

Autorenkollektiv

Rundfunk-Stereofonie

Best.-Nr. 1-338

2,50 M



DEUTSCHE POST
ZENTRALAMT FÜR BERUFSBILDUNG

Lindert

1193 Bln.

Lohmühlenstr. 27/31

Rundfunk-Stereofonie

Rat W. Hoeg, Dipl.-Ing.
Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt

Dir G. Steinke, Dipl.-Ing.
Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt

Amtm M. Wasner, Ing.
Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt

DEUTSCHE POST · ZENTRALAMT FÜR BERUFSBILDUNG

Als berufsbildende Literatur für verbindlich erklärt.

Ministerium für Post- und Fernmeldewesen, 18. Juli 1973.

1. Auflage, 650 Exemplare

Herausgegeben vom Ministerium für Post- und Fernmeldewesen
der Deutschen Demokratischen Republik

bearbeitet vom Zentralamt für Berufsbildung, Berlin

Druckgenehmigungs-Nr. Ag 114/192/73

Umschlaggestaltung: transpress VEB Verlag für Verkehrswesen

Erscheinungsjahr 1973

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: I-6-1 „Neuer Tag“, Frankfurt (Oder) 2819-1073

Redaktionsschluß: 2. Juli 1973

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Historische Entwicklung, Bedeutung und Ziel der Rundfunk-Stereofonie	7
2. Akustische Grundlagen	10
2.1. Richtungshören	10
2.2. Grundsätzliche Übertragungsverfahren	11
2.3. Zweikanal-Stereofonie	12
2.3.1. Summenlokalisation	12
2.3.2. Aufnahmeverfahren	14
3. Technische Grundlagen	15
3.1. Stereo-Signale	15
3.1.1. Signalarten und ihre Zuordnung	15
3.1.2. Umsetzung von Stereo-Signalen	16
3.1.3. Stereo-Umsetzerschaltungen	17
3.1.4. Pegelverhältnisse bei der Umsetzung	18
3.1.5. Optische Überwachung von Stereo-Signalen	20
3.1.5.1. Aussteuerungskontrolle	20
3.1.5.2. Goniometer	20
3.2. Objektive Übertragungsparameter	21
3.2.1. Übersprechen	23
3.2.1.1. Übersprechen zwischen symmetrischen Stereo-Signalen	23
3.2.1.2. Übersprechen zwischen asymmetrischen Stereo-Signalen	23
3.2.1.3. Addition von Übersprechwerten	23
3.2.1.4. Ursachen für Übersprechen	24
3.2.2. Pegeldifferenzen	24
3.2.2.1. Pegeldifferenzen zwischen symmetrischen Stereo-Signalen	24
3.2.2.2. Pegeldifferenzen zwischen asymmetrischen Stereo-Signalen	25
3.2.2.3. Ursachen von Pegeldifferenzen	26
3.2.2.4. Messung von Pegeldifferenzen mit dem Goniometer	26
3.2.3. Phasendifferenzen	27
3.2.3.1. Phasendifferenzen zwischen symmetrischen Stereo-Signalen	27
3.2.3.2. Phasendifferenzen zwischen asymmetrischen Stereo-Signalen	27
3.2.3.3. Ursachen von Phasendifferenzen	27
3.2.3.4. Phasenmessung mit dem Goniometer	28
3.2.4. Amplituden-Frequenzgang	28
3.2.5. Störgeräusche	29

3.2.6.	Transformationsbeziehungen von Übertragungsfehlern bei der Umsetzung	29
3.3.	Subjektive Übertragungsparameter	30
3.3.1.	Klangbildparameter	30
3.3.2.	Kompatibilität	31
3.4.	Toleranzen des Stereo-Übertragungskanals	31
3.4.1.	Aufgliederung des Übertragungskanals	31
3.4.2.	Toleranzen der Übertragungsparameter	33
4.	Aufnahmetechnologie	35
4.1.	Mikrofontechnik	35
4.2.	Aufnahmetechnik	38
4.2.1.	Übertragung von Direkt- und Rauminformationen	38
4.2.1.1.	Übertragung von natürlichen Rauminformationen	38
4.2.1.2.	Erzeugung und Übertragung von künstlichen Rauminformationen	41
4.2.2.	Übertragung von Bewegungen	41
4.3.	Aufnahmeverfahren für verschiedene Programmarten	41
4.3.1.	Aufnahme von Musik	41
4.3.1.1.	Sinfonische Klangkörper	42
4.3.1.2.	Chöre	43
4.3.1.3.	Kammermusik	44
4.3.1.4.	Tanz- und Effektmusik	44
4.3.2.	Aufnahme von künstlerischen Wortproduktionen	44
4.3.2.1.	Gestaltungsmöglichkeiten	45
4.3.2.2.	Realisierung stereofoner Geräusche	45
4.3.2.3.	Mischung und Montage	46
4.3.3.	Übertragung öffentlicher Veranstaltungen	46
4.4.	Raumakustische Probleme	46
4.4.1.	Musikstudios	47
4.4.2.	Hörspielstudios	48
5.	Wiedergabetechnik	48
5.1.	Grundprobleme der Zweikanal-Wiedergabe	48
5.2.	Lautsprecheraufstellung in Abhörräumen	49
5.2.1.	Akustische und geometrische Bedingungen für Abhörräume	49
5.2.2.	Anordnung und Anschluß der Abhöreinrichtungen	50
5.3.	Wiedergabe über Kopfhörer	51
5.4.	Stereofone Beschallung größerer Räume	52
6.	Regie- und Anlagentechnik	52
6.1.	Tonsignalbearbeitung	52

6.1.1.	Symmetrische und asymmetrische Tonsignalbearbeitung	52
6.1.2.	Richtungsbeeinflussung	53
6.1.3.	Verhallung	56
6.1.4.	Einsatz von Filtern und Regelverstärkern	57
6.1.5.	Pseudo-stereofone Techniken	57
6.2.	Stereo-Regieanlagen	58
6.2.1.	Hauptmischfeld	58
6.2.2.	Trickmischfeld	61
7.	Speichertechnik	62
7.1.	Zweispuraufzeichnung	64
7.1.1.	Allgemeine Festlegungen	64
7.1.2.	Magnetband und Magnetkopf	65
7.1.3.	Übertragungsparameter	66
7.1.4.	Gerätetechnik	67
7.1.5.	Meßtechnik	67
7.1.6.	Betriebstechnik	68
7.1.6.1.	Kompatibler Einsatz von Magnetbandanlagen	68
7.1.6.2.	Umzeichnen von Bändern und Schallplatten	69
7.2.	Mehrsapuraufzeichnung	70
7.2.1.	Allgemeine Festlegungen	70
7.2.2.	Magnetband und Magnetkopf	70
8.	Sendetechnik	71
8.1.	Übertragungswege	71
8.1.1.	Allgemeine Bedingungen an Stereo-Übertragungswege für A/B-Signale	71
8.1.2.	Gesichtspunkte bei der Einrichtung von Stereo-Übertragungswegen für A/B-Signale	72
8.2.	Hochfrequente Übertragung von Stereo-Signalen	73
8.2.1.	Anforderungen an ein HF-Stereo-Übertragungssystem	73
8.2.2.	Ein-Sender-Verfahren mit Pilotton	74
8.2.3.	Zusätzliche Anforderungen an Stereo-Sender	78
8.3.	Sendebetriebstechnik	79
9.	Empfangstechnik	81
9.1.	Stereo-Rundfunkempfänger	81
9.2.	Empfangsprobleme stereofonischer Sendungen	83
Anhang	Verzeichnis der verwendeten Symbole	86

1. Historische Entwicklung, Bedeutung und Ziel der Rundfunk-Stereofonie

Alle Toninformationen, die über einen einzigen Übertragungskanal (monofon) an das menschliche Ohr gelangen, haben hinsichtlich der erreichbaren Originaltreue des wiedergegebenen Klangbildes - auch bei Erfüllung der höchsten Qualitätsansprüche - eine natürliche Grenze. Der Informationsinhalt eines Schallereignisses kann nur teilweise übermittelt werden (z. B. Klangfarbe, musikalisches Gleichgewicht und Dynamik einer Orchesterdarbietung); es kann aber nichts über die Lage der Schallquelle im Raum, ihre Ausdehnung und Zuordnung zu anderen Schallquellen ausgesagt werden.

Mit der Stereofonie wird dem Hörer ein plastisches und räumlich verteiltes Klangbild vermittelt; er kann also beim Abhören einzelne Schallquellen lokalisieren. Ohne Zweifel ist eine stereofonische Rundfunksendung eine Bereicherung gegenüber der herkömmlichen Monofonie. Doch definieren wir zunächst einige Begriffe:

Monofonie ist ein einkanaliges Verfahren zur Aufnahme und Übertragung von Schallereignissen (mono- = ein-).

Diese Mängel der einkanaligen Übertragung können bei Verwendung von zwei (oder mehreren) voneinander getrennten Übertragungskanälen weitgehend beseitigt werden. Zweikanalige Übertragung wird Stereofonie genannt. Merken Sie sich deshalb:

Stereofonie ist ein mehrkanaliges Verfahren zur Aufnahme und Übertragung von Schallereignissen, gekennzeichnet durch die zusätzliche Übermittlung von Richtungsinformationen (stereo- = körperlich).

Mit den immer zahlreicher werdenden Stereo-Sendungen der Rundfunksender wachsen auch die Anforderungen an den Facharbeiter in der Studiotechnik Rundfunk. Sie als künftiger Facharbeiter müssen sich deshalb die erforderlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten aneignen, um die bisher für die monofone Technik geltenden Aufgaben dahingehend zu erweitern, den vielen Rundfunkhörern in der DDR "eine möglichst vollkommene Illusion vom Schallereignis" zu erzeugen, d. h. dem Hörer in seiner Wohnung ein bestmögliches Hörerlebnis zu vermitteln. Eine der wichtigsten Aufgaben des

Rundfunks in der DDR ist es, nicht nur schlechthin die Rundfunkhörer zu unterhalten und sie zu informieren, sondern auch die ständig wachsenden Ansprüche auf naturgetreue Wiedergabe von Schallereignissen bestmöglich zu befriedigen. Die Rundfunk-Stereofonie kann dabei eine ganz bestimmte Hörerwartung erfüllen, wie sie der Hörer durch Erfahrung erworben hat. Andererseits können aber auch neue Hörperspektiven erreicht werden, die keine Parallelen in der natürlichen Schallwelt haben (moderne elektronische Klangkunst, Hörspiele usw.).

Eine sogenannte "naturgetreue Wiedergabe", d. h. eine schablonenhafte Übertragung der natürlichen Schallfeldverhältnisse, wie sie der Stereofonie oft zugeschrieben wird, ist jedoch praktisch nicht möglich; sie wird auch nur selten angestrebt. Die Zweikanal-Stereofonie ist lediglich in der Lage, die Natürlichkeit des Klangeindrucks zu erhöhen. Eine weitere Annäherung an die naturgetreue Wiedergabe kann durch Erhöhung der Zahl der Übertragungskanäle erreicht werden.

Im Vergleich zur Monofonie bietet die Stereofonie eine Reihe von Verbesserungen bzw. Erweiterungen der Übertragungsmöglichkeiten, die gekennzeichnet sind durch

- Lokalisierbarkeit von räumlich verteilten Elementen eines Schallbildes und damit
- Erhöhung der Durchsichtigkeit des Klangbildes
- Möglichkeit zur Übertragung von Bewegungsvorgängen
- Differenzierung der Abbildungsbreite einzelner Schallquellen wie auch des Gesamtbildes
- Abbildung räumlicher Informationen.

