messsonde im Frequenzbereich 5 Hz bis 30 kHz ermittelt. Die Frequenz von 16,7Hz des von der Bahn erzeugten magnetischen Feldes wurde durch einen Filter von den Messungen ausgenommen. Der Vergleich zwischen den messtechnisch ermittelten Spitzenwerten und der Vergleich mit den als Effektivwerten vorgegebenen Grenzwerten bewertet die Verhältnisse ungünstiger als sie tatsächlich gegeben sind. Die dabei ermittelten Werte des magnetischen Feldes sind zeit- und auslastungsabhängig und müssen auf die maximal mögliche Auslastung der Anlage hochgerechnet werden.

Aus diesem Grund wurde die zum Zeitpunkt der Messungen aktuelle Auslastung der Transformatoren ermittelt und mit Hilfe einer Dauermessung (DM) die zeitlichen Schwankungen der Messung ausgeglichen.

Bei den Transformatoren handelt es sich um Anlagen mit einer Nennleistung von 1000kV. Die Nennleistung wird zum Zweck der Auswertung als maximale betriebliche Anlagenauslastung aufgefasst, obwohl dieser Fall in der Praxis nicht auftritt.

Die Auslastung der Transformatoren bezogen auf die Nennleistung lag zum Zeitpunkt der Messungen zwischen 20% und 25%, so dass die Messwerte mit dem Faktor 5 auf die maximale betriebliche Auslastung der Transformatoren hochgerechnet werden.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

5.2.2 Messpunkte

Die Messpunkte wurden so ausgewählt, dass eine Aussage über die im Außenbereich zu erwartenden magnetischen Felder gemacht werden kann.

Folgende Messungen wurden durchgeführt:

- Energiezentrale 1 (vgl. Abbildung 5-2):
  - Dauermessung (DM3) an einem Ort in der Mitte der 6 Transformatoren zur Beobachtung und zum Ausgleich möglicher Lastschwankungen.
  - ein Tiefenprofil durch punktuelle Messungen in östlicher (Messpunkte 47 bis 54) und nördlicher Richtung (Messpunkte 55 bis 65)

- Energiezentrale 2 (vgl. Abbildung 5-1):
  - Dauermessung (DM2) auf der Ost-Seite in der Mitte der 4 Transformatoren zur Beobachtung und zum Ausgleich möglicher Lastschwankungen.
  - je ein Tiefenprofil durch punktuelle Messungen in östlicher (Messpunkte 11 bis 22) und nördlicher Richtung (Messpunkte 1 bis 10)

- Energiezentrale 3 (vgl. Abbildung 5-1):
  - Dauermessung (DM1) auf der West-Seite in der Mitte der 2 Transformatoren zur Beobachtung und zum Ausgleich möglicher Lastschwankungen.
  - ein Tiefenprofil durch punktuelle Messungen in westlicher (Messpunkte 23 bis 35) und nördlicher Richtung (Messpunkte 36 bis 46)

- USV-Anlagen im Außenbereich (vgl. Abbildung 5-4):
  - eine Dauermessung (DM4) in der Mitte der 4 Anlagen zur Beobachtung und zum Ausgleich möglicher Lastschwankungen.
  - punktuelle Messungen um die 4 Anlagen herum (Messpunkte 100 bis 115)

- Zaun (vgl. Abbildung 5-3):
  - punktuelle Messungen am Zaun zur Wohnbebauung entlang im Abstand von jeweils 2,5m (Abstand Zaunpfähle), Abstand zum Zaun ca. 2m. (Messpunkte 68 bis 99)
  - Aufgrund der großen Entfernung zu den Anlagen keine Dauermessung notwendig, die ohnehin nur geringen Lastschwankungen wirken sich hier nicht mehr aus
  - Im linken Bereich des Zaunes befinden sich mehrere 10kV Mittelspannungskabel im Erdboden, die Einfluss auf die Messungen haben. Insbesondere im Bereich der Messpunkte 68 bis 75 ist Einfluss sehr deutlich in den Messergebnissen zu erkennen. Es muss davon ausgegangen werden, dass das magnetische Feld in diesem Bereich von diesen Kabeln bestimmt wird.Die Werte werden aus diesem Grund nicht auf die maximale Last der Anlage der T-Systems hochgerechnet.

Hinweis:

- Die Messpunkte 66 und 67 werden wegen Fehlmessung nicht ausgewertet. Ihre Position deckt sich mit den Messpunkten 68 und 69.
- Die Messpunkte der Dauermessungen sind jeweils mit einem eingekreisten blauen Kreuz gekennzeichnet.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

