

Gutachten

über die Messung von
**niederfrequenten magnetischen und elektrischen Wechselfeldern
in der Nähe von Hochspannungsleitungen**

im
Baugebiet „Baumberg Ost“

am
03.08.2010

Auftraggeber
**Stadt Monheim am Rhein
Bereich Stadtplanung
Rathausplatz 2
40789 Monheim am Rhein**

Exemplar 1 von 2

Gutachten

über die Messung von
**niederfrequenten magnetischen und elektrischen Wechselfeldern
in der Nähe von Hochspannungsleitungen**

im
Baugebiet „Baumberg Ost“

am
03.08.2010

Auftraggeber
**Stadt Monheim am Rhein
Bereich Stadtplanung
Rathausplatz 2
40789 Monheim am Rhein**

Exemplar 1 von 2

Die Messergebnisse stellen Momentaufnahmen der Situation dar, wie sie zum Zeitpunkt der Messung vorgefunden wurde. Zu anderen Zeiten und unter geänderten Umständen sind andere Messergebnisse möglich.

Ohne schriftliche Genehmigung des Verfassers darf das Gutachten nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Mess- und Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Gegenstände.

0 Inhaltsverzeichnis

	Seite
0 Inhaltsverzeichnis	1
1 Basisdaten	2
2 Randbedingungen der Messung	3
2.1 Lage des Baugebiets	3
2.2 Das Baugebiet und elektrische Anlagen in der Umgebung	4
2.3 Lage der Messlinien und Messpunkte	6
2.4 Vorgehensweise	6
2.5 Wetterverhältnisse	8
2.6 Aktuelle und maximale Auslastung der Hochspannungsleitung	8
3 Messergebnisse	9
3.1 Magnetische Wechselfelder	9
3.2 Elektrische Wechselfelder	17
4 Messverfahren und Messgeräte	22
4.1 Messung niederfrequenter magnetischer Wechselfelder	22
4.2 Messverfahren niederfrequenter elektrischer Wechselfelder	22
4.3 Verwendete Messgeräte und Messtoleranz	23
5 Bewertung der Messergebnisse	21
5.1 Elektrische Wechselfelder 50 Hz	21
5.2 Magnetische Wechselfelder 50 Hz	21
6 Bewertungsgrundlagen	24
6.1 Übersicht über internationale Grenz- und Vorsorgewerte	24
6.2 26. BImSchV und ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)	24
6.3 Schweizer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) vom 23. Dezember 1999	26
6.4 TCO-Richtlinie für strahlungsarme Bürogeräte	29
6.5 Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg	30
6.6 Biologische Wirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern	30

1 **Basisdaten**

Auftraggeber:	Stadt Monheim am Rhein Bereich Stadtplanung Rathausplatz 2 40789 Monheim am Rhein
Anlass der Untersuchung:	Die Stadt Monheim am Rhein entwickelt derzeit ein Baugebiet (inklusive Sportplatzanlage) am Standort „Baumberg-Ost“. Um im Bauleitverfahren die Auswirkungen der vorhandenen Hochspannungsleitungen auf das Gebiet beurteilen und die entsprechenden Abstände einhalten zu können, wird eine Messung und Bewertung der elektrischen und magnetischen Wechselfelder (50 Hz) am Standort benötigt.
Untersuchungsauftrag:	Messung und Bewertung der magnetischen und elektrischen Wechselfelder (50 Hz) wie im ibu-Angebot vom 02.07.2010 beschrieben: Immissionsmessungen als Rastermessungen an zwei Messlinien jeweils senkrecht zu den Hochspannungsleitungen, dabei Messung der Magnetfelder in drei verschiedenen Höhen (1,5 m, 4,5 m und 7,0 m). Zusätzlich Langzeitaufzeichnung der 50Hz-Magnetfelder über 24 Stunden an jeweils einem Referenzpunkt der beiden Messlinien. Hochrechnung der Magnetfeld-Immissionen auf maximale Auslastung (Volllast) der Hochspannungsleitungen. Die Messwerte sollen zusätzlich zu den Grenzwerten der 26. Bundes (26. BImSchV) auch nach mehreren internationalen Vorsorgewerten bewertet werden, wie Schweizer NISV, TCO-Richtlinie, Richtwertempfehlungen der Salzburger Landessanitätsdirektion.
Untersuchungsobjekt:	Geplantes Baugebiet am Standort „Baumberg Ost“ (siehe Lageplan Abb. 1 in Kap. 2.1)
Datum der Messungen:	03.08.2010
Durchführung der Messungen:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu
Anwesende Personen:	Dipl.-Ing. Reiner Sell, ibu Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu
Angewandte Methoden:	Rastermessungen der 50Hz-Magnetfelder sowie der elektrischen 50Hz-Felder im 10m-Raster bis 100 m Entfernung an den beiden Messlinien jeweils senkrecht zu den Hochspannungsleitungen, dabei Messung der Magnetfelder in drei verschiedenen Höhen (1,5 m, 4,5 m und 7,0 m), Langzeitaufzeichnung der 50Hz-Magnetfelder über 24 Stunden an jeweils einem Referenzpunkt der beiden Messlinien, Hochrechnung der Magnetfeld-Immissionen auf Volllast der Leitungen
Verfasser des Gutachtens:	Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu
Ausführungen:	2 Originale

2 Randbedingungen der Messung

2.1 Lage des Baugebiets

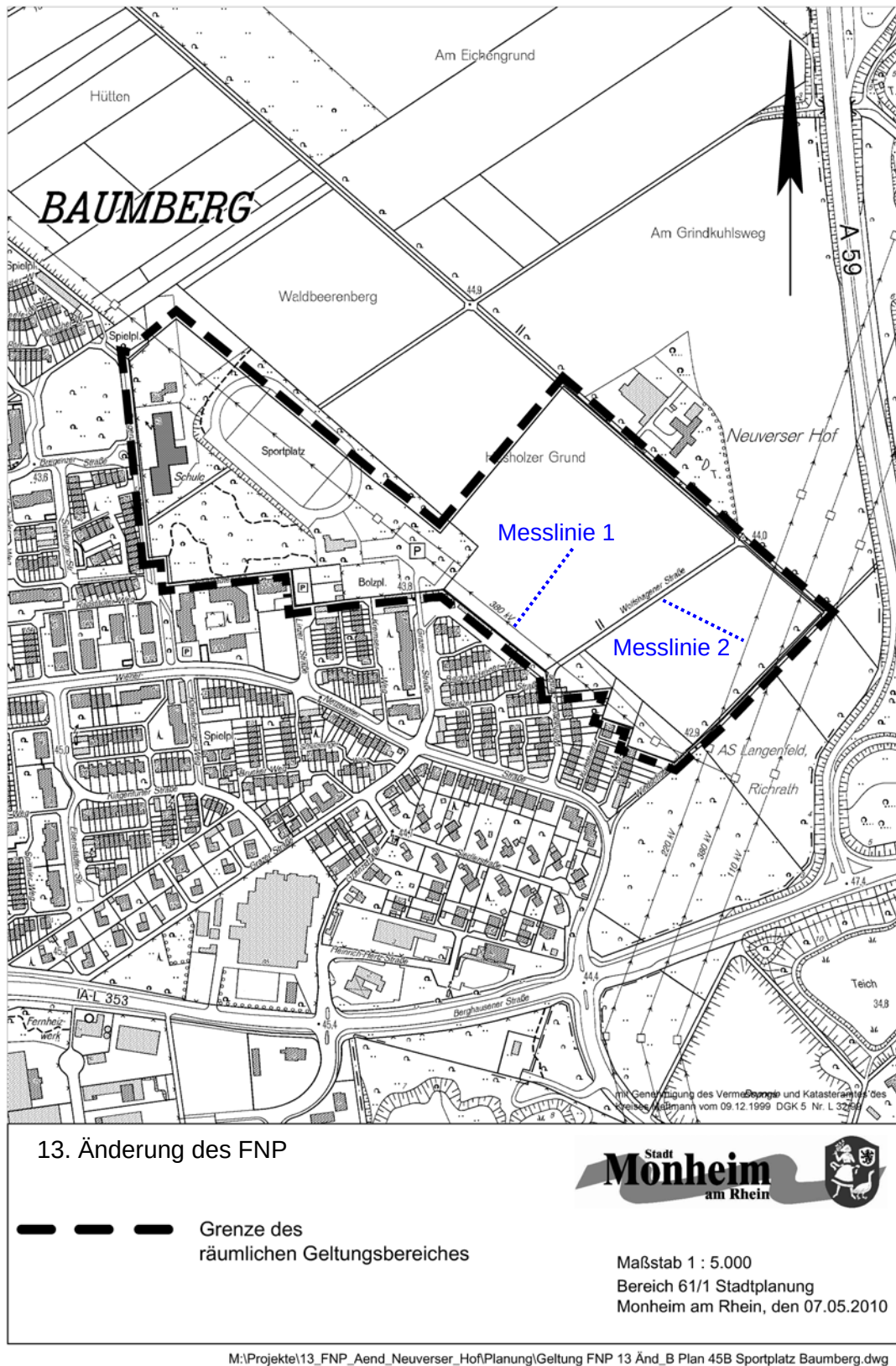


Abb. 1: Lageplan des Baugebiets. Der Lageplan wurde vom Auftraggeber beigestellt.

Gutachten zu Messungen magnetischer und elektrischer Wechselfelder im Baugebiet „Baumberg Ost“ am 03.08.2010

Verfasser: Dr.-Ing. Martin H. Virnich, ibu, 41063 Mönchengladbach; Datum der Gutachtenerstellung: 06.08.2010

Auftraggeber: Stadt Monheim am Rhein, Rathausplatz 2, 40789 Monheim am Rhein

Ohne schriftliche Genehmigung der Unterzeichnenden darf das Gutachten nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Seite 3 von 31

2.2 Das Baugebiet und elektrische Anlagen in der Umgebung

Das Baugebiet teilt sich grob gesehen in zwei Teilbereiche: Einen bereits bebauten westlichen Bereich um Schule und Sportplatz und einen östlichen Bereich links und rechts der Wolfshagener Straße. Der östliche Teil des Baugebiets ist zurzeit unbebaut und wird für landwirtschaftliche Zwecke genutzt.

Aus dem Lageplan in Abb. 1 ist zu erkennen, dass eine 380kV-Hochspannungstrasse in nordwestlicher Richtung etwa über die Mittelachse des Baugebietes führt. Diese Hochspannungstrasse zweigt von einer in nordnordwestlicher Richtung verlaufenden 380kV-Trasse ab, die in der östlichen Ecke über das Baugebiet führt. Parallel zu dieser 380kV-Trasse verlaufen laut Lageplan noch eine 220kV- und eine 110kV-Hochspannungstrasse in nordnordöstlicher Richtung.

Während im westlichen Teilgebiet die Feldsituation im Wesentlichen von der einzelnen 380kV-Trasse geprägt wird (Feldquelle 1, Abb. 2), sind am östlichen Rand des Baugebiets die Immissionen der drei Hochspannungstrassen dominant (Feldquelle 2, Abb. 3). Im östlichen Teilgebiet, insbesondere östlich der Wolfshagener Straße, kommt es zu einer Überlagerung der Immissionen aus beiden Feldquellen.

Um eine qualifizierte Aussage über die Feldverteilung in beiden Teilbereichen des Baugebiets und insbesondere über den Einfluss des Abstands von den Hochspannungsleitungen machen zu können, müssen die Immissionen beider Feldquellen betrachtet und einmal quer zur einzelnen 380kV-Trasse gemessen werden und einmal quer zu den drei Trassen.



Abb. 2:

380kV-Hochspannungstrasse in nordwestlicher Richtung
(Leitungen Frimmersdorf 6f und St. Peter Nord)



Abb. 3:

Drei parallel verlaufende Hochspannungstrassen in nordnordöstlicher Richtung

Bei den Hochspannungstrassen handelt es sich nicht nur um Trassen des Energieversorgers RWE (50 Hz), sondern auch um eine 110 kV-Trasse der DB Energie zur Bahnstromversorgung (16,7 Hz). Anhand ihrer Frequenz können die Felder dieser beiden Versorger eindeutig unterschieden werden.

Die 110kV-Leitung der RWE befindet sich auf dem gleichen Mast wie die 380kV-Leitung.

Die folgende Skizze (Abb. 4) zeigt die Bezeichnungen der Hochspannungsleitungen und ihre relative Lage zueinander. Hieraus geht auch hervor, dass am „Abzweigmast“ der 380kV-Trasse (Abb. 5) die Leitungen St. Peter Nord aus nordnordöstlicher Richtung und Frimmersdorf 6f aus südsüdwestlicher Richtung zur nordwestlich verlaufenden Trasse umgelenkt werden. Eine tatsächliche Verzweigung von Strömen findet dabei nicht statt. Die 380kV-Leitung Oerkhaus Ost verläuft ohne Richtungsänderung in nordnordöstlicher Richtung weiter. Somit ist St. Peter Nord die einzige Leitung, die dominant zu Immissionen an beiden Messlinien beiträgt.

