



Funkstörungssuche

in der Praxis

Störersuche in der Praxis

Autor: Dipl.-Ing. Gerhard Seifried, Tübingen
Redaktion: Dipl.-Ing. Burkhard Braach, Reutlingen
© 2016
Ausgabe 1, 2016/03

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstr. 7
72793 Pfullingen, Germany
Phone: +49 7121-97 32-0
Fax: +49 7121-97 32-790
E-Mail: info.narda-de@L-3com.com
www.narda-sts.com

NSTS 03/16 D0320A

Das Lexikon ist urheberrechtlich geschützt.
Dieses Copyright liegt bei Narda Safety Test Solutions GmbH.
Die digitale Version des Lexikons ist nur zur internen Verwendung gedacht.
Es darf nicht an Dritte weitergegeben werden, nicht vervielfältigt noch gedruckt werden.

Inhalt

Vorwort	7	4 Herausforderungen an den Messempfänger	23	7 Vorgehensweise	37	9.2.3 Abhilfen	70
1 Nutz- und Störsignale	8	4.1 Niedrige Feldstärken	23	7.1 Grundsätzlicher Ablauf	37	9.3 Intermodulationen	70
1.1 Voraussetzungen für das Auftreten einer Störung	8	4.2 Unregelmäßige Aussendungen	24	7.2 Wahl von Peilorten	37	9.3.1 Beispiel DECT	70
1.1.1 Frequenz	8	4.3 Mehrere Sender auf einer Frequenz	25	7.3 Besonderheiten	38	9.3.2 Beispiel LTE	73
1.1.2 Amplitude	8	4.4 Mobil arbeitende Sender	25	7.3.1 Geleitete Ausbreitung	38	9.3.3 Erkennen der Ursachen und Abhilfen	74
1.1.3 Störabstand	9	5 Geeignete Messwert-aufnehmer	26	7.3.2 Gestrahlte Ausbreitung	39	10 Taktisches Vorgehen	75
1.1.4 Zeitkorrelation	9	5.1 Antennen	26	7.3.3 Suche im Gebäude	40	10.1 Methoden und Möglichkeiten ..	75
1.1.5 Ort	9	5.1.1 Rahmenantenne	26	8 Peilübungen	42	10.2 Bewegte Sender peilen („Fuchsjagd“)	76
1.2 Nutz- und Störsignale trennen ..	9	5.1.2 Kombination aus Loop- und Dipol-Antenne	27	8.1 Presets erstellen	42	10.3 Zufällige und sporadische Aussendungen peilen	77
1.2.1 Indizien für ein Nutzsignal	10	5.1.3 Antenne aus zwei Dipolen	28	8.1.1 Antennen-Presets	42	10.4 Lange Aussendungen peilen ..	77
1.2.2 Indizien für ein Störsignal	10	5.1.4 LogPer-Antenne	28	8.1.2 Funkdienste	42	10.5 Kurze Aussendungen peilen ..	78
1.3 Signale einordnen	10	5.1.5 Antennen als Filter	29	8.2 Feldverteilung ermitteln	43	10.6 Aussendungen im Time Division Multiplex peilen	80
1.3.1 Einordnung nach Signaldauer ..	11	5.2 Tastköpfe	31	8.2.1 UKW-Sender	43	10.7 Mehrere Aussendungen auf einer oder mehreren Frequenzen peilen	81
1.3.2 Einordnung nach Signalbandbreite	11	5.2.1 Tastkopf nach CISPR 16	31	8.2.2 GSM-Basisstation	44	10.8 GSM-Stationen peilen	82
2 Geräteeinstellungen	13	5.2.2 Aktiver Tastkopf	31	8.3 Peilen kurzzeitiger Aussendungen	45	11 Abkürzungen	86
2.1 Bandbreite	13	5.3 Sonden	31	8.3.1 Ermitteln der Richtung	46	12 Quellen und Literatur	88
2.2 Detektoren und Trace	14	5.4 Sonstiges	31	8.3.2 Kurzzeitsignale in Bändern mit hoher Belegung	47		
2.2.1 Detektor	14	6 Darstellung von Aussendungen	32	8.3.3 TV-Signale	51		
2.2.2 Trace	15	6.1 Frequenzbereichsdarstellung ..	32	8.3.4 Funkkamera im Gebäude	53		
2.3 Attenuator und Preamplifier ..	16	6.2 Zeitbereichsdarstellung	33	8.3.5 TETRA-Signale	53		
3 Umgebungsbedingungen ..	17	6.2.1 Time Domain (Scope)	33	8.3.6 DVB-T-Signale	55		
3.1 Freiraum-Ausbreitung	18	6.2.2 Level Meter	34	8.3.7 DAB-Signale	56		
3.2 Ausbreitung im realen Gelände	18	6.2.3 Direction Finding	34	8.3.8 Schaltnetzteile	58		
3.2.1 Sonderfall Waldgebiet	20	6.3 Besondere Darstellungsformen ..	35	9 Grundfertigkeiten der Signalerkennung	62		
3.3 Geleitete Ausbreitung	21	6.3.1 Klassisches Spektrogramm	35	9.1 GSM	62		
3.3.1 Ausbreitungsmedium	21	6.3.2 High Resolution Spectrogram (I/Q-Analyse)	35	9.1.1 GSM Uplink	63		
3.3.2 Sonderfall Magnetfeld-Störungen	22			9.1.2 GSM Downlink	65		