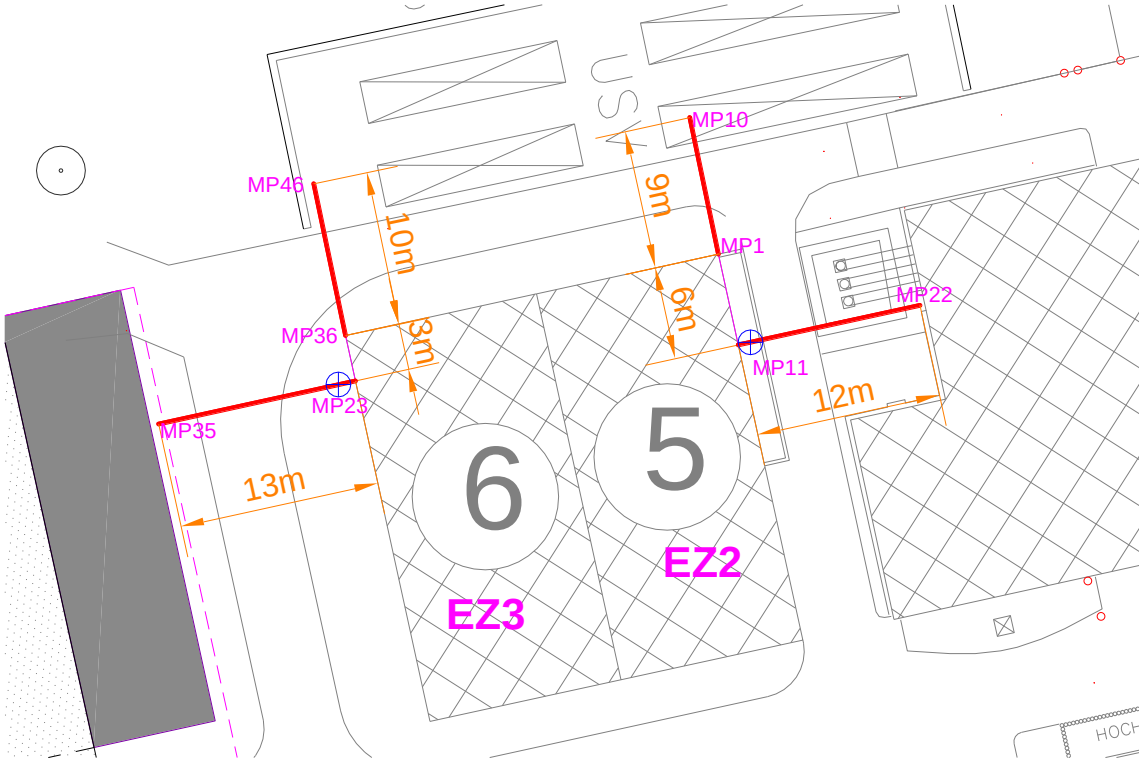

Abbildung 5-1: Lage der Messpunkte MP1-MP46

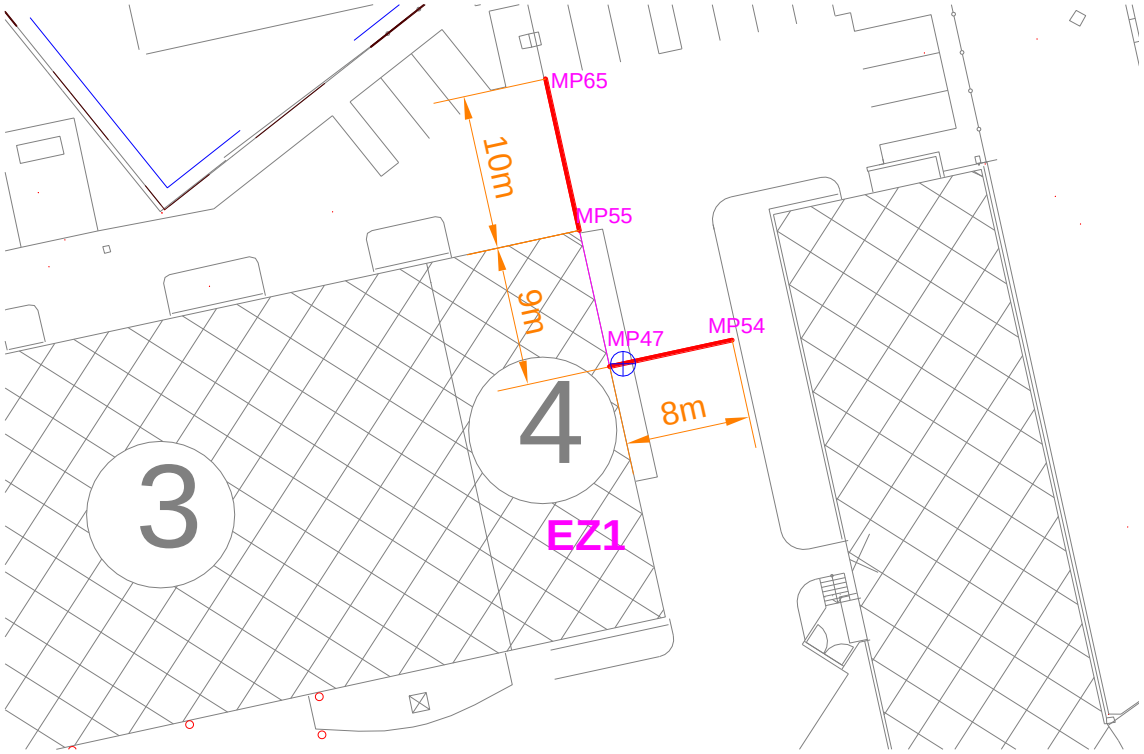

Abbildung 5-2: Lage der Messpunkte MP47-MP65

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

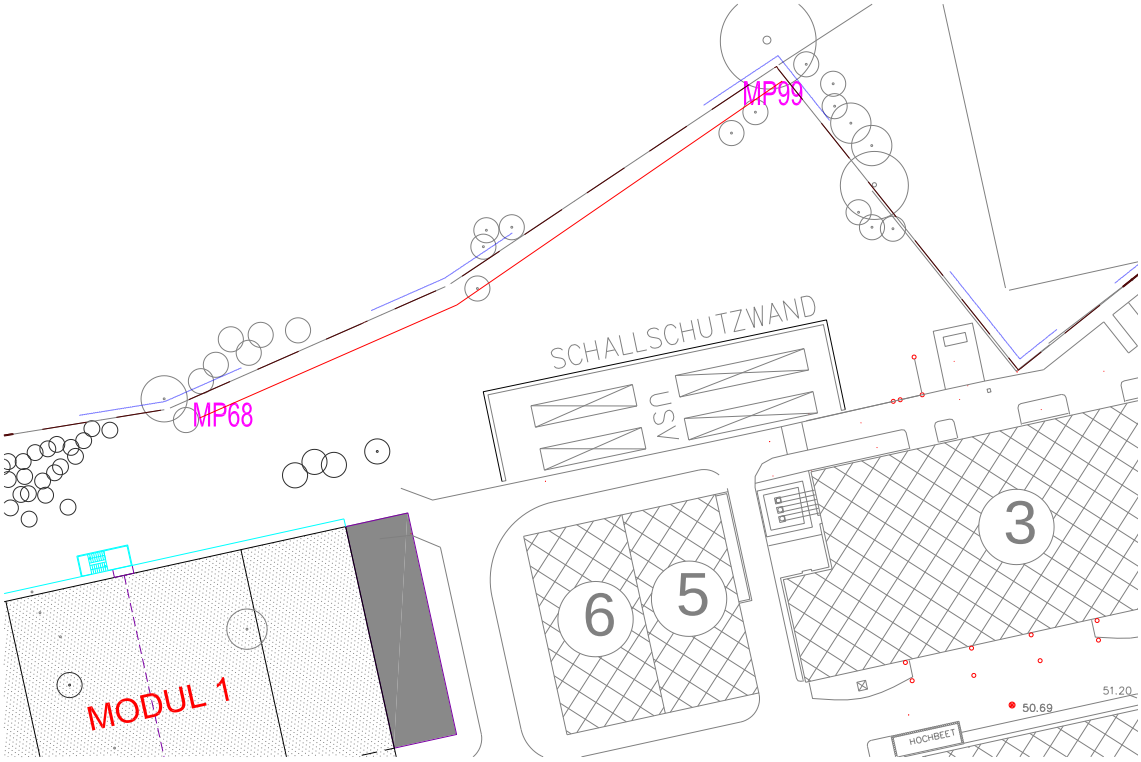