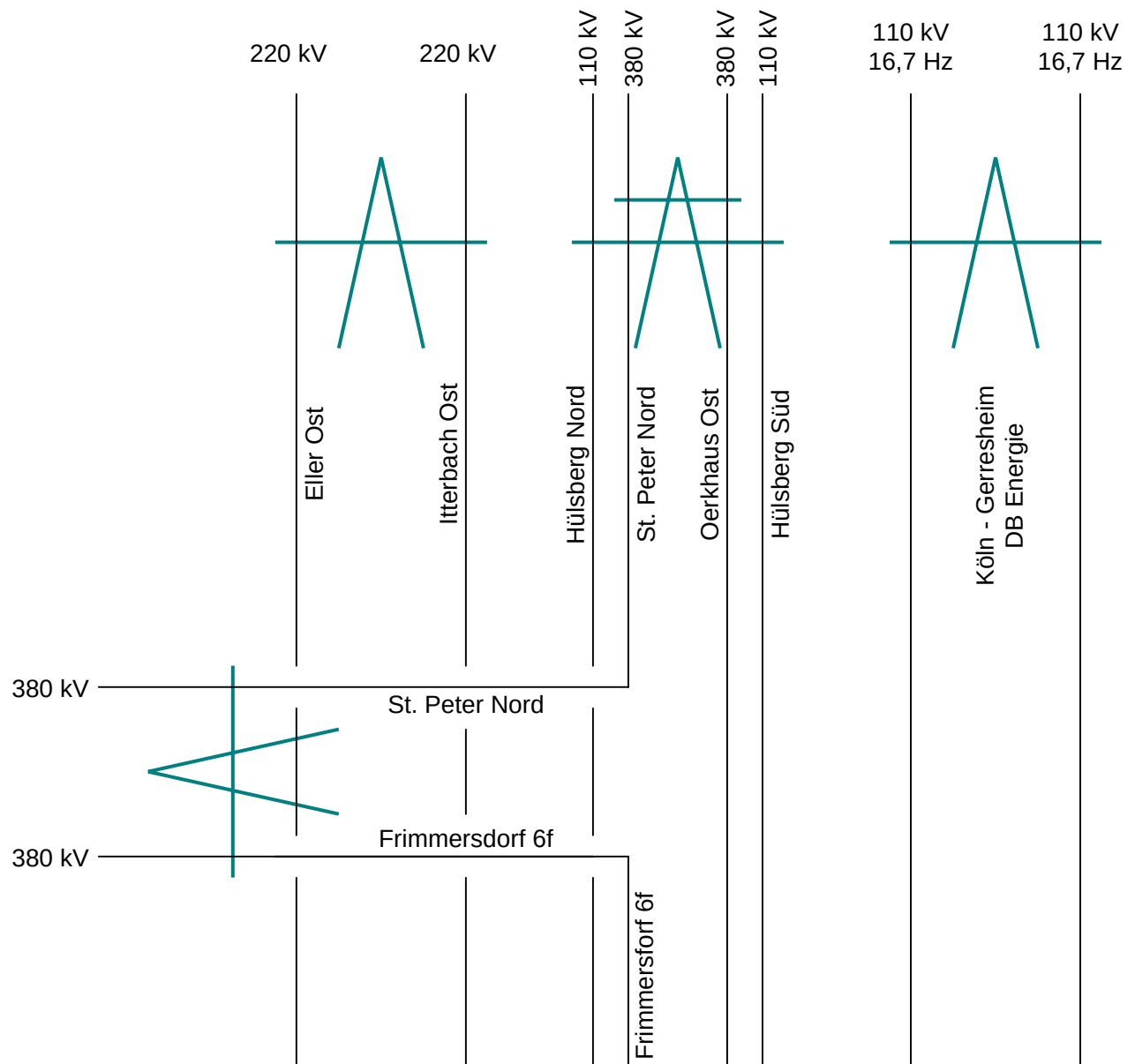


Abb. 4: Skizze mit den Verläufen und Bezeichnungen der Hochspannungsleitungen

Abb. 5:
„Abzweigmast“ für die 380kV-Leitungen St. Peter Nord und Frimmersdorf 6f



2.3 Lage der Messlinien und Messpunkte

Die Lage der Messlinien wurde so gewählt, dass sie im Bereich des größten Durchhangs der Leitungen liegen (Mitte zwischen zwei Masten), da dort aufgrund des geringeren Abstands zum Erdboden die Felder höher als in Mastnähe sind. Die Lage beider Messlinien wurde vor dem Ortstermin telefonisch mit dem Auftraggeber abgestimmt.

Das Abstandsraaster für alle Messungen abseits der Leitungen betrug 10 m, die größte Messentfernung 100 m. Als Abstand = 0 m wurde jeweils das Lot zum Boden unter dem äußersten Leiterseil der Leitung am Fußpunkt der Messlinie definiert (d.h. äußeres Leiterseil der Leitungen St. Peter Nord in nordwestlicher Richtung (Messlinie 1) bzw. Eller Ost (Messlinie 2)).

An Messlinie 1 wurde das Magnetfeld zusätzlich in Mastmitte gemessen, an Messlinie 2 auch auf der gesamten Länge unterhalb der Leitungen im Raster von 5 m.

Das elektrische Feld wurde an beiden Messlinien auch unterhalb der Leitungen gemessen und zwar im 5m-Raster.

Die Messhöhe für die Magnetfeld-Immissionen betrug abseits der Leitungen jeweils 1,5 m, 4,5 m und 7,0 m über dem Boden. Unterhalb der Leitungen wurde nur in 1,5 m Höhe gemessen.

Die Messungen des elektrischen Wechselfeldes erfolgten in 1,5 m Höhe.

Die Langzeitaufzeichnungen an beiden Messlinien erfolgten in 20 m Abstand mit an der Bodenoberfläche eingegrabenen Magnetfeldloggern. Durch Vergleichsmessungen wurde zuvor sichergestellt, dass zwischen den Messwerten in 1,5 m Höhe und am Boden kein Unterschied besteht.

2.4 Vorgehensweise

Magnetische Wechselfelder

Rastermessung in verschiedenen Abständen und Höhen und Normierung auf die Auslastung der Hochspannungsleitungen zu einer festen Uhrzeit

Die Magnetfeld-Messungen erfolgen auf jeder Messlinie in jeweils drei Höhen, die repräsentativ für EG, OG und DG eines Einfamilienhauses sind (1,5 m, 4,5 m und 7,0 m). Voraussetzung ist, dass das Gelände längs der Messlinien eben ist.

Die Messhöhen 4,5 m und 7,0 m werden mit Hilfe eines hölzernen Gestells realisiert, an dem das Messgerät in den entsprechenden Höhen befestigt wird. Die Ablesung der Messwerte erfolgt über eine Fernauslesemöglichkeit per Glasfaserleitung.

Da die Durchführung der Messungen eine größere Zeitspanne in Anspruch nimmt, innerhalb derer sich die Auslastungen der Hochspannungsleitungen verändern können, müssen die Messergebnisse auf die Auslastung zu einem bestimmten Zeitpunkt normiert werden. Hierzu werden die zu den individuellen Zeiten gemessenen Immissionen in Bezug zur gleichzeitigen Immission an einem Referenzpunkt gesetzt und auf den Wert am Referenzpunkt zu einer frei wählbaren Referenzzeit bezogen, so dass die zeitliche Abhängigkeit der Immissionen eliminiert wird und nur der räumliche Verlauf dargestellt wird. Voraussetzung hierfür ist, dass die zu Beginn dominante Magnetfeldquelle (= Hochspannungsleitung) während der gesamten Messzeit auf einer Messlinie dominant bleibt. Zur Ermittlung der Immissionen am Referenzpunkt werden die Daten der Langzeitaufzeichnung herangezogen.

Hochrechnung auf maximale Anlagenauslastung der Hochspannungsleitungen

Um den „worst case“ abbilden zu können (der u.a. auch für die Bewertung der Immissionen gemäß 26. BImSchV vorgeschrieben ist), werden die Messergebnisse auf den Fall bei maximaler Leitungsauslastung hochgerechnet. Hierzu werden beim Netzbetreiber die entsprechenden Informationen über den thermischen Grenzstrom und aktuelle Leitungsauslastung im Messzeitraum eingeholt.

Wenn sich auf einem Mast mehrere Leitungen befinden (es sind immer mindestens zwei), die zum Messzeitpunkt nicht mit der gleichen Auslastung betrieben werden, so ergeben sich unterschiedliche Hochrechnungsfaktoren für die einzelnen Leitungsstränge, die für die jeweiligen Einzelbeiträge der Leitungen zur Gesamtmission gültig sind. Da jedoch nur die resultierende Gesamtmission ermit-

telt werden kann und die Einzelbeiträge unbekannt sind, führt die Hochrechnung mit dem kleineren der beiden Faktoren zu einer Unterschätzung und die Hochrechnung mit dem größeren Faktor zu einer Überschätzung der Maximalimmission.

Langzeitaufzeichnung

Da magnetische Wechselfelder mit der Höhe des Stroms auf den Leitungen schwanken und zu unterschiedlichen Tageszeiten unterschiedliche Werte aufweisen können, wird eine Langzeitaufzeichnung über 24 Stunden mittels Magnetfeldlogger durchgeführt.

Pro Messlinie wird beim Ortstermin ein Magnetfeldlogger an einem repräsentativen Messpunkt (Referenzpunkt) platziert, an dem er Dritten gegenüber nicht erkenntlich ist und von Tieren nicht verschleppt werden kann (z.B. verdeckt, an der Bodenoberfläche eingegraben). Nach Ablauf von mindestens 24 Stunden werden die Magnetfeldlogger wieder eingesammelt und die gespeicherten Daten ausgewertet.



Abb. 6:
Magnetfeldmessung (1,5 m Höhe)

Elektrische Wechselfelder

Elektrische Wechselfelder stehen in Zusammenhang mit der Höhe der Netzspannung und unterliegen keinen wesentlichen zeitlichen Schwankungen. Langzeitaufzeichnungen sind daher nicht erforderlich. Einen gewissen Einfluss auf die Höhe des elektrischen Feldes hat die Luftfeuchte (höhere Felder bei trockener Luft).

Insbesondere bei Massivbauweise dringt das elektrische Feld kaum in die Häuser ein, sondern wird größtenteils durch die Gebäudehülle abgeschirmt. Im Inneren von Häusern dominieren typischerweise die von der hausinternen Elektroinstallation verursachten elektrischen Felder.

Auch im Außenbereich (Terrasse, Garten, Balkon) tritt eine deutliche Beeinflussung der elektrischen Felder durch Gebäude und Bepflanzung auf.

Die Messung der elektrischen Wechselfelder wird daher auf jeder Messlinie als Rastermessung (wie bei der Magnetfeldmessung) durchgeführt, aber lediglich in einer Messhöhe von 1,50 m).



Abb. 7:
Messung des elektrischen Feldes

2.5 Wetterverhältnisse

Sonnig, teilweise bedeckt bzw. wolkig; 22,1 - 24,2 °C, 51 - 55 % r.F.

2.6 Aktuelle und maximale Auslastung der Hochspannungsleitungen

Nach Auskunft des Netzbetreibers RWE waren die Hochspannungsleitungen am 03.08.2010 um 13:00 Uhr entsprechend nachfolgender Tabelle ausgelastet.

Spannung	Leitung	Aktueller Strom	Grenzstrom	Auslastungsgrad	Faktor für Vollast
380 kV	St. Peter Nord	415 A	1.500 A	27,7 %	3,61
380 kV	Frimmersdorf 6f	571 A	1.500 A	38,1 %	2,63
380 kV	Oerkhaus Ost	721 A	1.500 A	48,1 %	2,08
220 kV	Eller Ost	217 A	980 A	22,1 %	4,52
220 kV	Itterbach Ost	598 A	1.000 A	59,8 %	1,67
110 kV	Hülsberg Nord	183 A	680 A	26,9 %	3,72
110 kV	Hülsberg Süd	202 A	680 A	29,7 %	3,37

Tab. 1: Auslastung der Hochspannungsleitungen zum Referenzzeitpunkt 03.08.2010, 13:00 Uhr

3 Messergebnisse

3.1 Magnetische Wechselfelder

3.1.1 Langzeitaufzeichnungen

Durch eingebaute Frequenzfilter werden die magnetischen Flussdichten mit Frequenzen von 16,7 Hz (Bahnstromversorgung) und 50 Hz (elektrische Energieversorgung) getrennt ausgewertet.

In den folgenden Langzeitaufzeichnungen bedeuten die Farben der Messkurven:

Blaue Kurve: Magnetfeld der Bahnstromversorgung, Frequenz 16,7 Hz, in Nanotesla (nT)

Rote Kurve: Magnetfeld der elektrischen Energieversorgung, Frequenz 50 Hz, in Nanotesla (nT)

MIN: Minimum, kleinster Wert im Messzeitraum

MAX: Maximum, größter Wert im Messzeitraum

AVG: Mittelwert (Average) über den Messzeitraum

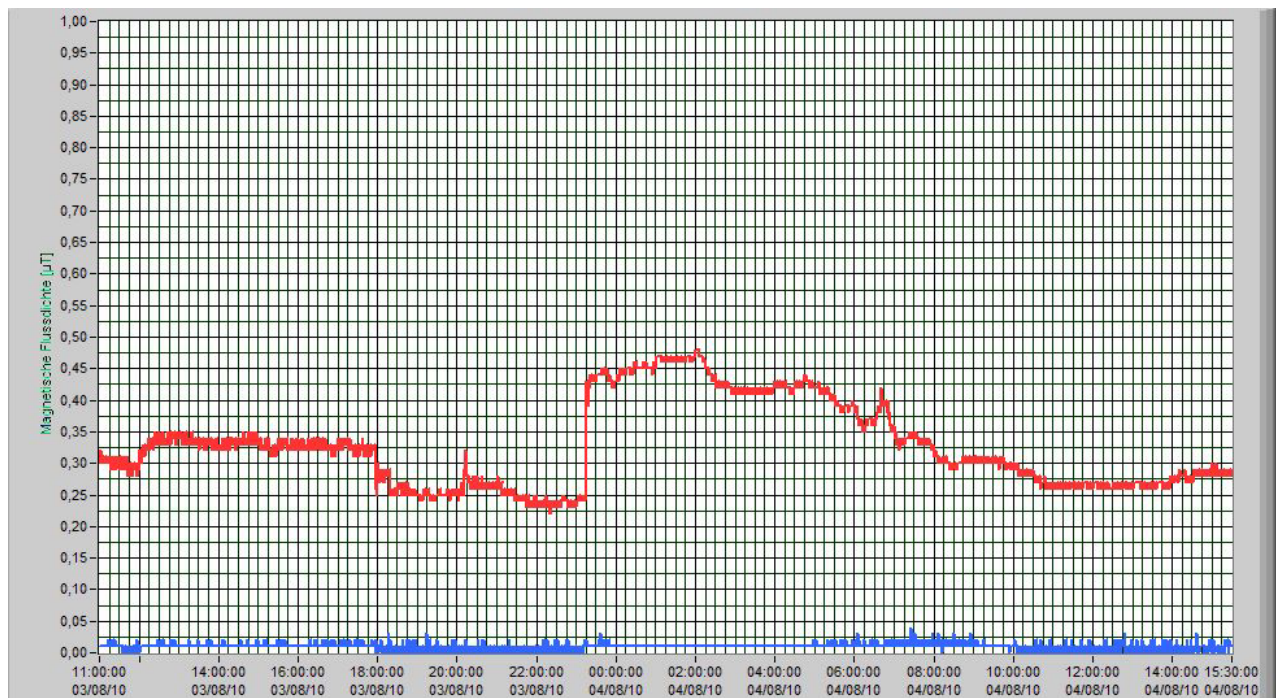


Abb. 8: Langzeitaufzeichnung am Referenzpunkt von Messlinie 1 (20 m);
Aufzeichnungszeitraum 03.08.2010, 11:00 Uhr - 04.08.2010, 15:30 Uhr;
vertikale Skalierung bis 1 μ T

Statistische Auswertung:

Frequenzbereich	Minimum	Maximum	Mittelwert
16,7 Hz	0,000 μ T	0,040 μ T	0,009 μ T
50 Hz	0,220 μ T	0,480 μ T	0,328 μ T

Die Höhe des 50 Hz-Magnetfeldes schwankt im Aufzeichnungszeitraum um den Faktor 2,2.