Liebe Leserin, lieber Leser

im Einzugsbereich eines Funkempfängers gibt es nach Untersuchungen von Fernmeldebehörden mehrere tausend potenzielle Störquellen unterschiedlichster Art. Die Störungen können „über die Luft“, die Stromversorgung, das Gehäuse oder andere „Schlupflöcher“ in den Empfänger eindringen und dort Probleme verursachen. Damit sind unzählige Nutz-Stör-Kombinationen möglich, die den Rahmen selbst größerer Abhandlungen sprengen würden.

Die vorliegende Arbeit erhebt deshalb keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern richtet sich an der Messpraxis aus. Auch die Erklärungen einiger grundsätzlicher Zusammenhänge sind mit Mess-Tipps versehen, gekennzeichnet durch blaue Dreiecke. Dabei wird hauptsächlich auf Eigenschaften des Interference and Direction Analyzers IDA von Narda Safety Test Solutions hingewiesen; die Beispiele im Übungsteil sind auch an diesem Gerät ausgerichtet. Die Hinweise können sinngemäß auch auf die meisten Messempfänger und Spektrumanalysatoren übertragen werden.

Die ausgewählten Messbeispiele stammen aus dem Alltag. Störungsfreie Nutzsignale sind grundsätzlich so dargestellt, wie sie im Feld vorkommen. Die Darstellungen lassen sich also zum Vergleich mit eigenen Messungen heranziehen. Außerdem werden einige typische Störungen gezeigt. Teilweise wurden sie durch Einspeisen über ein T-Stück in der Antennenleitung simuliert, um sie reproduzierbar zu machen und die Umgebung nicht zu stören.

„Störersuche in der Praxis“ baut auf dem „Taschenlexikon der Störersuche“ auf. Um Details in den zahlreichen Screenshots besser erkennen zu können, haben wir hier ein größeres Format gewählt.

Wir wünschen Ihnen bei der Störersuche viel Erfolg!

Ihr Team bei Narda Test Solutions

Frühjahr 2016

1 Nutz- und Störsignale

Grundsätzlich kann jedes Nutzsignal auch als Störer auftreten. „Nutzsignal“ ist – auf den jeweiligen Fall bezogen – das zu schützende Signal, das durch ein „Störsignal“ unzumutbar beeinträchtigt wird (zumutbare Störung siehe [1]). Beispiele:

- Benachbarte Mobilfunkstation erzeugt im Lautsprecher kurze, häufige Brummtöne.
- Wenn der Bus vorbeifährt, zeigt der Fernseher ein starkes Moiré.
- Flugfunkverkehr stört das Küchenradio in der Einflugschneise.

1.1 Voraussetzungen für das Auftreten einer Störung

Nicht jedes Störsignal verursacht eine Störung. Nur beim Zusammentreffen bestimmter Bedingungen treten Störungen auf.

1.1.1 Frequenz

Die Frequenzen von Nutz- und Störsignal müssen so liegen, dass eine Störung möglich ist. Hier eine – nicht vollständige – Liste von Bedingungen:

- Störfrequenz liegt im Nutzfrequenzband
- Störfrequenz liegt spiefrequent zum Nutzfrequenzband
- Störfrequenz ist eine Ober/Nebenwelle einer Aussendung, deren Grundfrequenz weitab liegt
- Störfrequenz entsteht erst im Empfänger durch Übersteuerung
- Störfrequenz entsteht durch Intermodulation nahe der Empfangsantenne
- Störfrequenz liegt nicht im Nutzfrequenzband, aber im Durchlassbereich des betroffenen Empfängers

▶ Gedanklich alle Möglichkeiten „durchspielen“.

