



Hochschule der Medien Stuttgart

Audiovisuelle Medien -Bachelor of Engineering

Ton Seminar

Sommer ´ 24

Drahtlosmikrofone

Vorgelegt bei:

Prof. Oliver Curdt

Leonie Thomaschewski

43303

06.05.2024

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	
a. Funktionsweise Funk	3
b. Grundbegriffe	3
c. Einsatzmöglichkeiten	4
2. Funktionsweise Drahtlosmikrofone	
a. Allgemein	5
b. Empfänger / Antennen	7
c. Beispiel Setups	13
3. Mikrofonarten	14
4. Vorteile / Nachteile	16
5. Mögliche Probleme / Worauf sollte man beim Aufbau achten	17
6. Analog vs. Digital	20

1. Einführung

a. Funktionsweise Funk

Die Funkübertragung allgemein ist einfach gesagt elektromagnetische Strahlung, die sich wellenartig ausbreitet. Diese elektromagnetischen Wellen breiten sich gerichtet oder ungerichtet in der Luft als Übertragungsmedium aus. Der Frequenzbereich variiert je nach Anwendung zwischen wenigen Hertz (Niederfrequenzbereich) und mehreren hundert Terahertz (sichtbares Licht).

b. Grundbegriffe

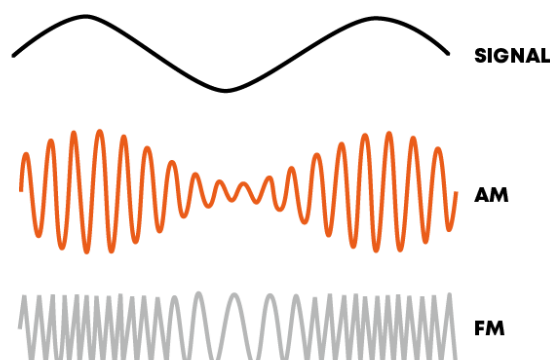
Für was steht die Abkürzung UHF?

UHF ist die Abkürzung für Ultra-High-Frequency. Es handelt sich hierbei um Mikrowellen im Dezimeterbereich. Daraus ergibt sich ein Frequenzband von 300MHz bis 3GHz.

Was ist Frequenzmodulation?

Bei der Frequenzmodulation, abgekürzt FM, wird auf ein hochfrequentes Trägersignal die zu übermittelnde Information dadurch aufgebracht, dass die Frequenz in Abhängigkeit des Informationssignals minimal variiert wird. Die Amplitude des Sendesignals bleibt hierbei stets konstant (im Gegensatz zur Amplitudenmodulation, abgekürzt AM, wo die Information durch Variation der Amplitude aufgebracht wird).

Die Rückgewinnung der Information aus dem modulierten Trägersignal wird Demodulation genannt. Dieser Vorgang findet im Empfänger des Funkmikrofons statt.



Was ist ein Frequenzband?

Als Frequenzband bezeichnet man einen bestimmten Frequenzbereich, welcher gleiche Übertragungseigenschaften aufweist.

Was ist ein Pilotton?

Der Pilotton ist ein Signal welches, bei analogen Systemen, mit dem “regulären” Signal mitgesendet wird und dient zur Informationsübermittlung. Der Empfänger bezieht über den Pilotton beispielsweise Informationen zur Batterieladung oder zur automatischen Stummschaltung. Die Identifikation zwischen Sender und Empfänger findet ebenfalls über den Pilotton statt. Damit wird verhindert, dass der Empfänger auf Träger von anderen Sendern oder Störsignale öffnet, was sonst zu nicht korrekt wiedergegebenen Audiosignalen oder schlimmstenfalls sogar zu lauten Störgeräuschen führen kann.

Bei digitalen Systemen können, zusätzlich zu den Audio-Daten, weitere Informationen direkt im eigentlichen Datenstrom übertragen werden. Neben den klassischen Pilotton-Funktionen können hier, auf Grund der höheren möglichen Datenrate, sogar noch mehr Informationen übermittelt werden (wie z.B. Informationen über den verwendeten Wechselkapsel bei Handsendern).

c. Einsatzmöglichkeiten

Funkmikrofone dienen der einseitigen drahtlosen (kabellosen) Übertragung von Sprach-, Musik- oder Tonsignalen und kommen z. B. bei Programmproduktionen, bei Musikveranstaltungen, Theateraufführungen, in Kirchen, in Kongress- oder Schulungsräumen oder im privaten Bereich zum Einsatz. In einigen Fällen sind kabelgebundene Mikrofone unpraktisch, in anderen Fällen ist ihre Verwendung einfach nicht möglich.

Bei Veranstaltungen sowie bei Rundfunk- und Bühnenproduktionen können je nach Bedarf Regieanweisungen, Kommandosignale oder der Live-Ton in einen am Ohr getragenen Kleinstempfänger übertragen werden (In-Ear-Monitoring). Die Empfänger von Funkmikrofonen werden auch in Kameras eingesetzt oder am Körper getragen. Funkmikrofon-Sender können auch in Musikinstrumenten eingesetzt werden.

Die verschiedenen Betreiber müssen den Einsatz der Funkmikrofone vor Ort untereinander koordinieren.



2. Funktionsweise Drahtlosmikrofone

a. Allgemein

Anders als bei einem klassischen Mikrofon senden Funkmikrofone den aufgefangenen Klang über eine Hochfrequenz zum Empfangsgerät. Dabei wird ein Signal über eine vorher eingestellte Frequenz über eine Frequenzmodulation gesendet, sodass das Signal mit dem Empfangsgerät über eine Antenne aufgefangen und auf dem gewählten Kanal in Töne umgewandelt wird. Dieses Signal wird dann zum Mischpult weitergeleitet und dort über Lautsprecher oder Aufnahmegeräte in Klang umgewandelt.