Durch die Stereofonie wird also nicht nur eine Verbesserung der technisch-akustischen Übertragungsqualität, sondern im gleichen Maße auch eine Erweiterung der künstlerisch-ästhetischen Möglichkeiten erreicht. Die Stereofonie kann dazu beitragen, den Hörer wieder zum bewußten Hören zu erziehen. Hierin liegt ein wichtiges kultur- und bildungspolitisches Moment, das dem Hörrundfunk der DDR vor neue Aufgaben stellt und neue Perspektiven eröffnet.

A Aufgabe 1: Erklären Sie die Begriffe Monofonie und Stereofonie, und stellen Sie tabellarisch die Vor- und Nachteile

dieser Verfahren zusammen!

Die ersten bekanntgewordenen Versuche einer mehrkanaligen Übertragung wurden bereits 1881 in Paris anlässlich der Weltausstellung durchgeführt - lange bevor überhaupt der Unterhaltungsrundfunk eingeführt wurde. Ähnliche Versuche wurden auch aus Berlin (1912) und München (1925) bekannt. Im Jahre 1933 wurde das erste Konzert von Philadelphia nach Washington dreikanalig übertragen.

Die Entwicklung der elektroakustischen Speicherverfahren waren in den vierziger Jahren die technischen Voraussetzungen für eine zielgerichtete Entwicklung der stereofonen Schallübertragung, so daß die Filmindustrie und einige Jahre später auch der Rundfunk begannen, sich mit dieser neuen Materie zu befassen.

Nach einer gewissen Entwicklungszeit gelang es nach 1950 der Schallplattenindustrie, ein international einheitliches Verfahren einzuführen, das es erlaubt, zweikanalige Aunahmen in einer Schallplattenrinne zu speichern und wiederzugeben.

Die ersten Stereo-Versuchsaufnahmen im Deutschen Demokratischen Rundfunk wurden im April 1960 durchgeführt, und am 15. September 1964 wurde vom Programm "Berliner Welle" die erste regelmäßige Sendung des Stereo-Versuchsprogramms ausgestrahlt. Damit gehört die DDR auch auf diesem Gebiet zu den führenden Industriestaaten, die mit ihnen seit mehreren Jahren regelmäßig Stereo-Sendungen ausstrahlen.

In der Folgezeit wurden Stereo-Sendungen über viele Sender in der DDR abgestrahlt, und es werden noch weitere Sender folgen, bis alle Gebiete in der DDR mit zwei Stereo-Programmen versorgt sind. Wenn Sie heute die Programmzeitschrift durchblättern, werden Sie feststellen, daß die Stereo-Sendungen zum festen Bestandteil des Hörrundfunkprogramms geworden sind. Eine ähnliche Entwicklung ist auch international zu verzeichnen.

Das in der DDR verwendete sogenannte Pilotton-Verfahren (s. Abschn. 8.2.2.) wurde vom CCIR (Internationaler Beratender Ausschuss im Internationalen Fernmeldeverein) empfohlen und wird von fast allen europäischen Ländern angewandt.

2. Akustische Grundlagen

2.1. Richtungshören

Der menschliche Gehörsinn ist in der Lage, sich auf informationswichtige Schallanteile eines komplexen Schallereignisses konzentrieren zu können und "Störschall" weitgehend auszublenden (beispielsweise beim Verfolgen bestimmter Details aus einem musikalischen Klangkomplex oder beim Anhören einer zwischen mehreren gleichzeitig sprechenden Personen geführten Unterhaltung). Ein "objektiv hörendes" Mikrophon überträgt hingegen alle einfallenden Schallanteile gleichberechtigt.

Eine wichtige Voraussetzung für diese Höreigenschaft ist (besonders beim Fehlen einer gleichzeitigen visuellen Wahrnehmung) die Fähigkeit der Richtungslokalisierung. Wiederholen Sie deshalb aus dem Lehrheft "Elektroakustik" den Abschnitt 3.4., und merken Sie sich:

Lokalisieren ist das Erkennen der Lage einer Schallquelle in bezug auf Richtung und Entfernung zum Hörer.

Die in dem o. e. Lehrheft erwähnten Zeitdifferenzen werden interaurale Zeitdifferenzen genannt; sie betragen bis 0,6 ms und werden vom Gehör zur Lokalisation der Schallquelle ausgewertet.

Zusätzlich entstehen bei schrägem Schalleinfall auch noch Intensitätsdifferenzen zwischen den an beiden Ohren herrschenden Schalldrücken. Diese Intensitätsdifferenzen werden interaurale Intensitätsdifferenzen genannt.

Interaurale Zeit- und Intensitätsdifferenzen treten praktisch immer gleichzeitig auf, so daß zu vermuten ist, daß beide Einflüsse vom Gehör zur Gewinnung des Richtungseindrucks gemeinsam ausgewertet werden. Für die Richtungslokalisierung gilt außerdem grundsätzlich das "Gesetz der ersten Wellenfront", welches wir uns merken wollen:

Gesetz der ersten Wellenfront: Eine Schallquelle wird in der Richtung lokalisiert, aus der die erste Einsatzfront der Schallwelle kommt.

A

Aufgabe 2: Welche Faktoren werden vom Gehör für die Richtungslokalisierung beim natürlichen Hören ausgewertet?

Aufgabe 3: Führen Sie folgenden Versuch durch:

Bringen Sie die beiden Enden eines Gummischlauches in die Gehörgänge, und klopfen Sie dann an einer bestimmten Stelle auf den Schlauch. Sie nehmen eine deutliche Richtungsempfindung wahr, die von der Stelle des Klopfens abhängig ist. Sie können durch Klopfen die Schlauchmitte auf wenige Millimeter genau bestimmen, wenn Sie die Empfindung der Mitte wahrnehmen. Bestimmen Sie auf diese Weise die interaurale Zeitdifferenz für die Höreindrücke "Links" und "Rechts"!

2.2. Grundsätzliche Übertragungsverfahren

Das technische Ziel der Stereophonie ist es, eine Schallübertragung so vorzunehmen, daß bei der Wiedergabe einzelne Schallquellen geortet werden können. Hierbei wird ein aus "fiktiven Schallquellen" bestehendes Schallbild abgebildet.

Eine fiktive Schallquelle ist die wahrgenommene Abbildung einer realen bzw. künstlich erzeugten Schallquelle auf der Wiedergabeseite eines stereofonen Übertragungssystems.

Die einfachste Form einer stereofonen Übertragung besteht darin, sozusagen die Ohren des Hörers zu "verlängern", indem am Aufnahmeort ein sogenannter künstlicher Kopf aufgestellt wird, dessen "Ohren" durch zwei Mikrofone ersetzt werden. Die Signale dieser beiden "Kopfmikrofone" werden über zwei Leitungen übertragen und mittels Kopfhörer abgehört. Dadurch wird dem Hörer annähernd der gleiche Höreindruck vermittelt, den er hätte, wenn er sich selbst am Aufnahmeort befände. Dieses als kopfbezügliche Stereophonie bezeichnete Verfahren besitzt jedoch einige entscheidende Nachteile:

- Der subjektiv empfundene Schalleinfallswinkel der fiktiven Schallquelle S' ist stets auf den Kopf des Hörers und nicht auf den Raum bezogen. Abb. 2.1. veranschaulicht diese Erscheinung
- die fiktive Schallquelle wird häufig im Kopf selbst lokalisiert; eine Entscheidung Vorn oder Hinten ist nicht möglich
- das Bedürfnis nach einer originalgetreuen Übertragung ist gering; die mit kopfbezoglicher Stereophonie erhaltenen Signale können regietechnisch jedoch kaum noch bearbeitet werden.

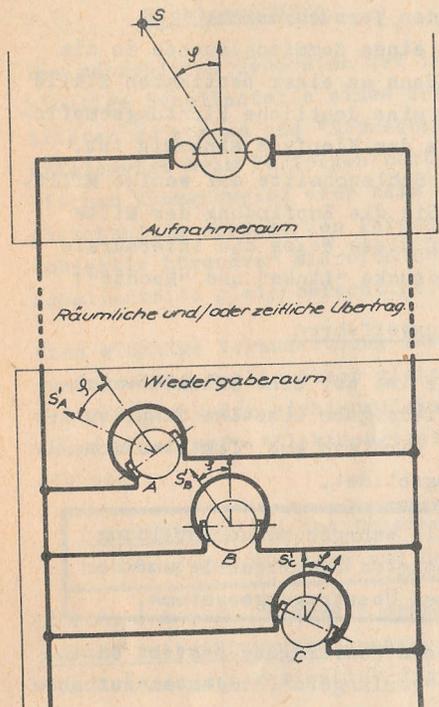


Abb. 2.1.
Kopfbezügliche Übertragung
(schematische Darstellung
nach WARNCKE)

2.3. Zweikanal-Stereofonie

2.3.1. Summenlokalisierung

In Abb. 2.2. sind zwei Lautsprecher L_1 und L_2 in einiger Entfernung voneinander aufgestellt. Der Abstand zwischen den beiden Lautsprechern (in Metern) wird Basisbreite genannt, während die Basis die gedachte Verbindungslinie zwischen den Lautsprechern ist.

Werden die Lautsprecher mit gleichen Tonsignalen gespeist, so empfindet ein Hörer H, der sich auf der Mittellinie vor den beiden Lautsprechern befindet, diese beiden Schallquellen L_1 und L_2 nicht

Wesentlich besser eignet sich ein Verfahren mit Lautsprecherwiedergabe, also ein raumbezügliches Verfahren, bei dem die Beziehung der fiktiven Schallquelle zum Raum auch bei Bewegungen des Hörers erhalten bleibt. Theoretisch würde man zu einer exakten Übertragung der Schallfeldverhältnisse im Ursprungsraum unendlich viele Mikrofone benötigen, deren Signale im Wiedergaberaum über gleichviele analog angeordnete Lautsprecher wiederzugeben wären. Praktisch werden jedoch bereits mit zwei Übertragungskanälen befriedigende Ergebnisse erzielt, wenn folgende Einschränkungen zugelassen werden:

- Verzicht auf Übertragung der vertikalen Struktur des Schallfeldes
- relativ geringe Anzahl von Zuhörern
- relativ kleine zu versorgende Fläche.

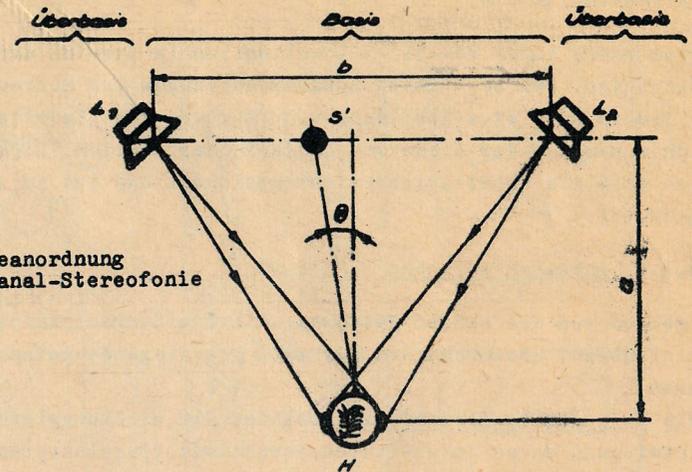


Abb. 2.2.
Wiedergabeanordnung
bei Zweikanal-Stereofonie

getrennt, sondern er lokalisiert an einem bestimmten Punkt der Basis eine einzige fiktive Schallquelle S' . Diese Erscheinung wird Summenlokalisierung genannt. Wir merken uns zusammenfassend:

Summenlokalisierung ist die Fähigkeit des Gehörs, ein stereofon übertragenes Schallereignis entsprechend den Pegel- und/oder Laufzeitdifferenzen zwischen den Stereo-Signalen an einem bestimmten Ort der Basis lokalisieren zu können.