1.1.2 Amplitude

Die Störaussendung muss am Empfangsort stark genug sein, um das Nutzsignal zu beeinflussen. Beispiel:

- Ein schwingender Antennenverstärker erzeugt auf dem Dach sehr kräftige Signale. Auf der Straße ist davon nur wenig zu messen.

▶ Gelegentlich ist also der Einfluss mehrerer schwacher Signale abzuklären, bevor man das störrrelevante identifizieren kann.

1.1.3 Störabstand

Nur Nutzsignale mit den sog. Nutzfeldstärken (nach ITU u. a.) können sinnvoll geschützt werden. Störungsfrei wird der Empfang erst, wenn an der Antenne das Nutzsignal einen bestimmten Amplitudenabstand vom Störsignal hat.

War das nötige Nutz-/Stör-Verhältnis (S/N) bei AM- und FM-Signalen noch einfach zu benennen, so hängt im Digitalzeitalter der erforderliche Abstand auch von der Kombination der aufeinandertreffenden Modulationsarten ab.

▶ Für eine erste Einschätzung der Störrelevanz kann man folgende Abstände ansetzen: AM 40 dB, FM 30 dB, digital gegen digital 20 dB (RMS).

1.1.4 Zeitkorrelation

Während bei den analogen Funkdiensten Ursache und Wirkung gleichzeitig auftreten, muss das im Digitalen nicht der Fall sein. Durch Fehlerkorrektur und Datenverarbeitung können Effekte verdeckt oder zeitlich verschleppt werden.

▶ In der I/Q-Darstellung können die Effekte dagegen zeitkorreliert analysiert werden – hier gibt es keine Laufzeiten d.h. Ursache und Wirkung sind sofort erkennbar.

1.1.5 Ort

Vor allem niederfrequente Störer können über weite Strecken verschleppt werden und auf dem letzten Meter z. B. vom Stromnetz auf die Antenne überspringen. Wichtig ist ihr Vorhandensein am Empfangsort.

▶ Schwache Störer vom Empfangsort aus verfolgen.

1.2 Nutz- und Störsignale trennen

Die Trennung von Nutz- und Störsignalen ist umso schwieriger, je komplexer die Modulationsverfahren und die dynamische Zuweisung von Frequenzen werden. Dennoch lassen sich einige Regeln aufstellen.

Korrelierende Signale stammen aus einer Quelle. Ist die Messbandbreite kleiner als die Signalbandbreite, so steigt der gemessene Pegel bei Verdoppelung der Messbandbreite um 6 dB. Rauschen korreliert nicht; bei Verdoppelung der Messbandbreite steigt der gemessene Pegel um 3 dB.

- ▶ Mit der Auflösungsbandbreite „spielen“, bis man ein korreliertes Signal unter dem Rauschen sieht.
- ▶ Die meisten Digitalsignale sind rauschähnlich. Hier ändert sich also der gemessene Pegel nur um 3 dB, wenn man die Messbandbreite um den Faktor 2 ändert.

2 Geräteeinstellungen

2.1 Bandbreite

Zu unterscheiden sind die Kanalbandbreite (CBW), mit der der Messempfänger einen Ausschnitt aus dem Frequenzspektrum erfasst, und die Auflösungsbandbreite (RBW), mit der der Messempfänger das Spektrum z. B. innerhalb der Kanalbandbreite auflöst.

CBW, Channel Bandwidth. Die Kanalfilter sind meistens sog. Raised Cosine Filter mit steilen kosinusförmigen Flanken, die eine hohe Kanaltrennung bieten. Das wird mit relativ langer Einschwingzeit und damit eventueller Verflachung der Anstiegsflanken im Zeitbereich erkauft.

RBW, Resolution Bandwidth. Für die Auflösung innerhalb des Spektrums nutzt man meistens gaußförmige Filter, die schnell einschwingen, aber geringere Flankensteilheit aufweisen. Dadurch ist die Pegelmessung kurzer Ereignisse präziser, aber das Übersprechen von benachbarten Frequenzen stärker – der sog. Nebenempfang.