Pro Funkmikrofon wird ein Kanal zum Senden und Empfangen benötigt.

Die Frequenzbereiche sind vorgegeben und müssen auf andere Mikrofone abgestimmt werden.

Eine Zulassung durch die Bundesnetzagentur ist grundsätzlich erforderlich. Die Zulassung und Genehmigung wird vom Hersteller beantragt, ein entsprechender Nachweis muss durch den Händler dem Käufer für die jeweilige Mikrofonart beziehungsweise dem Modell ausgehändigt werden.

Die Bundesnetzagentur hat Frequenzen im Bereich von 470 - 694 MHz für die professionelle Nutzung von Drahtlosmikrofonen festgelegt.

Frequenzbänder

UHF, das ist das Band von mindestens 400 MHz, ist seit Jahren die Standardbetriebsfrequenz für drahtlose Mikrofone und hat immer die stärkste und beste Leistung geliefert. Die beste Kombination aus langer Übertragungsdistanz und klaren Frequenzen liegt zwischen 470-548-MHz-Bändern.

Mögliche Probleme und Störungen bei Drahtlosmikrofonen

Ein Problem für das Funkmikrofon sind die Frequenzbänder. Denn je mehr verschiedene Funkmikrofone und Empfangsgeräte genutzt werden, desto eher kommt es zu gegenseitigen Störungen und Klangbeeinträchtigungen wie Feedbacks oder kurze Ausfälle. Das lässt sich beispielsweise vermeiden, indem nur Geräte von einem Hersteller genutzt werden, deren jeweilige Frequenzbereiche aufeinander abgestimmt werden. Die Hersteller bieten Funkmikrofone an, die einen bestimmten Frequenzbereich abdecken. Sollen weitere Geräte genutzt werden, kann anhand dieser Frequenzbereiche vorab überprüft werden, wie störanfällig die Technik beim gleichzeitigen Betrieb mehrerer Funkmikrofone ist.

Welches Funkmikrofon mit welcher zugewiesenen Frequenz genutzt wird, ist erst bedeutend, wenn mehr als zwei oder drei Geräte erforderlich sind. Speziell große Bühnenproduktionen oder Musikbands müssen bei der Auswahl neuer Funkmikrofone genau darauf achten, dass alle Frequenzbereiche zueinanderpassen und keine Störgeräusche entstehen.

Allgemein gesagt, ein professionelles drahtloses Mikrofonsystem besteht aus 3 Hauptteilen: einer Eingangsquelle, einem Sender und einem Empfänger. Die Eingangsquelle liefert ein Audiosignal an den Sender. Seine Aufgabe besteht darin, das vom Mikrofon empfangene Audiosignal in ein Signal umzuwandeln, das vom Empfänger aufgenommen und dann drahtlos übertragen werden kann. Bei digitalen drahtlosen Systemen umfasst dieser Prozess die Umwandlung des analogen Mikrofonsignals in ein digitales Signal, das dann als Reihe von Einsen und Nullen über eine Funkverbindung an den Empfänger gesendet wird. Am anderen Ende der Funkverbindung empfängt der Empfänger das Signal. Er extrahiert die Einsen und Nullen des digitalen Signals und wandelt sie wieder in das Audiosignal um. Hierbei kann es sich entweder um Ein- oder Mehrkanalsysteme handeln.

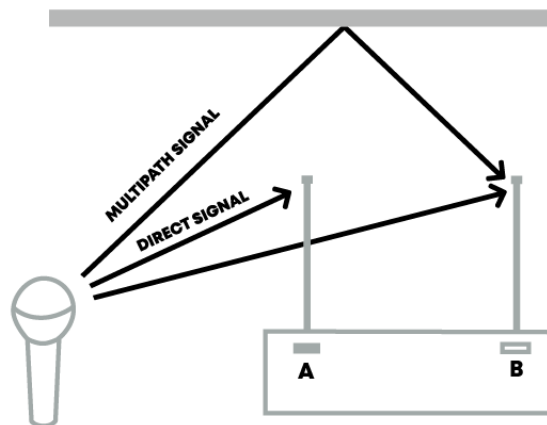


Dies ist ein vollständiger Prozess, der die genannten Teile zu einem drahtlosen Mikrofonsystem macht. Andere Systemkomponenten können möglicherweise Antennen und Verteilungssysteme umfassen.

b. Empfänger / Antennen

Was ist Diversity?

Durch Reflexion der Funkwellen an Gebäudewänden oder anderen Objekten kann es zu ungünstigen Überlagerungen mehrerer Übertragungswege am Ort der Empfangsantenne kommen. Da der Funksender in ständiger Bewegung ist, und sich auch reflektierende Objekte bewegen können, ist dieser Effekt nicht konstant, sondern in ständiger Änderung.



Um den Empfang zu optimieren und Störungen zu vermeiden, werden in der Regel Diversity-Empfänger eingesetzt. Ein Diversity Empfänger besitzt zwei Antennen, die räumlich getrennt voneinander angeordnet sind und gegenseitig bei Empfangsproblemen aktiv werden, um das Signal sicher zu empfangen. Wird erkannt, dass das Signal auf der einen Antenne zu schwach wird, wird automatisch auf die zweite Antenne umgeschaltet. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit von hörbaren Übertragungsausfällen signifikant verringert.

Dabei kann jeder Empfänger nur einen Sender umwandeln. Ein Funkmikrofon hat in der Regel eine Reichweite von ca. 100 bis 250 Metern. Das ist ausreichend, um zum Beispiel bei großen Festivals von der Bühne zum Mischpult zu senden.

