

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de



SENNHEISER

E. Werner

Drahtlose Tonübertragung vieler Kanäle unter Verwendung von Hochfrequenzstrahlung oder Infrarotlicht

Zusammenfassung:

Drahtlose Mikrofone auf Hochfrequenzbasis mit kleiner Sendeleistung sind seit etwa 20 Jahren verfügbar. Ständige Verbesserungen der Sender und Empfänger erlauben heute einen hochwertigen Parallelbetrieb vieler Kanäle, deren Zahl im allgemeinen aber durch die verfügbaren Frequenzen begrenzt wird. Als neuartiger Träger zur drahtlosen Übertragung wurde 1975 das Infrarotlicht in größerem Umfang in Produkten für den allgemeinen Markt angeboten. Inzwischen stehen Systeme für hochwertige einkanalige und zweikanalige bzw. stereophone Übertragung zur Verfügung. Darüber hinaus wird besonders für den Einsatz bei Konferenzanlagen eine neunkanalige Anlage angeboten, bei der die günstigen Voraussetzungen des zur Verfügung stehenden Übertragungsbandes sich voll in der erzielten Qualität widerspiegeln.

1. Problemstellung

Wo immer Sprache, Gesang oder Musik dargeboten werden, stellt sich früher oder später die Frage nach der Möglichkeit drahtloser Übertragungen hoher Qualität. Eine Vielzahl von Gründen kann für einen derartigen Wunsch genannt werden: Als wesentlich ist sicher anzusehen, daß in vielen Fällen der Abstand zwischen Produzierendem und Hörendem zu weit ist, so daß ein näheres Herankommen aus Verständlichkeits- und Qualitätsgründen wünschenswert ist. Ein zweiter Grund, die direkte Schallausbreitung mit dem Einsatz technischer Mittel zu ergänzen, ist der Wunsch nach künstlerisch bedingten Veränderungen einzelner Anteile. In einer Vielzahl von Fällen werden drahtgebundene Anlagen für diese Zwecke eingesetzt.

Für die Wahl drahtloser Techniken sprechen Gesichtspunkte wie Beweglichkeit, Unsichtbarkeit der Verbindung, Aufbau von Brücken, die drahtgebunden nicht realisierbar sind, sowie in speziellen Anwendungen die Ausstrahlung mehrerer Kanäle, deren Auswahl den Hörenden freigestellt wird.

Einige Beispiele sollen dieser Auflistung mehr Inhalt verleihen: Bei Gesangsgruppen gibt es heute häufig keine festen Aufstellungen mehr, sondern ständige Veränderungen der Position durch beispielsweise Tanzeinlagen. Erst bei drahtloser Verbindung kann den einzelnen Akteuren die dafür notwendige Beweglichkeit geschaffen werden. - Bei Bühnenaufführungen historischer Werke soll im allgemeinen kein neuzeitliches technisches Gerät sichtbar werden. Dennoch sollen die Darsteller in unmittelbarer Nähe akustisch aufgenommen werden. Unsichtbarkeit der Aufnahmeeinrichtung steht daher hier im Vordergrund. - Als Beispiel für eine Überbrückung, die drahtgebunden kaum hätte durchgeführt werden können, mag jene Wohltätigkeitsveranstaltung dienen, bei der ein Sänger seine musikalische Einlage vom Hochseil aus darbot. - Schließlich ist aus der Technik der Dolmetscher-Anlagen bekannt, daß die verschiedensprachigen Teilnehmer ohne gegenseitige Störung den jeweils für sie richtigen Sprachkanal wählen möchten. Für eine drahtlose Lösung spricht hier meist, daß die für eine Konferenz verwendeten Räumlichkeiten nicht starr möbliert sind, wenn sie für viele Zwecke eingesetzt werden sollen. Damit scheidet eine Festverdrahtung mit Sprachwahl an Stuhl oder Tisch im allgemeinen aus.