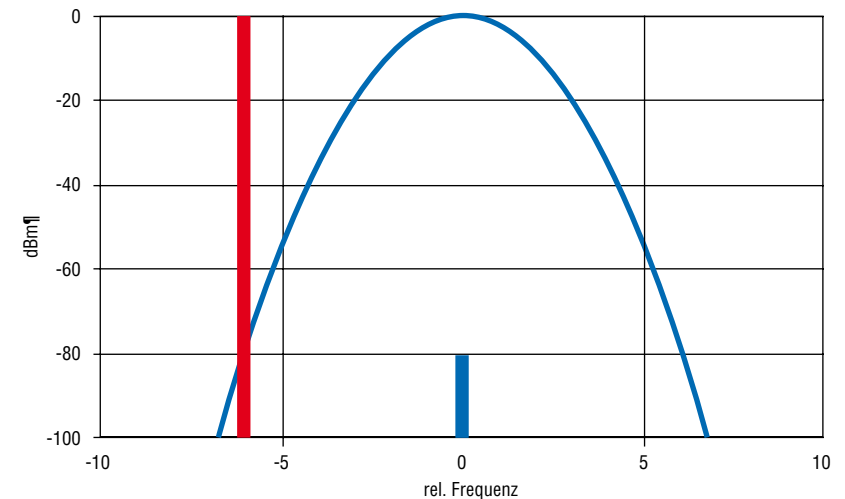


Bild 1: Beispiel eines Nebenempfangs

Bild 1 zeigt schematisch das Entstehen eines Nebenempfangs. Der blaue Träger hat einen Pegel von -80 dBm. Er durchläuft das Filter ungedämpft. Der rote Träger hat einen Pegel von 0 dBm. Er wird durch das Filter um 80 dB gedämpft, verursacht also eine gleich hohe Anzeige wie der blaue Träger.

- ▶ Verschieben des Filters um eine Einheit nach rechts reduziert den gemessenen Pegel des blauen Trägers um 3 dB, den des roten um 20 dB: Ein „Trick“, um den Nebenempfang zu reduzieren. Besonders wirksam bei steilen Kanalfiltern.

Regeln:

- ▶ RBW-Filter eignen sich für schnelle, pegelgetreue Analysen.
- ▶ CBW-Filter eignen sich besser für die Peilarbeit, wenn eine deutliche Selektion von den Nachbarfrequenzen erforderlich ist.
- ▶ Enge Bandbreite reduziert das Rauschen, während die Pegel von Dauersignalen konstant bleiben.
- ▶ Weite Bandbreite holt Pulse aus dem „Rauschsumpf“.

2.2 Detektoren und Trace

2.2.1 Detektor

Der Detektor fasst die vielen Messwerte innerhalb einer Messzeit zu einem repräsentativen Wert zusammen. Damit kann er helfen, zusammen mit der Bandbreite Nutz- und Störsignale messtechnisch besser voneinander zu trennen. Bei Mittelungen hat die Mittelungszeit einen zusätzlichen Einfluss.

PEAK zeigt den höchsten Wert an. Reagiert auf jeden Puls, verdeckt regelmäßig schwächere Signale.

AVG zeigt den arithmetischen Mittelwert der Messwerte an (Spannungsmittelung). Reduziert die Anzeige von Pulsen erheblich, so dass länger dauernde Signale deutlicher hervortreten.

RMS zeigt den quadratischen Mittelwert der Messwerte (Leistungsmittelung). Digitale Aussendungen entsprechen meistens einem Schmalbandrauschen und sind auf konstante Leistung ausgelegt, zeigen sich mit dem RMS-Detektor also als konstanter Wert. Für Pulse ähnliche Eigenschaften wie AVG.

QP (Quasi-Peak) ist ein Spezialdetektor nach CISPR16 [2] zur bewerteten Messung von Pulsstörungen. Sinnvoll, wenn alle CISPR-Bedingungen (Bandbreite, Anzeigezeitkonstante, Übersteuerungsfestigkeit usw.) erfüllt sind. Die Regel, „was in PEAK nicht ist, kann in QP nicht sein“ hilft oft in der Praxis, lässt sich aber oft nicht für belastbare Grenzwertaussagen verwenden.

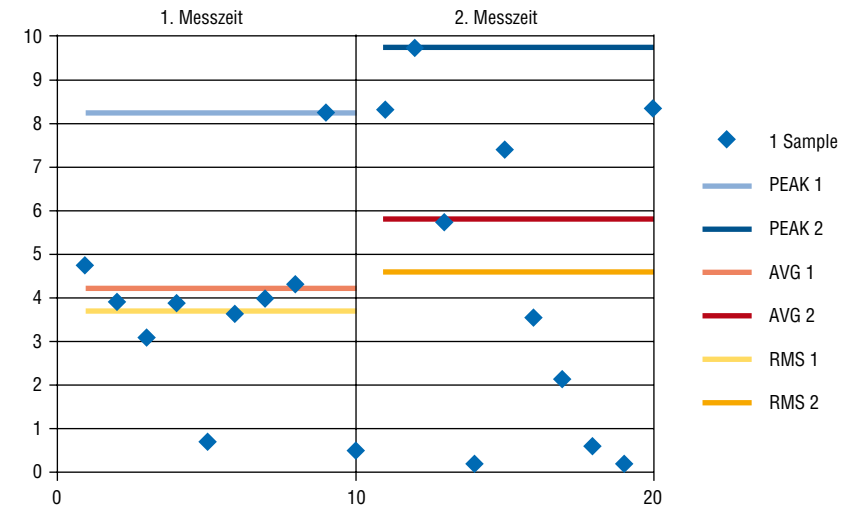


Bild 2: Beispiele für Messwertbildungen aus je 10 Einzelmesswerten (Samples)

Regeln:

- ▶ PEAK betont schmale Pulse.
- ▶ RMS behandelt Rauschen und Digitalsignale gleich.
- ▶ QP ist nicht höher als PEAK.

2.2.2 Trace

Trace bezeichnet die Schreibspur auf dem Display. Nach jedem Durchlauf bestimmt die Trace-Funktion, wie die folgende Darstellung aufgebaut wird. Trace ist die pixelweise Zusammenfassung von mehreren Durchläufen.

Actual (CLRW, Clear/Write) schreibt bei jedem Durchlauf die Kurve neu.

MaxHold schreibt das jeweils höhere Pixel und behält es bei.

MinHold schreibt das jeweils niedrigere Pixel und behält es bei.

AVG nach CISPR 16 [2] ist eine pixelweise Spannungsmittelung über eine wählbare Zahl von Durchläufen.

AvG (IDA) ist eine pixelweise Leistungsmittelung über eine wählbare Zahl von Durchläufen.

- ▶ Trace-Funktionen können bei der Analyse sehr hilfreich sein, bergen aber immer die Gefahr, dass Signale verdeckt werden.

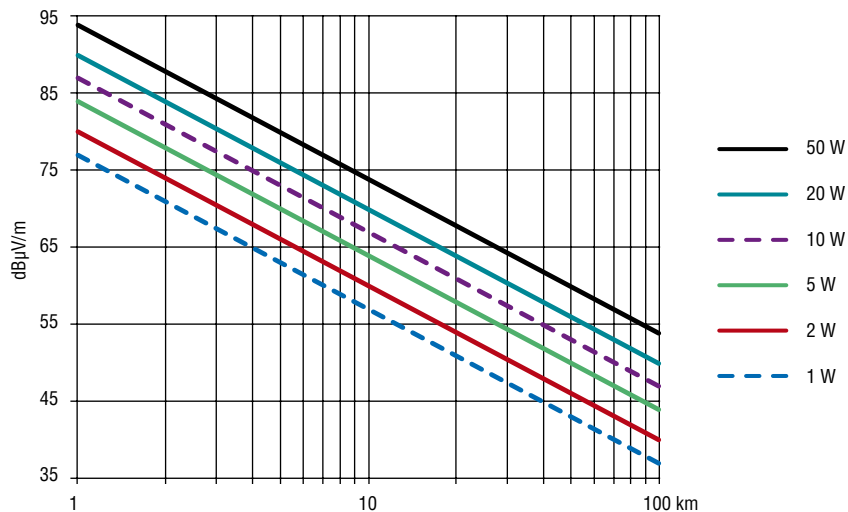


Bild 3: Freiraum-Ausbreitung

Dieses Diagramm lässt sich vor allem für Vergleiche nutzen:

- Absolute Feldstärke am selben Ort. Beispiel: Ein Sender mit 1 W Leistung erzeugt in 10 km Entfernung eine Feldstärke von 57 dBµV/m, ein Sender mit 10 W Leistung 67 dBµV/m.
- ▶ Abschätzung: Welche Feldstärke kann ein Sender in einer gegebenen Entfernung vernünftigerweise aufbringen?
- Feldstärkeänderung bei Annäherung an den Sender. Beispiel: Ein Sender mit 10 Watt Leistung erzeugt in 10 km Entfernung eine Feldstärke von 67 dBµV/m, in 1 km Entfernung 87 dBµV/m.
- ▶ Ändert sich die Feldstärke bei Bewegung in Richtung des Senders um 20 dB, so hat man sich dem Sender auf 1/10 genähert – Freiraumbedingungen vorausgesetzt.