A Aufgabe 4: Nennen Sie die Unterschiede zwischen kopfbezoglicher und raumbezoglicher Stereofonie!

Aufgabe 5: Begründen Sie, warum man beim Abhören einer für raumbezügliche Wiedergabe hergestellten Stereo-Aufnahme mit Kopfhörern kein optimales Stereo-Klangbild erhält!

Wenn die beiden Lautsprecher phasengleiche Signale abstrahlen, so bestimmt der Pegelunterschied ΔL der beiden Signale den Ort der Abbildung der fiktiven Schallquelle S' . Mit größer werdenden Pegelunterschieden ΔL wandert der Ort der fiktiven Schallquelle S' von der Mittellinie zum Ort des lauterer Lautsprechers: d. h. der Lokalisationswinkel θ wird größer (s. Abb. 2.2.).

Bei großen Pegelunterschieden ($\Delta L > 30$ dB) fällt S' praktisch mit dem jeweils lauterer Lautsprecher zusammen; bei Pegelgleichheit ($\Delta L = 0$) wird S' genau in der Mitte der Basis lokalisiert (Mitten-

lokalisierung, $\Theta = 0$).

Bisher wurde immer von einer Lokalisation im Bereich der Basis ausgegangen. Bei bestimmten Zusammensetzungen der Stereo-Signale ist jedoch auch eine Abbildung von fiktiven Schallquellen im Bereich außerhalb der Wiedergabelautsprecher möglich. Dieser Bereich wird als "Überbasisbereich" bezeichnet und ist in Abb. 2.2. angedeutet.

2.3.2. Aufnahmeverfahren

Ausgehend von den beiden Faktoren, die die Summenlokalisierung beeinflussen, unterscheiden wir zwei grundlegende Aufnahmeverfahren,

- die Intensitäts-Stereofonie, bei der die Richtungsinformationen vorwiegend durch Intensitätsunterschiede (Pegelunterschiede) zwischen den Stereo-Signalen übertragen werden und
- die Laufzeit-Stereofonie, auch Phasenstereofonie genannt, bei der die Richtungsinformationen vorwiegend durch Laufzeit- bzw. Phasenunterschiede zwischen den Stereo-Signalen übertragen werden.

Abb. 2.3. zeigt die Aufnahmeverfahren schematisch und zum Vergleich noch das Prinzip der kopfbezüglichen Stereofonie, bei der analog dem natürlichen Hören beide Komponenten gleichzeitig übertragen werden.

Grundsätzlich sind beide Verfahren - Laufzeit-Stereofonie und Intensitäts-Stereofonie - zur Aufnahme stereofoner Klangbilder geeignet. Das hat auch dazu geführt, daß in manchen Ländern das eine und in anderen Ländern das andere Verfahren bevorzugt wird. Die Intensitäts-Stereofonie ermöglicht eine schärfere Richtungslokalisierung und gleichmäßigere Ausfüllung der Basis, während die Laufzeit-Stereofonie einen überzeugenderen Raumeindruck sowie eine größere Breitenwirkung erzielt.

Da die Laufzeit-Stereofonie jedoch gewisse Schwierigkeiten hinsichtlich der Kompatibilität mit sich bringen kann und bei der Aufnahme komplizierterer Schallquellen-Anordnungen leicht unübersichtliche Verhältnisse entstehen können, wird in der DDR fast ausschließlich das intensitäts-stereofone Verfahren angewandt.

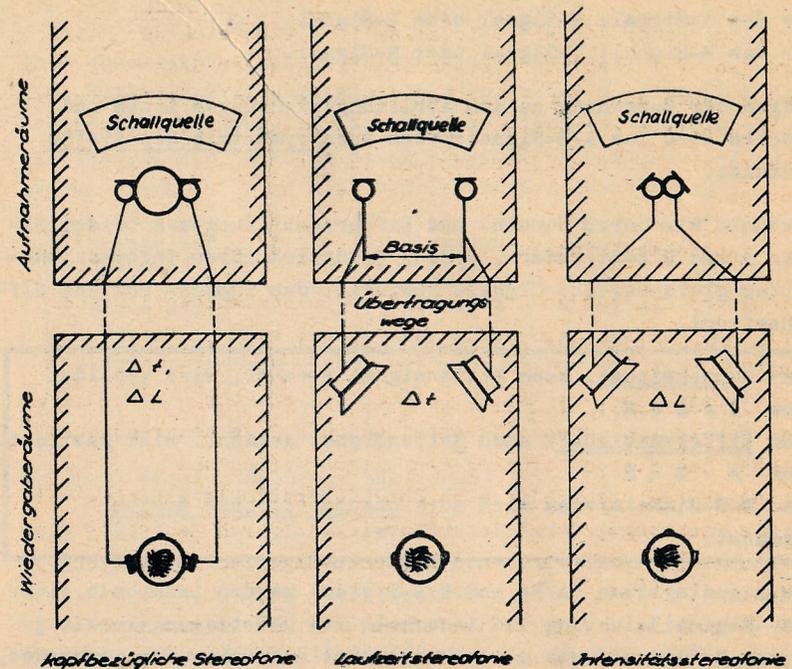


Abb. 2.3. Aufnahmeverfahren der Zweikanal-Stereofonie

3. Technische Grundlagen

3.1. Stereo-Signale

3.1.1. Signalarten und ihre Zuordnung

Stereofonische Informationen werden mittels zweier getrennter niederfrequenter Stereo-Signale übertragen, dem A-Signal und dem B-Signal. Das A-Signal enthält die Informationen für den (vom Hörer aus gesehen) linken Lautsprecher; das B-Signal enthält die Informationen für den rechten Lautsprecher. Für die Zuordnung "Links" oder "Rechts" gilt also wiedergabeseitig der Standort des Hörers mit Blickrichtung auf die Lautsprecher-Anordnung. Die gleiche Zuordnung gilt auch aufnahmeseitig, wobei hier das Mikrophon an die Stelle des Hörers tritt.

Verschiedentlich treffen wir noch folgende Bezeichnungen an:

- für das A-Signal: X-Signal oder L-Signal
- für das B-Signal: Y-Signal oder R-Signal.

Wegen der Zuordnung zu den Abbildungsrichtungen Links und Rechts wird das A/B-Signalsystem auch symmetrisches System genannt.

Nun können wir durch Summen- und Differenzbildung aus beiden Signalen A und B zwei andere, jedoch bezüglich ihres Informationsinhaltes gleichwertige Signale gewinnen: das Summen- und das Differenzsignal.

Das Summensignal, auch Mittensignal genannt, wird gebildet aus $A + B = M$.
 Das Differenzsignal, auch Seitensignal genannt, wird gebildet aus $A - B = S$.
 Das M/S-Signalsystem wird auch unsymmetrisches System genannt.

Beide Signalsysteme (A/B- und M/S-System) werden innerhalb einer Stereo-Regleeinrichtung und innerhalb des Übertragungskanals je nach den Erfordernissen gleichberechtigt nebeneinander verwendet, wobei jedoch

dem symmetrischen System der Vorzug

zu geben ist. Z. B. wird das M/S-System nicht zur Wiedergabe verwendet. Der Grund dafür wird im Abschn. 3.2.3.3. genannt.

Für die niederfrequente Übertragung auf zwei Kanälen wurde festgelegt, daß

- Kanal 1 immer das A- bzw. M-Signal und
- Kanal 2 immer das B- bzw. S-Signal

überträgt.

3.1.2. Umsetzung von Stereo-Signalen

Die im vorangegangenen Abschnitt erklärte Überführung von A/B-Signalen in M/S-Signale und umgekehrt wird Stereo-Umsetzung genannt. Die dazu erforderlichen Baugruppen und Anlagenbausteine werden Stereo-Umsetzer, mitunter auch Matrix genannt. Dabei ist folgende Zuordnung festgelegt:

$$M = p(A + B) \quad A = p(M + S)$$

$$S = p(A - B) \quad B = p(M - S)$$

(p = Übertragungsfaktor der Umsetzerschaltung).

Eine Umsetzerschaltung kann immer in beiden Richtungen umsetzen, die Betriebsrichtung ist dabei immer dieselbe. Wichtig ist, daß die festgelegte Kanalzuordnung eingehalten wird. In der nachfolgenden Übersicht sind alle Festlegungen zusammengefaßt:

Richtung der Umsetzung	Kanal	Eingangssignal	Ausgangssignal
A/B → M/S	1	A bzw. X	$M = p(A + B)$
	2	B bzw. Y	$S = p(A - B)$
M/S → A/B	1	M	$X = p(M + S)$
	2	S	$Y = p(M - S)$

3.1.3. Stereo-Umsetzerschaltungen

Nach Abb. 3.1. ist ein Stereo-Umsetzer ein Achtpol. In Anlagenschaltbildern wird oft ein vereinfachtes Schaltungssymbol verwendet, das in Abb. 3.1.b dargestellt ist.

Zur Umsetzung können verschiedene Schaltungsvarianten, passive oder aktive Netzwerke, verwendet werden. Eine häufig verwendete Umsetzerschaltung ist der Differentialübertrager. Ein Differentialübertrager vom Typ T 40 besteht aus zwei völlig identischen Übertragern, deren hochsymmetrische Sekundärwicklungen so miteinander verknüpft sind, daß an den Ausgängen des Achtpols jeweils die Summe bzw. die Differenz der primärseitig angelegten Eingangs-

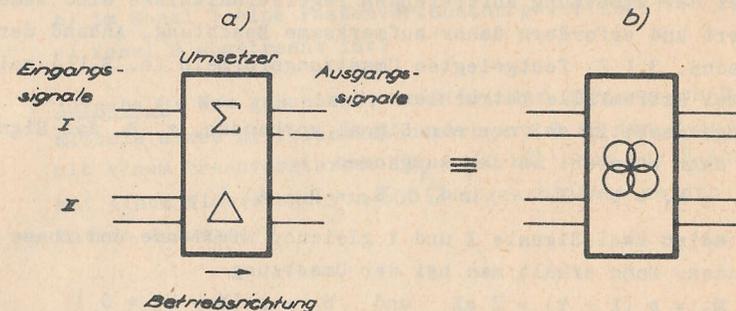


Abb. 3.1. Zuordnung der Kanäle bei Umsetzung von Stereo-Signalen

signale entsteht. In Abb. 3.2. ist das Schaltbild eines T 40 dargestellt; seine wichtigsten technischen Daten sind:

- Wellenwiderstand: $Z = 600 \text{ Ohm}$
- Quellwiderstand: $R_q = 200 \text{ Ohm}$
- Lastwiderstand: $R_l = 600 \text{ Ohm}$
- Übersetzungsverhältnis: $p = 0,5 \sqrt{2}$ (alte Bauform, wird nicht mehr gefertigt)
- $p = 0,5$ (neue Bauform BV 1 Sü 101).