- Non-Diversity: Es verwendet eine Antenne, um die drahtlosen Signale zu gewinnen. Normalerweise verwenden hochwertige Empfänger diesen Typ nicht, da es mit nur einer Antenne zu Aussetzern kommen kann.
- True Diversity: Zwei separate Antennen werden in einem drahtlosen True Diversity-Mikrofonsystem verwendet und jede mit einem separaten Empfängermodul verbunden. Der Empfänger teilt mit, welches die besseren Signale erhält, und wählt das bessere aus, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Audioaussetzern verringert wird.

Je mehr Funkmikrofone und Kanäle genutzt werden, desto eher kann es geschehen, dass die Antennen der Empfangsgeräte die Signale nicht mehr auseinanderhalten können. Daher verwenden zum Beispiel professionelle und größere Musikbands ein Mischpult, an dem neben den Antennen auch ein Antennensplitter angebracht ist. Dieser sorgt dafür, dass die übermittelten Impulse einer Antenne besser empfangen und wieder nach Kanälen getrennt werden können.

Was ist der „RSSI“?

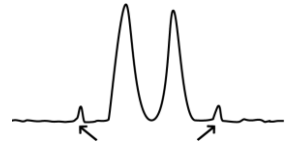
„RSSI“ ist die Abkürzung für **R**eceived **S**ignal **S**trength **I**ndicator. Der RSSI-Wert ist ein Maß für die Empfangsfeldstärke, das heißt, er besagt, wie stark das am Empfänger ankommende Hochfrequenz-Signal ist.

Über die Anzeige des RSSI am Drahtlosmikrofon-Empfänger kann beobachtet werden, ob in dem geforderten Aktionsbereich eine stabile Funkverbindung gewährleistet ist. Bei direkt am Empfänger angesteckten oder befestigten Antennen kann eine nötige Optimierung durch Variation des Aufstellortes erfolgen. Als weitere Möglichkeit können abgesetzte Antennen und ggf. zusätzliche Verstärker verwendet werden, auch hier hilft die RSSI-Anzeige bei der Auswahl der geeigneten Komponenten und der Optimierung der Aufstellung und Ausrichtung.



Was sind Intermodulationen?

Beim simultanen Betrieb von mehreren Funkmikrofonen am selben Einsatzort entstehen sowohl in den Sendern als auch in den Empfängern sogenannte Intermodulationsprodukte. Hierbei handelt es sich um zusätzliche Signale bei Frequenzen, die sich aus Summen und Differenzen der beteiligten Trägerfrequenzen (und deren Vielfachen) ergeben. Grund für dieses Phänomen sind nicht-ideale, physikalische Eigenschaften der verwendeten elektronischen Bauteile. Diese neu entstandenen Frequenzprodukte wiederum beeinträchtigen die Übertragung von Nutzsignalen auf diesen Frequenzen.



Das hat zur Konsequenz, dass beim gleichzeitigen Betrieb von mehreren Funkmikrofonen die Trägerfrequenzen nicht beliebig gewählt werden können, sondern so arrangiert werden müssen, dass die entstehenden Intermodulationsprodukte die eigentliche Übertragung nicht beeinträchtigen.

Früher musste meist ein professioneller Tontechniker die Frequenzen für Drahtlosmikrofon ermitteln und entsprechende Einstellungen an Sendern und Empfängern manuell vornehmen. Neuere Systeme vereinfachen diesen Prozess. Moderne Empfänger verfügen über einen integrierten HF-Scanner zur automatischen Frequenzwahl. Der Scanner durchsucht auf Knopfdruck das Frequenzspektrum und erkennt aktive TV-Sender, andere Drahtlosmikrofone und sonstige unbekannte Signale, die Störungen verursachen könnten. Daraufhin wählt der Empfänger aus einer integrierten Frequenzliste eine Frequenz aus, die frei von konkurrierenden Signalen ist, und stellt sich automatisch auf diese ein.

Bei manchen Modellen muss man den Sender manuell auf dieselbe Frequenz wie die des Empfängers einstellen. Bei hochwertigeren Modellen wird der Sender dafür einfach an ein kleines Infrarot-Fenster am Empfänger gehalten, genau wie beispielsweise bei der Synchronisation einer Universalfernbedienung mit einem Fernseher.

Beim Umgang mit Funkfrequenzen müssen Überlegungen zu Antennenabstand, -ausrichtung und zu vermeidenden Faktoren berücksichtigt werden.

Der Abstand zwischen den Mikrofonsendern und -empfängern spielt eine wichtige Rolle bei der Antennenplatzierung. Zu nah, und es kann zu Intermodulationsproblemen kommen oder die Empfänger mit zu viel Signal überlasten. Zu weit, und es kann zu Aussetzern kommen. Um diese Probleme zu vermeiden, muss man die richtige Auswahl und Platzierung der Antennen sowie die Sendeleistungseinstellungen der Mikrofone festlegen.

Das Funksignal des Senders verliert auf seinem Weg erheblich an Stärke. Deshalb ist es wichtig, dass die Empfangsantennen so angeordnet werden, dass sie das verbleibende Signal optimal ausnutzen können. Eine falsche Antennenanordnung kann einen Signalverlust von bis zu 80 % verursachen, was zu starken Signalaussetzern führen kann und den Betrieb des Systems quasi unmöglich macht.

- **Mindestabstand** – Moderne drahtlose Mikrofonempfänger sind sehr empfindlich und es kann leicht passieren, dass das Frontend mit einem Sender in unmittelbarer Nähe überlastet wird . Es wird empfohlen, einen Mindestabstand von 5 Metern einzuhalten. Dies trägt dazu bei, Intermodulationsvarianten im Empfänger zu verhindern. Man sollte darauf achten, die HF-Eingangsspiegel der Empfänger zu überwachen, um eine Signalbeschneidung zu vermeiden. Dies kann an der Vorderseite der Empfänger erfolgen, indem die Pegel der HF-Messgeräte überprüft oder auf Überlastungsalarme geachtet werden. Eine häufige Ursache für die Überlastung von Empfängern mit zu viel Signal besteht darin, dass Mikrofonsender, die auf ihre höchste Sendeleistung eingestellt sind, zu nah *an verstärkte Richtantennen angeschlossen werden, die auf maximale Verstärkung eingestellt sind.*
- **Maximale Entfernung** – Andererseits ist die maximale Entfernung eine viel komplexer zu berücksichtigende Variable. Die Entfernung wird durch die Leistung des Senders (typischerweise < 10, 10, 30, 50+ mW), die Empfängerempfindlichkeit, die HF-Umgebung (Grundrauschen), Objekte, die die Sichtlinie behindern, und die Ausrichtung der Empfangsantenne zur

Senderebene bestimmt. Als optimale Vorgehensweise wird empfohlen, den Abstand zwischen Sender und Empfänger auf ein Minimum zu beschränken. Bei Bedarf können längere Audiokabel und Alternativen über längere Antennenkabel und Übertragungslängen verlegt werden.

- Die kurzen 1/4-Wellen-Antennen, die bei den meisten Drahtlosempfängern im Lieferumfang enthalten sind, müssen direkt am Empfänger oder an einem Antennensplitter montiert werden; sie können nicht entfernt auf einem Stativ oder an einer Wandhalterung platziert werden. Für eine vom Empfänger getrennte Montage sind längere 1/2-Wellen-Antennen erforderlich.

Als allgemeine Faustregel gilt, dass die Antennen mindestens eine Viertelwellenlänge voneinander entfernt sind (im UHF-Band für drahtlose Mikrofone mindestens 6 Zoll bei 500 MHz), um eine ordnungsgemäße Diversity-Leistung sicherzustellen. Alles, was einen Abstand von mehr als einer Viertelwellenlänge hat, ist vernachlässigbar.

Die wichtigste Faustregel bei der Antennenplatzierung besteht darin, eine Sichtlinie zwischen allen Antennen und Sendern aufrechtzuerhalten, um eine optimale Leistung zu erzielen. möglichst oberhalb der Köpfe des Publikums. Warum? Wasser absorbiert HF-Energie. Der menschliche Körper besteht zu etwa 60 % aus Wasser – das Publikum saugt das Signal also regelrecht auf.

Um Aussetzer zu vermeiden, trifft man eine Entscheidung basierend auf dem Zweck und der Position der Übertragung.

Zu vermeidende Dinge

- Große Metallgegenstände
- Zu viele Antennen (Verwendung von Antennenverteilung, um Interferenzprobleme zu vermeiden).
- Lange Antennenkabelstrecken ohne entsprechende Inline-Verstärkung . Je länger das Kabel zwischen Antenne und Empfänger bzw. Antennensplitter, desto höher der Signalverlust. Man sollte also sicherstellen, dass die Antennenkabel für die benötigte Länge geeignet sind.

Der bei Weitem ungeeignetste Platz, an dem man die Antennen eines Drahtlosempfängers anbringen kann, ist horizontal an der Rückseite eines Empfängers in einem Equipment-Rack. Die Begründung dafür lautet:

- Die Antennen sind an ihren Seiten empfindlich, nicht jedoch an den Enden. Wenn sie also direkt auf die Bühne oder den Vortragsbereich gerichtet sind, nehmen sie fast gar kein Signal auf.
- Bei einem Metall-Rack dringt nur ein geringer Signalanteil zu den Antennen durch, da Metall Funksignale abschirmt. Selbst in einem Kunststoff-Rack können Metallteile ober- und unterhalb des Empfängers das Signal erheblich abschwächen, bevor es die Antennen erreicht.
- Dicht nebeneinander angeordnete Antennen mehrerer Empfänger führen zu unvorhersehbaren Reflexionen innerhalb des Racks, die zu schlechtem Empfang und reduzierter Reichweite führen können.

Richtantennen

Ja, es gibt Richtantennen, die in einer Richtung einen Gewinn und in einer anderen Richtung eine Unterdrückung haben. Richtantennen „hören“ besser auf die Sender als solche mit geringem oder keinem Gewinn. Aber sie fangen immer noch nur das ein, was man ihnen entgegenwirft. Die Reichweite einer Antenne ist also eine Kombination aus der Stärke des Signals des Senders, der Beeinträchtigung durch Mehrwegereflexionen und der Stärke des Grundrauschens

Aktive Antennen

Wie wäre es also mit aktiven Antennen mit eingebauten Verstärkern? Wird dieses stärkere Signal nicht zu mehr „Reichweite“ führen? Eventuell könnte das sogar zu einer schlechteren Leistung führen. Die Booster an diesen Verstärkern waren nur dazu gedacht, Verluste bei langen Koaxstrecken auszugleichen und sollten nur verwendet werden, WENN andere Faktoren nicht genügend Signal liefern können, um die Sendung problemlos fortzuführen.

Was ist mit aktiven Antennen falsch? Erstens sind sie aktiv und kein Verstärker ist perfekt. Sie alle fügen dem Signal etwas Rauschen und Verzerrungen hinzu, da dies

in der Natur aller aktiven Elektronik liegt. Da der Frequenzbereich der Verstärker mit den üblicherweise verwendeten Frequenzblöcken kompatibel sein muss, verstärken sie auch alle anderen Streusignale, die sie finden können, wie z. B. Fernsehsender, IEMs/IFBs und Müll von LED-Beleuchtung , Videowänden , HDMI-Verbindungen usw.

Passive Antennen

Wie wäre es also, bei passiven Antennen zu bleiben? Ja, es wird Verluste geben, die die Empfindlichkeit der Empfänger verschlechtern, aber leider wird eine höhere Verstärkung sie nicht verbessern. In den meisten Fällen wäre es ein besserer Ausgangspunkt, Antennen mit einem gewissen Vorwärtsgewinn zu spezifizieren. Als Faustregel gilt in der Regel, dass man nicht mehr als 6 dB verlieren sollte, aber das bedeutet nicht, dass man bei Überschreitung automatisch Probleme bekommt. Abhängig von den lokalen Interferenzen und Mehrwegsignalen am Veranstaltungsort kann man diese möglicherweise verdoppeln und trotzdem über eine zuverlässige Verbindung verfügen.

c. Vier professionelle Setups von drahtlosen Mikrofonsystemen

Grundsätzlich gibt es 4 drahtlose Mikrofonsystem-Setups. Sie dienen der Mobilität von Sender und Empfänger und sind für unterschiedliche Einsatzzwecke geeignet.

1. Norm „drahtloses Mikrofonsystem“ bestehend aus tragbarem Sender & Stationärer Empfänger: Der Sender wird immer vom Benutzer gehalten, der frei herumlaufen kann, während der Empfänger in einer bestimmten Position wie einer Kamera platziert ist. Die Eingangsquelle in diesem Setup ist normalerweise ein Mikrofon. Die Empfängerausgabe wird dann an ein Soundsystem oder ein Aufnahmegerät gesendet. Dies ist die Anordnung, die für Live-Streaming, öffentliches Reden und Rundfunk geeignet ist.

2. „Drahtloses System“ mit stationärem Sender & Tragbarer Empfänger: Im Gegensatz zur Standardkonfiguration trägt der Benutzer den drahtlosen Mikrofonempfänger, während der Sender befestigt ist. Die Eingangsquelle, die für dieses Setup an den Sender angeschlossen wird, ist häufig ein Soundsystem, ein

Wiedergabesystem oder eine andere installierte Quelle. Die Ausgabe des Empfängers wird dabei immer über Kopfhörer oder Lautsprecher überwacht. Dieses drahtlose Mikrofonsystem wurde für In-Ear-Monitoring, Simultandolmetschen und Unterrichtszwecke entwickelt.

3. "Wireless Intercoms"-System mit tragbarem Sender & Empfänger: Jeder Benutzer der Komponente hat die Freiheit, sich zu bewegen. Auch bei diesem Setup ist die Eingangsquelle normalerweise ein Mikrofon und der Ausgang ein Kopfhörer. Jeder Benutzer hat sowohl einen Sender als auch einen Empfänger für die bidirektionale Kommunikation. Es wird auch verwendet, um Audio von einem professionellen drahtlosen Mikrofon zu einer tragbaren Kamera/einem tragbaren Rekorder für Rundfunk, Filmen und Videoproduktion zu übertragen.

4. Drahtloses „Punkt-zu-Punkt“-System mit stationärem Sender & Empfänger: Typischerweise wäre die Eingangsquelle ein Playback oder Mischpult, während der Empfängerausgang ein Soundsystem oder eine Sendeanlage sein könnte. Typische Beispiele für dieses professionelle drahtlose Mikrofonsystem können kommerzielle und nichtkommerzielle Sendungen von festen Sendern zu festen Empfängern sein.

3. Unterschiedliche Mikrofonarten

Technisch sind mehrere Funkmikrofonarten zu unterscheiden:

a. Handsender:

Ersteres ist das standardmäßige, archetypische Bühnenmikrofon – normalerweise ein dynamisches Mikrofon oder ein Kondensatormikrofon. Diese verfügen in der Regel über einen in ihr Gehäuse integrierten Sender, sodass sie schnell und einfach aufgebaut und transportiert werden können. Sehr präsent bei Live-Auftritten von Musikern sind sogenannte Handsender. Popsänger nutzen diesen in der Regel.



b. Kopfbügelmikrofon:

Wenn mehr Freiheit für Arme und Hände benötigt wird, ist ein Kopfbügelmikrofon mit Taschensender erforderlich. Durch die Befestigung am Kopf während ein diskreter Arm die Kapsel sehr nahe am Mund positioniert, ist es zum Beispiel möglich, dass Schlagzeuger oder Tänzer singen können. Das Mikrofon bleibt im gleichen Abstand zum Mund. Auch bei einer Präsentation und für Vorträge vor größerem Publikum kann ein Headset mit Taschensender sinnvoll sein.



c. Instrumentenkabel:

Einem ähnlichen Prinzip folgen die Funkmikrofone in Form eines Instrumentenkabels. Allerdings ist es erforderlich, dass der Musiker ein Taschensender trägt. Denn die Reichweite eines Minimikrofons ist sehr begrenzt. Der Taschensender verstärkt die Signale und sendet diese zum eigentlichen Empfangsgerät. Ein klassisches Anwendungsbeispiel sind Gitarren.



d. Clip-On-Mikrofone:

Bei Blasinstrumenten werden statt eines Instrumentenkabels Clip-On-Mikrofone genutzt. Ein solches Gerät wird an das Instrument angeklickt. Von dort werden die Töne an einen Taschensender übertragen, den der Musiker bei sich trägt und der die Impulse zum Empfangsgerät sendet.



e. Ansteckmikrofon:

Lavaliermikrofone, auch als „Lav“- oder „Ansteckmikrofone“ bekannt, sind klein und unauffällig und so konzipiert, dass sie an der Kleidung der sprechenden Person befestigt werden. Durch die Nähe zum Mund haben sie ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis. Es beseitigt auch viele der Probleme, die mit der Erzielung einer guten Audioqualität durch die Platzierung von Richtrohr- oder Kameramikrofonen verbunden sind. Lav-Mikrofone werden am häufigsten bei der Video- und Filmproduktion eingesetzt, wenn ein sichtbares Mikrofon nicht in den Kontext der Aufnahme passt oder wenn das Motiv freie Hände benötigt. Es wird zum Beispiel auch bei vielen Sendungen für das Fernsehen, für Vorträge sowie bei Diskussionsrunden mit Publikum eingesetzt.