Abbildung 5-3: Lage der Messpunkte MP68-MP99

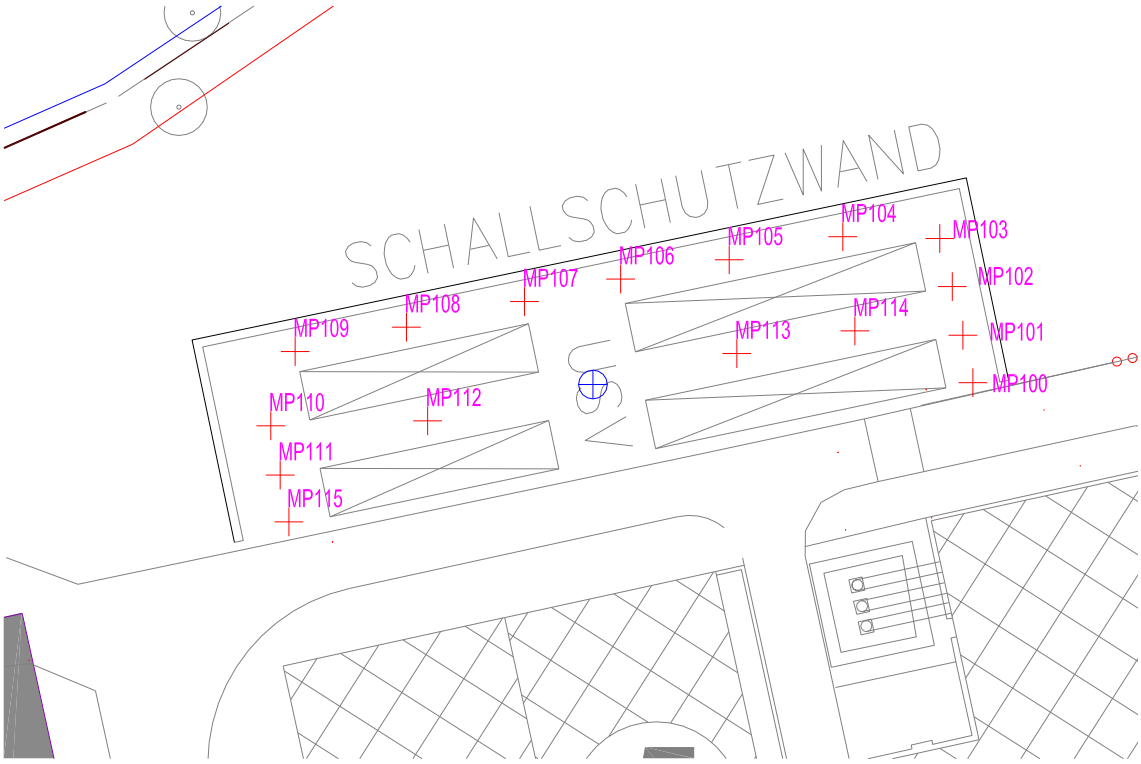

Abbildung 5-4: Lage der Messpunkte MP100-MP115

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

5.2.3 Messergebnisse

Folgende Tabellen enthalten die jeweiligen Messergebnisse für die oben genannten Messorte.