A Aufgabe 6: Entwerfen Sie die Schaltung eines Stereo-Umsetzers in einer Anlage, bei der Eingang 1 und Ausgang 1 bzw. Eingang 2 und Ausgang 2 eines Umsetzers T 40 jeweils auf einer "weiß" geschalteten Trennklinke S 29 liegen (detaillierte Darstellung der Beschaltung)!

Die hohe Symmetrie der Wicklungen des Übertragers ist bestimmend für den Grad der Übersprechdämpfung. Diese hohe Symmetrie muß immer eingehalten werden! Beachten Sie daher:

- Die Ein- bzw. Ausgänge des Übertragers müssen unbedingt gleichmäßig abgeschlossen werden (gleiche Quell- und Abschlußwiderstände). Eine Toleranz von z. B. 20 % verursacht ein Absinken der Übersprechdämpfung auf $a_{\text{ü}} = 40 \text{ dB}$, bei Leerlauf eines Ausganges sinkt $a_{\text{ü}}$ auf etwa 20 dB!
- Die beiden zu einer T-40-Baugruppe gehörenden Einzelübertrager sind ausgesucht; die Baugruppe darf daher nur komplett ausgetauscht werden.

3.1.4. Pegelverhältnisse bei der Umsetzung

Die bei der Umsetzung auftretenden Pegelverhältnisse sind bemerkenswert und erfordern daher aufmerksame Beachtung. Anhand der im Abschn. 3.1.2. festgelegten Umsetzungsformeln (s. S.17) wollen wir zwei Extremfälle betrachten:

1) Eingangsseitig sei nur ein Signal vorhanden, z. B. das Signal X, dann entsteht an den Ausgängen

$$M_1 = p \cdot X \quad \text{und} \quad S_1 = p \cdot X !$$

2) Es seien zwei Signale X und Y gleicher Amplitude und Phase vorhanden. Dann erhält man bei der Umsetzung

$$M_2 = p (X + Y) = 2 p X \quad \text{und} \quad S_2 = p (X - Y) = 0 !$$

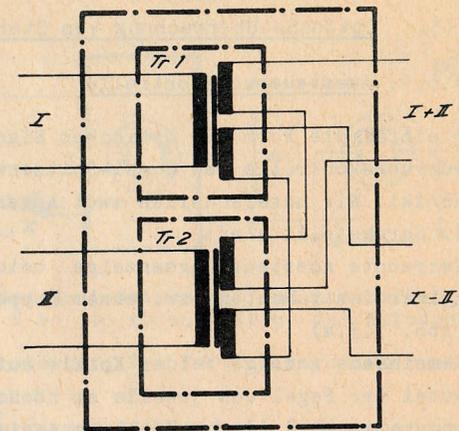


Abb. 3.2.

Schaltung des Differentialübertrager-Umsetzers T 40

Praktisch bedeutet das bei einem Übersetzungsverhältnis von $p = \frac{1}{2}$ und einem X/Y-Eingangspegel von jeweils +6 dB für die Ausgangspegel:

- im Fall 1: $M_1 = \frac{1}{2} (X) \hat{=} 0 \text{ dB}$
- im Fall 2: $M_2 = \frac{1}{2} (X + Y) = \frac{1}{2} (2X) = X \hat{=} 6 \text{ dB}$

Das M-Signal kann also bis zu 6 dB vom Pegel des Eingangssignals abweichen, je nachdem, ob nur eines (X oder Y) oder beide Signale (X und Y) anliegen. Die Rechnung erscheint trivial, es zeigt sich aber in der Praxis, daß dieser Fakt oft Verwirrung auslöst.

A Aufgabe 7: Was geschieht, wenn im M/S-Signalweg am Eingang eines Stereo-Umsetzers bei Umsetzung von M/S in X/Y

- a) die Kanäle vertauscht werden?
- b) im Kanal 1 eine Phasenvertauschung vorliegt?
- c) Kanal 2 abgetrennt ist?

Aufgabe 8: Was geschieht, wenn bei der Bildung des M-Signals mittels eines Differentialübertragers T 40 der M-Ausgang mit einem Trennverstärker ($R_e = 10 \text{ k}\Omega$) und der S-Ausgang mit einem Widerstand von 600Ω abgeschlossen werden (qualitative Aussage!)?

3.1.5. Optische Überwachung von Stereo-Signalen

3.1.5.1. Aussteuerungskontrolle

Die einfachste Form der optischen Signalüberwachung ist die Aussteuerungskontrolle des Quasi-Spitzenwertes (wie bei der Mono-Technik). Wir unterscheiden zwei Anwendungsformen, die in Abb. 3.3. dargestellt sind:

- Getrennte Aussteuerungsanzeige beider Kanäle auf zwei Lichtzeiger-Instrumenten bzw. einem Doppellichtzeiger-Instrument (Abb. 3.3.a)
- Gemeinsame Anzeige beider Kanäle auf nur einem Meßinstrument, wobei der Pegel des jeweils am höchsten ausgesteuerten Kanals angezeigt wird (durch Kopplung zweier Aussteuerungsmesser).

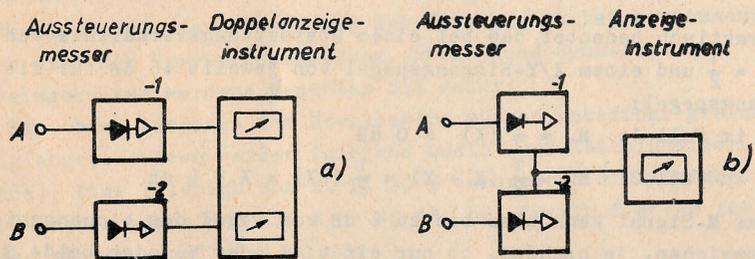


Abb. 3.3. Aussteuerungskontrolle bei Stereo-Signalen
a) X/Y-Doppelaussteuerung
b) X/Y-Maximumaussteuerung

3.1.5.2. Goniometer

Das Goniometer ist ein Stereo-Sichtgerät. Es besteht im Prinzip aus einem Oszilloskop mit gleichgroßer Horizontal- und Vertikalverstärkung, dem eine Matrix zur Summen- und Differenzbildung vorgeschaltet ist. In Abb. 3.4. ist das Blockschaltbild eines Goniometers dargestellt.

An die Eingänge werden A/B-Signale angelegt (Normalfall), die in der Matrix als M/S-Signale nach entsprechender Verstärkung den Ablenkplatten zugeführt werden (das M-Signal gelangt an die Vertikal- und das S-Signal an die Horizontalplatten). Die Abb. 3.5. zeigt einige charakteristische Schirmbilder bei Belegung der Eingänge mit Sinussignalen. Programmsignale erzeugen kompliziertere Schirmbilder (letzte Zeile in Abb. 3.5.).

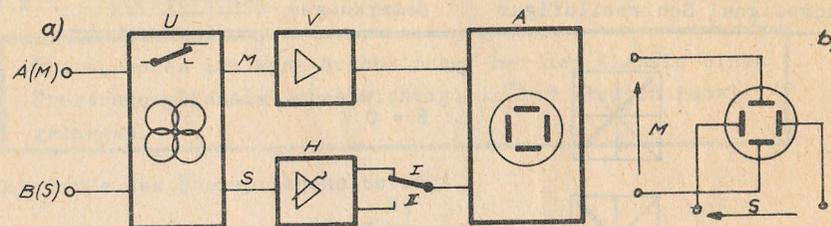


Abb. 3.4. Prinzipschaltung des Goniometers (a) und Anschaltung der Signale M und S an die Ablenkplatten der Kathodenstrahlröhre (b)
(H = Horizontalverstärker, V = Vertikalverstärker mit Umschaltung)

A Aufgabe 9: Zwei Aussteuerungsmesser und ein Goniometer sind an gleichen Punkten eines Stereo-Übertragungsweges angeschaltet (z. B. hinter dem Hauptverstärker). Die Aussteuerungsmesser zeigen (bei am Anfang der Kette eingespeisten Meßsignalen) eine Pegeldifferenz von 2 dB, das Goniometer dagegen ein exaktes M-Signal.

- Wie sieht das Goniometerbild aus?
- Welche Anzeige ist richtig? Begründen Sie Ihre Aussage!
- Wie kann die Anzeige der beiden Meßmittel kontrolliert werden?

Aufgabe 10: Welche X/Y-Signale liegen vor, wenn das Goniometerbild 1) im Meßbereich I; 2) im Meßbereich II
a) eine Gerade mit 45° Neigung (fallend von links oben nach rechts unten)
b) eine annähernde Kreisfigur ergibt?

3.2. Objektive Übertragungsparameter

Bei Zweikanal-Stereofonie sind zusätzliche Übertragungsparameter zu beachten, die bei der Mono-Technik keine oder nur untergeordnete Bedeutung haben. Es sind dies die Parameter

- Übersprechen
 - Pegeldifferenzen
 - Phasendifferenzen
- zwischen den beiden Stereo-Kanälen bzw. -Signalen.

A		B = 0
B		A = 0
A = B		M (gleichphasige Einspeisung Mittenabbildung)
A = -B		S (bzw. M mit Phasenver- tauschung)
A > B		Pegeldifferenz bzw. Abbildung halblinks
B > A		Pegeldifferenz bzw. Abbildung halbrechts
B < -A		Pegeldifferenz und Phasen- vertauschung
A = B		Mittenabbildung mit Phasen- differenz (ca. 30°)
A > B		Pegel- und Phasendifferenz (ca. 30°)
A, B		Programmsignal

3.2.1. Übersprechen

Übersprechen ist eine Erscheinung, bei der Signale eines Übertragungskanal unbeabsichtigt in den zweiten Kanal gelangen.

Die Größe des Übersprechens beträgt

$$a_{\ddot{u}}/\text{dB} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

U_2 ist die infolge des Übersprechens entstandene Spannung im gestörten Kanal, U_1 ist die für den gleichen Punkt festgelegte Nennspannung. $a_{\ddot{u}}$ ist die Übersprechdämpfung; sie bezieht sich auf die Eigenschaft eines Übertragungssystems.

Zur Unterscheidung zwischen anlagen- und gerätetechnischen Parametern und dem Qualitätszustand eines Signals wird im folgenden dieses Spannungsverhältnis als Übersprechabstand bezeichnet, wenn es sich eindeutig auf das Verhältnis zweier Stereo-Signale bezieht.

3.2.1.1. Übersprechen zwischen symmetrischen Stereo-Signalen

Ein unerwünschtes konphas (gleichphasiges) Übersprechen zwischen den beiden Stereo-Signalen A und B führt zu einer Verringerung der Abbildungsbreite (subjektiv empfundene Breite des wiedergegebenen Klangbildes) und beeinträchtigt damit unmittelbar die Übertragungsqualität. Die subjektiven Grenzwerte für den Übersprechabstand sind in der Tabelle 3 auf Seite 34 enthalten.

3.2.1.2. Übersprechen zwischen asymmetrischen Stereo-Signalen

Übersprechen im M/S-Weg führt zu Pegelverschiebungen im X/Y-Signal. Da sich die Übersprechdämpfung zwischen M und S im allgemeinen ohne Schwierigkeiten groß genug halten läßt, ist diese Erscheinung von untergeordneter Bedeutung.