Gegenüber den 50Hz-Immissionen sind die 16,7Hz-Immissionen der Bahnstromversorgung zu vernachlässigen.

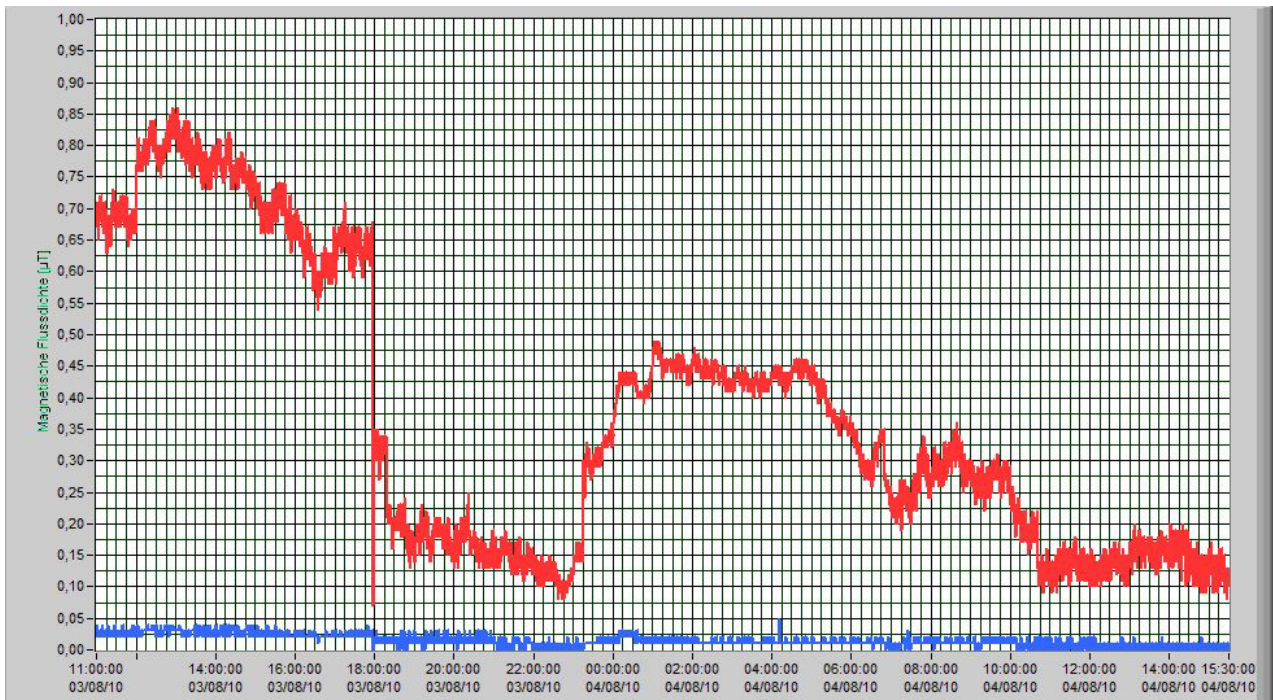


Abb. 9: Langzeitaufzeichnung am Referenzpunkt von Messlinie 2 (20 m);
Aufzeichnungszeitraum 03.08.2010, 11:00 Uhr - 04.08.2010, 15:30 Uhr;
vertikale Skalierung bis 1 µT

Statistische Auswertung:

Frequenzbereich	Minimum	Maximum	Mittelwert
16,7 Hz	0,000 µT	0,050 µT	0,014 µT
50 Hz	0,070 µT	0,860 µT	0,372 µT

Die Höhe des 50 Hz-Magnetfeldes schwankt im Aufzeichnungszeitraum um den Faktor 12,3.

Gegenüber den 50Hz-Immissionen sind die 16,7Hz-Immissionen der Bahnstromversorgung zu vernachlässigen.

3.1.2 Magnetfeld-Rastermessungen 50 Hz

Die Messungen erfolgten mit der Filtereinstellung 30 Hz - 2 kHz. Hierdurch werden die 16,7Hz-Felder der Bahnstromversorgung ausgeblendet, Oberschwingungen von 50 Hz werden aber mit erfasst.

Messlinie 1,

Immissionen bezogen auf die Auslastung zum Referenzzeitpunkt 03.08.2010, 13:00 Uhr

Relevante Leitungen in Trassennähe: St. Peter Nord, Frimmersdorf 6f

MM = Mastmitte

Messhöhe 1,5 m

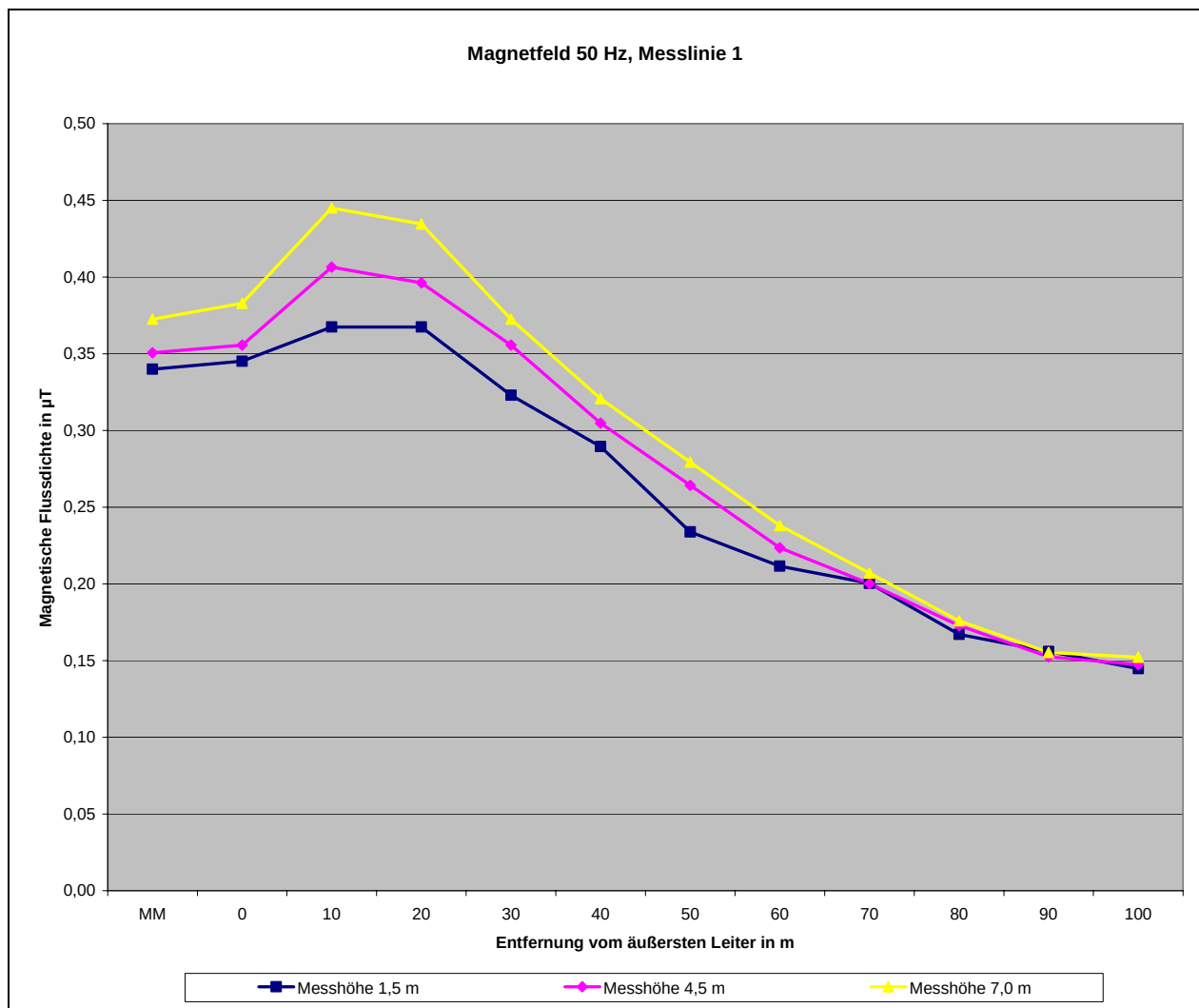
Abstand/m	MM	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert re 13:00/ μ T	0,34	0,35	0,37	0,37	0,32	0,29	0,23	0,21	0,20	0,17	0,16	0,14

Messhöhe 4,5 m

Abstand/m	MM	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert re 13:00/ μ T	0,35	0,36	0,41	0,40	0,36	0,30	0,26	0,22	0,20	0,17	0,15	0,15

Messhöhe 7,0 m

Abstand/m	MM	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert re 13:00/ μ T	0,37	0,38	0,44	0,43	0,37	0,32	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,15



Messlinie 2, abseits der Trassen

Immissionen bezogen auf die Auslastung zum Referenzzeitpunkt 03.08.2010, 13:00 Uhr

Relevante Leitungen in Trassennähe:

Eller Ost, Itterbach Ost, Hülberg Nord, St. Peter Nord, Oerkhaus Ost, Hülberg Süd

Messhöhe 1,5 m

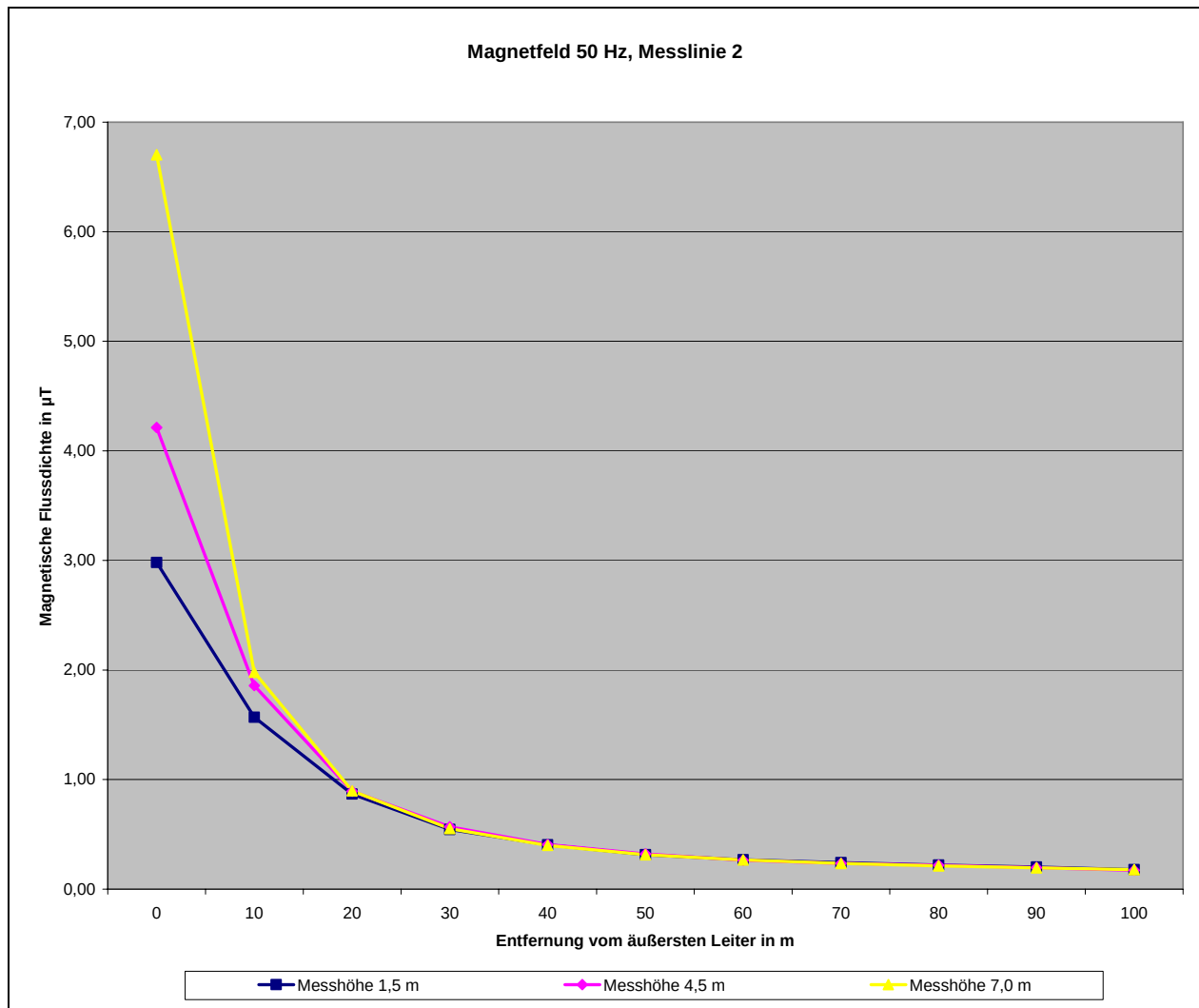
Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert re 13:00/μT	2,98	1,57	0,87	0,54	0,40	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18