Die zur Beobachtung und Ausgleich von Lastschwankungen in den Anlagen durchgeführten Dauermessungen zeigen nur kleine Schwankungen. Dies bedeutet, dass die Anlagen während der Messungen recht gleichmäßig ausgelastet waren.

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
1	1,2237	6,1185
2	0,9080	4,5400
3	0,7257	3,6285
4	1,0438	5,2190
5	1,0366	5,1830
6	0,6139	3,0695
7	0,6230	3,1150
8	0,6436	3,2180
9	0,7205	3,6025
10	0,8087	4,0435

Tabelle 5-1: EZ 2, Messung Richtung Norden

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
11	0,5435	2,7175
12	0,5513	2,7565
13	0,5847	2,9235
14	0,6521	3,2605
15	0,5786	2,8930
16	0,4299	2,1495
17	0,3818	1,9090
18	0,3682	1,8410
19	0,3968	1,9840
20	0,4130	2,0650
21	0,4764	2,3820
22	0,5534	2,7670

Tabelle 5-2: EZ2, Messung Richtung Osten

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
23	0,6030	3,0150
24	0,4680	2,3400
25	0,4090	2,0450
26	0,3240	1,6200
27	0,2870	1,4350
28	0,2670	1,3350
29	0,2650	1,3250
30	0,3090	1,5450
31	0,3420	1,7100
32	0,3080	1,5400
33	0,3070	1,5350
34	0,3454	1,7270
35	0,2535	1,2675

Tabelle 5-3: EZ3, Messung Richtung Westen

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
36	0,9930	4,9650
37	0,8150	4,0750
38	0,5050	2,5250
39	0,4805	2,4025
40	0,3587	1,7935
41	0,3769	1,8845
42	0,3604	1,8020
43	0,3131	1,5655
44	0,3801	1,9005
45	0,2815	1,4075
46	0,2765	1,3825

Tabelle 5-4: EZ3, Messung Richtung Norden

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
47	0,7970	3,9850
48	0,8240	4,1200
49	0,7120	3,5600
50	0,6271	3,1355
51	0,4982	2,4910
52	0,4009	2,0045
53	0,3231	1,6155
54	0,2690	1,3450

Tabelle 5-5: EZ1, Messung Richtung Osten

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
55	1,1990	5,9950
56	1,0780	5,3900
57	1,0480	5,2400
58	1,0367	5,1835
59	0,9008	4,5040
60	0,7127	3,5635
61	0,4986	2,4930
62	0,3469	1,7345
63	0,2750	1,3750
64	0,2350	1,1750
65	0,2264	1,1320

Tabelle 5-6: EZ1, Messung Richtung Norden

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
68	0,3215	keine Hochrechnung, da Messwerte maßgeblich durch die im Erdboden verlegten Kabel bestimmt sind.
69	0,3155	
70	0,2512	
71	0,1758	
72	0,1680	
73	0,1886	
74	0,2132	
75	0,2082	
76	0,1835	0,9175
77	0,1330	0,6650
78	0,1751	0,8755
79	0,1232	0,6160
80	0,1172	0,5860
81	0,1555	0,7775
82	0,1199	0,5995
83	0,1001	0,5005
84	0,0990	0,4950
85	0,0902	0,4510
86	0,0993	0,4965
87	0,0779	0,3895
88	0,0821	0,4105
89	0,0798	0,3990
90	0,0712	0,3560
91	0,0753	0,3765
92	0,0705	0,3525
93	0,0775	0,3875
94	0,0840	0,4200
95	0,0997	0,4985
96	0,0761	0,3805
97	0,0904	0,4520
98	0,0967	0,4835
99	0,0743	0,3715

Tabelle 5-7: Messung am Zaun zur Wohnbebauung

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Messpunkt	Messwert [µT]	Ergebnis unter Berücksichtigung der Auslastung und Lastschwankungen [µT]
100	1,1822	5,9110
101	1,1014	5,5070
102	0,8597	4,2985
103	0,8057	4,0285
104	0,6630	3,3150
105	0,7631	3,8155
106	0,7379	3,6895
107	1,0074	5,0370
108	0,6340	3,1700
109	0,3034	1,5170
110	0,3991	1,9955
111	0,4529	2,2645
112	0,5636	2,8180
113	2,8020	14,0100
114	2,6790	13,3950
115	0,4594	2,2970