3.2.1.3. Addition von Übersprechwerten

Für den vereinfachten Sonderfall, daß alle Glieder die gleiche Übersprechdämpfung aufweisen, gilt die Beziehung $a_{\ddot{u}} = 20 \lg n$

Abb. 3.5. Goniometer-Schirmbilder (Prinzipdarstellung) (links)

(n = Anzahl der Glieder). Damit ergeben sich folgende Korrekturwerte $\Delta a_{\ddot{u}}$, um die sich die Übersprechdämpfung einer solchen Kette vermindert:

n	2	3	4	5	10
$\Delta a_{\ddot{u}}/\text{dB}$	6	9,5	12	14	20

3.2.1.4. Ursachen für Übersprechen

Bei polymikrofonen Aufnahmen bestimmt das sogenannte akustische Übersprechen zwischen den Mikrofonen im Aufnahmerraum den primären Übersprechabstand der Aufnahme in entscheidendem Maße.

Akustisches Übersprechen ist eine Erscheinung bei Polymikrofonie-Aufnahmetechnik, bei der unbeabsichtigt Schallanteile von benachbarten Schallquellen von dem einer bestimmten Quelle (Instrumentengruppe) zugeordneten Mikrofon erfaßt werden.

Die Übersprechdämpfung einer Regieanlage liegt im allgemeinen relativ hoch (> 74 dB), sofern nur "normales", d. h. vorwiegend kapazitives Übersprechen zwischen einzelnen Leitungszügen, Steckkontakten o. ä. vorliegt.

Enthält die Anlage jedoch Elemente oder Kanalabschnitte, die in M/S-Technik betrieben werden, kann das resultierende Übersprechen am X/Y-Ausgang schon durch geringe Pegel- bzw. Phasendifferenzen erheblich beeinflußt werden (s. Abschnitte 3.2.2. und 3.2.3.). Die Speicherverfahren (Magnetband, Schallplatte) beeinflussen den Übersprechabstand erheblich, besonders bei mehrfachem Umzeichnen. Schließlich reduzieren auch das HF-Übertragungsverfahren und die Empfangstechnik den Übersprechabstand.

3.2.2. Pegeldifferenzen

Pegeldifferenzen sind unbeabsichtigte Pegelunterschiede zwischen zwei zugeordneten Stereo-Signalen.

3.2.2.1. Pegeldifferenzen zwischen symmetrischen Stereo-Signalen

Pegelunterschiede zwischen A- und B-Signal bewirken eine Verschiebung des Mitteneindrucks (Balanceverschiebung). Die subjektiven

Grenzwerte für Pegeldifferenzen sind der Tabelle 3 auf Seite 34 zu entnehmen.

3.2.2.2. Pegeldifferenzen zwischen asymmetrischen Stereo-Signalen

Wie die folgende kurze Rechnung zeigt, erscheinen Pegeldifferenzen zwischen M und S nach der Umsetzung als Übersprechen im A/B-Signal:

Die Verstärkung im S-Kanal sei um den Faktor δ verändert (Abb. 3.6.), so daß

$$M' = M \quad \text{und} \\ S' = S - \delta S = S(1 - \delta)$$

werden.

Nach Umsetzung mit $p = \frac{1}{2}$ ergeben sich dann:

$$A' = \frac{1}{2}(M' + S') \\ = \frac{1}{2}(M + S - \delta S) \\ = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}[A + B] + \frac{1}{2}[A - B] - \frac{\delta}{2}[A - B]\right)$$

$$A' = \frac{1}{2}\left(A - \frac{\delta}{2}A + \frac{\delta}{2}B\right).$$

Analog ergibt sich für B':

$$B' = \frac{1}{2}(M' - S')$$

$$B' = \frac{1}{2}\left(B - \frac{\delta}{2}B + \frac{\delta}{2}A\right).$$

In den Signalen A' und B' treten also infolge einer Pegeldifferenz im M/S-Weg jeweils Komponenten des anderen Signals auf. Nachfolgend sind einige ausgewählte Werte für das durch Pegeldifferenzen $\Delta L_{(MS)}$ verursachte Übersprechen $a_{\ddot{u}(AB)}$ aufgeführt. Sie erkennen daraus, daß an die Pegelgleichheit eines M/S-Weges sehr hohe Anforderungen gestellt werden müssen, um einen vertretbaren Übersprechabstand am Ende der Kette zu erreichen:

$\Delta L_{(MS)}/\text{dB}$	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0
$a_{\ddot{u}(AB)}/\text{dB}$	45	39	35	31	25	19

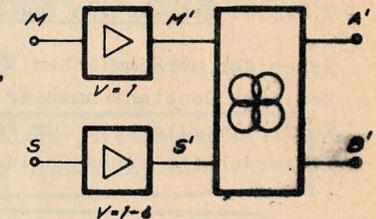


Abb. 3.6.

3.2.2.3. Ursachen von Pegeldifferenzen

Ursachen von Pegeldifferenzen sind

- Gleichlauffehler von Stellgliedern (z. B. Studioreglern)
- unterschiedliche Frequenzgänge der beiden Kanäle
- Verstärkungsunterschiede in den Kanälen

3.2.2.4. Messung von Pegeldifferenzen mit dem Goniometer

Neben der herkömmlichen Methode der Pegelmessung mittels Voltmeter oder Quotientenmesser bietet das Goniometer eine einfache Kontrollmöglichkeit für Pegeldifferenzen. In Abb. 3.7. ist die Rasterscheibe eines Goniometers dargestellt.

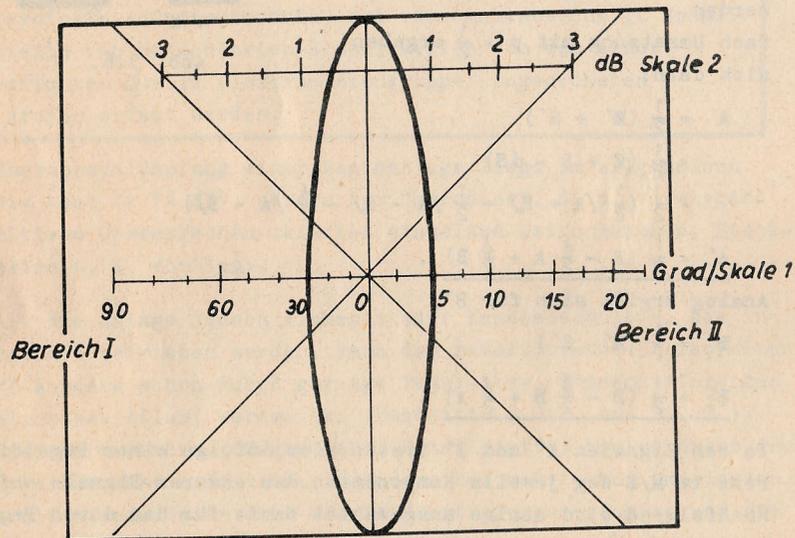


Abb. 3.7. Rasterscheibe des Goniometers

Aus der Abbildung erkennen Sie zwei Skalen. Das Goniometer ist auf zwei Bereiche umschaltbar (I und II). Skala 1 zeigt Phasenwinkel in Grad (Bereich I bis 90°, Bereich II bis 20°), Skala 2 zeigt Pegelwerte in dB (Bereich II) an. Die dargestellte Ellipse zeigt im Bereich I ein $\Delta\psi = 30^\circ$ bzw. im Bereich II ein $\Delta\psi = 5^\circ$ an.

Zwei phasengleiche Eingangssignale A und B ergeben im Falle einer Pegeldifferenz eine mehr oder weniger geneigte vertikale Gerade.

Im Meßbereich II wird die Horizontalverstärkung erhöht und die vertikale Neigung verstärkt, so daß sich am Schnittpunkt der abgebildeten Gerade mit Skala 2 auch Pegelunterschiede von weniger als 1 dB ablesen lassen.

A Aufgabe 11: Wodurch kann eine Kanalvertauschung der Signale A und B in einem vorher angeordneten M/S-Kanalabschnitt behoben werden?

3.2.3. Phasendifferenzen

Phasendifferenzen sind unbeabsichtigte Differenzen der Nulldurchgänge zweier zugeordneter Stereo-Signale.

Die Phasendifferenz $\Delta\psi$ wird in Grad angegeben.

3.2.3.1. Phasendifferenzen zwischen symmetrischen Stereo-Signalen

Im A/B-Weg sind Phasendifferenzen relativ unkritisch, sie stören im wesentlichen nur bei der Gewinnung des kompatiblen Signals. Die Tabelle 3 auf Seite 34 zeigt die subjektiven Grenzwerte für Phasendifferenzen. Daraus ist zu ersenen, daß bei Differenzen $\Delta\psi < 30^\circ$ im gesamten Frequenzgebiet überhaupt keine Beeinträchtigung der Wiedergabe eintritt. Außerhalb des Frequenzgebietes von 50 Hz ... 5 kHz hört die Empfindung für Phasenunterschiede überhaupt auf.

3.2.3.2. Phasendifferenzen zwischen asymmetrischen Stereo-Signalen

Eine Phasendifferenz zwischen M und S bewirkt nach der Rückumsetzung eine Erhöhung des Übersprechens zwischen A und B. Für $\Delta\psi_{(MS)} = 90^\circ$ wird $a_{ü(AB)} = 0$ dB; eine Phasenvertauschung ($\Delta\psi_{(MS)} = 180^\circ$) führt zu einer Seitenvertauschung von A und B. Nachstehend sind einige Werte aufgeführt:

$\Delta\psi_{(MS)}/\text{Grad}$	0,6	1,2	2,0	3,0	6	30	45	90
$a_{ü(AB)}/\text{dB}$	45	39	35	31	25	11,5	7,5	0

3.2.3.3. Ursachen von Phasendifferenzen

Phasendifferenzen zwischen zwei Stereo-Kanälen entstehen auf sehr

vielfältige Weise, u. a. infolge

- unterschiedlichem Amplitudenfrequenzgang (z. B. beim Einsatz von Filtern)
- unterschiedlichen Eigenschaften von Einzelgeräten
- unterschiedlichen Leitungslängen bei Übertragung über Rundfunkleitungen
- fehlerhafter Spalteinstellung bei Magnetbandanlagen (s. Abschn. 7).

Da sich eine hohe Phasensymmetrie zwischen den aus vielen Einzelgeräten zusammengesetzten Kanälen nur sehr schwer erreichen läßt, muß die niederfrequente Übertragung in M/S-Form möglichst vermieden werden.

3.2.3.4. Phasenmessung mit dem Goniometer

Zwei pegelgleiche Eingangssignale A und B mit unterschiedlicher Phasenlage ergeben als Goniometerbild eine stehende Ellipse für $0 < \Delta\varphi < 90^\circ$ und eine liegende Ellipse für $90^\circ < \Delta\varphi < 180^\circ$ und einen Kreis für $\Delta\varphi = 90^\circ$. Das Achsenverhältnis dieser Ellipse ist ein Maß für die Phasendifferenz. Sehen Sie sich dazu noch einmal die Rasterscheibe des Goniometers auf Seite 26 an! Zur Phasenmessung wird die vertikale Achse der Ellipse auf volle Auslenkung geregelt. Der Schnittpunkt der Ellipse mit der linken Skala 1 (Bereich I in Grad) ergibt die Phasendifferenz. Bei Phasenwinkeln unter 20° kann die Horizontalverstärkung erhöht werden (Meßbereich II); die Phasendifferenz kann dann auf der rechten Seite der Skala 1 mit hoher Genauigkeit abgelesen werden.

