

# Tipps und Tricks rund um die **Drahtlos**technik

# Drahtlos! Ratlos?

Von Volker Holtmeyer

Im ersten Teil der Serie haben wir die Grundlagen drahtloser Audioübertragung kennengelernt und gesehen, dass es dabei so mancherlei Tücken gibt. Im zweiten Teil werden wir nun untersuchen, welche Bedingungen für einen sauberen Empfang zu erfüllen sind.

## Teil 2

Wenn mehrere Sendestrecken gleichzeitig betrieben werden, gibt es die obligatorischen Intermodulationen und es kann Interferenzen zwischen benachbarten Sendefrequenzen geben. Das Sendesignal kann aber auch mit sich selbst interferieren durch Signalanteile, die reflektiert und damit verzögert am Empfänger eintreffen. Eine Sendeanlage wird in der Regel ja nicht unter Freifeldbedingungen betrieben und es gibt immer Hindernisse, die das Signal reflektieren (Abb. 1). Das vom Sender ausgestrahlte Signal gelangt

also nicht nur auf dem direkten Wege zur Empfangsantenne, sondern erfährt Reflexionen an Gegenständen und vor allem an den Raumbegrenzungsflächen. Als Hindernis ist alles zu betrachten, was mindestens in der Größenordnung einer Wellenlänge liegt, was bei üblichen Trägerfrequenzen um die 800 MHz etwa einen halben Meter bedeutet. Von all diesen Flächen wird das Signal gleichsam einem optischen Spiegel zurückgeworfen und diese Signalanteile treffen irgendwann ebenso wie das direkte Signal auch

auf die Empfangsantenne. Die reflektierten Signalanteile weisen aber durch die größere zurückgelegte Wegstrecke eine größere Laufzeit auf. Dies wiederum hat zur Folge, dass die Phasenlagen der verzögerten Signalanteile nicht mit der Phasenlage des direkten Signals übereinstimmen. Somit kann es zu destruktiven Interferenzen kommen, was im Extremfall die völlige Auslöschung des Empfangssignals bedeuten kann. Hierfür haben sich die englischen Begriffe Dropout oder auch Deepfade etabliert.

Da sich solche Dropouts nicht vorhersehen lassen und natürlich auch nicht vollständig zu vermeiden sind, besitzen bessere Drahtlosempfänger zwei Antennen. Wenn nämlich eine Antenne einen Dropout hat, ist die Wahrscheinlichkeit, dass gleichzeitig an einer zweiten Antenne etwas weiter weg auch ein Dropout anliegt, gleich Null. Solche Anlagen bezeichnet man als Diversity-Systeme. In der **Abbildung 2** ist dargestellt, wie die Signale zweier Empfangsantennen verlaufen, wenn der Sender quer durch den Raum bewegt wird und damit ständig andere Ausbreitungsbedingungen herrschen. Doch auch, wenn mit Diversity geworben wird, lohnt es sich, beim Kauf einer Anlage etwas genauer hinzuschauen – Diversity ist nämlich nicht gleich Diversity! Grundsätzlich ist hier zu unterscheiden, ob es sich „nur“ um Dual Antenna Diversity oder um True Diversity handelt. Beim Dual Antenna Diversity (manchmal auch Switched Diversity genannt) gibt es – einfach ausgedrückt – lediglich einen Schalter, der beim Unterschreiten eines definierten Pegels auf die jeweils andere Antenne umschaltet; ungeachtet dessen, ob wirklich das bessere Signal anliegt. Wesentlich eleganter funktioniert True Diversity. Hier hat jede Antenne einen eigenen Empfänger, deren Amplituden verglichen werden, um das entsprechend bessere Audiosignal zu verwenden. Die Umschaltung zwischen den beiden Wegen geschieht völlig geräuschlos und nicht wahrnehmbar (vgl. **Abb 3**).

Wahrnehmbar ist unter Umständen jedoch ein gewisser Rauschteppich durch einen zu geringen Störgeräuschabstand. Daher ist es ganz wichtig, sich bereits vor der Veranstaltung Gedanken darüber zu machen, mit welchen Lautstärken an den Sendern zu rechnen ist. Die enorm wichtige Vorverstärkung der Mikrofone – egal ob als Kapsel im Handsender oder als Lavalier oder Headset – geschieht hier nämlich nicht im Mischpult, sondern im Handsender respektive Taschensender. Ein schlechter Störgeräuschabstand, den man sich hier einfängt, zieht sich durch die gesamte Signalkette. Wenn also ein Handsender in einer Talk-Runde eingesetzt werden soll, ist der Vorverstärker im Hand-

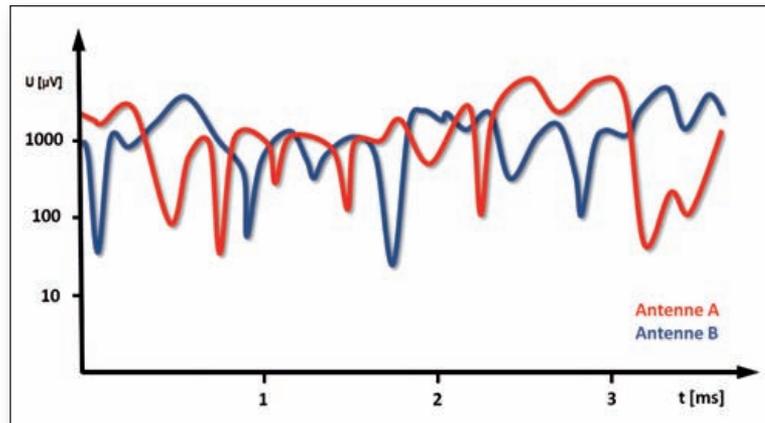


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf zweier Antennensignale



Abb. 2: Mehrwegausbreitung durch Reflexion

sender entsprechend empfindlicher einzustellen (mehr Gain), als wenn er für den Shouter einer Crossover-Band erhalten soll.

Einen weiteren Grund für vernehmbares Rauschen hat man heute bei modernen Drahtlosanlagen mit Kommandertechnik recht gut im Griff. Die Übertragung via Funk bietet prinzipiell ein relativ schlechtes Signal-/Rauschverhältnis. Daher wird im Sender das Audiosignal komprimiert und im Empfänger wieder expandiert. Auf diese Weise wird der eingeschränkte Dynamikbereich des Nadellöhrs Äther optimal genutzt.

Des Weiteren trägt meist eine Pre- und De-Emphasis, ähnlich wie es manch einer vielleicht noch von alten Bandmaschinen mit Dolby kennt, zu einem besseren Störgeräuschabstand bei. Dabei werden im Sender hohe Frequenzbereiche angehoben und im Empfänger wieder in gleichem Maße abgesenkt. Das Anheben im Sender ist unproblematisch, da der Energiegehalt hoher Frequenzen relativ ge-

ring ist. Rauschen hat aber zumeist einen großen Anteil hoher Frequenzen, der somit wirksam unterdrückt wird. Die beiden letztgenannten Punkte sind übrigens hauptsächlich dafür verantwortlich, dass Sender und Empfänger verschiedener Marken nicht beliebig gemixt werden können, da jeder Hersteller hier sein eigenes „Süppchen“ kocht.

Rauschen wird es auch, wenn ein Empfänger sein Trägersignal verliert – und das nicht zu knapp! Entfernt sich der Sender vom Empfänger, wird das Empfangssignal immer schwächer, bis irgendwann der Träger abreißt und die Anlage fürchterlich aufrauscht. Das ist natürlich unbedingt zu vermeiden, beispielsweise mit dem sogenannten Squelch. Hierbei wird das Audiosignal beim Unterschreiten eines einzustellenden Pegels einfach stumm geschaltet. Falls die Reichweite einer Drahtlosanlage einmal extrem eingeschränkt scheint und leisere Töne schon bei

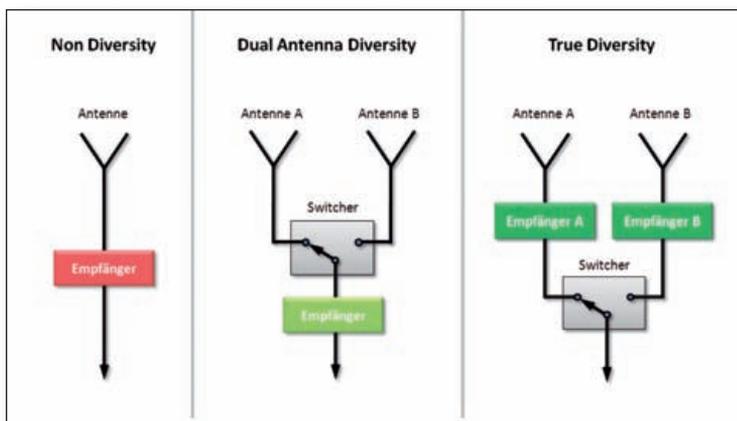


Abb. 3: Diversity-Verfahren

mäßiger Entfernung wie durch ein Noisegate abgeschnitten scheinen, lohnt es sich also, den Squelch zu überprüfen. Genau wie beim Diversity gibt es auch beim Squelch einfache und bessere Verfahren. Die einfache Variante nutzt ausschließlich die Signalstärke des Trägers zur Regelung. Das hat den Nachteil, dass die Schaltung nicht erkennen kann, ob das empfangene RF-Signal tatsächlich vom erwarteten Sender rührt, oder ob es vielleicht eine Intermodulation anderer Sender ist. Besser arbeitet ein Pilotton-Squelch. Dabei wird vom Sender ständig ein hoher Sinuston (meist 19 bis 20 kHz) ausgesendet, der im Empfänger ausgewertet wird. Somit reagiert der Squelch nur auf den zugehörigen Sender.

Doch nun zurück zu unseren Antennen. Für einen optimalen Empfang braucht es also zwei Antennen. Doch wohin damit? Bei kleinen Anlagen stellt sich die Frage so nicht – da sind die Antennen ohnehin fest am Gerät. Wenn eine solche Anlage auf der Bühne betrieben wird mit direkter Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger, ist das auch überhaupt kein Problem. Problematisch wird es aber, wenn die Empfänger am F.o.H. stehen. Hier mag während des Soundchecks noch alles einwandfrei gespielt haben – doch am Abend ist plötzlich Funkstille. Klar, nun ist Publikum im Saal und verhindert die Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger. In einem solchen Fall hilft nur, die Empfänger irgendwie möglichst hoch zu positionieren. Wir lernen also: Sichtverbindung ist

die erste Voraussetzung für einen guten Empfang. Somit ist es empfehlenswert, die Antennen abzusetzen. Eine Möglichkeit könnte darin bestehen, beispielsweise die Stummelantennen, die per BNC-Stecker hinten auf dem Empfänger stecken, einfach mit einem entsprechenden Kabel zu verlängern und an einem Stativ zu befestigen. Doch das funktioniert leider nicht einwandfrei. Bei diesen Stummelantennen handelt es sich um sogenannte Lambda-Viertel-Antennen, die unbedingt eine sogenannte Groundplane benötigen – in diesem Fall das Metallgehäuse des Empfängers. Für eine abgesetzte Montage bedarf es spezieller Lambda-Halbe-Antennen. Diese werden als omnidirektionale Varianten oder mit ausgeprägter Richtcharakteristik angeboten. Welcher Typ hier vorzuziehen ist, hängt stark vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Ebenso ist abzuwägen, ob passive Antennen ausreichend sind, oder ob aktive Ausführungen die bessere Wahl darstellen. Letzteres ist eigentlich nur der Fall, wenn große Kabellängen nötig sind, die das Signal dämpfen, da man den Eingang eines Empfängers genau so übersteuern kann wie jedes andere Audiogerät. Falls mehrere Empfänger eingesetzt werden, sollten die Empfangsantennen zu einem Antennenpärchen zusammengefasst werden. Bei zwei oder drei Empfängern können passive Splitter kostengünstiger sein, für größere Anlagen empfehlen sich aktive Antennensplitter. Zum Anschließen der Antennen sollte 50-Ohm-Koaxialkabel verwendet werden. 50 Ohm bezeichnet den sogenannten Wellenwiderstand des

Kabels. Dieser ist nicht etwa mit einem Multimeter an der Leitung zu messen, sondern eine Konstante für den Aufbau der Leitung. 75-Ohm-Kabel aus der Fernsehtechnik (häufig grün) sollten nicht verwendet werden. Ein gebräuchliches Koaxialkabel trägt die Bezeichnung RG-58 und hat eine Dämpfung von etwa 0,5 dB pro Meter. Demgegenüber hat das RG-213 nur eine Dämpfung von etwa 0,21 dB pro Meter, ist aber auch deutlich teurer. Bei der Berechnung der Dämpfung von Antennenleitungen muss übrigens direkt mit den Werten in dB pro Meter gerechnet werden und nicht etwa logarithmisch, wie bei der dreidimensionalen Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in der Luft.

Die Dämpfung der Antennenkabel ist auch wichtig für einen problemlosen Diversity-Betrieb. Denn nur wenn beide Antenneneingänge den gleichen Pegel bekommen, ist eine optimale Diversity-Funktion gewährleistet. Daher sollten immer beide Antennenkabel gleich lang sein, auch wenn der Weg zur einen Antenne kürzer ist. Empfehlenswert ist ein Mindestabstand der Antennen von einer Wellenlänge, also etwa 0,5 bis 2 Meter. Viel weiter sollten die Antennen nicht auseinander stehen – auf keinen Fall etwa eine links und eine rechts der Bühne. So würden die Empfangspegel der Antennen in der Regel stark unterschiedlich sein, was den optimalen Arbeitsbereich für den Diversity-Betrieb einschränkt. Auch um Intermodulationsprodukte möglichst gering zu halten, ist erfahrungsgemäß für die Sender ein Mindestabstand von etwa 3 bis 5 Metern zu den Antennen sinnvoll. Optimal wäre es, wenn alle Sender stets den gleichen Abstand zu den Empfangsantennen hätten. Daher ist die Positionierung am F.o.H. in vielen Fällen eine gute Lösung. Der vergleichsweise größere Abstand zur Bühne ist im Allgemeinen unkritisch.

Im dritten und letzten Teil dieser Serie werfen wir einen Blick auf die Zukunft der drahtlosen Produktionsmittel. ■

**Noch Fragen?**  
[redaktion@tools4music.de](mailto:redaktion@tools4music.de)