Lav-Mikrofone werden an ein Senderpaket angeschlossen, das normalerweise am Gürtel des Probanden getragen wird. Das Einrichten kann einige Zeit in Anspruch nehmen (dabei muss sichergestellt werden, dass sie richtig positioniert sind und ordentlich oder in manchen Fällen unsichtbar aussehen) und sie sind ziemlich empfindlich, was bedeutet, dass sie nicht immer für Run-and-Shoot-Situationen geeignet sind.

Die Audio-Ausgangspegel verschiedener Signalquellen können sich erheblich unterscheiden. Daher ist es wichtig, dass das Drahtlossystem über eine Möglichkeit zur Regelung bzw. Verstärkung des Signalpegels verfügt. Beispielsweise erzeugt ein an der Kleidung getragenes Lavaliermikrofon einen vergleichsweise niedrigen Pegel, während ein Sänger, der mit geringem Abstand direkt in ein Mikrofon singt, für deutlich höhere Pegel sorgt. Manche Systeme ermöglichen sogar die Speicherung zweier Pegeleinstellungen. So bleibt die Ausgangslautstärke konstant, wenn man von einem Handsender zu einem Taschensender mit Lavaliermikrofon wechselt.

4. Vor- und Nachteile

a. Vorteile

Die Vorteile eines Funkmikrofons liegen auf der Hand: Man verliert keine Zeit mehr mit dem Verlegen von Kabeln, es besteht mehr Bewegungsfreiheit und Stolperfallen durch Kabel werden vermieden. Die kabellose Übertragung ist ein Segen für Menschen, die ihre Fähigkeiten auf einer Bühne präsentieren. So können beispielsweise Sänger und Musiker ohne Rücksicht auf Kabel eine Show darbieten oder Redner Vorträge halten. Die Flexibilität gilt ebenso für andere Bereiche. So ist es nicht mehr erforderlich, die Mikrofone aufwendig mit dem Mischpult zu verkabeln. Dadurch wird der gesamte Auf- und Abbau einer Soundanlage weniger arbeitsintensiv. Für das Handgerät werden Batterien oder noch besser Akkus benötigt und man kann bei Vorträgen mit Gästen und Zuschauern besser interagieren. Viele drahtlose Systeme arbeiten mit großen Entfernungen zwischen Sender und Empfänger.

Sie sind diskret – egal, ob man Videos dreht oder auf der Bühne auftritt, drahtlose Systeme verleihen dem Geschehen ein klares Aussehen.

Sie sind langlebig – Kabel verschleißen, Funkwellen nicht

b. Nachteile

Bei der Verwendung eines drahtlosen Systems sind einige Nachteile zu berücksichtigen, z. B. Latenz, Interferenzen und Umgebungsfaktoren (z. B. „tote Punkte“, in denen Signale nicht übertragen werden können). Das gesamte System fällt aus, sobald eine Komponente nicht funktioniert. In vielen Anwendungen sind sie jedoch die beste – oder einzige – Option.

5. Mögliche Probleme – Worauf sollte man beim Aufbau achten?

Jedes Drahtlossystem beansprucht einen gewissen Teil des Frequenzspektrums und benötigt etwas „Puffer“ zu anderen Systemen, die zeitgleich betrieben werden.

- Ausreichend Abstand

Ein Drahtlosempfänger, der auf eine bestimmte Frequenz eingestellt ist, nimmt immer auch Signale in einem gewissen Bereich ober- und unterhalb dieser Frequenz auf. Diese Bereiche müssen frei bleiben, damit das gewünschte Signal störungsfrei empfangen werden kann. Preiswertere Empfänger benötigen einen größeren freien Frequenzbereich, während hochwertigere Empfänger in der Regel mit einem engeren Band auskommen, sodass Signale enger gestaffelt werden können. Auch das schwache Funksignal eines Mikrofons in einem anderen Raum am anderen Ende des Gebäudes kann zu Störungen führen. Obwohl sich also in einem Raum vielleicht nur zwei Drahtlosmikrofone befinden, müssen alle Systeme in den angrenzenden Räumen miteinander kompatibel sein.

- Einsatzort des Drahtlossystems

Das ist wichtig, weil das für den Betrieb von Drahtlosmikrofonen verfügbare Frequenzspektrum sich in verschiedenen Städten und Ländern aufgrund lokaler Vorschriften unterscheidet.

- Mathematisch kompatibel

Beim Betrieb zweier Mikrofonsender treten „Phantom-Signale“ auf, die andere Systeme stören können. Diese Signale entstehen aufgrund von Intermodulation und treten auf mathematisch vorhersagbaren Frequenzen auf. Bei der Wahl der Frequenzen für die

Mikrofone Nr. 3, Nr. 4 usw. muss darauf geachtet werden, dass sie nicht von diesen Intermodulationssignalen betroffen sind. Digitale Funkmikrofone erzeugen weniger Intermodulationen, sodass sie meist mit enger gestaffelten Frequenzen betrieben werden können als analoge Systeme.

- ➔ Um gegenseitige Störungen zu vermeiden, müssen Funkmikrofone und In-Ear Monitoring Systeme auf verschiedenen Frequenzen senden, die in einem ausreichenden Abstand zueinander liegen und mathematisch kompatibel sind.

Worauf man bei einem digitalen drahtlosen Mikrofon achten sollte

Für welches drahtlose Mikrofon man sich entscheidet, hängt stark davon ab, wofür man es verwenden möchte. Es gibt viele Optionen, die jeweils für eine bestimmte Anwendung konzipiert sind. Einige decken viele Grundlagen ab, andere sind auf einen bestimmten Zweck zugeschnitten, sei es das Filmemachen unterwegs oder große Bühnenauftritte.

- **Mikrofontyp** – Möchte man ein drahtloses System mit einem Hand-, Lavalier- oder Headset-Mikrofon? Jedes Mikrofon ist für unterschiedliche Szenarien geeignet, daher ist es ziemlich offensichtlich, welche Art man benötigt. Dies hängt auch mit den Aufnahmeanforderungen zusammen. Sollte man die Hände frei haben? Ist es besser, kleiner zu sein?
- **Reichweite** – Verschiedene Systeme haben unterschiedliche Übertragungreichweiten, die von kurzen Entfernungen bis zu Hunderten von Fuß reichen. Eine gute Faustregel besteht darin, darüber nachzudenken, wie weit man normalerweise von dem Motiv entfernt sein wird, und diese dann aus Sicherheitsgründen zu verdoppeln. Die Reichweite spiegelt sich oft im Preis eines Systems wider.
- **Größe** – Wenn man ständig aus der Ferne Interviews führt, unterwegs fotografiert oder etwas Diskretes benötigt, gilt: Je kleiner, desto besser. Wenn das System in einem Klassenzimmer oder im hinteren Teil eines Clubs aufgestellt werden soll, ist ein Gerät mit größeren Bedienelementen und einem größeren Bildschirm einfacher zu bedienen.

- **Batterielebensdauer** – Die Batterielebensdauer ist ein wichtiges Kriterium, das man bei der Auswahl eines drahtlosen Mikrofons berücksichtigen sollte. Man sollte jedoch beachten, dass Akkulaufzeit, Größe und Reichweite gemeinsam berücksichtigt werden sollten. Wenn die geringe Größe sehr wichtig ist, muss man möglicherweise Abstriche bei der Akkulaufzeit machen. Oder wenn die Reichweite das größtes Anliegen ist, ist ein größeres Gerät möglicherweise die einzige Option. Man verwendet nach Möglichkeit wiederaufladbare Batterien, die ausschließlich für den drahtlosen Audiosender hergestellt wurden. Es sollte sichergestellt werden, dass die Batterien von guter Qualität sind, vorzugsweise Einweg-Lithium- oder Alkalibatterien. Diese Batterien liefern nahezu die beständigste Ausgangsspannung, was die Signalqualität unterstützt. Wenn die Spannung zu niedrig ist, kann es zu Tonverzerrungen kommen.
- **Latenz** – Die Realität ist, dass bei digitalen drahtlosen Systemen Latenz ein Teil des Pakets ist. Dies liegt daran, dass die Umwandlung eines analogen Audiosignals in einen digitalen Binärcode (während der Übertragungsphase) Zeit benötigt. Man kann sich die maximale Latenzzeit eines Mikrofons in seiner Spezifikationsliste ansehen.
- Man sollte das Mikrofon näher an den Empfänger bringen, um Rauschen zu reduzieren. Eine kurze Entfernung zwischen dem Mikrofon und dem Empfänger für drahtlose Mikrofone führt zu einer starken Signalübertragung und einem besseren Audio. Im Allgemeinen sind alle Umgebungen voll von Funkwellen, die von verschiedenen elektronischen Geräten wie Computern ausgestrahlt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass es zu Signalstörungen kommt, die Rauschen verursachen. Daher wird empfohlen, das drahtlose Signal zu isolieren und an den Empfänger zu leiten.
- Das Signal sollte nicht blockiert werden: Auch eine Sichtverbindung zwischen Funksender und -empfänger ist sinnvoll. Wenn man möchte, dass das Mikrofon optimal funktioniert, sollte man sich von großen Dingen wie Wänden und Metallen fernhalten. Am wichtigsten ist es, wenn möglich, große

Menschenmengen zu vermeiden. Dies liegt daran, dass der menschliche Körper hauptsächlich aus Wasser besteht, das HF-Strahlung absorbiert. Erwägen Sie, den Empfänger und den Sender im selben Raum aufzustellen und sie dann über anderen Hindernissen und dem Publikum anzuheben, um die besten Ergebnisse zu erzielen.

Trotz guter Vorbereitung fürchten alle AV-Techniker den Moment, in dem der Sound während einer Veranstaltung ausfallen könnte. Bei einem Drahtlosmikrofon kann das aus verschiedenen Gründen passieren. Die häufigste Fehlerquelle sind leere Batterien. Deshalb setzen viele Nutzer vor jeder Veranstaltung neue Batterien in ihre Sender ein.

Die zweite potentielle Fehlerquelle beim Einsatz von Drahtlosmikrofonen ist schlicht der Anwenderfehler. Oft werden Drahtlosmikrofone von unerfahrenen Nutzern verwendet, die mit der Bedienung nicht vertraut sind. Sie könnten daher etwa den Sender versehentlich ausschalten oder die Frequenz wechseln, ohne es zu bemerken – und Ihnen bleibt vielleicht nicht genügend Zeit, um den Fehler zu beheben. Einige Sender bieten die Möglichkeit, Bedienelemente elektronisch zu verriegeln, sodass sie nicht ausgeschaltet oder auf eine andere Frequenz eingestellt werden können. So muss man sich während der Veranstaltung darüber keine Sorgen machen.

6. Analog vs. Digital

Digitale Funkmikrofone sind analogen Systemen in vielerlei Hinsicht überlegen.