Messhöhe 4,5 m

Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert re 13:00/μT	4,21	1,86	0,89	0,57	0,41	0,32	0,26	0,23	0,22	0,20	0,17

Messhöhe 7,0 m

Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert re 13:00/μT	6,70	1,98	0,90	0,55	0,40	0,31	0,27	0,23	0,21	0,19	0,18



Messlinie 2, unterhalb der Leitungen

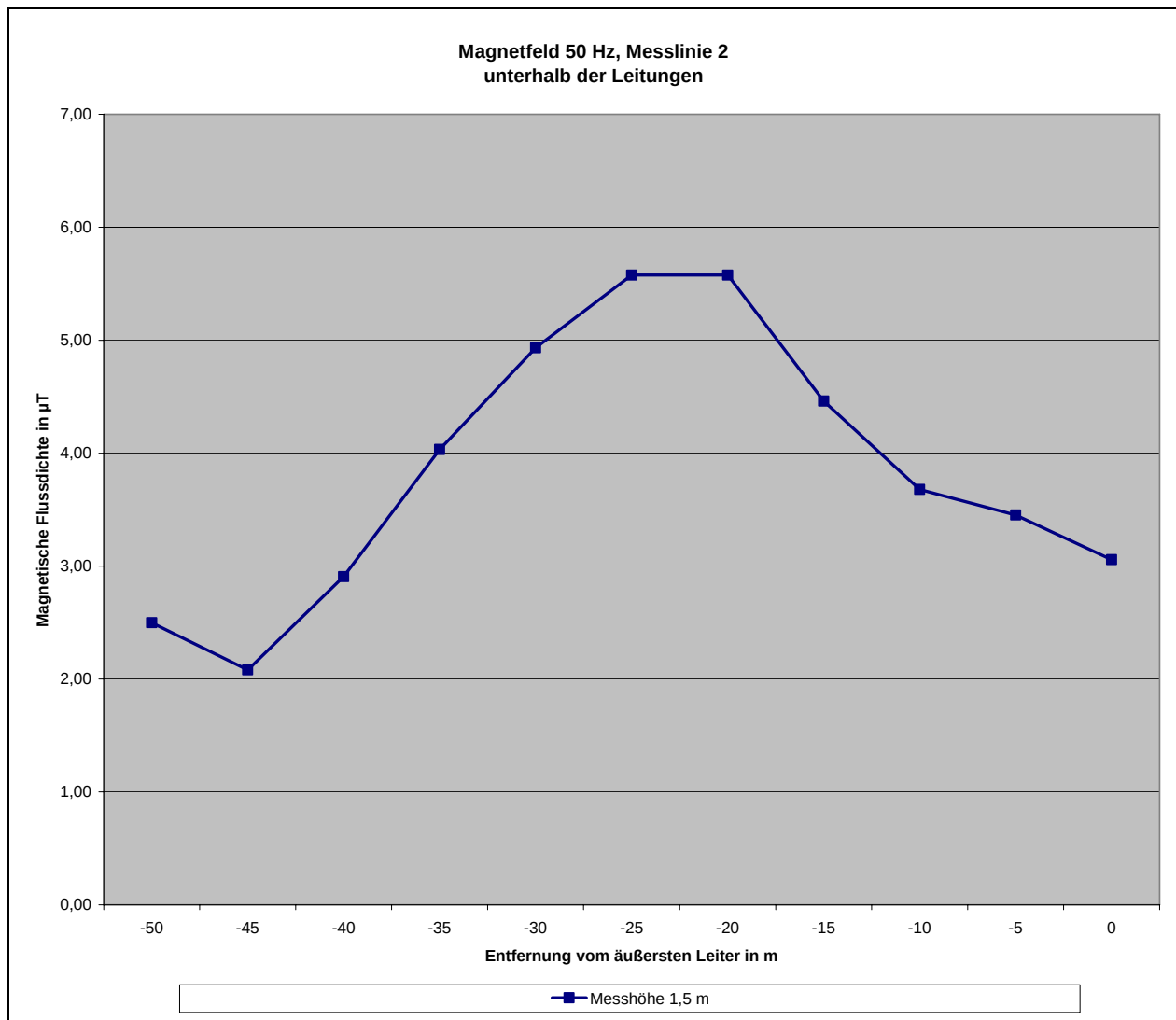
Immissionen bezogen auf die Auslastung zum Referenzzeitpunkt 03.08.2010, 13:00 Uhr

Relevante Leitungen:

Eller Ost, Itterbach Ost, Hülberg Nord, St. Peter Nord, Oerkhaus Ost, Hülberg Süd

Messhöhe 1,5 m

Abstand/m	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Messwert re 13:00/μT	2,50	2,08	2,91	4,03	4,93	5,58	5,58	4,46	3,68	3,45	3,06



Wie die Messergebnisse deutlich zeigen, sind die Magnetfeld-Immissionen unterhalb der 110-/380kV-Leitungen (beide auf dem gleichen Mast) höher als unterhalb der 220kV-Leitungen.

3.1.3 Hochrechnung der Magnetfeld-Rastermessungen auf Vollast der Leitungen

Messlinie 1

Hochgerechnet auf Vollast

Relevante Leitungen in Trassennähe: St. Peter Nord, Frimmersdorf 6f

MM = Mastmitte

Der Hochrechnungsfaktor für die 380kV-Leitung St. Peter Nord beträgt 3,61, für die Leitung Frimmersdorf 6f beträgt er 2,63. Da die Faktoren unterschiedlich sind, weil bei der Messung nicht beide Leitungen gleich stark ausgelastet waren, führt die Hochrechnung mit dem Faktor 3,61 zu einer Überbewertung, die Hochrechnung mit dem Faktor 2,63 dagegen zu einer Unterbewertung. Näherungsweise wird hier daher mit dem Mittelwert von 3,12 hochgerechnet.

Messhöhe 1,5 m

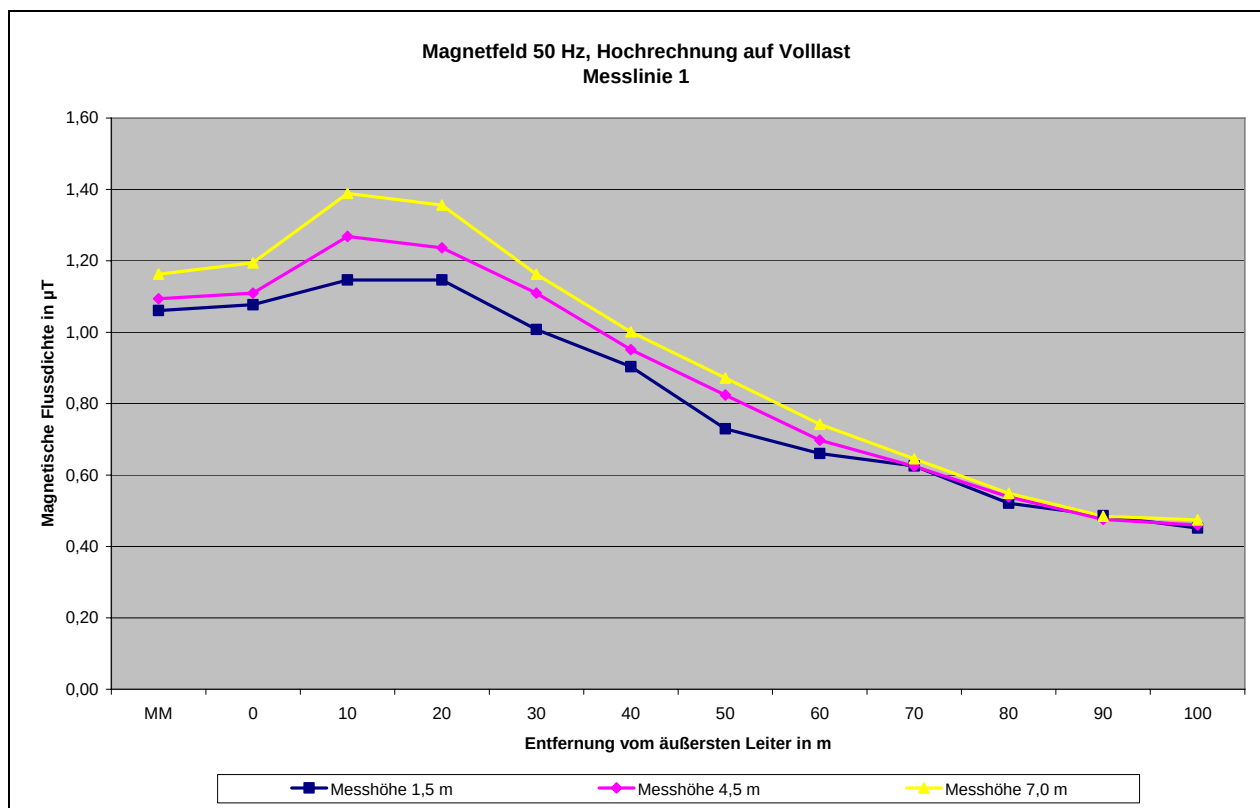
Abstand/m	MM	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vollast/ μ T	1,06	1,08	1,15	1,15	1,01	0,90	0,73	0,66	0,63	0,52	0,49	0,45

Messhöhe 4,5 m

Abstand/m	MM	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vollast/ μ T	1,09	1,11	1,27	1,24	1,11	0,95	0,82	0,70	0,62	0,54	0,48	0,46

Messhöhe 7,0 m

Abstand/m	MM	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vollast/ μ T	1,16	1,19	1,39	1,36	1,16	1,00	0,87	0,74	0,65	0,55	0,48	0,47



Der Anlagegrenzwert der schweizer NISV von 1 μ T, der gleichzeitig dem Spitzenwert der Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg entspricht, wird für die Messhöhe 1,5 m in ca. 30 m Entfernung erreicht, für die Messhöhen 4,5 m und 7,0 m in ca. 40 m Entfernung.

Der TCO-Richtwert von 0,2 μ T wird an allen Messpunkten überschritten.

Messlinie 2, abseits der Trassen Hochgerechnet auf Vollast

Relevante Leitungen in Trassennähe:

Eller Ost, Itterbach Ost, Hülberg Nord, St. Peter Nord, Oerkhaus Ost, Hülberg Süd

Die Hochrechnungsfaktoren für diese Vielzahl von Leitungen bewegen sich individuell zwischen 1,67 (Itterbach Ost) und 4,52 (Eller Ost), mit einem Schwerpunkt um ca. 3. Da nur mit einem gemeinsamen Faktor hochgerechnet werden kann, wird hier ein Faktor von 3,2 angesetzt.

Messhöhe 1,5 m

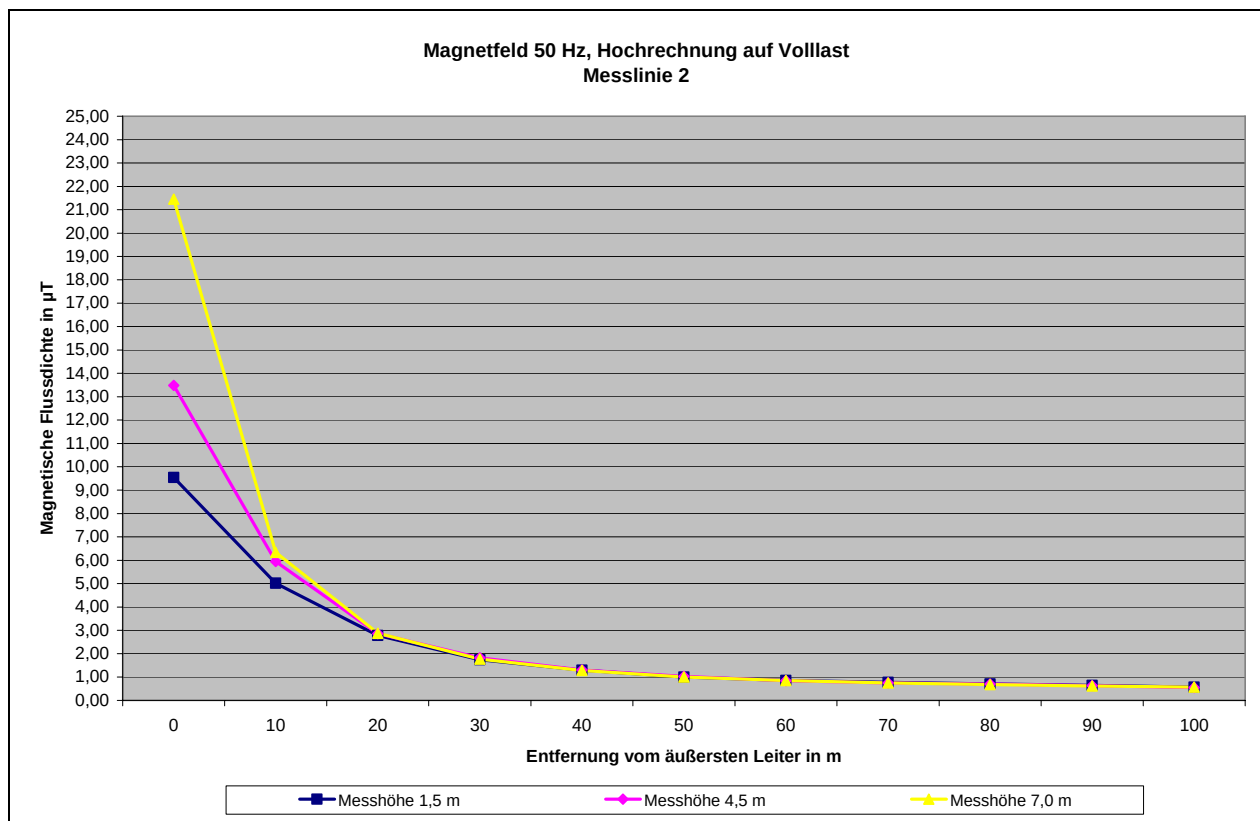
Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vollast/ μ T	9,54	5,02	2,78	1,74	1,30	1,00	0,86	0,77	0,70	0,65	0,57

Messhöhe 4,5 m

Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vollast/ μ T	13,48	5,95	2,86	1,82	1,30	1,03	0,84	0,75	0,70	0,63	0,55

Messhöhe 7,0 m

Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Vollast/ μ T	21,45	6,34	2,87	1,77	1,28	1,01	0,85	0,75	0,68	0,62	0,57



Der Anlagegrenzwert der schweizer NISV von 1 μ T, der gleichzeitig dem Spitzenwert der Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg entspricht, wird für alle drei Messhöhen in ca. 50 m Entfernung erreicht.