Tabelle 5-8: Messung USV-Anlagen

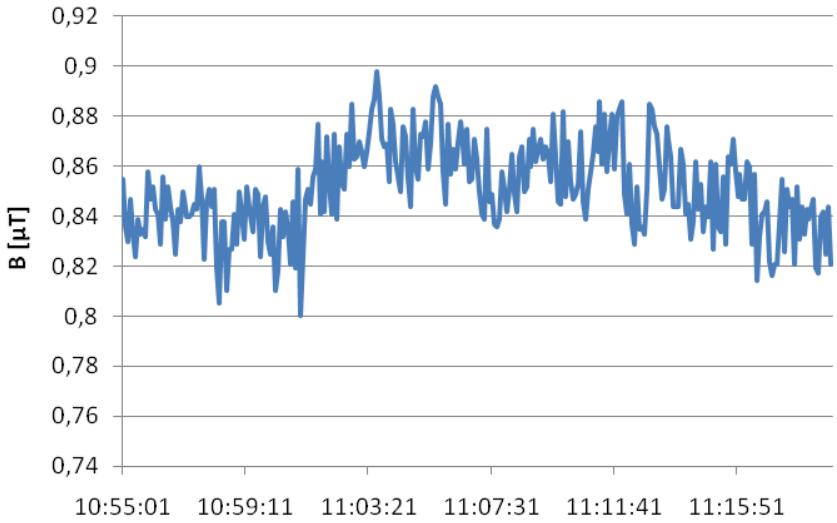

Abbildung 5-5: Dauermessung 1

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

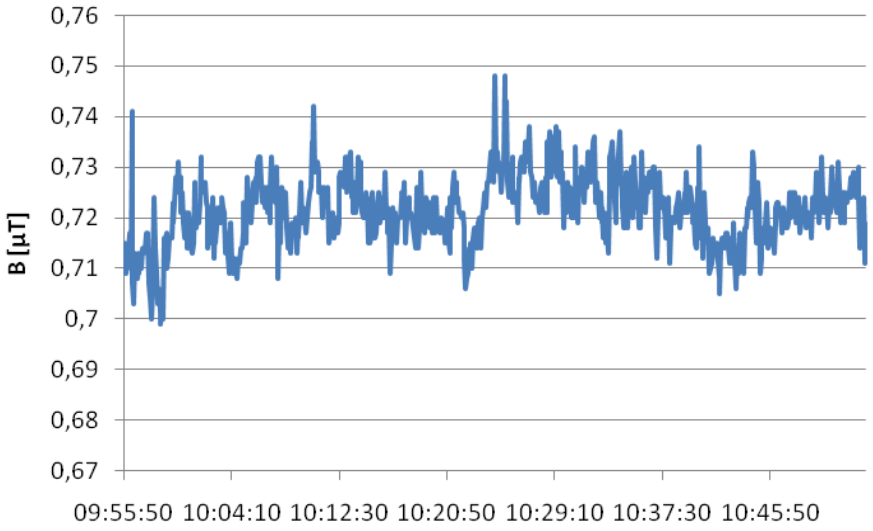

Abbildung 5-6: Dauermessung 2

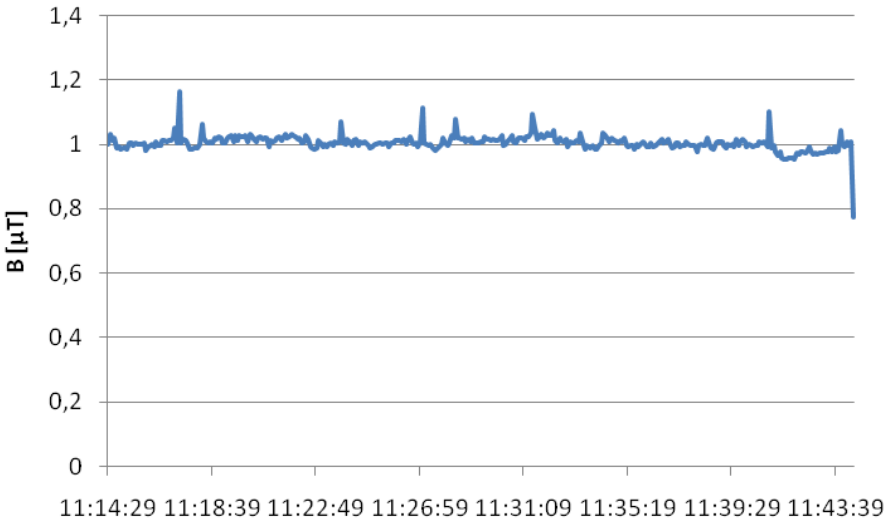

Abbildung 5-7: Dauermessung 3

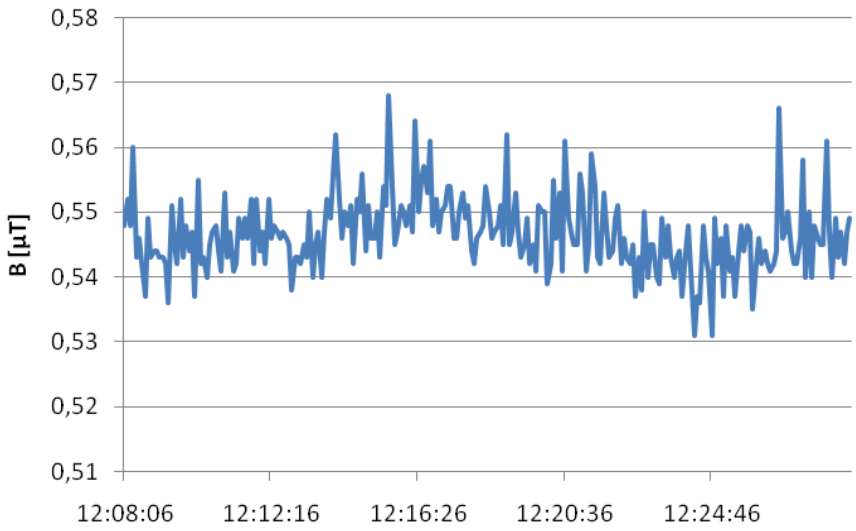

Abbildung 5-8: Dauermessung 4

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im [euro]lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