3.2.4. Amplituden-Frequenzgang

Grundsätzlich gelten für den Amplituden-Frequenzgang die gleichen Bedingungen wie in der Mono-Technik (40 Hz ... 15 000 Hz). Bei der Auswahl bzw. Angleichung zweier zugeordneter Stereo-Kanäle müssen Sie jedoch darauf achten, daß möglichst gleiche Frequenzgänge in beiden Kanälen vorliegen - auch wenn dadurch evtl. einmal die Toleranzgrenzen für den Amplituden-Frequenzgang an sich überschritten werden - um zusätzliche Pegel- und Phasendifferenzen zu vermeiden. Dies gilt besonders bei Messungen an Magnetbandgeräten und Übertragungsleitungen.

3.2.5. Störgeräusche

Im Prinzip gelten hinsichtlich der auftretenden Störgeräusche die gleichen Forderungen wie in der Mono-Technik. Sie müssen jedoch beachten, daß Störgeräusche bei stereofoner Wiedergabe sich stärker bemerkbar machen, da sie infolge der häufig fehlenden Verdeckung durch basisfüllende Nutzgeräusche sowie wegen ihrer Lokalisierbarkeit besser wahrgenommen werden können!

3.2.6. Transformationsbeziehungen von Übertragungsfehlern bei der Umsetzung

Wie Sie bereits aus den Abschnitten 3.2.2. und 3.2.3. wissen, sind Pegel- und Phasendifferenzen mit dem Übersprechen durch die Umsetzung miteinander verkoppelt. Tabelle 1 zeigt zusammenfassend die Auswirkungen von Übertragungsfehlern vor der Umsetzung auf das Signal nach der Umsetzung. Die Transformationsbeziehungen gelten in beiden Umsetzungsrichtungen (von M/S nach A/B und umgekehrt).

Tabelle 1 Auswirkungen von Übertragungsfehlern vor der Stereo-
Umsetzung auf das Signal nach der Umsetzung

Übertragungsfehler vor der Umsetzung	Auswirkung nach der Umsetzung
<u>Pegeldifferenz</u> $\Delta L > 0$ (Kanal 1 > Kanal 2) $\Delta L < 0$ (Kanal 1 < Kanal 2)	<u>Übersprechen</u> gleichphasiges Übersprechen gegenphasiges Übersprechen
<u>Phasendifferenz</u> $0 < \Delta\varphi < 90^\circ$ $\Delta\varphi = 90^\circ$ $90^\circ < \Delta\varphi < 180^\circ$ $\Delta\varphi = 180^\circ$ (Phasenvertauschung)	<u>Übersprechen mit 90° Phasenverschiebung</u> $a_{ij} > 0$ dB $a_{ii} = 0$ dB $a_{ji} < 0$ dB $a_{ii} \rightarrow \infty$ (Kanalvertauschung)
<u>Übersprechen</u>	<u>Pegel- bzw. Phasendifferenz</u> (s. oben)
<u>Kanalvertauschung</u>	<u>Phasenvertauschung</u> ($\Delta\varphi = 180^\circ$)
Kanal 2 fehlt	beide Ausgangssignale identisch (M)
Kanal 1 fehlt	beide Ausgangssignale identisch, jedoch mit $\Delta\varphi = 180^\circ$ (S)

3.3. Subjektive Übertragungsparameter

3.3.1. Klangbildparameter

Um eine optimale Klangvorstellung beim Hörer zu erreichen, sind eine Reihe künstlerisch- und technisch-ästhetischer Bedingungen zu erfüllen. Es werden also eine Reihe subjektiver Klangbildparameter benötigt, die in der Tabelle 2 zusammengefaßt dargestellt sind.

Tabelle 2 Subjektive Klangbildparameter

Hauptparameter	Teilparameter	Bemerkungen
Raumeindruck	Nachhall	Verhältnis von Raumvolumen, Größe des Klangkörpers, musikalischem Inhalt u. akustischen Eigenschaften des Studios zueinander
	Hallbalance	R/D-Verhältnis (s. Abschn. 4.2.)
	Tiefenstaffelung akust. Atmosphäre	Einbeziehung des Hörers in den Ursprungsraum
Durchsichtigkeit		Differenzierungsempfinden einzelner Klanggruppen, Textverständlichkeit
	stereofone Auflösung	Lokalisierungsschärfe, Ausbildungsbreite von Punktschallquellen
Musikalisches Gleichgewicht		Lautstärkeverhältnis der Schallanteile zueinander
Klangfarbe	Amplituden- und Phasenfrequenzgang, nichtlin. Verzerrungen, Ausgleichsvorgänge	Frequenzspektrum und Ausgleichsvorgänge der direkten Schallanteile und Frequenzspektrum der Rauminformation
Stereo-Eindruck	stereofones Gleichgewicht, Abbildungsbreite, Richtungsverteilung	Balance (zeitl. Mittelwert d. Informationen beider Kanäle) Mitteneindruck, Kontinuität von Bewegungen
Kompatibilität		Zusammenfassung des Vergleichs der monofonen mit der stereofonen Fassung

3.3.2. Kompatibilität

Kompatibilität bedeutet Verträglichkeit zweier Systeme untereinander.

Ein Stereo-System ist kompatibel, wenn aus den Stereo-Signalen bei der Wiedergabe über ein monofones System ein weitgehend vollwertiges Mono-Signal erhalten wird.

Jede Stereo-Sendung muß kompatibel sein, damit die Hörer mit monofonen Empfangsgeräten nicht benachteiligt werden.

Das kompatible Mono-Signal entsteht durch Summierung der beiden Stereo-Signale A und B und ist identisch mit dem M-Signal ($M = A + B$). Mangelhafte Kompatibilität hat vielseitige Auswirkungen auf die Qualität der monofonen Fassung.

3.4. Toleranzen des Stereo-Übertragungskanals

Um Festlegungen für die Werte der im Abschn. 3.2. behandelten Parameter treffen zu können, müssen wir uns zunächst einen Überblick über den gesamten Stereo-Kanal verschaffen und ihn in einzelne Abschnitte unterteilen.

3.4.1. Aufgliederung des Übertragungskanals

Den prinzipiellen Aufbau des Übertragungskanals zeigt Abb. 3.8.

Während der Tonsignalweg zwischen Mikrofonausgang und Lautsprechereingang möglichst keinen Einfluß auf das Tonsignal ausüben soll, unterliegen die Kanalabschnitte Aufnahme- und Wiedergaberaum mit Mikrofon sowie Wiedergaberaum mit Lautsprechern anderen Bedingungen, die einerseits künstlerisch-ästhetischer, andererseits raumakustisch-technische Natur sind, so daß sie aus den folgenden Betrachtungen ausgenommen werden; in den Abschnitten 4.2. und 4.3. sind dazu die Gesichtspunkte der Aufnahme- und Wiedergabeseite, im Abschnitt 5. die der Wiedergabeseite erläutert.

Der Übertragungsabschnitt Studio ist in Abb. 3.9. dargestellt. Bei einer Außenübertragung kann sich ein Teil des Studios auch außerhalb des Funkhauses befinden (Übertragungswagen).

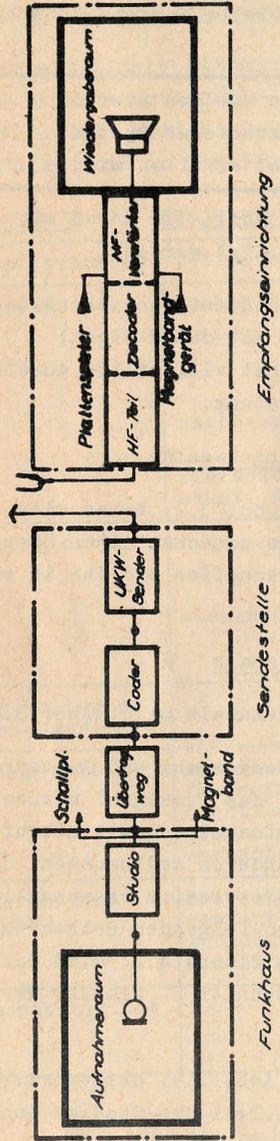


Abb. 3.8. Übertragungskanal für Rundfunk-Stereofonie (schematische Darstellung)

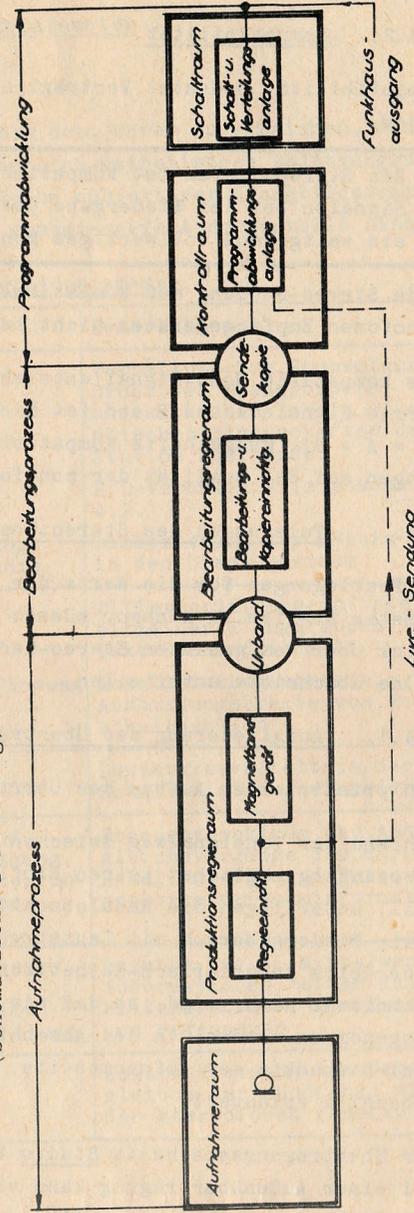


Abb. 3.9. Kanalabschnitt "Studio" (schematische Darstellung)

Vom Studio gelangt das stereofone Signal auf den Übertragungsweg (s. Abschn. 8.2.).

In der Sendestelle werden beide Stereo-Signale in einem Stereo-Codier zu einem sogenannten Multiplex-Signal umgeformt und in dieser Form vom UKW-Sender abgestrahlt (s. Abschn. 8.). Zwischen Send- und Empfangsantenne werden ideale Ausbreitungsbedingungen und Empfangsbedingungen vorausgesetzt.

Das Empfangsgerät mit dem Decoder (s. Abschn. 9.) zerlegt dann das Multiplex-Signal wieder in Links- und Rechtssignale (A/B).

3.4.2. Toleranzen der Übertragungsparameter

Um eine qualitativ hochwertige Stereo-Übertragung zu gewährleisten, muß der Einfluß aller Übertragungsfehler möglichst klein gehalten werden. Auf der Grundlage subjektiv ermittelter Grenzwerte wurden international sogenannte Globalwerte festgelegt; das sind zulässige Grenzwerte der einzelnen Übertragungsparameter für den gesamten Übertragungskanal ("Über-alles-Werte"), die in der Tabelle 3 aufgeführt sind.

Diese Globalwerte, die aus ökonomischen oder technischen Gründen gegenwärtig noch nicht in allen Fällen realisiert werden können, dürfen von jedem Abschnitt des Kanals nur zu einem geringen Teil in Anspruch genommen werden.

A Aufgabe 12: Warum gelten z. B. die Globalwerte der Toleranzen für die Parameter Pegeldifferenz, Phasendifferenz und Übersprechabstand bei 1000 Hz nicht für jeden einzelnen Abschnitt des Übertragungsweges?

Aufgabe 13: Warum müssen an der unteren und oberen Frequenzbandgrenze bestimmte Phasendifferenzen zwischen den Stereo-Signalen eingehalten werden, obwohl die Phasenbeziehungen in diesen Frequenzgebieten keinen Einfluß auf das stereofone Klangbild ausüben?

Tabelle 3: Subjektive Grenzwerte und Globalwerte für die Parameter des gesamten Übertragungskanal

Parameter	Signale	Subjektive Grenzwerte	Globalwerte (Empfehlung f. anzustrebende Werte)
Bandbreite	A,B,M,S	40 ... 15000 Hz	40 ... 15000 Hz
Amplitudenfrequenzgang	A,B		
40 ... 125 Hz		+2 dB	+2/-3 dB
125 ... 630 Hz		} +1 dB	+1/-1 dB
630 ... 1250 Hz			+0,5/-0,5 dB
1250 ... 10000 Hz			+1/-1 dB
10000 ... 15000 Hz			+2/-3 dB
Übersprechabstand	A,B		
125 Hz		20 dB	
315 ... 8000 Hz		30 dB	
40 Hz			14 dB
315 ... 4000 Hz			30 dB
15000 Hz			18 dB
Nichtlineare Verzerrungen (Klirrfaktor)	A,B,M		
100 Hz		-34 dB (2,0 %)	-34 dB (2,0 %)
100 ... 5000 Hz		-46 dB (0,5 %)	-40 dB (1,0 %)
5000 Hz		-40 dB (1,0 %)	-34 dB (2,0 %)
Störpegelabstand	A,B,M	> 68 dB	> 60 dB
Pegeldifferenz	A,M		
1000 Hz		0,5 dB	1,0 dB
125 ... 10000 Hz		1,0 dB	1,5 dB
10000 ... 15000 Hz		1,5 dB	3,0 dB
Phasendifferenz	A,B		
40 Hz		> 90°	90°
200 ... 4000 Hz	*	30°	45°
4000 ... 15000 Hz		> 90°	90°
Pegelstabilität	A,B,M,S	--	±1,0 dB
1000 Hz			

A Aufgabe 14: Ermitteln Sie die maximal zulässigen Pegel- oder Phasendifferenzen für einen in M/S-Technik betriebenen Übertragungsabschnitt, wenn im resultierenden A/B-Signal ein Übersprechabstand von 45 dB nicht überschritten werden soll!

* Pegelverlust im Monosignal:

$$\Delta p = 20 \lg \left[\frac{1 + \sin(90^\circ - \varphi)}{2} \right]$$

$$\Delta p = 20 \lg \left[\sin \left(\frac{180^\circ - \varphi}{2} \right) \right]$$

4. Aufnahmetechnologie

4.1. Mikrofontechnik

Zur Aufnahme in Intensitäts-Stereofonie werden vorwiegend richtungsgeregelte Einzel-(Mono-)Mikrofone sowie, evtl. damit kombiniert oder selbständig, Koinzidenzmikrofone verwendet, während für die Laufzeit- oder Phasen-Stereofonie distanzierte Mikrofonpaare benutzt werden. Klären wir zunächst die für uns neuen Begriffe:

Richtungsgeregelte Einzelmikrofone sind normale Mono-Mikrofone, die - möglichst akustisch unabhängig voneinander - bestimmten Einzelschallquellen oder Instrumentengruppen zugeordnet werden.

Diese Mikrofone werden in relativ geringem Abstand zur Schallquelle aufgestellt, um ein akustisches Übersprechen zu vermeiden. Es ergeben sich voneinander unabhängige Einzelsignale, die als Punktschallquellen mittels Richtungsregler beliebig in das stereofone Klangbild eingeordnet werden können. Vorteilhaft ist, daß die gleichen Mikrofontypen wie in der Mono-Technik verwendet werden können (Kompatibilität der Klangfarbe).

Ein Koinzidenzmikrofon ist eine spezielle Kombination für Intensitäts-Stereofonie, das zwei unmittelbar beieinander angeordnete Schallempfänger als konstruktive Einheit enthält.

Bedingt durch die Konstruktion sind also Zeitdifferenzen ausgeschlossen, und es können praktisch nur Intensitätsunterschiede übertragen werden. In Abb. 4.1. ist die Entstehung der Intensitätsdifferenz schematisch dargestellt.

Der entsprechend der gewählten Anordnung der Richtcharakteristiken beider Systeme vorhandene Empfindlichkeitsunterschied in Richtung der Schallquelle S ergibt einen Pegelunterschied von

$$\Delta L = 10 \lg J_I / J_{II}$$

zwischen den beiden Stereo-Signalen, der die Richtungsinformation bestimmt.

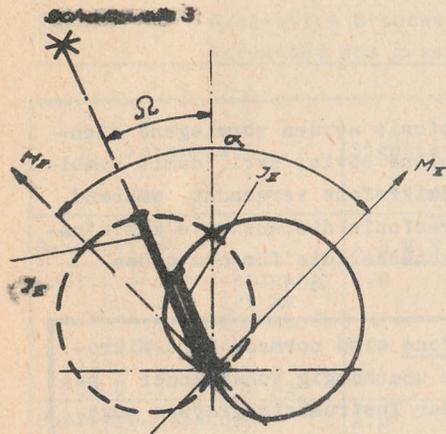


Abb. 4.1.

Entstehung der Intensitätsdifferenz am Koinzidenzmikrofon

M_I = Hauptempfangsrichtung des Systems I

M_{II} = Hauptempfangsrichtung des Systems II

J_I = Intensität des Ausgangssignals von System I

J_{II} = Intensität des Ausgangssignals von System II

Entsprechend der Art der abgegebenen Signale unterscheiden wir zwei Typen von Koinzidenzmikrofonen:

- X/Y-Mikrofone, deren beide Schallempfänger gleiche Übertragungseigenschaften (insbesondere gleiche Richtcharakteristiken) besitzen und deren Achsen (Hauptempfangsrichtungen) symmetrisch zu einer (gedachten) Mittellinie angeordnet sind. Der Achsenwinkel kann zwischen 0° und 180° variiert werden. Die Richtcharakteristik eines X/Y-Mikrofones mit Niere/Niere-System ist in Abb. 4.2.a dargestellt.

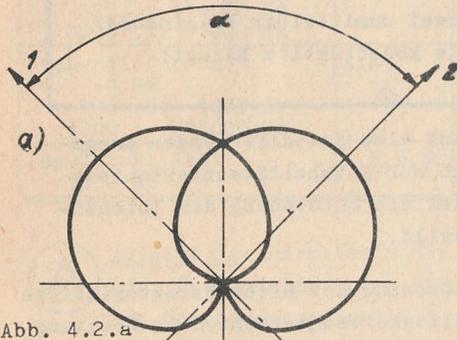


Abb. 4.2.a

Richtcharakteristik eines X/Y-Koinzidenzmikrofones (Niere/Niere)

M/S-Mikrofone mit einem festen Achsenwinkel von 90° . Der Schallempfänger für das M-Signal stimmt mit der Mittellinie überein und kann beliebige Richtcharakteristik haben (vorwiegend jedoch Kugel- oder Niere-Charakteristik). Der Schallempfänger für das S-Signal besitzt achtförmige Richtcharakteristik, seine Bezugsachse ist senkrecht zur Mittellinie angeordnet. In Abb. 4.2.b ist die Richtcharakteristik eines M/S-Mikrofones mit Niere/Acht-System dar-

gestellt.

gestellt.

Neben dem in Abb. 4.2. angeführten Beispiel lässt sich für jede beliebige Charakteristik-Kombination eines X/Y-Mikrofones eine äquivalente M/S-Charakteristik ableiten.

Abb. 4.2.b

Richtcharakteristik eines M/S-Koinzidenzmikrofones (Niere/Acht)

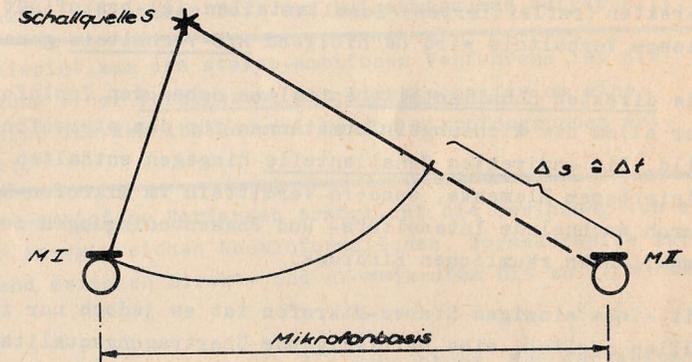
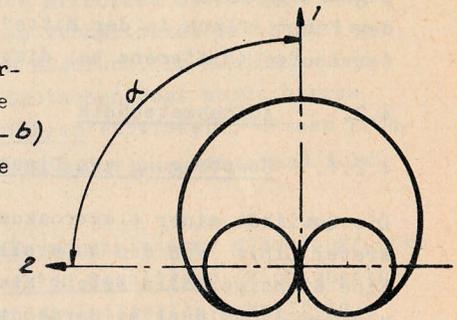


Abb. 4.3. Entstehung der Laufzeitdifferenz bei distanzierten Mikrofonen

Ein distanziertes Mikrofonpaar sind zwei einander zugeordnete, in einem bestimmten Abstand parallel zur Schallquelle aufgestellte Mikrofone gleicher Richteigenschaften, die auf Grund ihrer Anordnung vorwiegend Laufzeit- bzw. Phasenunterschiede übertragen.

A Aufgabe 15: Wie unterscheiden sich richtungsgeregelte Einzelmikrofone von distanzierten Mikrofonen (bei gleichem Mikrofontyp)?

Der Abstand zwischen den beiden Mikrofonen (Mikrofonsbasis) kann zwischen 20 cm ($\hat{=}$ Kopfdurchmesser) und etwa 1 m betragen. Bei noch größeren Abständen wird der Laufzeitunterschied der beiden

Signale größer als 3 ms, was zum Auseinanderfallen des Klangbildes führt ("Loch in der Mitte"). In Abb. 4.3. ist die Entstehung der Laufzeitdifferenz bei distanzierten Mikrofonen dargestellt.

4.2. Aufnahmetechnik

4.2.1. Übertragung von Direkt- und Rauminformationen

Die Qualität einer elektroakustischen Stereo-Übertragung wird in erster Linie von den Aufstellungsorten der Mikrofone bestimmt. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Entfernung des Mikrofon von der Schallquelle, durch die das Verhältnis der Intensität der vom Mikrofon aufgenommenen direkten Schallanteile (D) zu den indirekten (reflektierten) Schallanteilen (R) beeinflusst wird. Dieses Verhältnis wird nachfolgend R/D-Verhältnis genannt.

Die direkten Schallanteile enthalten neben den Toninformationen vor allem die Richtungsinformationen für das stereofone Schallbild. Die indirekten Schallanteile hingegen enthalten keine lokalisierbaren Elemente, sondern vermitteln im Mikrofon-Raumsignal durch wechselnde Intensitäts- und Phasenbedingungen den diffusen, umhüllenden räumlichen Eindruck.