Der TCO-Richtwert von 0,2 μ T wird an allen Messpunkten überschritten.

Messlinie 2, unterhalb der Leitungen Hochgerechnet auf Vollast

Relevante Leitungen:

Eller Ost, Itterbach Ost, Hülsberg Nord, St. Peter Nord, Oerkhaus Ost, Hülsberg Süd

Es wurden die nachfolgend aufgeführten, pro Messpunkt individuellen Hochrechnungsfaktoren angesetzt, da man sich bei diesen Messpunkten recht nahe an den Quellen befindet.

Messhöhe 1,5 m

Hochrechnungsfaktor:

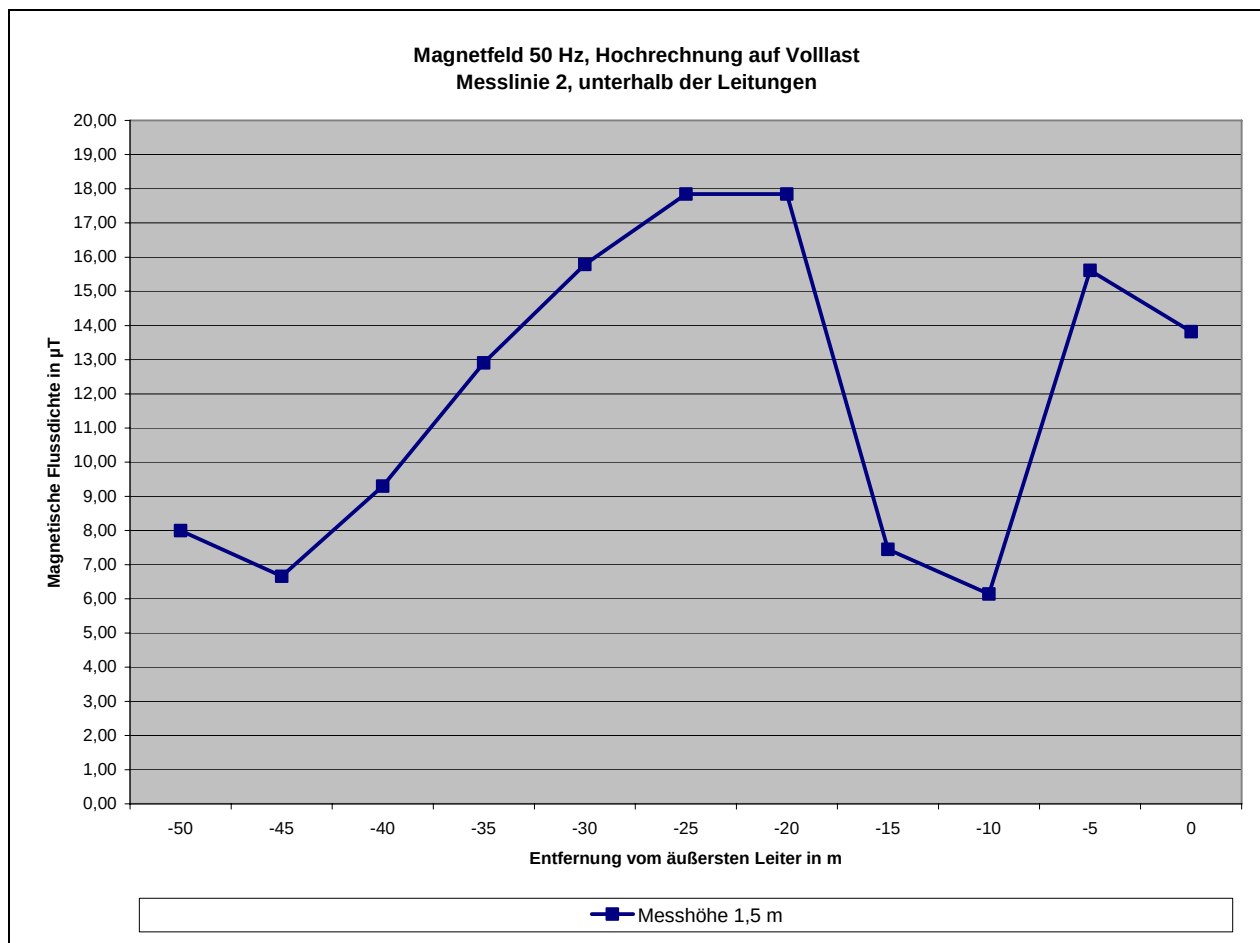
3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	1,67	1,67	4,52	4,52
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Abstand/m

-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	---

Vollast/ μ T

8,00	6,66	9,30	12,90	15,79	17,85	17,85	7,45	6,14	15,61	13,82
------	------	------	-------	-------	-------	-------	------	------	-------	-------



Der Anlagegrenzwert der schweizer NISV von 1 μ T, der gleichzeitig dem Spitzenwert der Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg entspricht, wird an allen Messpunkten deutlich überschritten.

Der TCO-Richtwert von 0,2 μ T wird an allen Messpunkten erheblich überschritten.

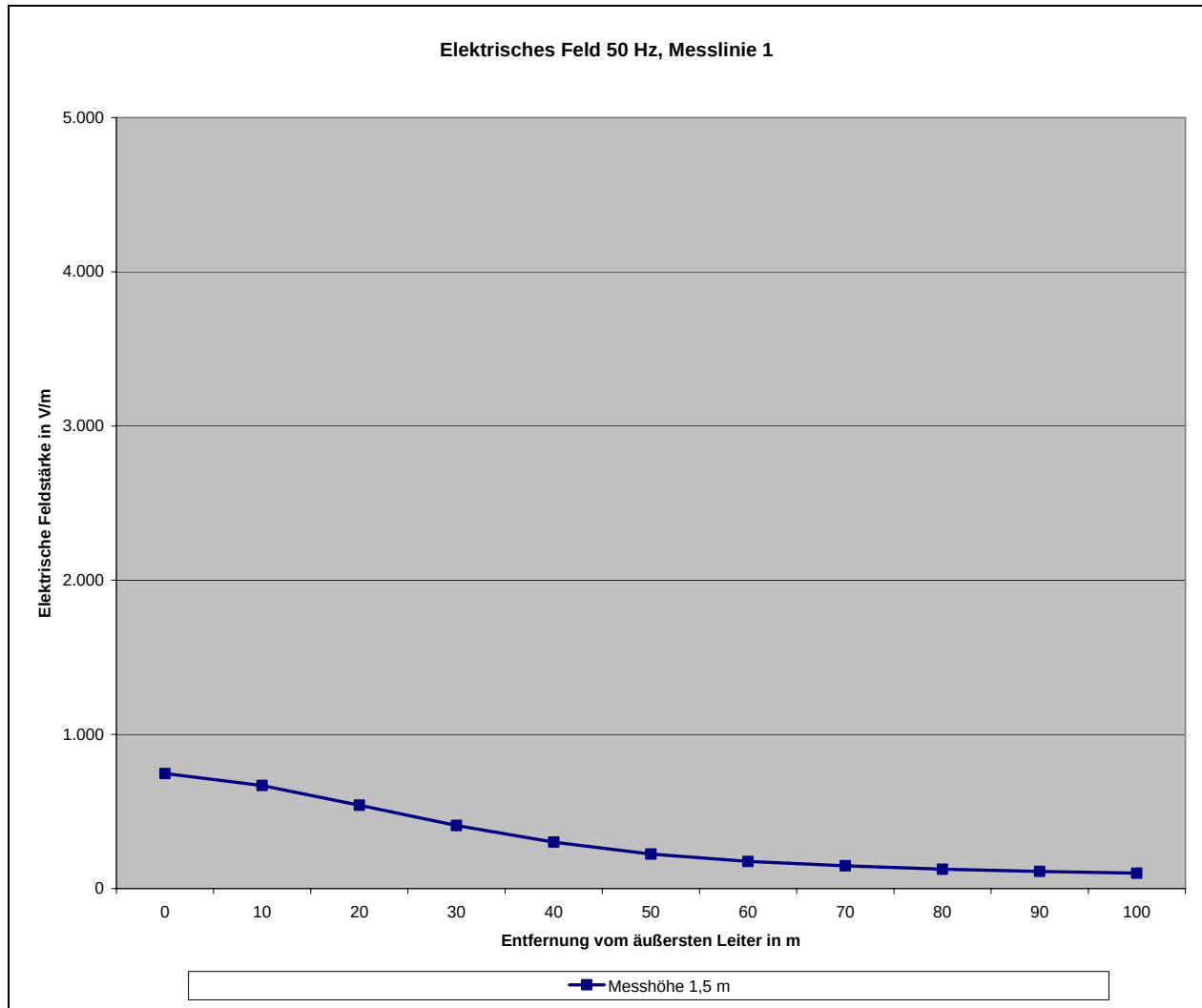
3.2 Elektrische Wechselfelder

Die Messungen erfolgten mit der Filtereinstellung 30 Hz - 2 kHz. Hierdurch werden die 16,7Hz-Felder der Bahnstromversorgung ausgeblendet, Oberschwingungen von 50 Hz werden aber mit erfasst.

Messlinie 1, abseits der Trasse

Relevante Leitungen in Trassennähe: St. Peter Nord, Frimmersdorf 6f

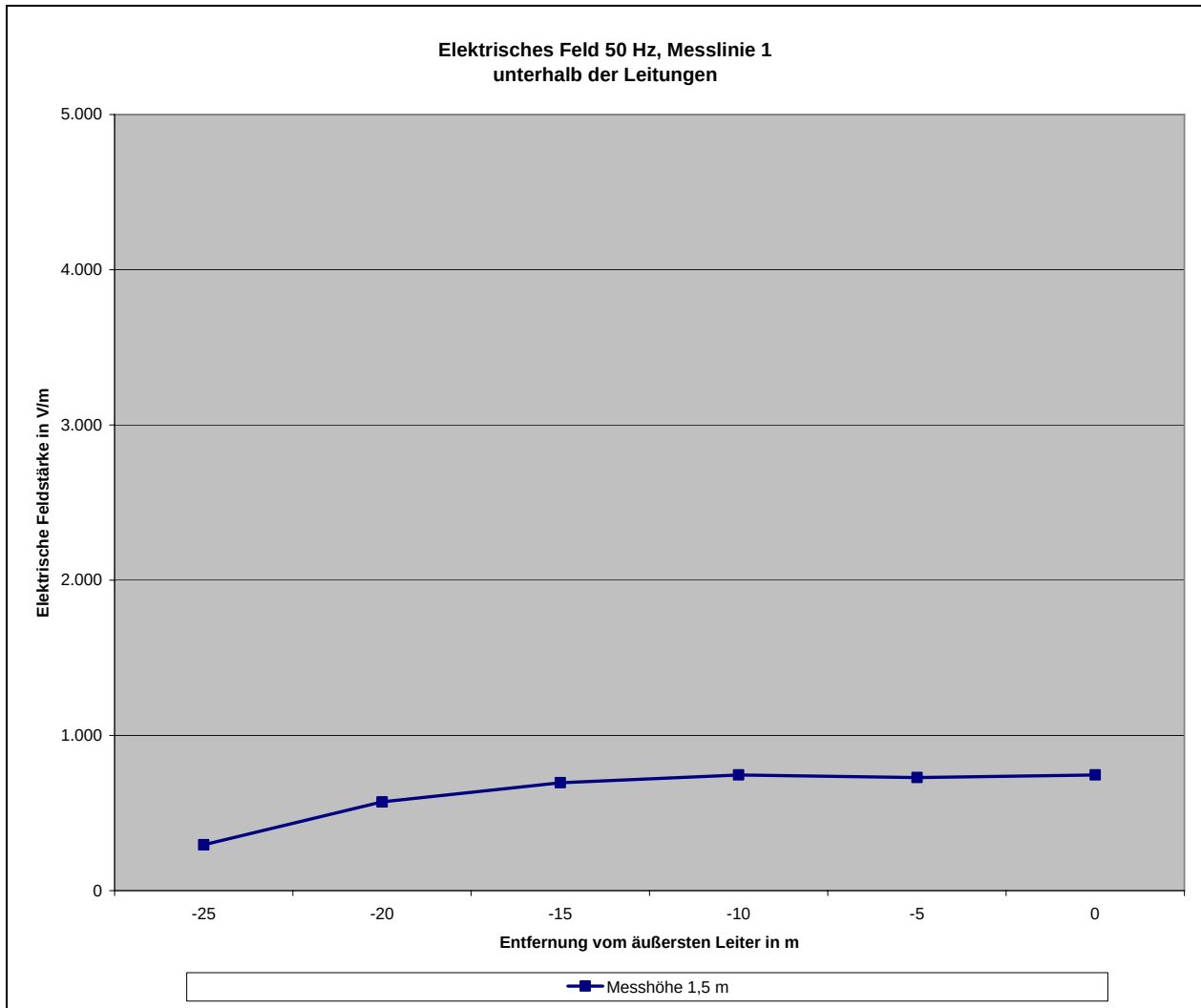
Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert V/m	746	668	540	408	301	224	176	148	126	111	100



Messlinie 1, unterhalb der Leitungen

Relevante Leitungen: St. Peter Nord, Frimmersdorf 6f

Abstand/m	-25	-20	-15	-10	-5	0
Messwert / V/m	296	572	695	745	729	746

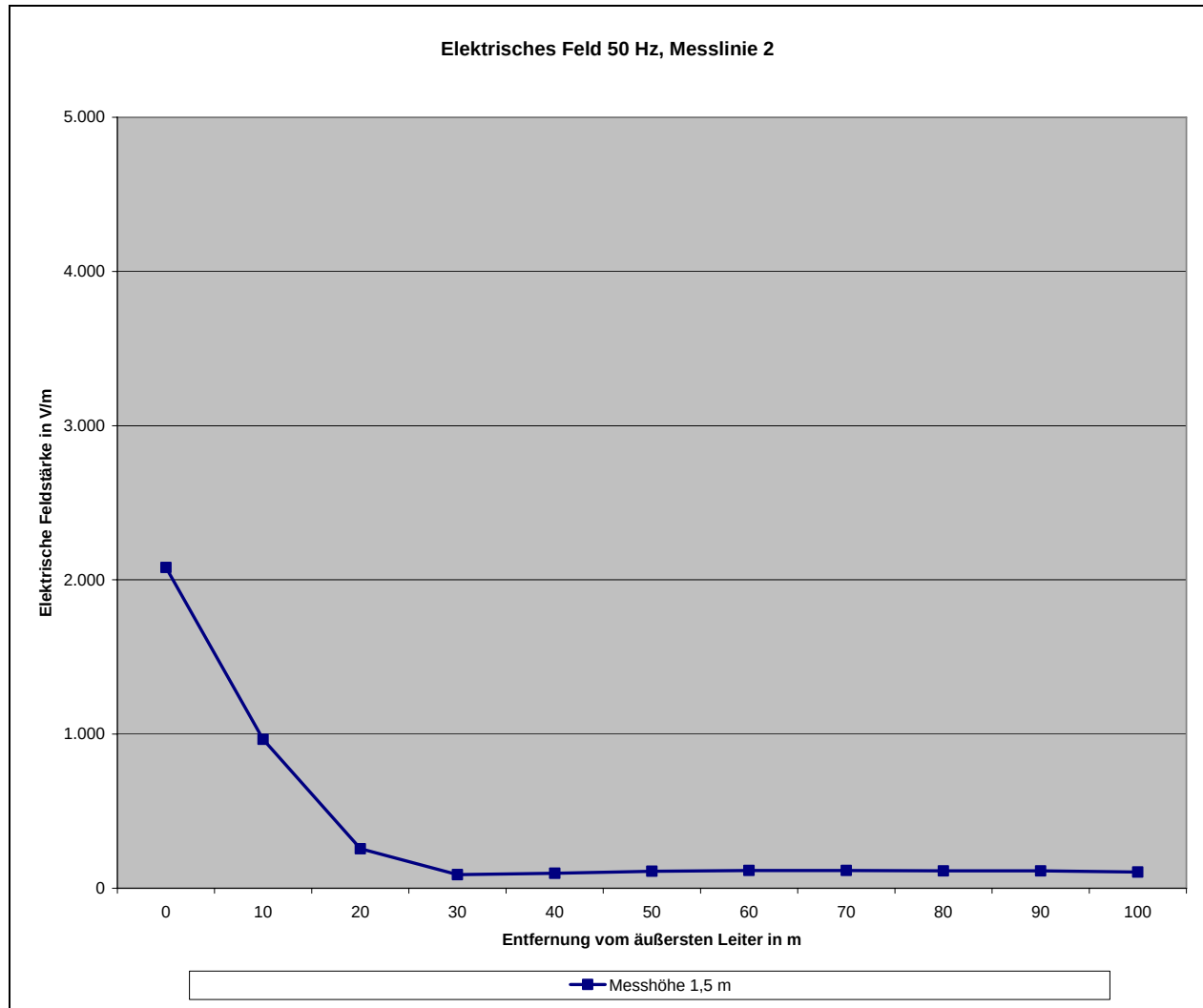


Messlinie 2, abseits der Trassen

Relevante Leitungen in Trassennähe:

Eller Ost, Itterbach Ost, Hülberg Nord, St. Peter Nord, Oerkhaus Ost, Hülberg Süd

Abstand/m	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Messwert V/m	2.080	966	256	88	97	110	115	115	113	113	105

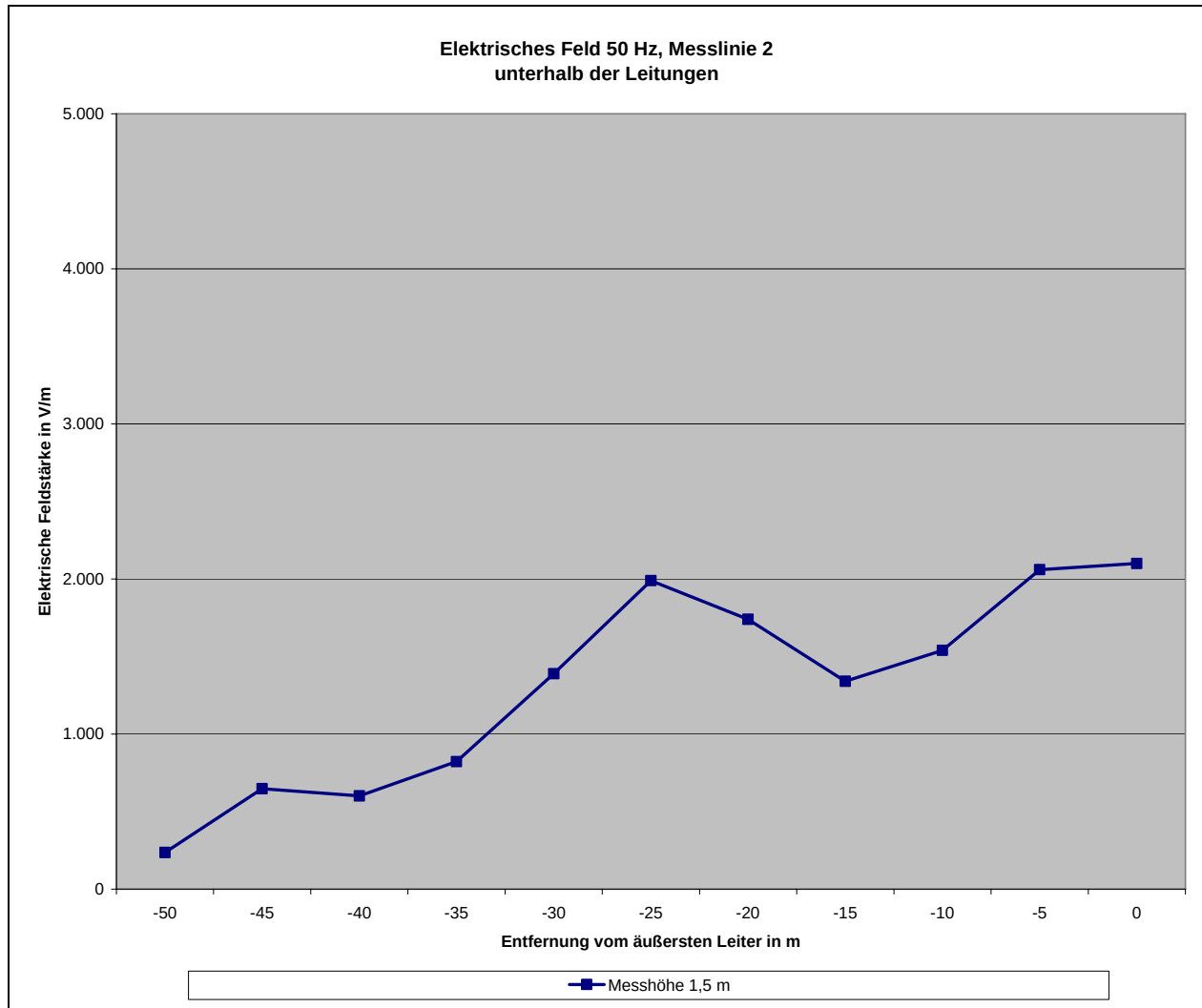


Messlinie 2, unterhalb der Leitungen

Relevante Leitungen:

Eller Ost, Itterbach Ost, Hülberg Nord, St. Peter Nord, Oerkhaus Ost, Hülberg Süd

Abstand/m	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Messwert / V/m	237	648	602	823	1.390	1.990	1.740	1.340	1.540	2.060	2.100



4 Bewertung der Messergebnisse

4.1 Magnetische und elektrische Felder 16,7 Hz (Bahnstromversorgung)

Gegenüber den 50Hz-Immissionen sind die 16,7Hz-Immissionen der Bahnstromversorgung zu vernachlässigen. Dies gilt sowohl für die magnetischen als auch für die elektrischen Felder. Die Grenzwerte der 26. BImSchV von 300 μT bzw. 10.000 V/m (vgl. Kap. 6.2) werden an allen Messpunkten weit unterschritten.

4.2 Magnetische Wechselfelder 50 Hz

Bewertung der Messergebnisse gemäß 26. BImSchV

Der Grenzwert der 26. BImSchV für magnetische Wechselfelder der Frequenz 50 Hz beträgt 100 μT (vgl. Kap. 6.2). Dieser Wert wird auch bei Hochrechnung auf Vollast der Leitungen an allen Messpunkten unterschritten, sowohl abseits der Hochspannungstrassen als auch unterhalb der Leitungen.

Die höchsten magnetischen Felder treten unterhalb der Leitungen auf.

Bewertung der Messergebnisse gemäß Anlagegrenzwert der Schweizer NISV und Spitzenwert der Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg

Der Anlagegrenzwert der schweizer NISV beträgt 1 μT bei Vollausslastung (vgl. Kap. 6.3) ebenso wie der Spitzenwert der Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg (vgl. Kap. 6.5).

Messlinie 1 (Hochrechnungsfaktor 3,12)

Der Wert von 1 μT wird für die Messhöhe 1,5 m in ca. 30 m Entfernung erreicht, für die Messhöhen 4,5 m und 7,0 m in ca. 40 m Entfernung.

Messlinie 2, abseits der Trassen (Hochrechnungsfaktor 3,2)

Der Wert von 1 μT wird für alle drei Messhöhen in ca. 50 m Entfernung erreicht.

Messlinie 2, abseits der Trassen (individuelle Hochrechnungsfaktoren)

Der Wert von 1 μT wird an allen Messpunkten deutlich überschritten.

Bewertung der Messergebnisse gemäß TCO-Richtlinie

Die Richtwertempfehlung der TCO für emissionsarme Bürogeräte liegt bei 0,2 μT (vgl. Kap. 6.4). Dieser Wert wird an allen Messpunkten überschritten.

4.3 Elektrische Wechselfelder 50 Hz

Alle gemessenen elektrischen Felder liegen unterhalb von 5.000 V/m und damit unterhalb des Grenzwertes der 26. BImSchV (vgl. Kap. 6.2).

Die höchsten elektrischen Felder treten unterhalb der Leitungen auf und erreichen auf Messlinie 1 Werte bis ca. 750 V/m, auf Messlinie 2 Werte bis 2.100 V/m. Die Luftfeuchtigkeit lag während der Messungen im Bereich von 51 - 55 % r.F. Bei niedrigerer relativer Luftfeuchte sind höhere elektrische Feldstärken zu erwarten.

Die Richtwertempfehlung der TCO für emissionsarme Bürogeräte liegt bei 10 V/m (vgl. Kap. 6.4). Dieser Wert wird an allen Messpunkten erheblich überschritten.

Die Anlagegrenzwerte der schweizer NISV (Kap. 6.3) und die Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg (Kap. 6.5) beinhalten keine Werte für elektrische Wechselfelder.

5 Messverfahren und Messgeräte

5.1 Messung niederfrequenter magnetischer Wechselfelder

Bei niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern wird als Messgröße die magnetische Flussdichte betrachtet. Diese hat die physikalische Maßeinheit Vs/m². Üblicherweise wird für 1 Vs/m² die Bezeichnung Tesla [T] verwendet (benannt nach dem Physiker Nikola Tesla). In der Messpraxis geläufige Bruchteile eines Tesla sind Mikrottesla [$1 \mu\text{T} = 10^{-6} \text{T}$] und Nanotesla [$1 \text{nT} = 10^{-9} \text{T} = 10^{-3} \mu\text{T}$].

Die eingesetzten Messsysteme beruhen auf dem Induktionseffekt. In einer Leiterschleife, die von einer sich zeitlich ändernden magnetischen Flussdichte durchsetzt wird, wird eine elektrische Spannung induziert, deren Höhe von der Intensität, der Richtung und der Änderungsgeschwindigkeit des Feldes (Frequenz) sowie der Größe der Leiterschleifenfläche abhängt. Den mathematischen Zusammenhang beschreibt das Induktionsgesetz. Die Erfassung des Magnetfeldes erfolgt über drei orthogonal angeordnete Sensorspulen, mit denen die drei Raumkomponenten (x, y, z) der magnetischen Flussdichte gleichzeitig jede für sich gemessen werden. Die aus den orthogonalen Komponenten resultierende Gesamtflussdichte wird von der Auswerteeinheit des Gerätes als quadratische Summe berechnet und angezeigt. Auf diese Weise erhält man eine von der Ausrichtung der Sensorspulen im Magnetfeld unabhängige (isotrope) Messwertanzeige. Gemessen wird der Effektivwert (RMS: Root Mean Square).

Eine Auswerteeinheit führt die Messsignalverarbeitung und -speicherung durch. Über eine Reihe von wählbaren Filtern lassen sich gewünschte Frequenzbereiche selektieren. Mittels Notebook mit Anzeigeprogramm und Glasfaserleitung (Fernausslesung) lässt sich das Messergebnis auch über eine Distanz von mehreren Metern ablesen (z.B. wenn die Messsonde sich in größerer Höhe befindet und die messende Person am Boden).

5.2 Messverfahren niederfrequenter elektrischer Wechselfelder

Immissions-Messungen niederfrequenter elektrischer Wechselfelder werden mit einem potentialfreien Messverfahren durchgeführt. Bei potentialfreien E-Feld-Messgeräten ist die Feldsonde nicht mit dem Erd- oder einem sonstigen Potential verbunden. Der Anschluss der Feldsonde an die Auswerteeinheit erfolgt per Glasfaserleitung (Lichtwellenleiter). Die Messungen erfolgen auf einem nicht-metallischen Stativ. Durch diese Maßnahmen wird erreicht, dass das am Messpunkt vorhandene elektrische Feld durch die Messeinrichtung nur unwesentlich beeinflusst wird.

Der E-Feld-Sensor des verwendeten Feldanalysatorsystems EFA-3 (Narda Safety Test Solutions) ist würfelförmig und verfügt über drei Plattenpaare, mit denen die drei orthogonalen Komponenten (x, y, z) des elektrischen Feldes gleichzeitig jede für sich gemessen werden. Die aus den orthogonalen Komponenten resultierende Gesamtfeldstärke (Ersatzfeldstärke) wird von der Auswerteeinheit als quadratische Summe berechnet und angezeigt. Gemessen wird der Effektivwert (RMS: Root Mean Square). Der Messaufbau entspricht DIN VDE 0848 und BGV B11.

An der Auswerteeinheit lassen sich über eine Reihe von wählbaren Filtern gewünschte Frequenzbereiche selektieren. Zur Orientierung über die Oberwellenhaltigkeit des untersuchten Magnetfeldes werden Messungen mit verschiedenen Filtereinstellungen durchgeführt. Je breitbandiger das Filter ist, um so höher liegt die untere Nachweisgrenze aufgrund des mit der Bandbreite steigenden Eigenrauschens des Messgerätes.

5.3 Verwendete Messgeräte und Messtoleranz

Narda Safety Test Solutions E/M-Feldanalysatorsystem EFA-3, 5 Hz - 30 kHz, SNr. E-0063

Narda Safety Test Solutions 3D-E-Feld-Sonde zu EFA-3, 5 Hz - 30 kHz, SNr. G-0023

Narda Safety Test Solutions Präzisions-B-Feldsonde BN 2245/90.10 zu EFA-3, 5 Hz - 30 kHz,
A = 100 cm², SNr. E-0017.

Die Feldsonde besteht aus einer konzentrischen, dreidimensionalen Spulenanordnung mit Spulenflächen von je 100 cm² und entspricht den Anforderungen der DIN VDE 0848 und der BGV B11.

Merkel Messtechnik Mlog3D Magnetfeld-Datenlogger, isotrop, 16,7 Hz und 50 - 2.000 Hz;
Messwertspeicherung alle 2 Sekunden, SNr. 371 (Messlinie 1) und 237 (Messlinie 2)

Die Messgeräte sind von den Herstellern mit einer Messtoleranz von max. $\pm 10\%$ spezifiziert.

Alle Messgeräte unterliegen regelmäßigen Maßnahmen der Qualitätssicherung mit Funktionstests, Gerätevergleichen, Ringmessungen und Kalibrierungen.

6 Bewertungsgrundlagen

6.1 Übersicht über internationale Grenz- und Vorsorgewerte

Staat/Organisation	Grenz-/Vorsorgewert Niederfrequenz 50Hz	
	Elektrische Feldstärke	Magnetische Flussdichte
26. BImSchV ¹⁾ , ICNIRP ²⁾	5.000 V/m	100,0 µT
Schweizer NISV ³⁾	-	1,0 µT
TCO ⁴⁾	10 V/m	0,2 µT
Landessanitätsdirektion Mittelwert	-	0,1 µT
Salzburg Spitzenwert	-	1,0 µT

¹⁾ 26. BImSchV: Deutsche **26. Verordnung** zur Durchführung des **Bundes-Immissionsschutzgesetzes** (Verordnung über elektromagnetische Felder) vom 16.12.1996

²⁾ ICNIRP: **International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection** (Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung); privater Verein mit Sitz in München. Die Referenzwerte der ICNIRP sind aus den thermischen Wirkungen der elektromagnetischen Felder abgeleitet und bilden die Basis für die meisten gesetzlichen Grenzwerte in Westeuropa.

³⁾ NISV: **Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung** vom 23.12.1999

⁴⁾ TCO: **Tjänstemännens Central Organisation** (Dachverband der schwedischen Angestelltengewerkschaft), TCO-Richtlinie für strahlungsarme Computermonitore, Faxgeräte, Kopierer und PC-Drucker

6.2 26. BImSchV und ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

Anmerkung:

Die Grenzwerte der 26. BImSchV sind identisch mit den ICNIRP-Referenzwerten für die Exposition der Bevölkerung. (ICNIRP: *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Internationale Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung*)

Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16.12.1996

„Aufgrund des § 23 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S. 880), der zuletzt durch Artikel 1 Nr. 13 des Gesetzes vom 9. Oktober 1996 (BGBl. I S. 1498) geändert worden ist, verordnet die Bundesregierung nach Anhörung der beteiligten Kreise:

§1 Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen und Niederfrequenzanlagen nach Absatz 2, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden und nicht einer Genehmigung nach § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes bedürfen. Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektromagnetische Felder. Die Verordnung berücksichtigt nicht die Wirkungen elektromagnetischer Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate.

(2) Im Sinne dieser Verordnung sind:

1. Hochfrequenzanlagen:

ortsfixe Sendefunkanlagen mit einer Sendeleistung von 10 Watt EIRP (äquivalente isotrope Strah-

lungsleistung) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 Megahertz bis 300.000 Megahertz erzeugen,

2. Niederfrequenzanlagen:

folgende ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität:

- a) Freileitungen und Erdkabel mit einer Frequenz von 50 Hertz und einer Spannung von 1.000 Volt oder mehr,
- b) Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen einschließlich der Umspann- und Schaltanlagen mit einer Frequenz von $16\frac{2}{3}$ Hertz oder 50 Hertz,
- c) Elektroumspannanlagen einschließlich der Schaltfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz und einer Oberspannung von 1.000 Volt oder mehr.

§ 2 Hochfrequenzanlagen

...

§ 3 Niederfrequenzanlagen

Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Niederfrequenzanlagen so zu errichten und zu 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 Niederfrequenzanlagen die im Anhang 2 bestimmten Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flußdichte nicht überschritten werden. Dabei bleiben außer Betracht

1. kurzzeitige Überschreitungen der in Satz 1 angegebenen Werte um nicht mehr als 100 vom Hundert, deren Dauer insgesamt nicht mehr als 5 vom Hundert eines Beurteilungszeitraums von einem Tag ausmacht,
2. kleinräumige Überschreitungen der in Satz 1 angegebenen Werte der elektrischen Feldstärke um nicht mehr als 100 vom Hundert außerhalb von Gebäuden,

soweit nicht im Einzelfall hinreichende Anhaltspunkte für insbesondere durch Berührungsspannungen hervorgerufene Belästigungen bestehen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer für die Nachbarschaft unzumutbar sind.

§ 4 Anforderungen zur Vorsorge

Zum Zwecke der Vorsorge haben bei der Errichtung oder wesentlichen Änderung von Niederfrequenzanlagen in der Nähe von Wohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten, Kinderhorten, Spielplätzen oder ähnlichen Einrichtungen in diesen Gebäuden oder auf diesen Grundstücken abweichend von § 3 Satz 2 Nr. 1 und 2 auch die maximalen Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flußdichte den Anforderungen nach § 3 Satz 1 zu entsprechen.

§ 5 Ermittlung der Feldstärke- und Flußdichtewerte

Meßgeräte, Meß- und Berechnungsverfahren, die bei der Ermittlung der elektrischen und magnetischen Feldstärke und magnetischen Flußdichte einschließlich der Berücksichtigung der vorhandenen Immissionen eingesetzt werden, müssen dem Stand der Meß- und Berechnungstechnik entsprechen. Soweit anwendbar sind die Meß- und Berechnungsverfahren des Normentwurfs DIN VDE 0848 Teil 1, Ausgabe Mai 1995, einzusetzen, der bei der VDE-Verlag GmbH oder der Beuth Verlag GmbH, beide Berlin, zu beziehen und beim Deutschen Patentamt archivmäßig gesichert niedergelegt ist. Messungen sind am Einwirkungsort mit der jeweils stärksten Exposition durchzuführen, an dem mit einem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen gerechnet werden muß. Sie sind nicht erforderlich, wenn die Einhaltung der Grenzwerte durch Berechnungsverfahren festgestellt werden kann.

§ 6 Weitergehende Anforderungen

Weitergehende Anforderungen aufgrund anderer Rechtsvorschriften, insbesondere von Rechtsvorschriften zur elektromagnetischen Verträglichkeit und des Telekommunikationsrechts, bleiben unberührt.

§ 7 Anzeige

...

§ 8 Zulassung von Ausnahmen

...

§ 9 Ordnungswidrigkeiten

...

§ 10 Übergangsvorschriften

(1) Die vorbereitenden Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen bei Anlagen, die vor Inkrafttreten dieser Verordnung errichtet wurden, müssen unverzüglich eingeleitet werden.

(2) Die Anforderungen der §§ 2 und 3 sind bei Anlagen, die vor Inkrafttreten dieser Verordnung errichtet wurden, nach Ablauf von drei Jahren seit Inkrafttreten dieser Verordnung einzuhalten. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall anordnen, daß die Anforderungen abweichend von Satz 1 bei wesentlichen Überschreitungen bereits zu einem früheren Zeitpunkt zu erfüllen sind.

(3) Kann die Nachrüstung einer Anlage, die vor Inkrafttreten dieser Verordnung errichtet wurde, aus Gründen, die der Anlagenbetreiber nicht zu vertreten hat, vor Ablauf der in Absatz 2 Satz 1 genannten Frist nicht abgeschlossen werden, so kann die zuständige Behörde eine Ausnahme zulassen; die Ausnahme ist zu befristen.

§ 11 Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am ersten Tage des auf die Verkündung folgenden Kalendermonats in Kraft.“

...

Anhang 2 (zu § 3)

Niederfrequenzanlagen

Frequenz in Hertz [Hz]	Effektivwert der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flußdichte	
	elektrische Feldstärke in Volt pro Meter [V/m]	magnetische Flußdichte in Mikrottesla [µT]
50 Hz	5.000	100
16 ² /3 Hz	10.000	300

[Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I Nr. 66, ausgegeben zu Bonn am 20. Dezember 1996]

6.3 Schweizer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) vom 23. Dezember 1999

„Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)

Um die Bevölkerung vor Elektromog zu schützen, hat der Bundesrat die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) erlassen. Diese Verordnung ist seit dem 1. Februar 2000 in Kraft und begrenzt die nichtionisierende Strahlung, die von ortsfesten Anlagen ausgeht (z.B. Hochspannungsleitungen, Mobilfunk- oder Rundfunksender). Nicht in den Geltungsbereich der NISV fallen hingegen elektrische Geräte wie Mobiltelefone, Schnurlos-Telefone, Mikrowellenöfen, Fernsehapparate oder Radiowecker. Denn für die Begrenzung der Strahlung solcher Geräte sind internationale, technische Vorschriften nötig, welche die Schweiz nicht im Alleingang erlassen kann.

Immissionsgrenzwerte: Schutz vor bekannten Gesundheitsrisiken

Der Bundesrat hat in der NISV international angewendete Grenzwerte als so genannte Immissionsgrenzwerte übernommen. Diese schützen mit ausreichender Sicherheit vor den wissenschaftlich allgemein anerkannten Gesundheitsauswirkungen nichtionisierender Strahlung. Die Immissionsgrenzwerte

begrenzen die gesamte niederfrequente und die gesamte hochfrequente Strahlung, die an einem Ort vorhanden ist. Sie müssen überall eingehalten sein, wo sich Menschen – auch nur kurzfristig – aufhalten können. In der Schweiz ist dies in der Regel problemlos möglich.

Anlagegrenzwerte: vorsorgliche Verminderung der Langzeitbelastung

Nun gibt es jedoch Hinweise auf biologische Auswirkungen im Dosisbereich unterhalb der Immissionsgrenzwerte. Über diese Wirkungen (insbesondere Langzeitwirkungen) ist sich die Wissenschaft zur Zeit noch nicht im Klaren. Die Forschung ist gefordert, hier für mehr Erkenntnisse zu sorgen.

Beim Erlass der NISV wollte der Bundesrat jedoch nicht abwarten, bis die Wissenschaft die gewünschten Antworten liefert. Das Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes verlangt nämlich, dass die Belastung grundsätzlich niedrig sein soll, so niedrig, wie es technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Der Bundesrat hat deshalb – basierend auf dem Vorsorgeprinzip des Umweltschutzgesetzes – zusätzlich noch die strengeren Anlagegrenzwerte festgelegt, mit denen vor allem die Langzeitbelastung niedrig gehalten wird.

Die **Anlagegrenzwerte** liegen deutlich unterhalb der Immissionsgrenzwerte: für Mobilfunkanlagen rund 10-mal, für neue Hochspannungsleitungen sogar 100-mal. Sie gelten für die Strahlung einer einzelnen Anlage und müssen dort eingehalten werden, wo sich Menschen längere Zeit aufhalten (z.B. in Wohnungen, Schulen, Spitälern, Büros, auf Kinderspielflächen u.a.) ¹⁾. Die Schweiz verfügt damit für diese Orte über eine der strengsten rechtsverbindlichen Regelungen weltweit.

Angesichts der unklaren Risikolage bei den Gesundheitsauswirkungen bilden allerdings auch diese strengen Anlagegrenzwerte **keine Unbedenklichkeitsgrenze**. Eine 100-prozentige Unbedenklichkeitserklärung kann heute und auch in Zukunft niemand abgeben. Dies betrifft allerdings nicht nur die Strahlungsproblematik, sondern zahlreiche Technologien. Die Abwesenheit eines Risikos lässt sich wissenschaftlich nicht beweisen. Zu vielfältig sind die Lebensvorgänge, als dass jeder denkbare biologische Effekt im Voraus untersucht werden könnte. Aber die Anlagegrenzwerte reduzieren die Langzeitbelastung und damit auch das Risiko für allfällige, heute noch nicht klar erkennbare Gesundheitsfolgen.

Kontrolle

Die Einhaltung der Grenzwerte der NISV wird durch die zuständigen Behörden des Bundes, der Kantone oder der Gemeinden kontrolliert. Bei geplanten Mobilfunkanlagen beispielsweise sind die Betreiber verpflichtet, zusammen mit dem Baugesuch ein so genanntes Standortdatenblatt einzureichen. Im Standortdatenblatt finden sich Angaben zu den Antennen, zum Beispiel die Sendeleistungen und Senderichtungen, und es wird die Strahlung in der Umgebung der Anlage berechnet. Diese Angaben und Berechnungen prüft die zuständige Behörde des Kantons oder der Gemeinde auf ihre Richtigkeit. In gewissen Fällen wird nach Inbetriebnahme der Antennen eine Abnahmemessung der Strahlung durchgeführt.

Auskünfte über einzelne Mobilfunk- und Rundfunkanlagen erteilen die kantonalen oder städtischen NIS-Fachstellen. Auskünfte über andere Anlagen (Hochspannungsleitungen, Trafostationen, Unterwerke, Eisenbahnen, Flugsicherungsanlagen) erteilen die für diese Anlagen zuständigen Bundesbehörden.

Forschung

Selbstverständlich müssen die Auswirkungen von nichtionisierender Strahlung auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Mensch und Tier weiter untersucht werden. Aufwändige Forschungsprojekte dazu sind im In- und Ausland angelaufen und werden vom Bundesrat unterstützt. Als Umweltfachstelle des Bundes verfolgt das BUWAL entsprechende Forschungsergebnisse aufmerksam, gibt eigene Studien in Auftrag und veröffentlicht von Zeit zu Zeit Berichte über den aktuellen Kenntnisstand.“

¹⁾ Von dieser Verpflichtung ausgenommen sind alte Hochspannungsleitungen und alte Eisenbahnanlagen. Für diese schreibt die NISV nicht einen Anlagegrenzwert, sondern konkrete technische Sanierungsmassnahmen vor.

[Quelle: www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_nis/vorschriften/nisv/index.html]

Der Anlagegrenzwert

- begrenzt die von einer Anlage allein erzeugte Strahlung; für die Beurteilung, ob der Anlagegrenzwert eingehalten ist, werden nur die von der Anlage selbst erzeugten Felder berücksichtigt,
- muss nicht überall, sondern nur an Orten mit empfindlicher Nutzung eingehalten werden,
- soll allfällige Gesundheitsrisiken, über die sich die Wissenschaft zur Zeit noch nicht im Klaren ist (insbesondere Langzeitwirkungen), im Sinne der Vorsorge so weit begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)

Bei den Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) handelt es sich:

- um Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmäßig während längerer Zeit aufhalten. Dazu gehören insbesondere Wohnräume, Schulzimmer, Spitäler und Altersheime sowie Arbeitsplätze, an denen sich die Arbeitnehmer vorwiegend aufhalten wie z.B. Büros.
- um raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielplätze, und
- um diejenigen Flächen von unüberbauten Grundstücken, auf denen die vorstehend erwähnten Nutzungen zugelassen sind.“

NISV-Anlagegrenzwerte

Hochspannungsleitungen

Der Anlagegrenzwert für Hochspannungsleitungen (allgemeine Stromversorgung 50 Hz und Stromversorgung von Eisenbahnen $16\frac{2}{3}$ Hz). Massgebend ist der Effektivwert der magnetischen Flussdichte.

Einen Anlagegrenzwert für die elektrische Feldstärke legt die NISV nicht fest.

Anlagegrenzwert Hochspannungsleitungen 50 Hz und $16\frac{2}{3}$ Hz	
Magnetische Flussdichte	1 Mikrottesla (μT) bei gleichzeitigem Betrieb aller Leitungsstränge, wobei jeder Leitungsstrang mit dem thermischen Grenzstrom in der am häufigsten vorkommenden Lastflussrichtung betrieben wird.

Der gleiche Anlagegrenzwert von 1 μ T gilt auch für

- Unterwerke und Schaltanlagen auf der Hochspannungsebene sowie für
- Transformatorenstationen zur Transformation von Hoch- auf Niederspannung (230 V) einschliesslich der Niederspannungsverbindungen und des Niederspannungsverteilers.

Massgeblicher Betriebszustand ist jeweils der Betrieb mit Nennleistung.

Eisenbahn-Fahrleitungen

Anlagegrenzwert für mit Wechselstrom betriebene Bahnen	
Magnetische Flussdichte	1 Mikrottesla (μT) - gemessen als Mittelwert während 24 Stunden - bei fahrplanmässigem Betrieb mit Personen- und Güterzügen

[Quelle: www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_nis/vorschriften/nisv/grenzwerte/index.html]

Der Originaltext der NISV steht zum Download zur Verfügung unter: www.admin.ch/ch/d/sr/c814_710.html

Ein erläuternder Bericht zur NISV findet sich unter:

www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/nis/vorschriften/1.pdf

6.4 TCO-Richtlinie für strahlungsarme Bürogeräte

TCO: (Tjänstemännens Central Organisation):

TCO 92 (1992), TCO 95 (1995), TCO 99 (1999), TCO 03 (2003)

Diese Richtlinie definiert zulässige Emissionen für Computermonitore und weitere Bürogeräte, wie Faxgeräte, Kopierer und PC-Drucker, die mit dem Prädikat "strahlungsarm gemäß TCO" ausgezeichnet werden dürfen.

TCO (Tjänstemännens Central Organisation), der Dachverband der schwedischen Angestelltengewerkschaft mit Sitz in Stockholm, hat die weltweit strengsten Richtlinien für die technischen Eigenschaften von Computermonitoren herausgegeben, bekannt als Normen TCO 92 (aus dem Jahre 1992), TCO 95 (aus dem Jahre 1995), TCO 99 (aus dem Jahre 1999) und TCO 03 (aus dem Jahre 2003).

Die TCO-Richtlinien berücksichtigen eine Vielzahl von Gesichtspunkten der Ökologie, Energie, Ergonomie und der Emissionen. Hier werden im Folgenden lediglich die Richtwerte für maximal zulässige Emissionen elektrischer und magnetischer Felder betrachtet. Die hierzu gehörigen Richtwerte von TCO 95, TCO 99 und TCO 03 sind gleich, jedoch wurden bei der TCO 99 die Messbedingungen verschärft. Seit 1999 gibt es auch eine entsprechende Richtlinie für Faxgeräte, Kopierer und PC-Drucker, die die gleichen Richtwerte zu Feldemissionen enthält wie für Computermonitore.

„Die Richtwerte der TCO gehen davon aus, daß elektromagnetische Felder soweit gesenkt werden sollten, wie es technisch möglich ist, um die Belastung des Benutzers zu minimieren. ...

Die TCO-Richtwerte können als hygienische Grenzwerte betrachtet werden. ...

Es muß noch viel Forschungsarbeit geleistet werden, bevor die biologischen Auswirkungen vollkommen bekannt sind. Bis zum Vorliegen eindeutiger Forschungsergebnisse ist es wichtig, alle möglichen Schritte zu unternehmen, die Exposition durch elektrische und magnetische Felder auf ein Mindestmaß zu reduzieren.“

[aus der TCO-Richtlinie für Computermonitore]

TCO 95 / TCO 99		
Elektrostatistische Oberflächenspannung	± 500 V	
Frequenzbereich	Band 1 5 Hz - 2 kHz	Band 2 2 kHz - 400 kHz
Elektrische Feldstärke ¹⁾	10 V/m	1 V/m
Magnetische Flussdichte	200 nT = 0,2 µT	25 nT = 0,025 µT
Messabstand	30 cm	

¹⁾ Erdpotentialbezogene E-Feld-Messung mittels genau spezifizierter Tellersonde mit großem Abschirmring, der ebenfalls auf Erdpotential liegt.

Die TCO-Richtlinie definiert Richtwerte und Messverfahren für Emissionsmessungen an Bürogeräten in definiertem Abstand mit einer einzigen Feldquelle im ansonsten feldarmen Raum. Wendet man die TCO-Richtwerte auf Immissionsmessungen an, so ergibt sich folgendes Problem:

An einem Bürogerät führen Emissionsmessungen zu zeitlich konstanten Messwerten oder allenfalls zu unterschiedlichen Messwerten in definierten Stufen (z.B. Drucker oder Kopierer im Standby und im Druck-/Kopierbetrieb).

Typisch für Immissionsmessungen von magnetischen Wechselfeldern sind aber mehr oder weniger starke zeitliche Schwankungen. Hier hat der Beurteilende zu entscheiden, ob er zur Bewertung der Immissionssituation den zeitlichen Mittelwert, den Maximalwert oder eine andere statistische Größe, wie beispielsweise das 95. Perzentil, heranzieht.

6.5 Empfehlungen der Landessanitätsdirektion Salzburg

Die Landessanitätsdirektion Salzburg empfiehlt, dass bei niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern der Mittelwert 100 nT und der Maximalwert 1.000 nT nicht überschreiten sollte.

„Richtwertmodelle wie das der ICNIRP, die nur auf Reizwirkungen beruhen und zwischenzeitlich nachgewiesene Langzeiteffekte nicht umfassen, können den erwarteten und erforderlichen Schutz der individuellen und öffentlichen Gesundheit nicht sicherstellen. Auch sind Vorsorgeüberlegungen, die 1999 zum gesetzlichen Schweizer Grenzwert von 1 µT (1000 nT) führten, überholt, da die Basis des Schweizer Grenzwertes der ICNIRP-Richtwert von 100 µT war bzw. ist und der Wert von 1 µT (1000 nT) einfach durch eine Reduktion auf 1/100 dieses Richtwertes erfolgte – also ohne entsprechende Datenbasis, die zwischenzeitlich als „substantial body of evidence“ gegeben ist.

Daher sind Beurteilungen nach dem ICNIRP-Richtwert von 100 µT oder dem Schweizer Grenzwert von 1 µT (1000 nT) nach der heute vorliegenden wissenschaftlichen Evidenz für Langzeitwirkungen ohne jegliche Relevanz. Eine medizinische Beurteilung, die diese Evidenz ignoriert, beurteilt nicht nach dem Stand des medizinischen Wissens.

...

Die epidemiologische Forschung hat in einer Vielzahl von Studien eine Risikoerhöhung in Zusammenhang mit erhöhten Expositionen beobachten können. Bias, Confounding oder Zufall können dieses Risikomuster, das bei unterschiedlichen Studien in unterschiedlichen Populationen gefunden wurde, nicht plausibel erklären. Die epidemiologische Evidenz bekommt nun zusätzliche Unterstützung durch den Nachweis von Chromosomenbrüchen in vitro und in vivo sowie von Brustkrebs bei Ratten im DMBA-Modell. Die gegenwärtig verfügbare Wirkungsevidenz weist unter anderem ein erhöhtes Leukämierisiko bei Werten von 0,2 (200 nT) und 0,3 µT (300 nT) sowie in einzelnen Arbeiten auch darunter nach. In einem ersten Ansatz wird daher die Begrenzung der Gesamtimmission durch magnetische Wechselfelder jedenfalls auf **0,1 µT (100 nT)** bezogen auf einen gleitenden 8-Stunden-Mittelwert vorgeschlagen. Der gleitende 8-Stunden-Mittelwert soll Daueraufenthalte wie etwa Schlaf- und Arbeitszeiten berücksichtigen.

...

Die Beurteilung des **Spitzenwertes** erfolgt auf Basis der vorliegenden prospektiven Kohortenstudie (Li et al. 2002) und der darin angeführten Analyse nach Decillen mit **1 µT (1000 nT)**. Dieser Beurteilungswert sollte zumindest in Daueraufenthaltsbereichen nicht überschritten werden.“

[Quelle: Oberfeld, Gerd: Prüfkatalog des Fachbereiches Umweltmedizin für das Vorhaben 380 kV Freileitung von St. Peter a. H. zum Umspannwerk Salzach Neu (Salzburgleitung) der Verbund-Austrian Power Grid AG vom 27. Februar 2006, S. 140-141; www.380kv-ade.at/aktuelles/oberfeld.htm]

6.6 Biologische Wirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern

Eine Übersicht über zurzeit diskutierte biologische Wirkungen von niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern ist in dem Beitrag:

„Umweltmedizinische Beurteilung elektromagnetischer Felder“
(Autor: Dr. med. Gerd Oberfeld)

auf der Internetseite:

www.baubiologie.net/literatur-und-presse/veroeffentlichungen/elektrosmog/elektrosmog-allgemein
zu finden.

Es handelt sich hierbei um ein Skript aus dem Diplomkurs Umweltmedizin der Österreichischen Ärztekammer (ÖÄK).

Mönchengladbach, 06.08.2010



Dr.-Ing. Martin H. Virnich



Dipl.-Ing. (FH) Caren Virnich

Ende des Gutachtens