5.2.4 Ergebnis der Messungen

Die Messergebnisse wurden auf eine Anlagenlast von 100% hochgerechnet werden. Zum Zeitpunkt der Messungen waren die Anlagen nur zu ca. 20-25% ausgelastet, so dass die Ergebnisse mit dem Fakor 5 multipliziert werden müssen. Durch zusätzliche ortsfeste Messungen wurden mögliche zeitliche Schwankungen in der Auslastung der Anlagen beobachtet. Dabei wurde festgestellt, dass die geltenden Grenzwerte der 26.BImschV nicht überschritten werden.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

6 Berechnung und Visualisierung des Schutzabstandes von Transformatoren / Energieanlagen

Zusätzlich zu den Messungen wurden Berechnungen zu von Transformatoren und energietechnischen Anlagen erzeugten magnetischen Feldern angestellt. Die Berechnungen basieren auf einschlägigen Berechnungsvorschriften nach Habiger.

Die Berechnungen wurden für Trockentransformatoren mit einer Nennleistung von 1000kVA und einem u_k von 6% durchgeführt.

Die Berechnungen ergeben, dass der geltende Grenzwert nach 26. BImschV von 100µT bereits nach 70cm Abstand vom Transformator unterschritten ist.

Der Vorsorgegrenzwert wie er in der Schweiz für Orte mit empfindlicher Nutzung gilt (1µT) wird nach ca. 6,3m unterschritten (siehe Abbildung 6-1).

Diese Berechnungen gelten für Betrieb des Transformators unter Nennlast.

Werden mehrere Transformatoren betrieben so ergeben sich durch vektorielle Addition der magnetischen Felder andere Werte. Beispielsweise ergeben sich bei Aufstellung von 6 Transformatoren in Reihe in einem Abstand von 1,5m zum äußersten Transformator ein Wert der magnetischen Flussdichte von ca. 25µT (bei Volllast aller Transformatoren unter ungünstigsten Bedingungen). Für die Flussdichte in ca. 2m Abstand von den mittleren beiden Transformatoren ergibt sich ein Wert von ca. 19µT.

