



DARC-Service-Papier: *EMV*

## Entstörmaßnahmen bei HF-Einstrahlung

von Hajo Brandt, DJ1ZB

In ihrem einführenden Text weisen die einschlägigen Immunitätsnormen, wie die für Wohngebiete geltende Europeanorm EN50082-1, ausdrücklich darauf hin, dass die in ihr angewendeten Prüfgrößen zwar für die überwiegende Mehrzahl aller Fälle ausreichend sind, dass aber mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit doch stärkere Störgrößen auftreten können. In solchen Fällen müssten zusätzliche Abhilfemaßnahmen ergriffen werden. Nach einer Aufstellung von typischen Störgrößen in der Dokumentation IEC 1000-2-5 gehören Amateurfunkstationen mit zu den Quellen, von denen diese stärkeren Störgrößen ausgehen können.

### INHALT

- Einleitung
- Erste Diagnose zur Art der Störung
- Immunitätsprobleme
  - Leitungsgeführte Störungen
  - Direkte Einstrahlungen
- Störungen durch unerwünschte Aussendungen
- Entstehung von Oberwellen im Strahlungsfeld der Antenne



# Entstörmaßnahmen bei HF-Einstrahlung

## Einleitung

In ihrem einführenden Text weisen die einschlägigen Immunitätsnormen wie die für Wohngebiete geltende Europannorm EN50082-1 ausdrücklich darauf hin, daß die in ihr angewendeten Prüfgrößen zwar für die überwiegende Mehrzahl aller Fälle ausreichend sind, daß aber mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit doch stärkere Störgrößen auftreten können. In solchen Fällen müßten zusätzliche Abhilfemaßnahmen ergriffen werden. Nach einer Aufstellung von typischen Störgrößen in der Dokumentation IEC 1000-2-5 gehören Amateurfunkstationen mit zu den Quellen, von denen diese stärkeren Störgrößen ausgehen können.

Aufgrund einer Modellrechnung des DARC besteht in Deutschland für jedes elektrische oder elektronische Gerät eine Wahrscheinlichkeit von 1,5%, daß in einer Nachbarwohnung ein Funkamateurer wohnt und es zu Störungen kommen kann. Ob es aber tatsächlich dazu kommt, hängt von verschiedenen individuellen Bedingungen ab. Wenn Funkamateure in solchen Fällen kompetent auftreten und die Störung aufklären und beseitigen können, dürfte dies für das Ansehen unseres Hobbys nur nützlich sein.

Störungen können ihre Ursache haben in mangelnder Immunität der „Opfer“ gegenüber dem Nutzsignal oder in zu hohen unerwünschten Aussendungen der Amateurfunkstation. Die früher in Deutschland verwendeten Begriffe „Funkstörende Beeinflussungen“ und „Funkstörungen“ sind international nicht gebräuchlich und werden auch im EMVG und in jüngsten Verlautbarungen von BMPT und BAPT nicht mehr verwendet. Es ist daher heute schwierig, sich darauf abzustützen.

## Erste Diagnose zur Art der Störung

Bei Nicht-Funk-Geräten können Störungen nur infolge mangelnder Immunität auftreten. Abhilfemaßnahmen können nur am „Opfer“ getroffen werden. Bei Funkgeräten ist die Diagnose schwieriger. Ist die Störung relativ unabhängig von der Frequenz oder gar vom Frequenzband der Aussendung und ebenfalls unabhängig vom eingestellten Empfangskanal, so deutet dies ebenfalls auf ein Immunitätsproblem hin. Wird dagegen meist ein bestimmter Empfangskanal gestört und kann eine Beziehung zwischen diesem Kanal und der verwendeten Sendefrequenz gefunden werden, so dürfte es sich um eine unerwünschte Aussendung der Funkstation handeln und müßte dort behandelt werden.

Ein Sonderfall wäre eine Harmonische der Sendefrequenz, die an echten oder unbeabsichtigten Halbleitern im Nahfeld der Sendeantenne entsteht. Eine solche Störquelle zu finden und auszumerzen, setzt gute Detailkenntnisse der gesamten Umgebung der Sendeantenne und der in ihrem Bereich installierten Geräte voraus.

Aufgrund der vielen denkbaren Ursachen mußte ein erster Versuch aufgegeben werden, eine Art Fahrplan für die Entstörung in Form eines Flußdiagramms zu erstellen. Ein umfassendes Gesamtwissen der an der Störungssuche Beteiligten ist daher unabdingbar.



### Immunitätsprobleme

Die meisten Störungen, mit denen Funkamateure zu tun haben, sind die Folgen von nicht ausreichender Immunität. Es betrifft sowohl Funkgeräte als auch Nicht-Funkgeräte im Nahfeld der Amateurfunkstation. In der Art der Einwirkung unterscheidet man leitungsgeführte Störungen und direkte Einstrahlung.

#### Leitungsgeführte Störungen

Störungen, die dadurch zustande kommen, daß Nutzenergie aus dem Strahlungsfeld der Antenne von angeschlossenen Leitungen aufgenommen und in die Geräte geleitet werden, sind am häufigsten bei Kurzwellensendern anzutreffen. Die gestörten Geräte können Rundfunk- und Fernsehgeräte, Telefone, Hi-Fi-Anlagen und beliebige andere elektronische Geräte sein. Als Leitungen kommen alle hinein- und herausführenden Kabel in Betracht, die Netzleitung, NF- und Lautsprecherkabel, Steuerleitungen, die Antennenkabel von Funkgeräten, sogar Erdanschlüsse, da diese oft mit einer Drahtschleife direkt ins Innere des Gerätes führen und nicht an den Außenanschluß eines vollkommen geschirmten Gehäuses.

Zur Beseitigung von leitungsgeführten Störungen sind in die vorhandenen Kabel geeignete Drosseln einzufügen. Es ist nicht gesagt, daß nur ein Kabel von mehreren das wirklich Ausschlaggebende ist. Häufig ist ein Einströmen der Störenergie durch einige und eine Wieder-Ausströmen durch andere Kabel festzustellen (Daraus resultiert eine selten befolgte Empfehlung, alle Kabelein- und ausgänge und die zugehörigen Massen konstruktiv nahe beieinander anzuordnen, um den Strömungsweg durch das Gerät kurz zu halten). Man muß also zunächst alle Kabel verdrosseln bzw die weniger wichtigen zunächst abziehen. Bevor man so zu Werke geht, empfiehlt es sich, alle Kabel und die zugehörigen Buchsen zu kennzeichnen, da man sich sonst an fremden Geräten bald nicht mehr auskennt.

Handelsüblich sind Netzverdrosselungen, Verdrosselungen von Lautsprecherleitungen und für NF-Kleinsignal-Leitungen mit DIN-Steckern (5polig über 180 Grad). Bei anderen Kabeln müssen die Drosseln gegebenenfalls durch Einwickeln des gleichen Leitungstyps in hochpermeable Ringkerne selbst gefertigt und mit den entsprechenden Übergangssteckern versehen werden. Dies gilt vor allem für Kleinsignal-Stereo-Kabel (lassen sich gemeinsam auf einen Ringkern wickeln) mit Cinch-Steckverbindern und für Telefonleitungen, die in der neuen Technik ja auch über Steckverbinder geführt werden. Vor allem bei HiFi-Anlagen kann der Aufwand für die Verdrosselung der NF-Kleinsignal-Leitungen beträchtlich werden, da der Erfolg oft erst eintritt, wenn wirklich alle Leitungen verdrosselt sind. Nach Möglichkeit sind all diese Leitungen so kurz wie möglich zu halten; nicht benötigte Längen sind aufzurollen. Da Schaltnetzteile in Fernsehern von sich aus zur Erfüllung der Störstrahlennormen eine Netzverdrosselung benötigen, ist die Notwendigkeit einer zusätzlichen Netzverdrosselungen im Falle von Funkstörungen eindeutig rückläufig.

Gelegentlich sind auch störende Einströmungen über SCART-Kabel festzustellen, vor allem von Kurzwellensendern im Bereich 14 - 30 Mhz. Hier können geteilte Ferritringe oder -klötze helfen, die um das Kabel geklammert werden. Die kritische Einströmstelle kann am Fernseher oder auch am anderen angeschlossenen Gerät liegen. Dort sind die Ferrite zu konzentrieren. Nach Möglichkeit ist das SCART-Kabel auch hier so kurz wie möglich zu halten; eventuell genügt es, nicht benötigte Längen aufzurollen.



### Sperrfilter in Antenneneingängen

Über den Antenneneingang üblicher Empfänger kommt oft eine gemischte Störbeeinflussung zustande. Zum einen wird die Energie des Nutzsymbols auf der Außenhaut des Koaxialkabels auf die innere Massekaschierung des Gerätes geleitet und findet über den Spannungsabfall entlang der induktivitätsbehafteten Masse Bauelemente, die störeffindlich sind. Zum anderen kann sie normal zwischen Seele und Schirm in das Gerät geführt werden und die Eingangsstufe blockieren. Durch die Nutzsignale von Kurzwellensendern wird bei Fernsehern oft der VHF-Tuner blockiert, während der in der internen Antennenweiche über wenige Picofarad angekoppelte UHF-Tuner unbehelligt bleibt.

Bei Satelliten-Empfängern kann vor allem eine Blockierung des Empfanges über eine zusätzlich angeschlossene terrestrische Fernsehantenne auftreten. Im Vergleich dazu ist der Satellitentuner auch EMV-mäßig ideal aufgebaut; Störenergie, die über das Kabel von der Satellitenantenne einströmt, könnte höchstens im nachfolgenden konventionell aufgebauten Geräteteil Störungen verursachen. Abhilfe schaffen könnte dann eine Erdung des Kabels, oder man baut aus einem handelsüblichen Satellitenkabel mit nur 4 mm Außendurchmesser durch Einwickeln in einen Ringkern eine Kabeldrossel für das Satellitenkabel.

Wenn eine normale terrestrische Empfangsanlage keine Frequenzen unter 40 Mhz verwendet, ist die erste Wahl zur Unterdrückung von einströmender Kurzwellenenergie eine Mantelwellensperre. Deren interner Übertrager hat eine untere Grenzfrequenz von etwa 10 MHz. Sollte dies nicht reichen, ist zwischen Mantelwellensperre und Empfänger ein Hochpaß zu schalten, der je nach dem Frequenzbereich der Anlage eine Grenzfrequenz entsprechend dem Fernsehband I, III oder IV/V hat. Werden die Störungen durch einen UKW- oder UHF-Sender verursacht, kann das Einfügen einer Bandsperre für diese Bänder günstigere Resultate ergeben.

Zu beachten ist, daß die Mantelwellensperre stets am ankommenden Antennenkabel angeordnet ist, da sie dort die Energie von Kurzwellensendern im Kabel kurzschließt. Die Hochpässe dagegen tun dies nicht, da sie in der Regel mit einem Längskondensator anfangen und die Spannung davor je nach der Kabellänge auch ansteigen kann. Geeignete Mantelwellensperren und Hochpässe mit genormten Steckeranschlüssen sind im Handel erhältlich.

Sind leitungsgeführte Einströmungen über die Antennenzuführungen auf Mittel- und Langwelle ein Problem, benötigt man eine Kabeldrossel aus dünnem 75-Ohm-Kabel, einlagig durch einen hochpermeablen Ringkern gewickelt. Man erhält auf diese Weise eine Induktivität von 1 mH.

### Störungen von Amateurfunkgeräten durch fremde Dienste

In jüngster Zeit wird auch von zunehmenden Störungen von Amateurfunkempfängern durch neue Funkdienste berichtet, vor allem im UHF-Bereich. Besonders betroffen sind Duo-



Bänder, offensichtlich wegen ihrer knapp gehaltenen eigenen Vorselektion. Zur Abhilfe kommen entweder Bandpässe für die Amateurbänder oder eine Bandsperre für den fremden Funkdienst in Frage. Im Sendefall entstehen in den Bandpässen hohe Spannungen und Blindleistungen, so daß den Bandsperren der Vorzug zu geben ist (auch die Weichen in den Amateurfunkrelais arbeiten in der Regel mit Bandsperren).