- **Klangqualität** – Digitale Funkmikrofone übertragen Audiosignale, die in Einsen und Nullen umgewandelt wurden, die vom Übertragungsmedium nicht beeinflusst werden. Analoge Systeme hingegen senden das Audiosignal als modulierte Funkwelle, was bedeutet, dass Störungen oder Interferenzen bei der Übertragung zu Audioartefakten führen. Analoge Systeme nutzen auch einen sogenannten „Compander“, um den Dynamikbereich des Audiosignals zu komprimieren, bevor es übertragen werden kann, was zu einer Verschlechterung des Audiosignals führen kann. Bei analogen High-End-Geräten mit hochwertigen Komponenten fällt dies normalerweise nicht auf, bei günstigeren Geräten kann es jedoch ein Problem sein. Bei analogen Signalen wird die Klangqualität im

Grenzbereich in der Regel schlechter und verrauschter. Im Falle von digitalen Systemen hingegen bleibt das Signal bei unzureichender Übertragung ganz aus.

- **Längere Akkulaufzeit** – Im Durchschnitt ist die Akkulaufzeit digitaler drahtloser Mikrofone besser als die analoger. Typischerweise benötigen digitale Systeme einen Sender mit geringerer Leistung als ihre analogen Gegenstücke, was zu einer bis zu 40 % längeren Batterielebensdauer führen kann.
- **Sicherheit** – Digitale Systeme sind verschlüsselt, sodass die Verbindung vor Abhörversuchen geschützt ist – analoge Signale können hingegen von jedem in der Nähe mit einem geeigneten Empfänger empfangen werden.

Quellenangaben:

- <https://www.shure.com/de-DE/konferenzen-meetings/ignite/diy-wireless-part-1-choosing-a-frequency> (04.04.24)
- <https://www.funkmikrofone.eu/technik.php> (04.04.24)
- https://www.rfvenue-com.translate.goog/blog/antenna-placement-for-wireless-mics? x_tr_sl=en& x_tr_tl=de& x_tr_hl=de& x_tr_pto=rq#:~:text=stands%20than%20alternative s.-,Spacing,one%20quarter%20wavelength%20is%20negligible. (06.04.24)
- https://www.rfvenue-com.translate.goog/blog/how-far-will-this-antenna-reach? x_tr_sl=en& x_tr_tl=de& x_tr_hl=de& x_tr_pto=rq (06.04.24)
- <https://www.syncoaudio.com/de/blogs/news/what-makes-wireless-microphone-system> (06.04.24)
- <https://www.beyerdynamic.de/blog/was-du-bei-kabelloser-mikrofonierung-wissen-musst/> (07.04.24)
- <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/broadband-division/wireless-microphones#:~:text=Licensed%20wireless%20microphones%20may%20also,100%2C%20FCC%2015%2D99> (07.04.24)
- https://rode-com.translate.goog/en/about/news-info/a-beginners-guide-to-digital-wireless-microphone-systems? x_tr_sl=en& x_tr_tl=de& x_tr_hl=de& x_tr_pto=rq#:~:text=Wireless%20microphone%20systems%20are%20comprised,the%20transmitter%2C%20and%20the%20receiver.&text=Typically%2C%20a%20wireless%20system%20will,%3A%20handheld%2C%20headset%20or%20lav alier. (07.04.24)
- <https://www.syncoaudio.com/de/blogs/news/microphone-wireless-system-introduction#:~:text=Drahtloses%20Mikrofonsystem%20wandelt%20vom%20Mikrofon,die%20drahtlose%20%2C%20%3%9Cbertragung%20der%20Zielger%3%A4usche.> (06.04.24)
- <https://www.shure.com/de-DE/konferenzen-meetings/ignite/diy-wireless-part-2-transmitters-and-batteries> (07.04.24)
- <https://www.shure.com/de-DE/konferenzen-meetings/ignite/diy-wireless-part-3-receivers> (07.04.24)
- <https://www.shure.com/de-DE/konferenzen-meetings/ignite/diy-wireless-part-4-antennas> (07.04.24)
- <https://www.delamar.de/mikrofon/funkmikrofon-ratgeber-52717/> (07.04.24)

Bildquellen:

- <https://www.delamar.de/musikbusiness/live-performance-tipps-50739/> (05.05.24)
- <https://www.mmc.de/tag/set-design/> (05.05.24)
- <https://seminar.haus/schulungsraum/> (05.05.24)
- https://www.thomann.de/de/sennheiser_xsw_2_835_e_band_vocal_set.htm?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw3NyxBhBmEiwAyofDYRz7NtxqJCSe2FhyY1imPCHyrVBOu-9owfrWn19vPAOf1htHbrnkuRoCzIQQAvD_BwE (05.05.24)
- <https://concertidee-musikladen.de/produkt/sennheiser-ew-135-sendeanlage-mit-funkmikrofon/> (05.05.24)
- https://www.thomann.de/de/sennheiser_ad_1800_1g8.htm?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw3NyxBhBmEiwAyofDYZdQPMsynw6DGixvnfUUK2j6rIZ-GJ8qdb0JSZNXhRl0haFrOCzIzkBoCKa8QAvD_BwE (05.05.24)
- https://www.huss-licht-ton.de/product_info.php/Sennheiser-SKM-300-G4-S-AW-Handsender-ohne-Kapsel/info/26940.html (05.05.24)

- <https://www.dpamicrophones.de/kopfbuegelmikrofone/4088-direktionales-kopfbuegelmikrofon> (05.05.24)
- <https://www.dpamicrophones.de/instrumentenmikrofone/4099-instrumentenmikrofon> (05.05.24)
- https://elcoda.com/dpa-dscreet-4080-dc-d-b00-lavalier-clip-microphone.html?language_code=de (05.05.24)
- <https://www.syntexshop.de/azden-ex-507xr-professionelles-lavalier-mikrofon> (05.05.24)