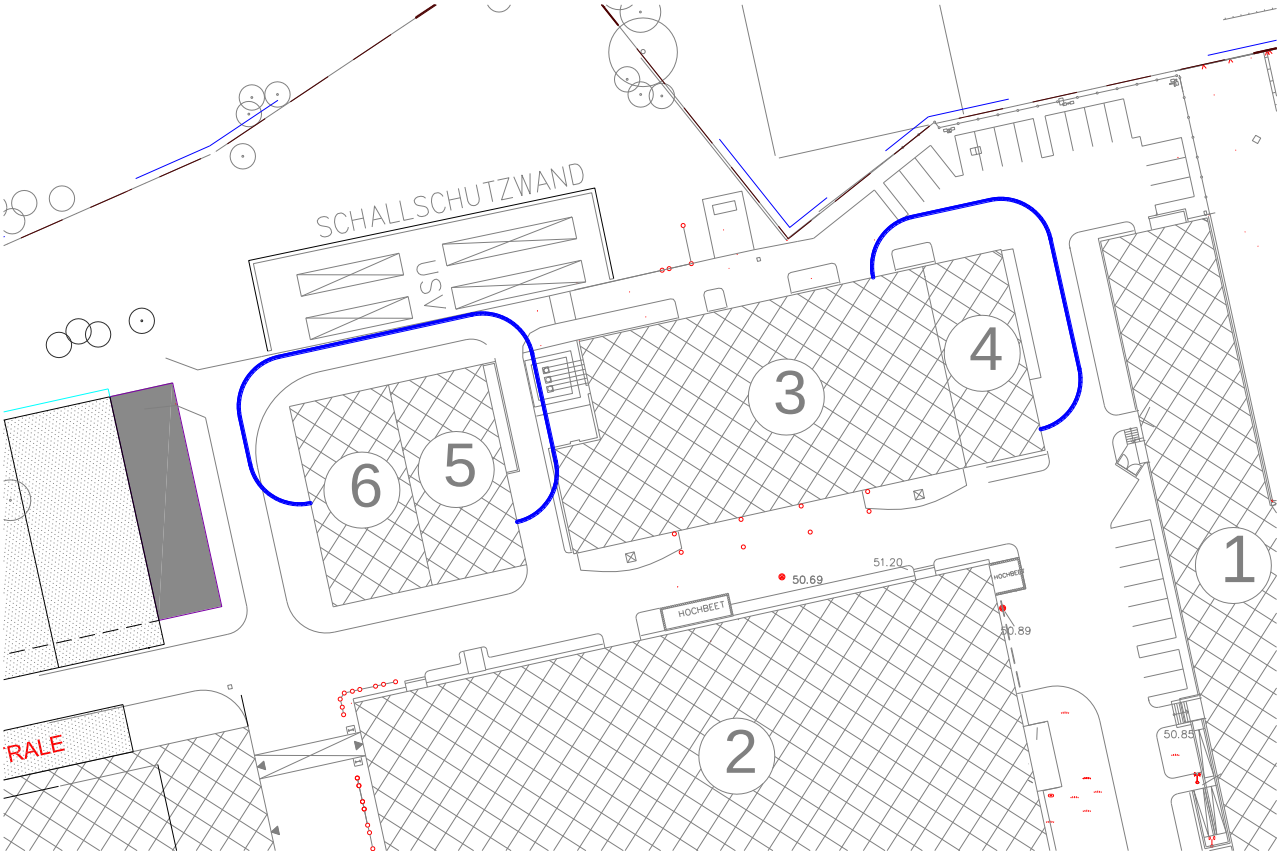

Abbildung 6-1: Schutzabstand zu den Bestandsanlagen zur Unterschreitung des Kennwertes 1µT

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

Für die neu zu planenden Anlagen wurde mit Hilfe einer Rechnersimulation die Feldverteilung unter Berücksichtigung der zugehörigen Hauptverteilungen berechnet. Grundlage hier war die Verwendung von 6 2500kVA-Transformatoren je neu zu errichtendem Data Center. Die Feldverteilung zeigt, dass auch in Zukunft der Grenzwert von 100µT noch innerhalb der Gebäude unterschritten sein wird. Der Anlagegrenzwert von 1µT nach Schweizer Verordnung NISV wird zum größten Teil bereits auf dem Gelände der T-Systems unterschritten.

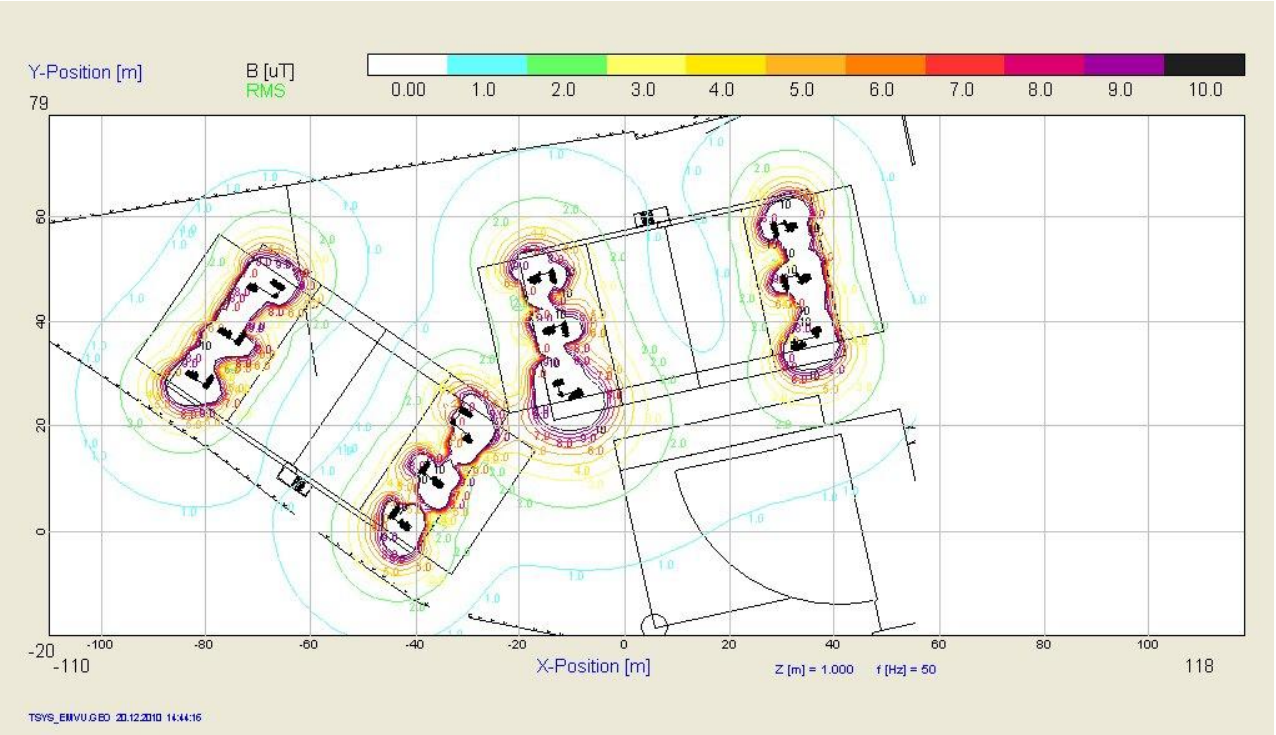

Abbildung 6-2: Isoliniendiagramm für einen Kennwert von 1µT(hellblau, äußere Isolinie) für die geplanten Anlagen bei maximaler Anlagenauslastung

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

7 Praxisbeispiele

In Wohngebieten wird eine Vielzahl unterschiedlicher elektrischer und elektronischer Geräte betrieben. Diese erzeugen elektromagnetische Felder unterschiedlicher Stärke und Frequenz. Neben den von außerhalb der Wohnungen befindlichen elektromagnetischen Quellen, die auf den Menschen einwirken, befinden sich auch innerhalb von Wohngebäuden solcher Quellen. Zum Teil können diese Quellen weitaus stärkere elektromagnetische Belastungen hervorrufen als Quellen, die sich außerhalb der Wohnung befinden.