Im realen Gelände sind durch Abschattungen, Reflexionen und Änderung der Polarisierungen erhebliche Abweichungen von diesen Regeln zu erwarten. Sie können deshalb nur grobe Richtwerte liefern.

3.2 Ausbreitung im realen Gelände

ITU R stellt u. a. mit Recommendation P.370-7 [4] hilfreiche Unterlagen zur Verfügung. Diese beschreiben den Wert der Feldstärke mit den statistischen Methoden der Orts- und Zeitwahrscheinlichkeit in einer bestimmten Entfernung, und zwar für eine Nutzfeldstärke an 50 % der Orte bei 50 % Wahrscheinlichkeit (Bild 4). Für den Fall einer einzigen Aussendung lassen sich keine absoluten Werte, aber einige Regeln ableiten.

Die Reichweite einer Aussendung wird durch folgende Effekte reduziert (Reihenfolge etwa von geringem bis hohem Einfluss):

- Große Entfernung.
- Dämpfung durch unterschiedliche Polarisation von Signal und Empfangsantenne. Jede Reflexion kann die Polarisation drehen. Dämpfungen bis zu 20 dB sind nicht selten (ITU-R Report 1008-1 [6]).
- Aussendungen in bebautem Gebiet.
- Aussendungen in Wald oder Dschungel. Dämpfungen bis zu 1 dB/10 m (s. nächsten Abschnitt).
- Reflexionen und Signal können sich gegenseitig abschwächen. Dämpfungen bis zu 40 dB. Der Effekt tritt in Straßenschluchten und Tunneln auf. Beispiel: Nach 800 m Tunnel sind 10 W Sendeleistung „einfach weg“.

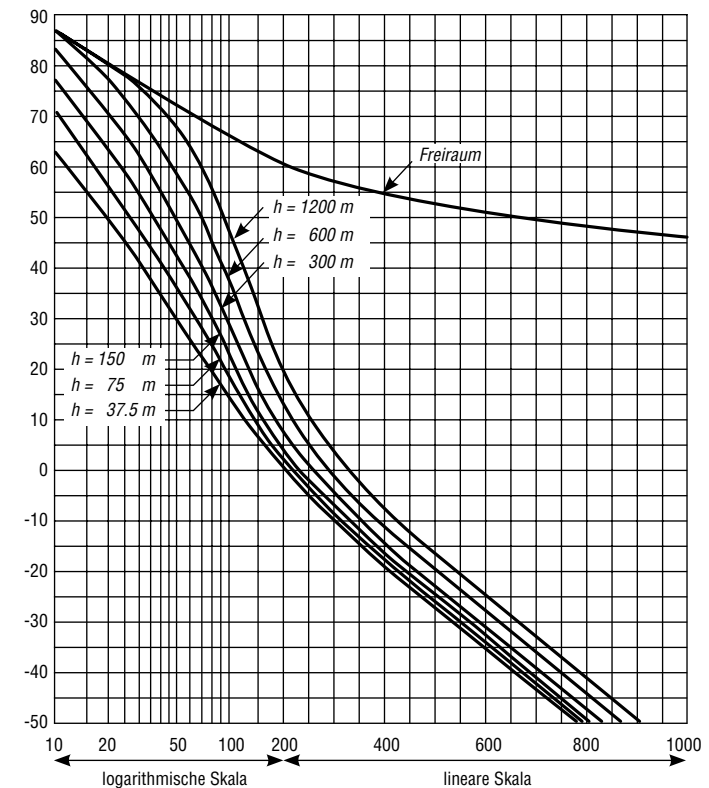


Bild 4: Feldstärken für 1 kW Sendeleistung (ERP) in Abhängigkeit von der Höhe h der Sendeantenne; Höhe der Empfangsantenne 10 m; Geländeunebenheit 50 m; Frequenzbereich 30–250 MHz. Quelle: ITU-R Recommendation P.370-7 [4]