2. Lösungsübersicht

Als Träger zur drahtlosen Weiterleitung des akustischen Signals kommen im allgemeinen nur Energiearten zur Auswahl, die vom Publikum nicht direkt wahrgenommen werden können. Eine klassische Lösung dafür ist die Verwendung elektro-

magnetischer Wellen, die im großen Stil nun seit über 50 Jahren beim Rundfunk praktiziert wird (Bild 1b). Für den Nahbereich sind auf gleicher Basis drahtlose Mikrofone entwickelt worden, deren Leistungsaufnahme und Baugröße mit dem Fortschreiten der Halbleitertechnik ständig günstiger gestaltet werden konnte. Diese Systeme arbeiten im allgemeinen auf Hochfrequenzen, die je nach den postalischen Vorschriften der einzelnen Länder von Bereichen unterhalb des UKW- Rundfunkbandes bis hinauf zum oberen Ende des UHF- Fernsehbandes reichen.

Ebenfalls hochfrequent, jedoch mit Frequenzen, die sich unmittelbar an den Hörbereich anschließen, arbeiten viele Induktionsanlagen (Bild 1a), bei denen statt der elektromagnetischen freien Abstrahlung das Magnetfeld einer ausgelegten Schleife zur Übertragung genutzt wird. Derartige Schleifenanlagen mit einer Vielzahl von Kanälen sind in der Vergangenheit bei vielsprachigen Konferenzen in hoher Zahl eingesetzt worden.

Wiederum mit elektromagnetischer Strahlung, jedoch im Bereich der Lichtfrequenzen, arbeiten die neuesten Verfahren (Bild 1c). Das für das Auge unsichtbare Infrarotlicht von Halbleiter-Leuchtdioden wird hier als Energieträger herangezogen. Einzelheiten der Signalverarbeitung werden weiter unten angegeben.

3. Vielkanaltechnik und verfügbare Übertragungsbänder

Alle drei beschriebenen Systeme nutzen Hochfrequenz in irgendeiner Form. Für eine hochwertige Übertragung wird ein bestimmtes Frequenzband benötigt, das z.B. beim UKW- Rundfunk etwa 180 kHz breit ist. Für die meisten Übertragungsmedien herrscht nun eine starke Knappheit an Frequenzbändern. Die Postverwaltungen der einzelnen Länder teilen deshalb die ihnen zur Verfügung stehenden Bereiche auf.

Auf dem Hochfrequenzsektor (im engeren Sinn) sind beispielsweise in der Bundesrepublik nur drei breitbandige Kanäle zur allgemeinen Anwendung als drahtloses Mikrofon verfügbar. Da diese Zahl in vielen Fällen unbefriedigend ist, wurde vor einigen Jahren eine Aufteilung dieser Kanäle in 13 schmalbandigere vorgenommen (Bild 2), die eine nur geringfügig eingeschränkte Übertragungsqualität besitzen. Die Unterschiede der Wiedergabequalität zeigen sich eigentlich nur beim direkten Vergleich und Abhören über hochwertige Wiedergabewandler.

Die induktive Übertragung leidet unter noch größerer Bandbreiteinschränkung. Während für die "Radiomikrofone" noch insgesamt 600 kHz Bandbreite zur Verfügung stehen, darf hier in Deutschland nur der Bereich zwischen 5 und 135 kHz belegt werden. Die damit verbundene Einschränkung der Niederfrequenzbandbreite auf nur 3,6 kHz bei Vielkanalanlagen bringt eine deutliche Verschlechterung gegenüber den vorher beschriebenen Verfahren.

Im Gegensatz zur Verwendung hochfrequenter Strahlung oder von Induktionsfeldern läßt sich die Übertragung mit unsichtbarem Licht auf bestimmte Räume begrenzen. Dieses ist einer der Gründe für eine allgemeine Betriebsgenehmigung, so daß behördliche Einschränkungen im Hinblick auf das belegte Band gar nicht ausgesprochen wurden. Im Augenblick liegt die Einschränkung mehr auf der technischen Seite. Der nutzbare Lichtbereich der eingesetzten IR-Dioden besitzt eine unerhört große Bandbreite von etwa 10^{13} Hz (920-950 nm), die jedoch direkt nicht wirtschaftlich nutzbar ist. Man arbeitet daher mit sogenannten Zwischenträgern. Dies bedeutet zunächst das Bereitstellen von hochfrequenten Schwingungen einer niedrigeren Frequenz, denen das akustische Signal aufgeprägt wurde. Im Takt dieser hochfrequenten Schwingungen wird dann das Trägerlicht ein- und ausgeschaltet. Wirtschaftlich können diese Schaltvorgänge zur Zeit nur bis etwa 500 kHz hinauf durchgeführt werden. Die Aufteilung dieses Bereiches zur

Übertragung eines oder mehrerer Kanäle ist zum Teil durch Normvorschläge festgelegt.

4. Die Lösungen im einzelnen

4.1 Mikroport- Anlagen

Die Anfänge der drahtlosen Mikrofone lagen in den 50er Jahren. Die Problematik lag bei der Sendergröße. Erste Schaltungen mußten teilweise noch mit Röhren arbeiten und brauchten daher viel Batterievolumen. Die Halbleitertechnik hat es ermöglicht, die Sender ständig zu verkleinern. Heutige Sender sind so kompakt, daß sie sowohl als handgehaltenes Mikrofon als auch in der Tasche leicht verwendet werden können. Bei Anwendung in der Hand wird mit aufgeschraubten Mikrofonköpfen eine kompakte Einheit erzielt. Setzt man den Sender als Taschengerät ein, so kann ein Miniaturmikrofon abgesetzt an der Kleidung befestigt werden (Bild 3).

Auf der Empfängerseite wird vor allem bei größeren Anlagen der Anzeige- und Bedienungskomfort von Geräten in Tischausführung bevorzugt (Bild 4). Daneben gibt es für mobile Zwecke allerdings auch Kleinempfänger, deren Größe sich mit den Sendern deckt.

Von besonderem Interesse ist die Übertragung mit mehreren Kanälen zur gleichen Zeit. Da die drei Breitbandkanäle oft nicht ausreichen, wurde bereits mehrfach auf die bereits erwähnten Schmalbandkanäle zurückgegriffen. Zu einer besonders störungssicheren Übertragung können allerdings nicht beliebige und beliebig viele aus diesen 13 Kanälen gleichzeitig betrieben werden. Als besonders sicher erweisen sich maximal 6 gleichzeitig übertragene Kanäle. Einige dafür besonders günstige Kombinationen sind im Anhang bildlich dargestellt (Bild 5).

Von der Senderseite her ist die Variationsmöglichkeit leicht zu übersehen. Über die Auswahl des richtigen

Mikrofons und einer möglichst gestreckten Verwendung der Sendeantenne hinaus sind nur einige in den Betriebsanleitungen angegebene Grundregeln zu berücksichtigen. Auf der Empfängerseite dagegen ergeben sich gerade bei Vielkanalanlagen sehr unterschiedliche Aufbaumöglichkeiten.

In der einfachsten Ausführung würde jeder der sechs Empfänger seine eigene Antenne bekommen. Die Tonausgänge der Empfänger können zur Weiterverarbeitung an Mischpulte geführt werden. Bei einer derartigen Anordnung von Empfängern mit jeweils einer zugeordneten Antenne macht sich ein Effekt störend bemerkbar, der auch bei Einkanalbetrieb lästig sein kann. Es handelt sich um Auslöschungen der vom Sender ausgehenden elektromagnetischen Wellen aufgrund von Reflexionen an metallischen Aufbauten. Da der Sender frei beweglich ist, können Situationen auftreten, in denen die Empfängerantenne sich gerade in einem solchen Punkt hoher Auslöschung befindet. Damit ist die Übertragungsstrecke unterbrochen.

Eine gewisse Verbesserung kann man erzielen, wenn jedem Empfänger ein von mehreren Antennen stammendes Summensignal angeboten wird. Natürlich wird man dann den Aufbau so durchführen, daß nicht für jeden Empfänger eine Vielzahl von Antennen aufgebaut wird (Bild 6). Geeignete Verteiler sorgen für Zusammenschaltung. Mit derartigen Antennenanordnungen wurden bereits sehr positive Ergebnisse erzielt, vor allem dort, wo die Sender sich über eine sehr große Fläche hinweg bewegen mußten.

Theoretisch besteht bei der Mehrfach-Antennenanordnung immer noch die Möglichkeit, daß mehrere starke Antennensignale, jedoch unterschiedlichen Vorzeichens, sich gegenseitig auslöschen. Will man diesen Fall vermeiden, so wird man eine Umschaltung zwischen wenigstens zwei Empfängern für den gleichen Kanal im sogenannten Diversity-Betrieb durchführen. Hoch betriebssichere Anlagen

kombinieren Vielfach-Antennenschaltung mit Diversity-Betrieb (Bild 7).

4.2 Induktionsanlagen

Einige Hinweise auf Induktionsanlagen wurden bereits gegeben. Neben den Einschränkungen hinsichtlich der Tonqualität ergibt sich häufig das Problem der Beeinflussung weiter entfernter Anlagen durch die Sendeschleife. Gerade bei Tagungen ist es häufig erwünscht, in mehreren Räumen jeweils Vielkanal-Anlagen in Betrieb zu haben. Diese Arbeitsweise ist mit Induktionsanlagen nur unter großen Einschränkungen durchzuführen.

Es ist weiterhin von Wichtigkeit, daß die drahtlose Übertragung in diesem Falle nur von einer stationären Zentrale auf frei bewegliche Empfänger erfolgt. Mobile Miniatursender großer Reichweite, wie sie in einem drahtlosen Mikrofon in der Hochfrequenzlösung vorliegen, sind unter der Verwendung der Induktionstechnik nicht darzustellen.

4.3 Tonübertragung mit Infrarotlicht

Mit dem Einsatz von Infrarotlicht gelingt es gegenüber den beiden vorbeschriebenen Verfahren erstmals, die Übertragung durch einfache Maßnahmen auf abgeschlossene Räume zu beschränken. Genau wie sichtbares Licht durch Blenden, Vorhänge oder Wände abgeschirmt werden kann, ist dieses mit Infrarotlicht möglich. Als Folge davon kann in unmittelbar aneinandergrenzenden Räumen oder Raumabschnitten das gleiche System wieder verwendet werden. Im Hinblick auf die Herstellung tragbarer Sender ist die Infrarot-Technik der Hochfrequenztechnik drahtloser Mikrofone zur Zeit noch unterlegen. Die für größere Reichweiten notwendigen Sendeleistungen erfordern soviel Batteriekapazität, daß eine Realisierung erst in der Zukunft möglich sein wird. Für die Anwendung kommen daher

alle Einsätze in Frage, die bisher in Innenräumen von stationären Sendern und beweglichen Empfängern bedient wurden.

Zum Prinzip war bisher angegeben, daß Infrarotlicht im Rhythmus eines Trägers unterbrochen wird, dem wiederum die tonfrequente Information aufgeprägt wurde. Aus Gründen der Störsicherheit verwendet man die vom UKW- Rundfunk her bekannte Frequenzmodulation.

Für einkanalige, breitbandige Übertragungen wurde eine Trägerfrequenz von 95 kHz zur Norm vorgeschlagen. Erstmals sind Übertragungsanlagen dieser Art 1975 zur drahtlosen Tonübertragung des Fernsehtones vom Fernsehempfänger auf einen Infrarot- Kopfhörer eingesetzt worden.

Ein zweiter Breitbandkanal wurde für die stereophone Übertragung notwendig. Seine Trägerfrequenz wurde oberhalb des ersten Kanals bei 250 kHz angesiedelt. Mit Geräten nach diesem Prinzip läßt sich die nach DIN 45 500 notwendige Tonqualität für HiFi-Übertragung gut einhalten.

Bereits die stereophone Übertragung mit zwei Kanälen erforderte ein "weiches" Ein- und Ausschalten der Infrarot-Sendediode. Auf diese Weise wurden gegenseitige Störungen der beiden Kanäle vermieden. Bei Erweiterung auf noch höhere Kanalzahlen sind solche Linearitätsanforderungen besonders wichtig. Die jetzt bestehende 9-Kanal-Anlage enthält hochwertige Linearisierungsmaßnahmen.

In dem zur Verfügung stehenden Frequenzbereich erwies es sich als zweckmäßig, neun Kanäle im Abstand von jeweils 40 kHz anzusiedeln. Dieser Abstand ist der gleiche wie bei den schmalbandigen Anlagen für drahtlose Mikrofone. Im Prinzip ist daher auch die gleiche Über-

tragungsqualität zu erzielen. Da im Infrarotfall jedoch alle Kanäle gleichzeitig betrieben werden, wurde eine Begrenzung vorgenommen, so daß der Niederfrequenz-Übertragungsbereich bis etwa 8000 Hz hinaufreicht. Dieses ist allerdings mehr als eine Oktave höher als bei den Induktionsanlagen, was sich im Hörvergleich sehr deutlich bemerkbar macht.

Gegenüber dem Beginn der Infrarot-Tonübertragungstechnik für den Heimgebrauch werden bei Vielkanal-Anlagen meist große Flächen und eine große Zahl von Teilnehmern vorausgesetzt. Daraus ergibt sich für eine wirtschaftliche Lösung ein Auftrennen in einzelne Funktionsblöcke (Bild 8). Während beim Heimgerät ein kompakter Senderbaustein mit Stromversorgung und eingebauten Dioden sinnvoll war, teilt sich diese Anordnung bei Großanlagen in drei Funktionsblöcke auf.

Das Herz der Senderseite ist der Neunkanal-Steuersender (Bild 9). Ihm werden die tonfrequenten Signale zugeführt. Der Sender liefert an seinen Ausgängen ein Hochfrequenzgemisch der einzelnen Kanäle sowie eine Gleichspannung, die für die Stromversorgung kleinerer Anlagen und zur Ferneinschaltung von Netzgeräten herangezogen wird.

Das Hochfrequenzgemisch am Steuersenderausgang ist ein reines Steuersignal und kann praktisch einer beliebigen Anzahl von Strahlereinheiten zugeführt werden. Neben kleineren Strahlern steht vor allem für größere Anlagen ein Hochleistungsstrahler zur Verfügung mit insgesamt 119 Infrarotdioden (Bild 10). Dieser Strahler enthält Parallelaufbauten, so daß im Störfall noch keine Abschaltung erfolgt. Erst wenn mehrere Ketten oder der vorrangige Zweig im Strahler ausfallen, erlischt eine Rotlicht-Diode und signalisiert damit die automatische Abschaltung dieses Bausteins.

Damit die Strahler so verteilt werden, daß eine gleichmäßige Beleuchtung mit dem infraroten Licht erreicht werden kann, sind Gewicht und Volumen durch Herauslassen des Netzteils so gering wie möglich gehalten.

Damit ist bereits der nächste Baustein erwähnt. In der Standardausführung erlaubt ein Netzteil die gleichzeitige Versorgung von vier Hochleistungsstrahlern. Um in Großanlagen diese Netzteile nicht getrennt einschalten zu müssen, können sie über die Steuer- Gleichspannung des Sendersenders ferneingeschaltet werden.

Sender, Strahler sowie das Netzgerät mit den zugehörigen Verbindungsleitungen stellen die Sendeseite einer Vielkanal-Hochleistungs-IR-Übertragungsanlage dar. Auf der Empfängerseite sind wiederum Bausteine vorhanden, die eine Anpassung an die unterschiedlichen Bedürfnisse ermöglichen.

Der Empfänger wandelt das empfangene Lichtsignal wieder zurück in die Tonfrequenz des über einen Drehschalter gewählten jeweiligen Kanals. Mit einem Lautstärkesteller kann der Ausgangspegel nach Wunsch eingestellt werden (Bild 11). Für einen wirtschaftlichen Betrieb wird das Gerät aus einem eingebauten Akkumulator versorgt, der eine Betriebszeit von etwa 13 Stunden ermöglicht. Zur freien Wahl des Hörers ist eine Klinkenbuchse eingebaut, die beim Einstecken des Hörers gleichzeitig den Empfänger einschaltet.

Um den verschiedenen Gepflogenheiten bei der Verwendung von Hörern gerecht zu werden, wird eine Palette verschiedener Hörer angeboten, die vom einohrig getragenen Clip bis zum Hörer mit zwei Systemen und Kopfband reichen.

Für das Laden der Empfängerakkumulatoren steht ein Gerät zur Verfügung, das auch zur Aufbewahrung von mehr als 100 Empfängern dienen kann (Bild 12). Neben einer Normalladung über eine Schaltuhr bietet das Ladegerät automatische Umschaltung am Ende der gewählten Zeit auf einen niedrigen Erhaltungsladestrom. Damit stehen jederzeit auch Empfänger mit optimal geladenen Akkumulatoren zur Verfügung.

Für die Projektierung derartiger Anlagen werden vom Hersteller Hilfen gegeben. Mit dem hohen Entwicklungsstand derzeitiger Infrarot-Anlagen wird ein Übertragungssystem angeboten, das nicht nur eine wirksame Ergänzung auf dem Gebiet der drahtlosen Übertragungstechnik bietet, sondern besonders im Fall der Vielkanal-Anlagen mit stationärem Sender und einer großen Zahl tragbarer Empfänger die optimale Lösung darstellt.

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de

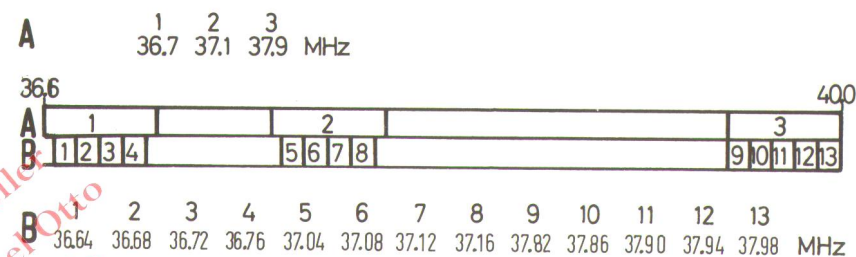
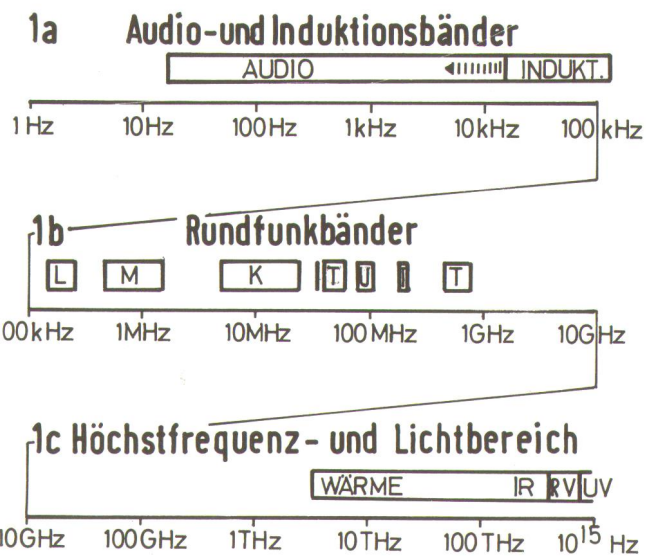


Bild 1: Frequenzbereiche für drahtlose Übertragung Bild 2: Frequenzen für drahtlose Mikrofone



Bild 3: Sender SK 1010 für drahtloses Mikrofon

Bild 4: Empfänger EM 1010 für drahtlose Mikrofone

36.64	36.68	36.72	36.76	37.04	37.08	37.12	37.16	37.82	37.86	37.90	37.94	37.98
○		○		○			○	○				○
○			○	○		○		○				○
	○		○	○			○	○				○

Bild 5: Günstige Kombinationen für Mehrkanalbetrieb

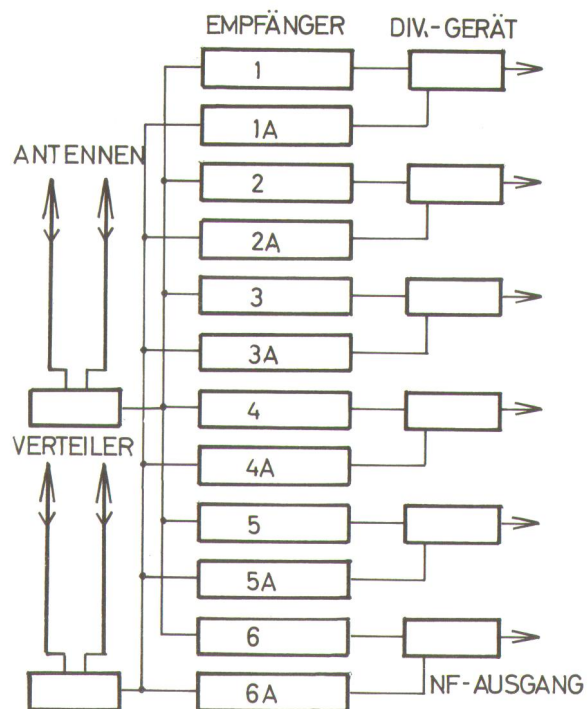


Bild 7: Diversity-Anordnung für 6 Kanäle

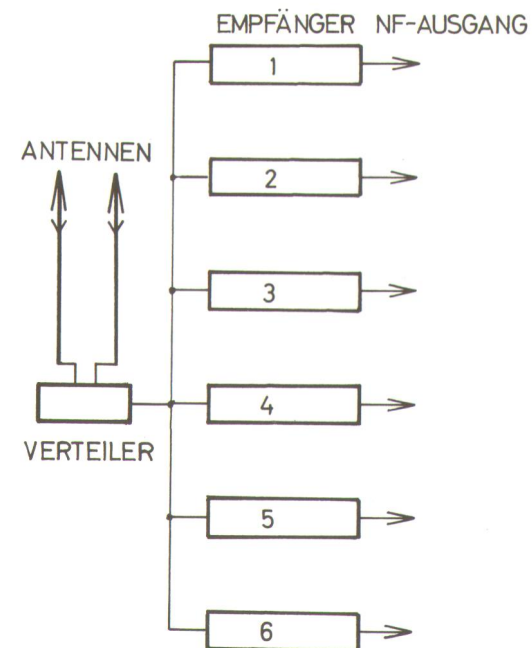


Bild 6: Empfängeranordnung mit Antennengruppe

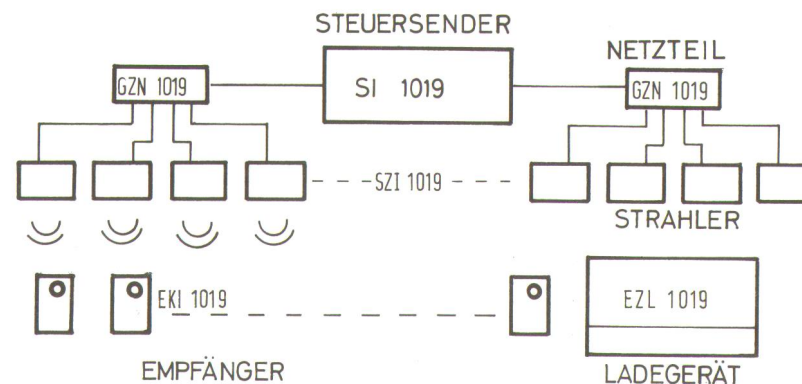


Bild 8: Schema einer IR-9-Kanal-Anlage

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de

© beim Hersteller
Archiv Michael Otto
HiFi-Classic.de



SENNHEISER