Typische Quellen außerhalb von Wohnungen sind Mobilfunksender (bspw. UMTS und GSM), Transformatoren, Rundfunksender (Langwelle, Mittelwelle, Kurzwelle und UKW), Fernsehsender.

Typische Quellen innerhalb von Wohnungen sind Mikrowellenherde, Mobiltelefone (auch Smartphones, I-Phone oder I-Pad), elektrische Heizöfen, Radiowecker und die elektrische Haus-Installation.

Folgende Tabelle zeigt die von solchen Haushaltsgeräten erzeugten typischen hochfrequenten elektromagnetischen Felder.

Mikrowelle in 3m Abstand:	2,5 V/m
GSM-Mobiltelefon in 1,4m Abstand	3 V/m
Hand-Funkgerät in 1m Abstand	3 V/m

Folgende Haushaltsgeräte erzeugen in etwa 30cm Entfernung die folgenden niederfrequenten magnetischen Felder (gemessen in µT)

Gerät	magnetische Flussdichte in µT
Föhn	0,01 bis 7
Rasierapparat	0,08 bis 9
Bohrmaschine	2 bis 3,5
Staubsauger	2 bis 20
Waschmaschine	größer 0,15
Bügeleisen	0,12 bis 0,3
Geschirrspüler	0,6 bis 3
Staubsauger	2 bis 20
Kühlschrank	0,01 bis 0,25
Leuchtstofflampe	0,5 bis 2
Computer	kleiner 0,01
Mikrowellengerät	4 bis 8
Fernsehgerät	0,04 bis 2
Radio	1
Küchenherd	0,15 bis 0,5

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

Tabelle 7-1: Von typischen Haushaltsgeräten erzeugte niederfrequente magnetische Felder

Ein Vergleich mit den messtechnisch und rechnerisch ermittelten Werten auf dem Gelände der T-Systems zeigt, dass in Haushalten viele Geräte vorhanden sind, deren elektromagnetischen Aussendungen um ein vielfaches höher liegen können, als die der Anlagen und Systeme der T-Systems.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

8 Fazit

Zur Berteilung der EMVU wurden am 07.12.2010 Messungen durchgeführt, bei denen die von den energietechnischen Anlagen ausgehenden magnetischen Felder untersucht wurden. Dabei wurde direkt im Umfeld der Anlagen gemessen und zusätzlich entlang des Zaunes zur Wohnbebauung hin Messwerte aufgenommen. Diese Messwerte wurden unter Berücksichtigung der momentanen Auslastung der Anlagen sowie zeitlicher Lastschwankungen auf die Nennleistung der Anlagen hochgerechnet. Elektrische Felder mit energietechnischer Frequenz wurden nicht untersucht. Diese werden bereits durch einfache Gebäudewände ausreichend stark abgeschirmt.

Zusätzlich wurden zur Beurteilung die Ergebnisse der Untersuchungen vom 21. und 22.09.2010 herangezogen. Diese wurden ursprünglich mit dem Ziel durchgeführt mögliche elektromagnetische Störquellen festzustellen, die eine Auswirkung auf den Betrieb der Data Center haben können. Hier wurden neben magnetischen Feldern mit energietechnischer Frequenz auch hochfrequente Felder bis 6GHz untersucht. Insgesamt erstrecken sich die Untersuchungen lückenlos auf einen Frequenzbereich zwischen 5Hz und 6GHz. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben wir zur Beurteilung der von den bestehenden Anlagen der T-Systems selbst ausgehenden elektromagnetischen Aussendungen zur Beurteilung der EMVU herangezogen.

Nach Auswertung der Messdaten können wir mitteilen, dass die elektromagnetischen Aussendungen der Anlagen für den Bestand sowie auch für den zukünftigen Ausbau im Bereich der umliegenden Wohnbebauung mit Sicherheit keine Überschreitung der geltenden gesetzlichen Grenzwerte hervorruft.

Ergänzend können wir sagen, dass sogar der im Vergleich zu den in Deutschland geltenden Grenzwerten weitaus schärfere Schweizer Grenzwert von 1µT für die von energietechnischen Anlagen ausgehenden magnetischen Felder im Bereich der Wohnbebauung mit Sicherheit unterschritten wird.

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten

9 Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] EMV-Störmodell (10kHz-30MHz), Abschlußbericht einer Studie für das BAPT, 06/97
[2] Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Meinke/Gundlach, Springer Verlag,
[3] VDE 0848 Sicherheit in elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 0 bis 30kHz
[4] BGVB11 Berufsgenossenschaftliche Unfallverhütungsvorschrift, Elektromagnetische Felder
[5] BEMFV Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder
[6] Weiß, Gutheil, Gust, Leiß „EMVU-Messtechnik“, Vieweg-Verlag 2000
[7] E. Habiger, Elektromagnetische Verträglichkeit, Grundzüge ihrer Sicherstellung in der Geräte- und Anlagentechnik 1998
[8] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImschV)

Akkreditiertes Prüflabor nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und Mitglied im euro lab-Deutschland e. V.
Akkreditiert zur system- und produktbezogenen Qualitätssicherung gemäß Regel KTA 1401 des Kerntechnischen Ausschusses
© GHMT AG, Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten