

Untersuchung von Funkstörungen und Ansätze zu ihrer Behebung

Inhalt:	Seite:
1. Allgemeines	2
2. Der Funkverkehrskreis im 4 m-Wellenbereich	3
3. Störungen und Ansätze zur Störungsbehebung	3
3.1 Störungen durch ortsfeste Landfunkstellen	4
3.1.1 Ortsfeste Landfunkstelle F1	5
3.1.2 Ortsfeste Landfunkstelle F2	6
3.1.3 Ortsfeste Landfunkstelle F3	8
3.1.4 Zusammenfassung (ortsfeste Landfunkstellen)	10
3.2 Atmosphärisch bedingte Störungen	11
3.3 Störungen von und durch Fahrzeugfunkanlagen	11
3.3.1 Gelegentliche Gesprächsfetzen	11
3.3.2 Nachhaltige Störungen	12
4. Zusammenfassung	13

Sonderdruck des aktualisierten, gleichnamigen Beitrags aus *brandwacht* 07/92, S. 147ff,
von Dipl.-Ing.(FH) Schülke, Bayer. Staatsministerium des Innern.

Untersuchung von Funkstörungen und Ansätze zu ihrer Behebung

1. Allgemeines

Funkstörungen sind ein leidiges, gleichwohl aber alltägliches Thema sowohl bei den Betreibern der Funknetze (z. B. Feuerwehr und Katastrophenschutz) als auch beim Bayer. Staatsministerium des Innern, wo ständig Klagen über Störungen und Beeinträchtigungen eingehen. Es ist wohl nicht übertrieben festzustellen, dass Berichte über Störungen im 4 m-Wellenbereich eher zu- als abnehmen.

Woran liegt dies? Die Ursachen sind vielfach.

Zunächst spricht die Statistik ein klares Wort. Die Zahl der Funkanlagen im 4 m-Wellenbereich nimmt ständig zu: Waren 1980 bei den Feuerwehren Bayerns „nur“ knapp 30 000 Funkanlagen im Einsatz, so ist die Zahl im Jahr 2001 auf ca. 100 000 (einschließlich Meldeempfänger und Sirenensteuerempfänger) angestiegen.

Mit der Anzahl der Funkanlagen steigt natürlich die Anzahl der möglichen „Störer“, aber auch die Zahl derer, die sich gestört fühlen und dann darüber klagen.

Mit der Anzahl der Funkanlagen steigen selbstverständlich auch die Ansprüche, die an einen Funkverkehrskreis gestellt werden. Eine Feuerwehr, die bisher klaglos über Sirene alarmiert werden konnte und nun auf stille Alarmierung umstellen will, stellt fest, dass die Feldstärke im Gemeindebereich für eine einigermaßen sichere Alarmierung nicht ausreichend ist, und fordert eine bessere Funkversorgung.

Aber nicht nur die Anzahl der Funkanlagen, auch die Zahl der Einsätze nimmt stetig zu, von knapp 75 000 im Jahr 1980 auf ca. 170 000 im Jahr 2000. Auch hier muss festgestellt werden: Je mehr Einsätze, um so mehr mögliche Störer und Gestörte.

Eine weitere Ursache für Störungen liegt darin, dass für den Brand- und Katastrophenschutz sowie für den Rettungsdienst nur eine begrenzte Zahl von Kanälen zur Verfügung steht, die folglich in einem relativ engen Raster wiederholt werden müssen.

Wenn dann noch - wie in Bayern - das Gelände bergig ist und auch die Täler funkmäßig versorgt werden müssen, wird die Relaisfunkstelle oft auf der höchsten Erhebung des Landkreises errichtet, wodurch zwangsläufig Störungen vorprogrammiert sind.

Die Kanalknappheit hat zur Folge, dass es wohl nur noch in den seltensten Fällen „chemisch reine“ Funkverkehrskreise gibt. Beeinträchtigungen, die zwar lästig sind, aber den eigenen Funkverkehrskreis nicht nachhaltig so stören, dass ein Nachrichtenaustausch nicht mehr möglich ist, müssen hingenommen werden. Der „andere“ stört ja nicht mutwillig, sondern weil auch er ein berechtigtes Interesse an einer sicheren Funkversorgung in seinem Funkverkehrskreis hat.

Als besonders „störend“ haben sich die ortsfesten Landfunkstellen erwiesen, die durch ihre hohen Antennen und hochwertigen Antennenkabel mitunter eine enorme Reichweite erzielen. Aber gerade Störungen durch ortsfeste Landfunkstellen lassen sich in den allermeisten Fällen durch technische Maßnahmen abschließen.

Der Sonderdruck hat es sich zum Ziel gesetzt,

- das Fachwissen der Funknetzbetreiber zu festigen,
- Störungsursachen zu beschreiben,
- Vorschläge zur Störungseingrenzung und -behebung vorzulegen und
- Verständnis dafür zu wecken, dass das Bayer. Staatsministerium des Innern bisweilen sehr exakte Daten fordern muss, bevor es Vorschläge zur Störungsbehebung ausarbeiten kann.

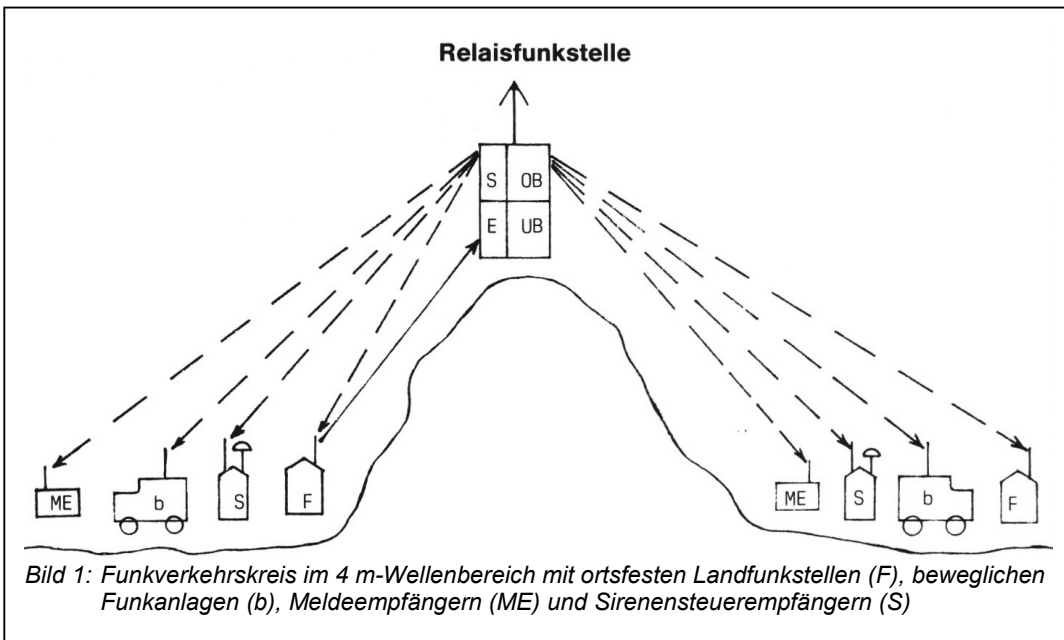
Störungen technischer Natur werden in dieser Betrachtung nicht behandelt.

2. Der Funkverkehrskreis im 4 m-Wellenbereich

Ein Funkverkehrskreis im 4 m-Wellenbereich der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) besteht in der Regel aus

- einer Relaisfunkstelle oder einem Gleichwellenfunknetz,
- einer oder mehreren ortsfesten Landfunkstellen,
- beweglichen Sprechfunkanlagen,
- Meldeempfängern und
- ortsfesten Empfangsfunkanlagen zur Steuerung von Sirenen (siehe Bild 1).

Berechtigtes und notwendiges Ziel eines Funkverkehrskreisbetreibers ist die ausreichend flächendeckende Versorgung des Gebietes, für den der Funkverkehrskreis eingerichtet wird (i. d. R. Landkreis). Dieses Ziel steht im Konflikt mit der genauso berechtigten Forderung der BOS-Funkrichtlinie (IMBek vom 07.11.2002, Nr. IC6-0265.111-3, AllMBI S. 691; Sonderdruck 9.4 der Staatlichen Feuerweherschule Würzburg), die Störreichweite genügend klein zu halten, damit der Kanal möglichst oft wiederholt werden kann, weil Kanäle für die einzelnen Bedarfsträger nur in begrenzter Zahl zur Verfügung stehen.



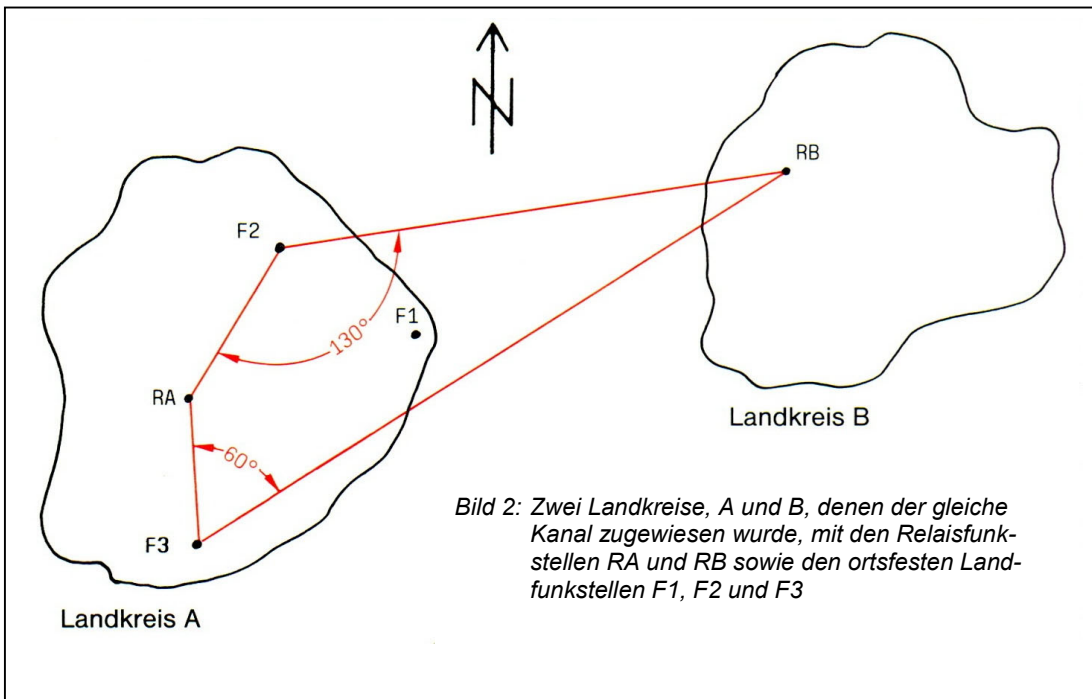
3. Störungen und Ansätze zur Störungsbehebung

Betrachtet werden zwei Landkreise, denen der gleiche Kanal für ihren jeweiligen Funkverkehrskreis zugewiesen wurde und bei denen es zu gegenseitigen Störungen kommt. Störungen sind übrigens praktisch immer gegenseitig, denn wer Aussendungen aus einem anderen Funkverkehrskreis empfängt, ist grundsätzlich auch in der Lage, in den anderen Funkverkehrskreis hineinzuwirken. Daraus folgt, dass beide Betreiber der Funkverkehrskreise bei der Störungsbehebung **gemeinsam** mitwirken müssen.

Bisweilen vorgebrachte Argumente wie

- Wir waren zuerst da, der andere ist also dafür verantwortlich, seinen Funkverkehrskreis so zu gestalten, dass wir nicht gestört werden.
- Wir werden erst dann dämpfen, wenn der andere unsere Forderungen erfüllt hat.
- Unsere Antenne ist erst 3 Monate alt und jetzt sollen wir für 800,00 Euro eine andere montieren? Das ist zu teuer!

sind wenig hilfreich, sie verhärten nur die Fronten und führen zu keiner Lösung.



Im Bild 2 sind schematisch zwei Landkreise dargestellt, denen der gleiche Kanal zugewiesen wurde.

Dabei bedeuten

RA = Relaisfunkstelle des Landkreises A

RB = Relaisfunkstelle des Landkreises B

F1, F2 und F3 = ortsfeste Landfunkstellen im Landkreis A

3.1 Störungen durch ortsfeste Landfunkstellen

Lage:

Landkreis B beklagt sich, dass die ortsfesten Landfunkstellen F1, F2 und F3 stören.

Landkreis A beklagt sich, dass bei den ortsfesten Landfunkstellen F1, F2 und F3 der gesamte Funkverkehr des Landkreises B mitgehört werden kann, was äußerst störend ist.