### Direkte Einstrahlungen

Bei direkten Einstrahlungen wirken die Schaltung und die innere Verdrahtung des gestörten Gerätes selbst als Empfangsantenne, wenn das Gehäuse des Gerätes keinen Schutz dagegen bietet. Diese Art von Störungen ist häufiger im Nahfeld von UKW- und UHF-Sendern anzutreffen. Betroffen sind gleichermaßen Funk- und Nicht-Funk-Geräte. Das Unangenehme an dieser Art von Störung ist, daß sie ohne Eingriffe in das Innere der Geräte nicht zu beheben ist. Im Extremfall wäre gar ein Metallgehäuse die richtige Lösung. Mitunter aber fehlt es nur an einer besseren Erdverbindung räumlich getrennter Baugruppen, oder bestimmte Zuleitungen machen bereits einen deutlichen Teil der einfallenden Wellenlänge aus und müßten besser geschirmt oder ein vorhandener Schirm günstiger angeschlossen werden. Eingriffe zur Änderung dieser Unzulänglichkeiten werfen leider rechtliche Probleme auf und wären bestenfalls vom Fachhandel durchzuführen. Diesem werden jedoch in der Regel das know how oder entsprechende Informationen des Herstellers zur Behebung dieser Probleme fehlen. Wenn es nicht sein eigenes Gerät ist, kann der Funkamateur in der Praxis nur versuchen, die Entkopplung seiner Antenne zu diesem kritischen Gerät zu verbessern, um diese Störung zu vermeiden.

Eine Besonderheit der direkten Einstrahlungen ist die Einkopplung von VHF-Energie in die Entmagnetisierungsschleife der Bildröhre eines Fernsehers. Wie ein OM in der cq-DL beschrieb, war dies die Ursache für die hohe Empfindlichkeit seines Fernsehers gegen die Strahlung eines Handfunkgerätes. Die Schleife, die für UKW schon eine recht wirksame Antenne darstellt, war vom Netz aus gesehen hinter der geräteeigenen Netzverdrosselung angeschlossen. In die Schleife eingekoppelte Hochfrequenz konnte somit das ganze Gerät verseuchen. Wurde die Schleife dagegen vor der Netzverdrosselung angeschlossen, blieb auch die Störenergie „draußen“, das Gerät war deutlich einstrahlungsfester. Eine solche Änderung müßte bei fremden Geräten jedoch ebenfalls vom Fachhandel ausgeführt werden.

Neue Normen sehen jedoch zunehmend auch einen Schutz gegen die Anwendung von Funktelefonen im 900-MHz-Bereich vor. Die dafür erforderlichen Maßnahmen dürften auch bei tieferen Frequenzen noch einen spürbaren Schutz gegen Direkteinstrahlungen ergeben.

### Störungen durch unerwünschte Aussendungen

Zur besseren Unterdrückung unerwünschter Aussendungen der Amateurfunkstation denkt zunächst jeder sofort an ein zusätzliches Oberwellenfilter am Senderausgang. Aber diese Maßnahme trifft das Problem nur teilweise. Unerwünschte Aussendungen können von allen Kabeln abgestrahlt werden, die an das Funkgerät angeschlossen sind. Dazu gehören die Batterie- oder Netzkabel, die Mikrofon- und Tastleitungen, etwaige Zuleitungen für Konverter oder Transverter oder für digitale Zusatzgeräte. Batteriekabel für stationär betriebene Mobilgeräte sind besonders kritisch, da eine Verdrosselung für 20 Ampere gerne eingespart wird. Einige dieser Kabel werden von der Amateurfunkgerätenorm nicht erfaßt,

wenn sie üblicherweise kürzer bleiben als 3 m. Besonders verdächtig sind nachträglich angebrachte Leitungen, da diese vom Hersteller für die Deklaration zur Konformität mit der Amateurfunkgerätenorm nicht berücksichtigt werden konnten.

Diese Leitungen sind genauso zu behandeln wie bei der Immunität fremder Geräte. Bei Verdacht auf eine Störung durch unerwünschte Aussendungen sind sie alle entweder abzuziehen oder aber einzeln zu verdrosseln, entweder durch Einlöten von Drosseln von ca 10...100  $\mu\text{H}$  je nach Störfrequenz oder durch Einwickeln (auch mehrerer Leitungen gemeinsam) in einen Ringkern geeigneter Größe. Zusätzlich kann eine Abblockung an eine nahegelegene Masseschraube am Gerät probiert werden. Erweist sich eine Maßnahme als wirksam, kann anschließend versucht werden, die betreffenden Bauteile innerhalb des Gerätes unterzubringen; die Wirkung muß dann aber nachgeprüft werden. In einem Fall strahlte ein Gerät Oberwellen über das Batteriekabel in die Hausverkabelung im Band I ein; das zweidrähtige Batteriekabel mußte zur Abhilfe in einen großen Ringkern (FT240-43) eingewickelt werden; dieser mußte natürlich außerhalb des Gerätes verbleiben. In besonders ungünstigen Fällen kann auch eine Abstrahlung direkt vom Gehäuse die Ursache sein. Dann müssen von allen Blechteilen des Gehäuses die Übergänge auf Leitfähigkeit überprüft werden.

