

**Hinweise zur studioseitigen NF-Signalaufbereitung und
zur Mono- / Stereoübertragung
bei nichtkommerziellen Veranstaltern**

Ausgabe 2 / 2003

Die erzielbare technische Reichweite eines UKW-Senders hängt von einer Vielzahl unterschiedlicher Parameter ab. Augenscheinlich gehört dazu eine möglichst hohe Sendeleistung und eine interferenzarme Frequenz. Beides sind Parameter auf die der Veranstalter keinen Einfluss nehmen kann. Darüber hinaus bestimmt die Betriebsart des Senders und das im Studio aufbereitete Modulationssignal die Empfangbarkeit. Beides sind Faktoren, die einem Veranstalter durchaus Gestaltungsspielräume lassen. Sowohl das Thema Signalprocessing als auch die Festlegung der Betriebsart Mono/Stereo erfordern im Hinblick auf die Reichweite vom Veranstalter einige grundlegende Überlegungen. Nachstehende technische Hinweise sollen dazu eine Hilfestellung geben.

NF-Signalaufbereitung (Soundprocessing)

Die UKW-Rundfunkübertragungstechnik für terrestrische Sendernetze nutzt bekanntermaßen zur Modulation des hochfrequenten Trägersignals (RF) im Sender die sog. Frequenzmodulation (FM). Bei diesem Verfahren bestimmt der Pegel (Amplitude) des zu übertragenden niederfrequenten Tonsignals (NF), das selbst ein Gemisch aus verschiedenen Signalkomponenten darstellt (Multiplex), die Höhe des Frequenzhubes. Unter Frequenzhub ist die maximale Frequenzablage des Trägersignals von seiner Mittenfrequenz (= Betriebsfrequenz) zu verstehen. Die Trägerfrequenz schwankt mit den Augenblickswerten der modulierenden Frequenz (Multiplexsignal). Die Frequenz des modulierenden Signals selbst bewirkt die Geschwindigkeit der positiven und negativen Frequenzverschiebungen des Trägersignals.

Die Gesamtleistung des niederfrequenten Signalgemischs, üblicherweise als Multiplexleistung bezeichnet und gemessen, wird wiederum wesentlich vom Pegel des Programmsignals aus dem Studio (Summensignal L+R bei Stereoübertragung, Grenzfrequenz 15 kHz) selbst bestimmt. Daraus ergibt sich, dass der Signalpegel am

Studioausgang den Hub des Senders stark beeinflusst. Die Höhe des durchschnittlichen Frequenzhubes macht sich auf der Empfängerseite in der Lautstärke des Signals d.h. in der Höhe des NF-Signalpegels bemerkbar.

Bei einem angenommenen konstanten Störpegel werden NF-Signale mit hohen Pegeln d.h. bei großem Hub subjektiv bezüglich der Qualität besser bewertet. Vorhandene Störungen lassen sich mit einer Pegelanhebung somit leicht überdecken. Der physikalische Grund hierfür ist, dass bei FM das Nutz- und Störverhältnis (S/N) mit zunehmendem Frequenzhub steigt. Interferenzstörungen und andere Breitbandstörungen wirken sich bei großen Frequenzhuben zum größten Teil als Stör-Amplitudenmodulation aus, die durch einen Amplitudenbegrenzer im Empfänger beseitigt werden kann. Die Störwirkung durch eine Störfrequenzmodulation ist allgemein gering, weil die Nutzmodulation selbst bei ungünstigen Empfangsverhältnissen um ein vielfaches größer ist.

Der beschriebene Effekt veranlasst insbesondere kommerzielle Veranstalter dazu, mit einer aufwendigen Signalaufbereitungstechnik (Soundprocessing) die subjektiv wahrgenommene Empfangsqualität in ihrem Versorgungsgebiet zu beeinflussen (Reichweitenoptimierung). Die Einflussmöglichkeiten haben jedoch Grenzen. Sowohl für die Multiplexleistung als auch für den Frequenzhub gelten Grenzwerte, die im praktischen Senderbetrieb einzuhalten sind (Hub: 75 kHz, Multiplexleistung: 0 dB). Mit Hilfe aufwendiger Signalverarbeitungsmethoden ist es jedoch möglich, einen relativ hohen durchschnittlichen Frequenzhub zu erzeugen, ohne dass eine Überschreitung der Grenzwerte für die Multiplexleistung und des Frequenzspitzenhubes beim Senders vorliegt.

Messtechnische Untersuchungen bei mehreren nichtkommerziellen Radios in Baden-Württemberg haben gezeigt, dass die Aussteuerung der Sender (Hub) während einer längeren Beobachtungszeit z.T. sehr stark schwankt. Zeitweise erreichte der durchschnittliche Hub der Sender nicht einmal 15 kHz. Bei kommerziellen Radios und beim SWR liegt dieser Wert zum Vergleich bei knapp über 40 kHz. Der Radiohörer muss sich unter diesen Umständen nicht nur über stark schwankende Lautstärken ärgern sondern empfindet die Signalqualität bei gegebenen Störverhältnissen auch als deutlich schlechter (Reichweitenverlust !).

Eine relativ einfache Abhilfemöglichkeit besteht darin, die Pegelschwankungen des Studiosignals zu verringern und die Aussteuerung besser zu kontrollieren. Diese Aufgabe übernehmen bei professionellen Lösungen sog. Signalprozessoren i.V. mit einer Pegelregelung, die zugleich eine Beeinflussung der Klangfarbe und -fülle (Frequenzgänge) gestatten (sog. Soundprocessing mit Systemen wie z.B. Omnia, Optimod).

Diese Art der Signalaufbereitung ist nicht mit einfachen Hubbegrenzern (sog. Limiter) zu verwechseln, die lediglich eine Pegelbegrenzung vornehmen und dadurch unzulässige Hubüberschreitungen verhindern. Letztere sind bereits seitens des Netzbetreibers T-Systems in die Übertragungstrecke eingeschleift und können Pegelschwankungen innerhalb des zulässigen Dynamikbereichs an sich nicht ausregeln.

Fazit

Zur Verbesserung der Übertragungsqualität bei nichtkommerziellen Radios ist dringend zu empfehlen, die studioseitige Signalaufbereitung durch den Einsatz von geeignetem Equipment und durch Schulung des Personals zu verbessern. Technische Lösungen hierzu sind auf dem Markt verfügbar.

Mono- / Stereoübertragung

Die Stereoübertragung gilt heute im UKW-Rundfunk allgemein als Standard. Die meisten Veranstalter sehen darin ein unverzichtbares Leistungsmerkmal. Bei der Planung der Verbreitungsgebiete geht die LFK ebenfalls von Stereoempfang aus. Den Prognoserechnungen liegt im Regelfall der Empfang mit einer Richtantenne zu Grunde, die in aller Regel nur wenige Hörer tatsächlich verwenden. Die hohen Anforderungen in Bezug auf die Schutzabstände beim Stereoempfang erzwingen zumindest planungstechnisch gesehen die Verwendung dieser zumutbaren Richtantenne, weil auf anderem Wege unter frequenzökonomischen Gesichtspunkten betrachtet keine flächendeckenden stereotauglichen Sendernetze planbar gewesen wären. Dies gilt für die ursprünglichen Sendernetze des öffentlich rechtlichen Rundfunk genauso wie für die später nachgeplanten Sender für andere Veranstalter.

Dass der UKW-Empfang auch im Stereobetrieb ohne Richtantenne trotzdem praktisch relativ gut funktioniert liegt vor allem an der Gutmütigkeit der verwendeten Frequenzmodulation, die sich sehr robust gegenüber Störeinflüssen zeigt und der subjektiven Wahrnehmung der Störwirkung. Verringerte Störabstände führen erst zu einem kaum wahrnehmbaren Hintergrundrauschen das erst bei sehr starken Unterschreitungen der Schutzabstände in unzumutbare Beeinträchtigungen übergeht.

Noch wesentlich unempfindlicher gegenüber Störungen zeigt sich die viel ältere Monoübertragung, die vergleichsweise viel geringere Anforderungen an die Schutzabstände und an die nichtlinearen Verzerrungen im Übertragungskanal (Mehrwegeempfang) stellt. Beide Übertragungsarten, Mono und Stereo, sind zueinander kompatibel und können ohne großen Aufwand mit ein und demselben Empfänger realisiert werden.

Im Hinblick auf die sehr dichte Belegung des UKW-Spektrums und der damit einhergehenden Störungen durch Interferenzen spricht besonders bei leistungsschwächeren Sendern viel für die Verwendung der Monoübertragung. Dabei sollte ebenfalls berücksichtigt werden, dass die Masse der Hörer kaum mehr die Übertragungsqualität, die der UKW-Rundfunk im Grunde bieten kann, nutzt. Hinzu kommt, dass seit geraumer Zeit eine mit Blick auf die Reichweite optimierte Signalübertragung mit Methoden des Soundprocessings im Vordergrund steht, bei der die stereophonen Höreindrücke nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Tatsächlich unterscheiden sich bei vielen Veranstaltern die Signale auf dem rechten und linken NF-Kanal kaum noch voneinander. Lediglich die Auswertung des Stereopiloten zeigt dem Radiohörer an, dass der empfangene Sender in Stereo sendet. Mit dieser praktischen Erfahrung erhebt sich die Frage, welchen Sinn eine Stereoübertragung dann überhaupt noch macht.

Ein Blick auf die in der Beurteilungsrichtlinie für den störungsfreien UKW-Empfang festgelegten Schutzabstände für Mono und Stereo offenbart, dass gerade bei den häufig auftretenden sehr kritischen Störsituationen durch Gleichwellensender und Sender im 100 kHz-Abstand für den Monobetrieb sehr viel geringere Schutzabstände für den störungsfreien Empfang genügen. Hinzu kommt, dass die Monoübertragung wesentlich stärkere nichtlineare Verzerrungen verkräftet (6 %/kHz statt nur 2 %/kHz bei Stereo). Für den 100 kHz-Frequenzversatz zwischen Stör- und Nutzsender beträgt beispielsweise der Stereoschutzabstand 33 dB während für den Monobetrieb

ganze 12 dB ausreichen. Die erhebliche Störabstandverbesserung von 21 dB lässt sich Dank der Kompatibilität von Mono- und Stereoempfang mit einem umschaltbaren Empfänger selbst leicht feststellen. Bei leicht bis mittel gestörtem Stereoempfang (Interferenzstörungen) verhilft die Umschaltung auf Monobetrieb in den meisten Fällen zu einem störungsfreien Empfang. Die Umschaltung bewirkt im Empfänger, dass der Stereo-Decoder aus dem Empfangszweig herausgenommen und der (L+R)-Anteil des Stereosignals (=identisch mit einem Monosignal) über einen Tiefpass (15 kHz Grenzfrequenz) ausgefiltert und den beiden NF-Kanälen des folgenden Stereo-Verstärkers zugeführt wird. Beide Lautsprecher geben jetzt das störungsfreie Monosignal wieder. Der Qualitätsunterschied in der Tonwiedergabe ist bei tragbaren Empfängern gegenüber dem Stereobetrieb nur gering und kaum wahrnehmbar, soweit sich rechter und linker Kanal nur wenig voneinander unterscheiden.

Die Mono- /Stereoumschaltung als auch eine mögliche Umschaltung der ZF-Bandbreite gehört leider nur bei hochwertigen Empfängern zur Geräteausstattung. Die überwiegende Zahl der preiswerteren portablen Empfänger und der Autoradios verfügen über keine derartige manuelle Umschaltmöglichkeit. Dies bedeutet, dass der aus dem Stereoencoder des Senders stammende 19 kHz-Pilot die Mono-/Stereoumschaltung automatisch steuert. Ein empfangener Stereopilot dient als Indikator für den Stereobetrieb und führt zur automatischen Einschleifung des Stereodecoders in den Signalweg im Empfänger (Stereoanzeige aktiv). Die wesentlich größere Bandbreite des Stereosignals (ca. 40 Hz bis 53 kHz) erfordert jetzt für einen störungsfreien Empfang die deutlich höheren Schutzabstände für Stereo. Dies ist deshalb so, weil bei der Frequenzmodulation das Verhältnis S/N mit zunehmender Modulationsfrequenz abnimmt.

Besonders in hochwertigen Autoradios kommen allerdings Schaltungen zur dynamischen Anpassung der Bandbreite (ZF und NF) in Abhängigkeit von der Signalqualität und adaptive Entzerrer zum Einsatz, die zu einer deutlichen Empfangsverbesserung auch im Stereobetrieb führen. Dabei ist ein dynamischer Übergang bis zum Monobetrieb möglich.

Um die automatisch umschaltenden Empfänger in den störungsfreieren schmalbandigeren Monobetrieb zu zwingen, muss der Stereopilot des Encoders am Sender ausgeschaltet bleiben (= Monobetrieb). In dieser Betriebsweise überträgt der Sender als Multiplexsignal lediglich einen Monoanteil mit einer Bandbreite von 40 Hz bis 15 kHz ($(L+R)/2$) und die Zusatzträger für ARI und RDS (falls vorhanden). Der mit 38 kHz geträgerte Signalanteil (L-R) zur Generierung zweier getrennter Kanäle für Stereophonie im Stereodecoder entfällt. Die eintretende Verringerung der Multiplexleistung kann jetzt sogar dazu benutzt werden, das Monosignal zusätzlich mit Blick auf den zulässigen Hub des Senders zu optimieren (Soundprocessing).

Der Monobetrieb der Sender führt in der Praxis je nach Störsituation in den Versorgungsgebieten zu einer deutlichen Verbesserung der Empfangbarkeit. Besonders dann, wenn Gleichkanalsender und Sender im 100 kHz-Abstand zu Beeinträchtigungen (Interferenzstörungen) führen, ergibt sich eine spürbare Reichweitensteigerung in Bezug auf den größten Teil der Empfängertypen. Die tatsächliche Reichweite dürfte unter diesen Bedingungen die Prognoseberechnung für Stereoempfang mit Richtantenne übertreffen und die Erwartung für Monoempfang mit Rundantenne gut erfüllen. Bisherige Erfahrungen in besonders problematischen

Versorgungsgebieten in Baden-Württemberg sind durchweg positiv. Die Nachteile gegenüber der Stereoübertragung sind vernachlässigbar.

Einspeisung in Kabelnetze

Die Weiterverbreitung eines UKW-Tonrundfunksignals in einem breitbandigen Kabelnetz erfordert in aller Regel eine geeignete d.h. qualitativ hochwertige Zuführung zur Kopfstelle der Anlage und eine vorherige Aufbereitung des Signals. Soweit die Zuführung ausschließlich über einen terrestrischen UKW-Sender erfolgt, ist die Weiterverbreitung grundsätzlich nur in der Betriebsart (Mono / Stereo) möglich, in der der Bezugssender selbst betrieben wird. Handelt es sich beim Empfangssignal des Bezugssenders um ein Monosignal, kann letztendlich auch nur ein monophones Signal in der Kabelanlage angeboten werden. Ausnahmen hiervon sind möglich, wenn es gelingt, ein stereophones Programmsignal auf einem anderen Übertragungswege auf zwei getrennten Tonkanälen (Stereo-Leitung) der Kabelkopfstelle zuzuführen. In diesem Fall kann der Netzbetreiber das UKW-Stereosignal mit einem eigenen Encoder unabhängig vom terrestrischen Sender erzeugen und anschließend wie ein gewöhnliches UKW-Stereosignal einspeisen. Ebenso ist es technisch möglich, ein monophones Quell-Signal für eine Stereoübertragung im Kabelnetz zu verwenden, in dem auf beiden Kanälen (L / R) ein identisches (Mono-) Signal übertragen wird. Letzteres würde dem Rundfunkhörer zwar eine Stereo-Übertragung signalisieren, ein wirklicher Stereoeffekt wäre aber unter diesen Umständen akustisch nicht wahrnehmbar.

Eine separate Stereosignalzuführung zu Kabelkopfstellen ist dann wirtschaftlich interessant, wenn die Leitung gleichzeitig als Modulationsleitung für den Sender selbst benutzt werden kann, d.h. Kabelkopfstelle und Senderstandort über die gleiche Leitungsführung erreicht werden können. Zudem sollte die Kabelanlage eine entsprechende Reichweite aufweisen, damit sich der Mehraufwand bei der Signalaufbereitung lohnt. Hilfestellung bei der Erarbeitungen technischer Lösungen für die Signalzuführung und Aufbereitung im Einzelfall bieten die Netzbetreiber.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass bei der Wahl der Betriebsart sich Qualitätsansprüche auf der einen Seite und bessere Empfangbarkeit unter schwierigen Bedingungen auf der anderen Seite nicht in jedem Einzelfall mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand auf einen Nenner bringen lassen. Insoweit muss der Veranstalter entsprechend seiner eigenen Präferenzen Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen und eine Entscheidung für eine Betriebsart treffen. Der Option einer kostengünstigen Signalzuführung in Stereo zu Kabelkopfstationen über den terrestrischen Sender steht in aller Regel eine deutlich schlechtere Empfangbarkeit mit mobilen und tragbaren Empfangsgeräten (terrestrischer Direkttempfang ohne Richtantenne) gegenüber.

Fazit

Mit Blick auf die überwiegend leistungsschwachen Sender der nichtkommerziellen Veranstalter und das relativ hohe Störpotenzial bietet sich unter dem Gesichtspunkt der besseren Empfangbarkeit mit tragbaren und mobilen Empfangsgeräten der Monobetrieb geradezu an. Damit kann faktisch die Reichweite der Sender mit vertretbaren Abstrichen beim akustischen Klangbild deutlich erhöht werden.