Bei den ortsfesten Landfunkstellen F1, F2 und F3 sind jeweils auf dem Schlauchturm der Feuerwehrgerehähäuser Rundstrahlantennen montiert.

Dämpfungsglieder sind bei keiner Funkstelle vorhanden. Bei den Funkstellen F1 und F2 werden auch (genehmigte) Alarmumsetzer betrieben.

Welche Maßnahmen gibt es nun, die Störungen zu beheben? Diese Frage ist zu früh gestellt. Mit den bisher bekannten Daten kann noch kein Vorschlag zur Störungsbehebung ausgearbeitet werden. Es sind zuverlässige Messungen nötig! Zudem muss jede ortsfeste Landfunkstelle für sich betrachtet werden.

Die Messungen können entweder von einer betreuenden Fachfirma oder auch selbst durchgeführt werden. Für den letzten Fall wurde schon seit längerem die Anschaffung eines einfachen Feldstärken-Messgerätes je Landkreis empfohlen (vgl. *brandwacht* 8/85 S. 182).

3.1.1 Ortsfeste Landfunkstelle F1

Folgende Messwerte werden festgestellt:

Empfang der eigenen Relaisfunkstelle RA: 17 dB μ V

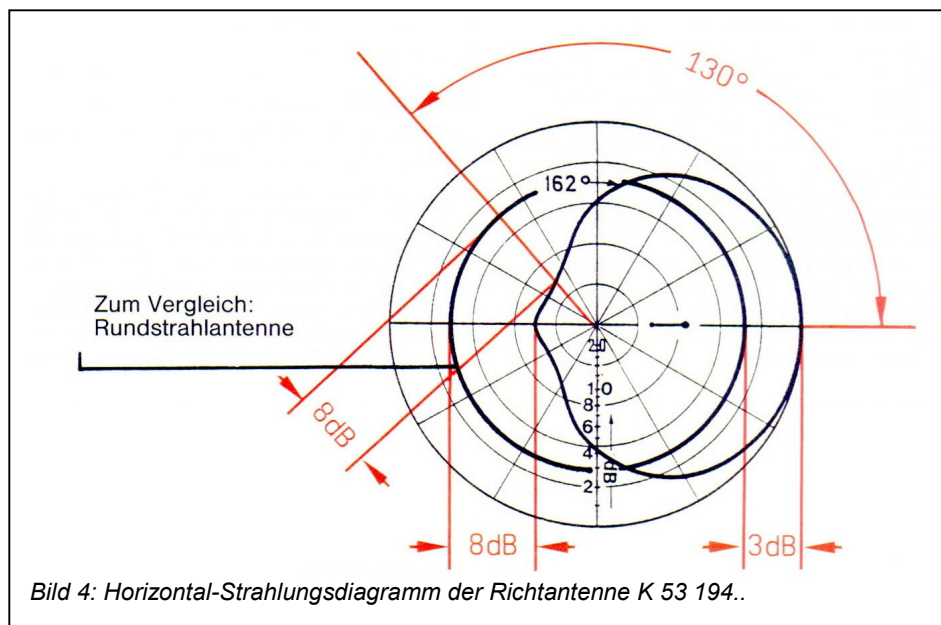
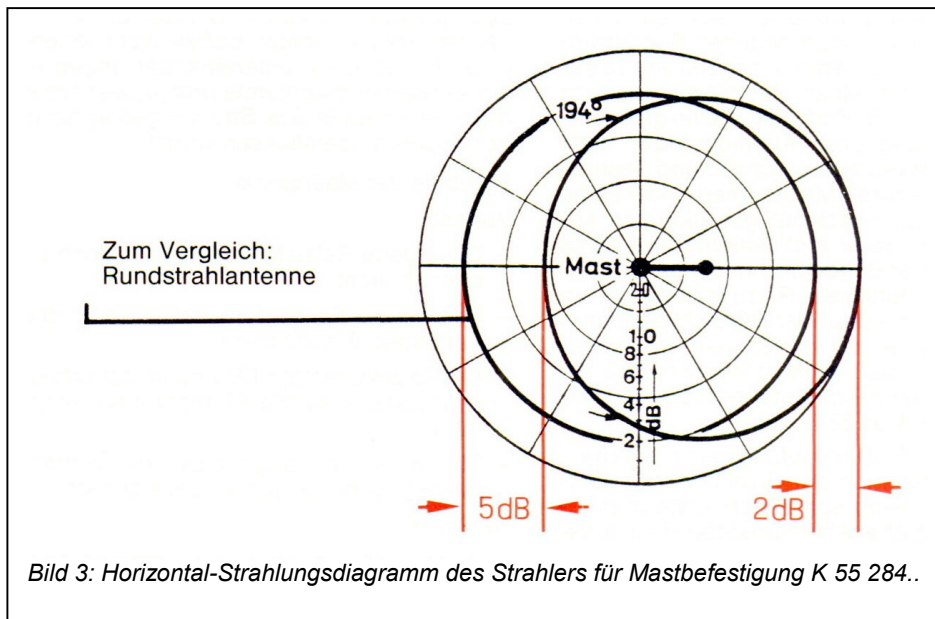
Empfang der Relaisfunkstelle RB: 2 dB μ V

Weiter ist festzuhalten, dass sich F1 fast auf einer Linie **zwischen** RA und RB befindet.

Zur Problemlösung ist nun ein Blick in die Datenblätter der Antennenhersteller unerlässlich.

Bild 3 zeigt das Horizontal-Strahlungsdiagramm der Antenne K 55 284..

Gegenüber dem derzeit montierten Rundstrahler hat diese Antenne in die eine Richtung einen Gewinn von 2 dB, in die gegenüberliegende Richtung jedoch eine Dämpfung von über 5 dB.



Lösungsvorschlag:

Ersatz des Rundstrahlers gegen einen Strahler für Mastbefestigung K 55 284..., ausgerichtet auf die eigene Relaisfunkstelle RA. Überprüfung der Ansprechempfindlichkeit der Relaisfunkstelle RB. Relaisfunkstellen sollen grundsätzlich nicht empfindlicher eingestellt werden als $1 \mu\text{V}$ (= $0 \text{ dB}\mu\text{V}$)! Es mag zwar technisch reizvoll sein, das Rauschsperrkriterium möglichst niedrig einzustellen, betrieblich kann dies aber zur Katastrophe führen, weil die Relaisfunkstelle dann bereits bei kleinsten Störfeldstärken durchschaltet und die Störung im gesamten Funkverkehrskreis mit großer Leistung ausgestrahlt wird.

Ergebnis:

Die eigene Relaisfunkstelle wird nun mit $19 \text{ dB}\mu\text{V}$ (= wie bisher $17 \text{ dB}\mu\text{V} + 2 \text{ dB}$ Antennengewinn) empfangen. Der in den Zusatzbestimmungen und ergänzenden Hinweisen des Bayer. Staatsministeriums des Innern zur BOS-Funkrichtlinie festgelegte Empfangswert von maximal $20 \text{ dB}\mu\text{V}$ für ortsfeste Landfunkstellen wird nicht überschritten. Die Relaisfunkstelle RB wird nicht mehr empfangen, wenn die Ansprechempfindlichkeit des Funkgerätes der ortsfesten Landfunkstelle F1 auf $\geq 1 \mu\text{V}$ eingestellt wird (wie bisher $2 \text{ dB}\mu\text{V} - 5 \text{ dB}$ Dämpfung = $-3 \text{ dB}\mu\text{V}$ = ca. $0,7 \mu\text{V}$).

Auch die Relaisfunkstelle RB empfängt F1 nicht mehr. Die Alarmierung über den vorhandenen Alarmumsetzer erscheint weiterhin als gesichert, falls nicht, muss eine Lösung wie unter 3.1.2 gewählt werden.

3.1.2 Ortsfeste Landfunkstelle F2

Festgestellte Messwerte:

Empfang der eigenen Relaisfunkstelle RA: $30 \text{ dB}\mu\text{V}$

Empfang der Relaisfunkstelle RB: $18 \text{ dB}\mu\text{V}$

Der Winkel RA-F2-RB mit F2 als Scheitelpunkt beträgt ca. 130° (Bild 2).

Wie leicht zu ersehen ist, müssen die Ausstrahlungen von F2 in Richtung RB um über 20 dB gedämpft werden. Dies lässt sich im 4 m-Wellenbereich durch den Einsatz einer Richtantenne allein nicht mehr kostengünstig realisieren. Der Einsatz eines Dämpfungsgliedes allein, gewählt werden müssten ca. 21 dB , hätte folgende Wirkung

- RB wird nicht mehr erreicht bzw. empfangen: gewünscht
- RA wird nur noch mit $9 \text{ dB}\mu\text{V}$ erreicht: noch tragbar
- Alarmierung über Alarmumsetzer ist nicht mehr gewährleistet: unerwünscht

Drei Ziele müssen bei der Erarbeitung der Lösung verfolgt werden:

- die eigene Relaisfunkstelle RA muss sicher erreicht werden
- die Störungen des Landkreises B sollen ausgeschaltet werden
- die Alarmierung über Alarmumsetzer muss weiterhin gewährleistet sein

Lösungsvorschlag:

Zunächst muss überprüft werden, ob für die Verbindung zur eigenen Relaisfunkstelle RA eine Antenne auf der Spitze des Schlauchturmes notwendig ist. Die o. g. Zusatzbestimmungen schreiben vor, dass Antennenhöhen und Senderausgangsleistungen so niedrig zu wählen sind, dass die eigene Relaisfunkstelle oder nächstgelegene Gleichwellen-Relaisfunkstelle **gerade noch**, andere auf dem gleichen Kanal einggerichtete Relaisfunkstellen aber **nicht mehr** erreicht werden können.

Der erste Lösungsvorschlag wird also sein

- a) Antennenhöhe deutlich herabsetzen (z. B. seitlich vor Schlauchturm)
- b) Richtantenne einsetzen (z. B. K 53 194..)
- c) nach erneuten Messungen die Dimension des Dämpfungsgliedes bestimmen und dieses in die Antennenzuleitung einfügen.

Im Zweifelsfall ist es zweckmäßig, vor einer endgültigen Montage mittels eines provisorischen Aufbaus der Antenne die sichere Erreichbarkeit der eigenen Relaisfunkstelle festzustellen.

Sollte es aus irgendeinem Grund (z. B. Bebauung) nicht möglich sein, die Antennenhöhe zu reduzieren, sähe die Problemlösung für die ortsfeste Landfunkstelle F2 wie folgt aus:

- Einsatz einer Richtantenne K 53 194.. (Bild 4 zeigt das Horizontal-Strahlungsdiagramm) ausgerichtet auf die eigene Relaisfunkstelle RA
- Zwischenschalten eines Dämpfungsgliedes von 15 dB.

Damit ergibt sich folgende Bilanz:

Empfang der eigenen Relaisfunkstelle RA:

Bisheriger Messwert	30 dB μ V
Antennengewinn	+ 3 dB
Dämpfungsglied	- 15 dB
Empfang von RA	18 dB μ V

Empfang der Relaisfunkstelle RB:

Bisheriger Messwert	18 dB μ V
Antennendämpfung gegenüber Rundstrahler (130° vom Maximum, Bild 4)	- 8 dB
Dämpfungsglied	- 15 dB
theoretischer Empfang von RB	- 5 dB μ V

d. h. kein Empfang, wenn die Eingangsempfindlichkeit der Funkgeräte von RB und F2 auf $\geq 1 \mu\text{V}$ eingestellt ist.

Warum wird nun aber hier die Richtantenne K 53194.. und nicht der Strahler für Mastbefestigung K 55 284.. empfohlen? Die Antwort gibt ein Blick auf die Antennendiagramme (Bild 4 und Bild 3).

In Hauptstrahlrichtung hat die K 53 194.. 3 dB und die K 55 284.. nur 2 dB Gewinn. 130° vom Maximum entfernt beträgt die Dämpfung bei der K 53 194.. 8 dB, bei der K 55 284.. 3 dB, entgegengesetzt zur Hauptstrahlungsrichtung beträgt die Dämpfung bei der K 53 194.. 8 dB, bei der K 55 284.. 5 dB.

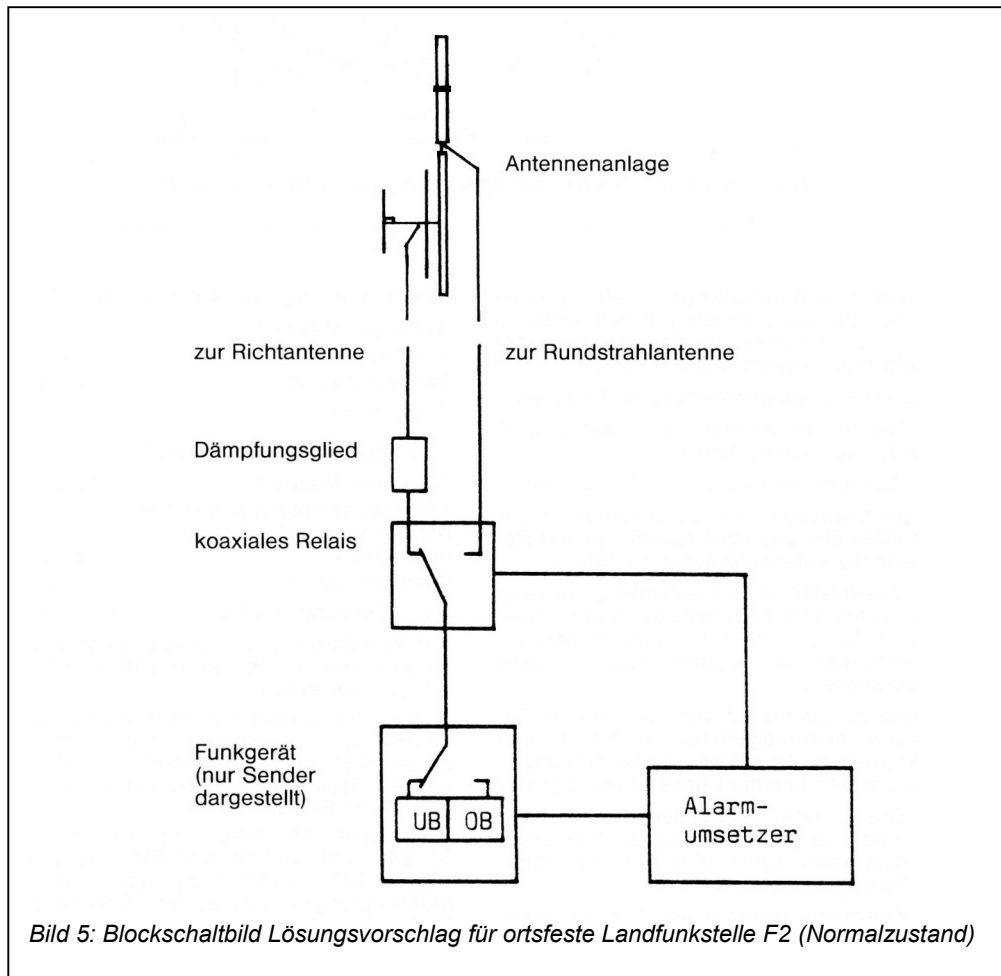
Sämtliche Werte beziehen sich auf einen Vergleich mit dem vorhandenen Rundstrahler. Da bei einem Dämpfungsglied von 15 dB, verbunden mit einer Rückdämpfung von mindestens 5 dB (K 55 284..) eine gesicherte Alarmierung über Alarmumsetzer nicht mehr wahrscheinlich erscheint und deshalb ohnehin weitere Maßnahmen notwendig werden, ist es zweckmäßiger, hier eine Antenne mit größerer Richtwirkung und damit auch stärkerer Bündelung in Richtung der eigenen Relaisfunkstelle RA zu verwenden, um Einwirkungen auf andere Gleichkanalfunkverkehrskreise von vorneherein zu vermeiden. Zudem muss ergänzt werden, dass die vorgeschlagene Richtantenne K 53 194.. billiger ist als die K 55 284..

Die geringe Rückdämpfung der K 55 284.. war übrigens auch der Grund für ihren Einsatz bei F1, denn schließlich sollte dort die Alarmierung über Alarmumsetzer noch funktionieren!

Wie ist es aber mit der Alarmierung über Alarmumsetzer bei F2 bestellt? Wie oben erwähnt, scheint die Alarmierung nach den Veränderungen nicht mehr gesichert zu sein. Hier bleibt nun nichts anderes übrig, als die Alarmierung und die Verbindung zur Relaisfunkstelle zu trennen.

Für die Alarmierung bleibt die bisherige Rundstrahlantenne erhalten. Der Alarmgeber schaltet in diesem Fall während der Wiederholung der Tonrufkombinationen nicht nur das Funkgerät kurzzeitig auf Oberband, er schaltet über ein sog. Koaxial-Relais auch die vom Funkgerät ausgesendete Energie von der Richtantenne mit Dämpfungsglied zu der Rundstrahlantenne ohne Dämpfungsglied um. Nach Beendigung der Tonruffassendungen wird automatisch zurückgeschaltet (Bild 5). Es versteht sich von selbst, dass ein Umschalten des Koaxial-Relais von Hand verhindert sein muss.

Beim praktischen Aufbau der beiden Antennen ist darauf zu achten, dass sie nicht nebeneinander, sondern untereinander angeordnet werden (Richtantenne unten), weil sonst die eine Antenne das Strahlungsdiagramm der anderen beeinflussen würde.



Ergebnis der Maßnahme:

Vorteile:

- Die eigene Relaisfunkstelle wird noch sicher erreicht.
- Der eigene Sprechfunkverkehr stört den Landkreis B nicht mehr.
- Die Relaisfunkstelle RB wird an der ortsfesten Landfunkstelle F2 nicht mehr empfangen.
- Für die Alarmierung bleiben die Verhältnisse gegenüber vorher unverändert.

Nachteile:

- Höhere Kosten, aber „ein angemessener Antennenaufwand ist zumutbar“ (§13 (2) BOS-Funkrichtlinie).

3.1.3 Ortsfeste Landfunkstelle F3

Festgestellte Messwerte

Empfang der eigenen Relaisfunkstelle RA: 15 dB

Empfang der Relaisfunkstelle RB: 7 dB

Der Winkel RA-F3-RB mit F3 als Scheitelpunkt beträgt ca. 60° (Bild 2).

Setzt man auch hier eine Richtantenne, z. B. K 53 194., ausgerichtet auf die eigene Relaisfunkstelle RA ein, wird man schnell feststellen, dass dies nichts nützt. Ein Blick auf das Antennendiagramm (Bild 4) liefert die Erklärung. Zur eigenen Relaisfunkstelle RA entsteht ein Gewinn von 3 dB, aber auch zur Relais-

funkstelle RB entsteht ein Gewinn von immerhin noch 2 dB. Versucht man nun zu dämpfen, ergibt sich folgende Bilanz:

Empfang der Relaisfunkstelle RB:

Bisheriger Messwert		7 dB μ V
Antennengewinn	+	2 dB
nötige Dämpfung	-	<u>12 dB</u>
theoretischer Empfang von RB	-	3 dB μ V

Damit ergibt sich für die eigene Relaisfunkstelle RA:

Bisheriger Messwert		15 dB μ V
Antennengewinn	+	3 dB
Dämpfung	-	<u>12 dB</u>
Empfang von RA		6 dB μ V

Dies ist schon etwas dürftig. Was ist zu tun, wenn auch die Antennenhöhe nicht reduziert werden kann?

Eine genaue Betrachtung des Antennendiagramms (Bild 4) bringt die Lösung. Die relative Feldstärke geht im Winkel von ca. 80° bis ca. 140° vom Strahlungsmaximum entfernt drastisch zurück. Und warum muss denn eine Richtantenne mit ihrem Strahlungsmaximum immer auf die eigene Relaisfunkstelle ausgerichtet sein? Ziel ist es doch, die eigene Relaisfunkstelle zu erreichen, andere Relaisfunkstellen aber nicht mehr zu erreichen.

Also richten wir doch einmal die Richtantenne K 53 194.. so aus, dass das Strahlungsmaximum von der eigenen Relaisfunkstelle RA wegzeigt. Die Richtantenne strahlt nun ungefähr nach Westen. Am besten lässt sich eine solche Planung durchführen, indem man das Strahlungsdiagramm aus dem Herstellerkatalog - ggf. vergrößert - auf Folie ablichtet, diese Folie dann in einer winkeltreuen Skizze der beteiligten Funkstellen mit seinem Zentrum auf die betroffene Funkstelle legt und so lange dreht, bis der gewünschte Effekt eintritt (Bild 6). Dabei ist jeweils auf die Bilanz der theoretischen Eingangsklemmenspannung sowohl bei der eigenen wie auch bei der gestörten Relaisfunkstelle zu achten.

In unserem Fall sähe dies wie folgt aus:

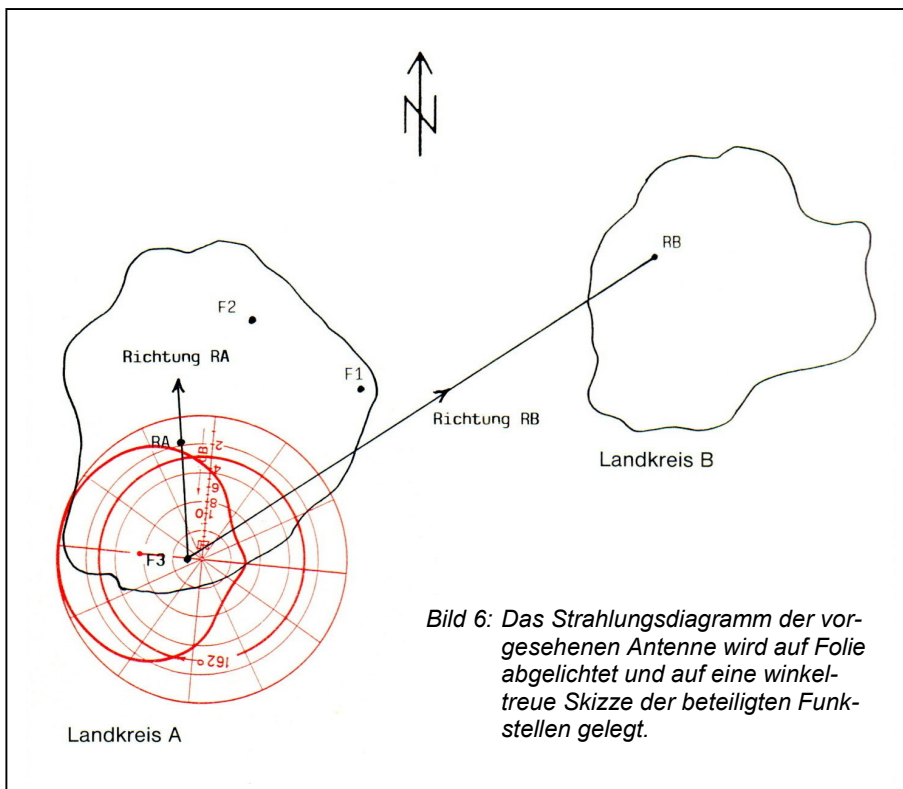
Empfang der Relaisfunkstelle RB:

Bisheriger Messwert		7 dB μ V
Antennendämpfung	-	8 dB
nötige Dämpfung	-	<u>2 dB</u>
theoretischer Empfang von RB	-	3 dB μ V

Empfang der eigenen Relaisfunkstelle RA:

Bisheriger Messwert		15 dB μ V
Antennengewinn	+	0 dB
Dämpfungsglied	-	<u>2 dB</u>
Empfang von RA	+	13 dB μ V

Damit wird die Relaisfunkstelle RB ausgeblendet und die eigene Relaisfunkstelle RA zwar mit einer um 2 dB verringerten Eingangsklemmenspannung empfangen, von einer unsicheren Funkverbindung kann aber keinesfalls gesprochen werden.



Einen Haken hat eine solche Antennenanordnung aber dennoch. Das Strahlungsmaximum der Antenne ist nach „irgendwo“ ausgerichtet. Und dort, im „Irgendwo“ könnte ein dritter Funkverkehrskreis auf dem gleichen Kanal arbeiten und wegen des Antennengewinns gestört werden. Hier müsste eine erneute Analyse mit Hilfe von weiteren Messwerten erstellt werden. Die dann folgenden Maßnahmen zur Störungsbehebung sind einzelfallbezogen (z. B. stärker gebündelte Richtantennen). Sie zu schildern, würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen.

Die hier gezeigte Problemlösung ist eine Notlösung zur Vermeidung höherer Kosten, die keinesfalls zur Regel erhoben werden darf.

3.1.4 Zusammenfassung (ortsfeste Landfunkstellen)

Ortsfeste Landfunkstellen verursachen wegen ihrer großen Antennenhöhen mitunter viele Störungen. Wie gezeigt, kann aber sicher ein Großteil der Störungen durch geeignete Maßnahmen ganz erheblich vermindert werden. Dies ist jedoch nur möglich, wenn alle Beteiligten mit gutem Willen zusammenarbeiten.

An dieser Stelle muss auch an das Verständnis der Funkverkehrskreis-Betreiber appelliert werden, wenn das Bayer. Staatsministerium des Innern im Rahmen seiner Beratungstätigkeit genaue und für den Laien vielleicht unverständliche Daten, Messergebnisse, Skizzen und Fotos fordert, die für Vorschläge zur Störungsbehebung aber unerlässlich sind.

Der vielfach vorgetragenen Forderung, das Ministerium möge doch die Situation vor Ort selbst erfassen, kann leider in den meisten Fällen nicht entsprochen werden. Die nötigen Daten sind von den Betreibern der Funkverkehrskreise selbst zu ermitteln und dem Ministerium vorzulegen. Ein Ortstermin kostet unverhältnismäßig viel Zeit. Analyse und Planung der Maßnahmen zur Störungseingrenzung sind und bleiben in den allermeisten Fällen Schreibtischarbeit.

Noch drei Anmerkungen zum Schluss dieses Abschnittes:

a) In diesem Zusammenhang muss auch festgehalten werden, dass nicht zwingend die Notwendigkeit für eine ortsfeste Landfunkstelle bestehen muss, wenn die betreffende Feuerwehr die dafür nötigen 52 Einsätze im Jahr erreicht hat. Falls sich durch Messungen und Versuche vor dem Aufbau herausstellt, dass

Störungen nicht ausgeblendet werden können, ist der Verzicht auf eine ortsfeste Landfunkstelle sicherlich keine Fehlentscheidung.

b) In *brandwacht* 9/91 wurde das Formblatt „Technische Daten“ (Stand 1/91, verfügbar mittlerweile mit Stand 06/95) vorgestellt. Wenn die darin geforderten Daten der betroffenen Relaisfunkstellen und ortsfesten Landfunkstellen dem Ministerium vorgelegt werden, können bei einer Störung relativ schnell Maßnahmen zur Störungsbehebung vorgeschlagen werden. Auf zuverlässige Angaben ist deshalb ganz besonderer Wert zu legen.

c) In Einzelfällen kann es natürlich vorkommen, dass z. B. der Landkreis B seine Relaisfunkstelle verlegt oder ein Gleichwellenfunksystem errichtet hat. Dies hat selbstverständlich zur Folge, dass beide Landkreise A und B Ihre ortsfesten Landfunkstellen überprüfen und ggf. die technische Ausstattung (Antennenhöhe, Antennenart, Ausrichtung und Dämpfungsglied) den neuen Gegebenheiten anpassen.

3.2 Atmosphärisch bedingte Störungen

Die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen hängt auch vom Wetter ab. Besonderen Einfluss üben Temperatur und Luftfeuchtigkeit aus. Gefürchtet sind vor allen Dingen Inversionswetterlagen (hohe Luftschichten sind wärmer als tiefere Luftschichten). Die elektromagnetischen Wellen werden an den oberen Luftschichten höherer Temperatur gebrochen, gebeugt oder abgelenkt. Hierdurch kann es zum Teil zu erheblichen Überreichweiten kommen.

Solche Störungen und Beeinträchtigungen können nicht verhindert werden, sie sind hinzunehmen wie das Wetter selbst. Genutzt werden können solche Gegebenheiten bisweilen als Indikator für die Wetterentwicklung und ggf. zur Kreation neuer „Bauernregeln“ („Fällt Funkstelle XY ein, so freu' dich auf den Sonnenschein“).

Einfluss auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen übt auch der Sonnenfleckenzyklus aus. Ca. alle 11 Jahre sind auf der Sonnenoberfläche viele und große dunkle Flecken zu beobachten, fünfeinhalb Jahre später kommt es zu einem Minimum, nach weiteren fünfeinhalb Jahren folgt das nächste Maximum. Sonnenflecken sind Eruptionen, die Sonne schleudert große Mengen ionisierter Gase in den Weltraum. Treffen die Gase die Erdatmosphäre, wird auch diese ionisiert. Bisweilen können dann Nordlichter bis in unsere Breiten beobachtet werden, wie das im Jahr 2001 der Fall war. Die Ionisierung bestimmter Schichten der Erdatmosphäre hat zur Folge, dass Funkwellen daran gebrochen und so auch über große Entfernungen übertragen werden können. Dies führt zwangsläufig zu Störungen, die ebenfalls nicht verhindert werden können.

3.3 Störungen von und durch Fahrzeugfunkanlagen

Fahrzeugfunkanlagen haben ganz andere Eigenschaften als ortsfeste Landfunkstellen:

- Sie wechseln ihren Standort, dadurch ist es nicht möglich, ein den jeweiligen Empfangsverhältnissen angepasstes Dämpfungsglied in die Antennenleitung einzufügen.
- Sie wechseln auch laufend ihre Richtung zur Relaisfunkstelle.

Daraus ergibt sich, dass an Fahrzeugfunkanlagen nichts geändert werden kann, sie senden i. d. R. mit ca. 10 Watt Leistung an einer Antenne, deren Strahlungsdiagramm vom Montageort und der Fahrzeuggeometrie abhängt. Angestrebt ist dabei möglichst eine Rundstrahlcharakteristik, weil sich der Winkel des Fahrzeuges zur Relaisfunkstelle laufend ändern kann.

Dadurch wird deutlich, dass Störungen durch Fahrzeugfunkanlagen nur durch Veränderungen im ortsfest installierten Teil eines Funkverkehrskreises behoben oder reduziert werden können.

3.3.1 Gelegentliche Gesprächsfetzen

Lage:

Landkreis A beklagt sich über Beeinträchtigungen aus Landkreis B. Es sind immer wieder Gesprächsfetzen von Fahrzeugen aufzunehmen. Es war auch schon ein Einsatz komplett zu hören.

Ursache:

Die Beschreibung deutet darauf hin, dass Fahrzeuge von hohen Standorten im Landkreis B senden oder während einer Durchsage über einen Höhenrücken fahren. Der Einsatz fand wohl an einem hochgelegenen Ort statt. Die Aussendungen der Fahrzeuge im Unterband tasten die Relaisfunkstelle RA auf und werden somit auch im gesamten Gebiet des Landkreises A ausgesendet.

Mögliche Maßnahmen:

- Überprüfung, ob die Relaisfunkstelle RA zu empfindlich eingestellt ist, Empfindlichkeit auf $\geq 1\mu\text{V}$ einstellen.
- Überprüfung, ob die Relaisfunkstelle RA in Richtung Landkreis B gedämpft werden kann, ohne die Versorgungssicherheit im Landkreis A zu gefährden. Dies kann durch Einsatz einer Richtantenne oder/und eines Dämpfungsgliedes geschehen. Auch eine Reduzierung der Antennenhöhe ist zu überlegen. Ggf. ist eine Funkversorgungsmessung durchzuführen.
- Falls keine dieser Maßnahmen möglich ist, sind die Beeinträchtigungen hinzunehmen, da sie den eigenen Funkverkehrskreis nicht so nachhaltig stören, dass ein Funkverkehr nicht mehr möglich wäre.

Die Zusatzbestimmungen zur BOS-Funkrichtlinie führen unter Nr. 3.2.2 „Störungen und Beeinträchtigungen“ aus:

„Zur Vermeidung von Beeinträchtigungen ist Funkverkehr von hoch gelegenen Geländepunkten nur zulässig, wenn die Funkverbindung von tiefer gelegenen Geländepunkten nicht sichergestellt werden kann beziehungsweise der Einsatz einen anderen Standort nicht zulässt.“

3.3.2 Nachhaltige Störungen

Lage:

Landkreis A beklagt sich, dass praktisch der gesamte Funkverkehr aus der südlichen Hälfte des Landkreises B über die eigene Relaisfunkstelle RA mitgehört werden kann. Landkreis B beklagt sich, dass der Funkverkehr des Landkreises A im gesamten südlichen Landkreis B zu hören ist.

Ursache:

Die Fahrzeugfunkanlagen im südlichen Landkreis B erreichen die Relaisfunkstelle RA, diese wiederum hat eine Reichweite bis in den südlichen Landkreis B hinein. Dies kann daran liegen, dass

- die Relaisfunkstelle RA zu hoch gelegen ist,
- die Relaisfunkstelle RA in Richtung Landkreis B nicht genügend gedämpft ist,
- der Kanal, gemessen an den geographischen Gegebenheiten, in einem relativ engen Abstand wiederholt wurde.

Mögliche Maßnahmen:

- Überprüfung, ob die Relaisfunkstelle RA in Richtung Landkreis B gedämpft werden kann, ohne die Versorgungssicherheit im Landkreis A zu gefährden (Richtantenne und/oder Dämpfungsglied).
- Reduzierung der Antennenhöhe bei RA.
- Verlegung der Relaisfunkstelle RA an einen anderen Standort. Durch Funkversorgungsmessungen muss dann nachgewiesen werden, dass der Landkreis A vom neuen Standort aus ausreichend versorgt wird **und** die Störungen aus Landkreis B ausgeblendet sind!
- Kanalwechsel s. u.
- Einführung eines Gleichwellenfunksystems s. u.

Die beiden letztgenannten Maßnahmen bedürfen einer weiteren Erläuterung.

a) Kanalwechsel

Die Forderung nach einem Kanalwechsel wird gelegentlich an das Ministerium herangetragen, gelegentlich wohl nur deshalb, weil ein Kanalwechsel relativ teuer ist. Sämtliche Meldeempfänger und Sirenensteuerempfänger müssen umgequarzt und in der Regel auch umcodiert werden. Die eingangs erwähnte Kanalknappheit hat zur Folge, dass die verfügbaren Kanäle bereits mehrfach vergeben sind. Ein Kanal-

wechsel würde zwar die Landkreise A und B entkoppeln, mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit würde man sich dann aber Störungen aus einem Landkreis C oder D einhandeln. Kanalwechsel werden deshalb nur bei nachhaltigen, nicht reduzierbaren Störungen nach gründlicher Überprüfung in Abhängigkeit eines verfügbaren Kanals möglich sein.

b) Gleichwellenfunksystem

Hierzu wird auf den Beitrag in *brandwacht* 9 und 10/86 verwiesen, in dem das Gleichwellenfunksystem eingehend beschrieben wurde. Wichtig ist, dass - gründliche Planung vorausgesetzt - sowohl die eigene Versorgungssicherheit verbessert, als auch die Störreichweite vermindert werden kann. Zum genannten Beitrag von 1986 ist zu ergänzen, dass Gleichwellenfunksysteme heute die Pilotprojektphase längst verlassen haben. Sie sind Stand der Technik und mittlerweile bei vielen BOS im Einsatz bewährt. Bei den Feuerwehren Bayerns sind 38 Gleichwellenfunksysteme (Stand 2002) in Betrieb.

Hemmschwelle für die Einführung des Gleichwellenfunksystems waren die relativ hohen Investitions- und Unterhaltskosten. Zugegeben, der finanzielle Sprung von den Kosten für eine Relaisfunkstelle herkömmlicher Bauart (ca. 10 000 Euro) zu einem Gleichwellenfunksystem (je Relaisfunkstelle ca. 25 000 Euro; mehrere solcher Relaisfunkstellen in einem Funkverkehrskreis sind nötig) ist groß. Es gibt aber Einiges zu bedenken.

In einem Landkreis sind Fahrzeuge, Ausstattung und Gerätehäuser im Wert von mehreren zig-Millionen Euro vorhanden. Dieses gesamte Potential kann nur dann effektiv eingesetzt werden, wenn auch den Erfordernissen angepasste Führungsmittel vorhanden sind. Was nützt das ganze Potential, wenn weder die Alarmierung noch die Verbindung sichergestellt sind? Die Einrichtungen eines Funkverkehrskreises zählen zu den Führungsmitteln, dessen Funktionstüchtigkeit die Grundvoraussetzung für einen erfolgversprechenden Einsatz sind. Sollte etwa der wirkungsvolle Einsatz des im Landkreis vorhandenen Potentials daran scheitern, dass man nicht bereit ist, eine Investition zu tätigen, die noch nicht einmal an die Kosten für eine Drehleiter heranreicht?

Ergänzung: Gleichwellenfunksysteme werden im Hinblick auf die geplante Errichtung eines bundesweit einheitlichen Sprech- und Datenfunksystems für alle Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) nicht mehr gefördert.

4. Zusammenfassung

Funkstörungen sind, wie eingangs erwähnt, ein leidiges, tägliches Thema, nur sehr wenige glückliche Kreisverwaltungsbehörden sind davon nicht betroffen. Dass es durchaus Möglichkeiten gibt, Störungen zu minimieren, wurde an einigen Beispielen gezeigt. Es kommt in erster Linie darauf an, dass die Betroffenen ohne Vorbehalte in eigenem Interesse gemeinsam an der Lösung der Probleme arbeiten und bereit sind, bisweilen auch aufwändigere Messungen durchzuführen sowie ggf. Skizzen mit genauen Maß- und Winkelangaben zu fertigen.

Soweit mit Hilfe dieses Beitrages die Probleme vor Ort nicht gelöst werden können, ist - wie bisher auch - das Staatsministerium des Innern gern bereit, bei Problemlösungen mitzuwirken.