### Entstehung von Oberwellen im Strahlungsfeld der Antenne

Diese Sachlage ist eine der unangenehmsten in der Entstörpraxis. Die gestörte Anlage ist offensichtlich nicht schuld; das Gerät des Funkamateurs erzeugt diese Harmonischen auch nicht, und trotzdem sind sie da und stören.

Einer der ältesten Begriffe in diesem Zusammenhang sind die sogenannten Dachrinneneffekte. Diese unter Berührung übereinanderliegenden Blechteile können, verbunden mit Feuchtigkeit und Korrosion, wie primitive Dioden nach Art des alten Kupferoxydulgleichrichters funktionieren. Und da es nicht zu vermeiden ist, daß eine Amateurfunkantenne in allen Metallteilen des Nahfeldes Ströme induziert, können an diesen Stellen Oberwellen der Sendefrequenz entstehen. Abhilfe ist natürlich prinzipiell möglich, aber mühsam und bedarf des Verständnisses des Hausherrn.

Ähnlich schwierig, wenn auch in der Zuständigkeit eindeutiger liegt der Fall, wenn der Funkamateur einen Metallmast als Antenne verwendet und dieser durch Korrosion Diodenwirkungen aufweist. Das Inbetriebnehmen einer Ersatzantenne hilft nur bei genügender Entkopplung von dem kritischen Mast, da dessen Dioden ja immer noch vorhanden sind und bei Bestrahlung weiter Oberwellen erzeugen, wenn auch nicht ganz so stark wie zuerst. In der Regel muß ein solcher Mast abgebaut und völlig zerlegt werden.

Tückischer sind Fälle, bei denen ein alter und vergessener Antennenverstärker noch auf einem Dachboden montiert ist, zwar ohne Stromzuführung, aber noch mit angeschlossenen Kabelenden, die als Antenne wirken und das Nutzsignal des Funkamateurs in die Schaltung leiten. Bei uralten Röhrenverstärkern wäre das kein Problem, aber Transistoren haben ihre Diodenwirkung auch ohne Spannungsversorgung. Ähnlich schwierig gelagert wäre ein Fall, wenn ein Antennenverstärker zwar nominell noch in Benutzung ist, aber der Fernsehteilnehmer über längere Zeit im sonnigen Süden oder sonstwo weilt, während sein Antennenverstärker im Eingang übersteuert wird und munter Oberwellen produziert, ohne daß jemand sonst sich gestört fühlte. Diese übersteuerten Antennenverstärker (ebenso

möglicherweise Satellitenempfänger mit Eingang für eine terrestrische Antenne) müssen ebenfalls mit einer Mantelwellensperre vor Übersteuerung durch Amateurfunksender geschützt werden, eventuell ergänzt durch einen Hochpaß oder eine Bandsperre.

Die Beseitigung von Oberwellenproblemen beschränkt sich also nicht auf die Amateurfunkstation selbst. Die eindeutige Bewertung dieser Probleme erfordert eine genaue Kenntnis der in einem Haus (vor allem auf dem Dachboden) installierten Geräte. Die alte Anmeldepflicht für Antennenverstärker bei der früheren Bundespost hat, wie man sieht, durchaus ihre Begründung. Ich wünsche niemandem eine solche Problemstellung, aber der Vollständigkeit halber muß sie mit erwähnt werden.

Es hat sich bewährt, die in der Entstörungsarbeit immer wieder vorkommenden Hilfsmittel in einem Entstörkoffer zusammenzufassen. Eine entsprechende Liste ist in der EMV-EMVU-Mappe enthalten. Die für den Koffer vorgesehenen Mittel werden auf ihre Wirkung geprüft und dienen nur dazu, den Weg für die Entstörung aufzuzeigen, danach wandern sie in den Koffer zurück. Für die gestörte Anlage werden die benötigten Mittel entweder beim Fachhandel beschafft oder auch selbst angefertigt. Sollten sich diese als nicht wirksam erweisen, kann das Originalteil aus dem Koffer als Vergleich dienen, um die Ursache zu finden. Nach den bisherigen Einsatzerfahrungen dürfte ein Koffer pro DARC-Distrikt durchaus genügen.