Mit einem einzigen Stereo-Mikrofon ist es jedoch nur in wenigen Fällen möglich, eine befriedigende Übertragungsqualität zu erreichen (im Gegensatz zu den durchaus positiven Erfahrungen mit der Einmikrofontechnik in der Monofonie). Oft werden Direkt- und Rauminformationen mit getrennten Mikrofonen übertragen, die optimale Dosierung des R/D-Verhältnisses wird am Regietisch vorgenommen.

4.2.1.1. Übertragung von natürlichen Rauminformationen

Die Möglichkeit der Übertragung von natürlichen Rauminformationen ist vor allem bei lautstärkemäßig ausgeglichenen Klangkörpern angebracht (z. B. sinfonisches Orchester in einem großen Aufnahmestudio mit einem Rauminfomationen von $> 10.000 \text{ m}^3$). Ein oder mehrere Hauptmikrofone nehmen vorwiegend direkte Informationen auf und ein oder mehrere Raummikrofone vorwiegend reflektierte Schallenergie. Die gewünschte "Hallbalance", das ist das R/D-Verhältnis, wird durch Regelung des R/D-Verhältnisses eingestellt.

Im indirekten Schallfeld angeordnete Mikrofone übertragen die sich ständig ändernden statistischen Verhältnisse des Schalles und vermitteln somit den räumlichen Eindruck. Im Rundfunk- und Fernseh-technischen Zentralamt der Deutschen Post wurde hierzu das sogenannte stereo-ambifone Verfahren entwickelt, dessen Prinzip in Abb. 4.4. dargestellt ist, und welches nachstehend kurz erläutert wird.

Auf der Aufnahmeseite werden mittels verschiedener Mikrofongruppen getrennt Informationen aus dem direkten Schallfeld (Richtungsinformationen) und Informationen aus dem indirekten Schallfeld (Rauminformationen) aufgenommen und bearbeitet. Die Raummikrofone werden meist im hinteren Teil des Aufnahme Raumes aufgestellt.

Charakteristikum des stereo-ambifonen Verfahrens ist die Einfügung einer Verzögerung des Direktschalles um eine Laufzeit, die dem Abstand der beiden Mikrofongruppen entspricht.

Das stereo-ambifone Verfahren ermöglicht die Gewinnung von erwünschten energiereichen Rauminformationen. Normalerweise ist nur ein Abstand zwischen Direkt- und Raummikrofon bis zu 12 m nutzbar.

A Aufgabe 16: Beweisen Sie die Behauptung, daß der Abstand zwischen Direkt- und Raummikrofon nicht größer als ca. 12 m sein darf!

Durch geeignet bemessene Verzögerungszeiten kann praktisch der zeitliche Verlauf des Schallfeldes an einem bestimmten Hörerplatz im Ursprungsraum nachgebildet werden.

Die Übertragung der Richtungs- und Rauminformationen kann bis zum Hörer getrennt erfolgen und dort auch über getrennte Lautsprechergruppen wiedergegeben werden, also in echter Vierkanal-Technik, die Quadrofonie genannt wird. Gegenwärtig stehen aber nur zwei Kanäle zur Verfügung, so daß z. Z. eine vereinfachte Technologie der Stereo-Ambiofonie in Form geeigneter Überlagerung der direkten und indirekten Signale auf nur 2 Kanälen angewandt wird. Auf der Wiedergabeseite werden die kombinierten Signale über übliche Stereo-Lautsprecher abgestrahlt. Der Effekt der Einbeziehung

kann jedoch erheblich verstärkt werden, wenn aus den kombinierten Signalen das Differenzsignal (mittels Umsetzer) gebildet wird, welches gegenphasig über zusätzliche hintere Raumlautsprecher abgestrahlt wird (s. auch Abschn. 5.1.).

In der neueren Literatur werden hierfür auch die Bezeichnungen "Vierkanal-Matrix-Übertragung" oder "Vier-in-Zwei-Methode" ge-

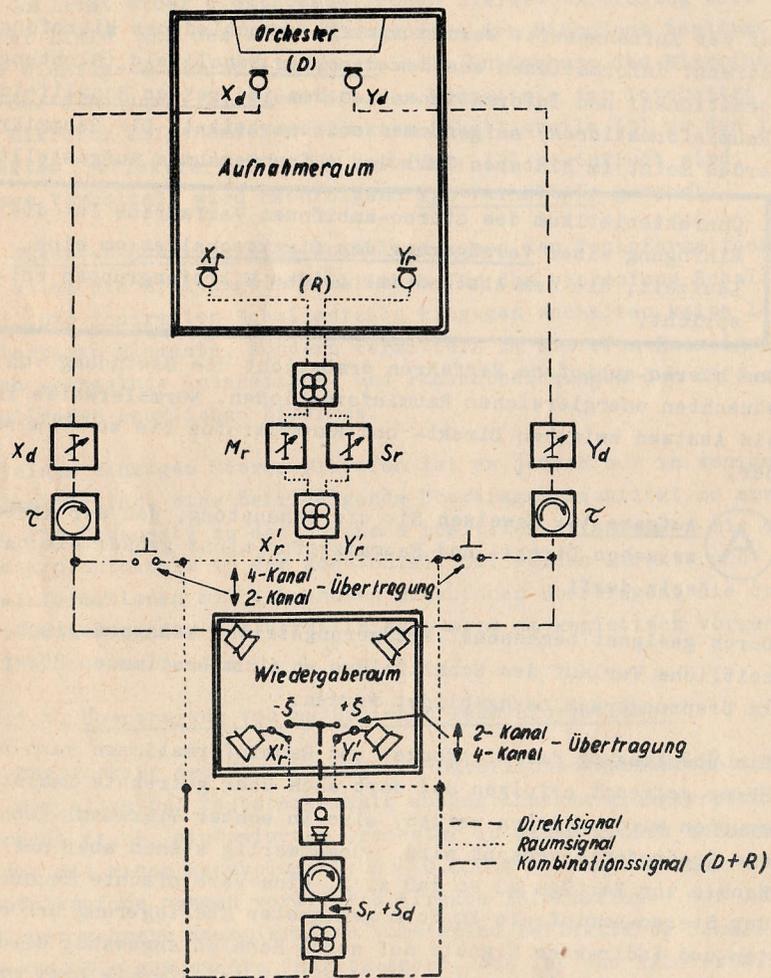


Abb. 4.4. Prinzip der stereo-ambifonen Übertragung

braucht. Das Verfahren ist in allen Fällen kompatibel.

4.2.1.2. Erzeugung und Übertragung künstlicher Rauminformationen

Bei lautstärkemäßig ausgeglichenen Klangkörpern ist oftmals zur Erhöhung der Tiefenstaffelung von Bläsergruppen sowie für Solisten eine zusätzliche Verhallung dieser Mikrofone günstig. Derartige künstliche Rauminformationen werden vorwiegend bei Tanzmusikproduktionen angewendet. Die künstlich erzeugten Rauminformationen können entweder über zwei zusätzliche Kanäle übertragen werden (Quadrofonie), oder sie werden auf der Wiedergabeseite aus den kombinierten Signalen abgeleitet und über gesonderte Raumlautsprecher zusätzlich abgestrahlt. Dieses Verfahren wird "Pseudo-Quadrofonie" genannt

4.2.2. Übertragung von Bewegungen

Bei stereofoner Übertragung können Bewegungsvorgänge abgebildet werden. Der normale Bewegungsspielraum erstreckt sich zwischen den beiden Lautsprechern. Beim Übergang in das Überbasisgebiet tritt ein Verlust an Lokalisierungsschärfe ein.

Für geradlinige, weitläufige Bewegungen eignen sich u. a. Stereo-Koinzidenzmikrofone bei größerem Mikrofonabstand. Um einen gleichmäßigen Tiefeneindruck zu erreichen, ist es zweckmäßig, sich auf einer halbkreisförmigen Bahn um das Mikrofon zu bewegen; geradlinige Bewegungen zwischen den Mikrofonen würden konkave Kreisbogenbewegungen vortäuschen. Wenn, wie oben beschrieben, größere Mikrofonabstände nicht realisierbar sind, müssen Mikrofonabstand und Ansprechrichtung sehr genau eingehalten werden, da schon geringe Abweichungen zu großen Richtungsänderungen bei der Wiedergabe führen. Häufig werden für Originalszenen auch distanzierte Mikrofonanordnungen (Laufzeit-Stereofonie) angewandt.

4.3. Aufnahmeverfahren für verschiedene Programmarten

4.3.1. Aufnahme von Musik

Für die einzelnen musikalischen Genres gelten bestimmte Besonderheiten, die in den nachfolgenden Abschnitten behandelt werden.

4.3.1.1. Sinfonische Klangkörper

Richtungs- und Rauminformationen sollen so übertragen werden, daß das bei Lautsprecherwiedergabe empfundene Klangbild mit dem aus der Erinnerung des Hörers bekannten optisch-akustischen Gesamteindruck eines natürlichen Hörerlebnisses weitgehend übereinstimmt. Das stereofonische Klangbild sinfonischer Klangkörper sollte daher folgende Forderungen erfüllen:

- große Abbildungsbreite
- gute Richtungsauflösung
- Ausgeglichenheit der Richtungsverteilung
- Übertragung der natürlichen Klangfarben der einzelnen Musikinstrumente
- ausgewogenes musikalisches Gleichgewicht
- flächenhafte Abbildung der räumlich verteilten Streichergruppen
- Vermittlung eines angemessenen Raumeindrucks und einer überzeugenden Tiefenstaffelung
- Kompatibilität der Gesamtfassung.

Diese Forderungen lassen sich nur durch eine kombinierte Mikrofontechnik realisieren. Die Aufstellung des Orchesters und die Anordnung der Mikrofone werden am Beispiel des Saales 1 des Funkhauses Berlin-Oberschöneeweide erläutert; sehen Sie sich dazu die Abb. 4.5. an:

Die Mikrofone 1 bis 6 nehmen vorwiegend direkten Schall auf, während die Raummikrofone 7 und 8 vorwiegend im indirekten Schallfeld angeordnet sind. Die gewünschte Hallbalance wird durch Regelung des R/D-Verhältnisses eingestellt (stereo-ambiofonisches Übertragungsverfahren).

Die Mikrofone 1, 2, 3, 4, 7 und 8 sind übliche Mono-Mikrofone (vorzugsweise Druckempfänger mit kugelförmiger Richtcharakteristik); die Mikrofone 5 und 6 sind Koinzidenzmikrofone (in X/Y-Technik, Achsenwinkel = 135°).

Die Einordnung der Informationen der einzelnen Mikrofone in das stereofone Klangbild entsprechend ihrer Aufstellung zum Orchester erfolgt mit Hilfe von Richtungsreglern (s. Abschn. 6.). Die Mikrofone 1, 2, 3 und 4 entlang der Grundlinie des Orchesters vermitteln eine flächenhafte Abbildung der räumlich verteilten Strei-

chergruppen. Das Mikrofon 6 bewirkt eine differenzierte Abbildung der Bläsergruppe und des Schlagwerkes. Sein Summensignal wird vor dem Regler abgenommen und einer Einrichtung zur Erzeugung künstlichen stereofonen Nachhalls zugeführt (optimale Tiefenstaffelung).

4.3.1.2. Chöre

Wegen der Vielfalt der gebräuchlichen Zusammensetzungen von Chören ist die Aufstellung der einzelnen Stimmgruppen sowie die entsprechende Mikrofontechnik für die Direktinformationen von der Satzweise der Chorliteratur abhängig.

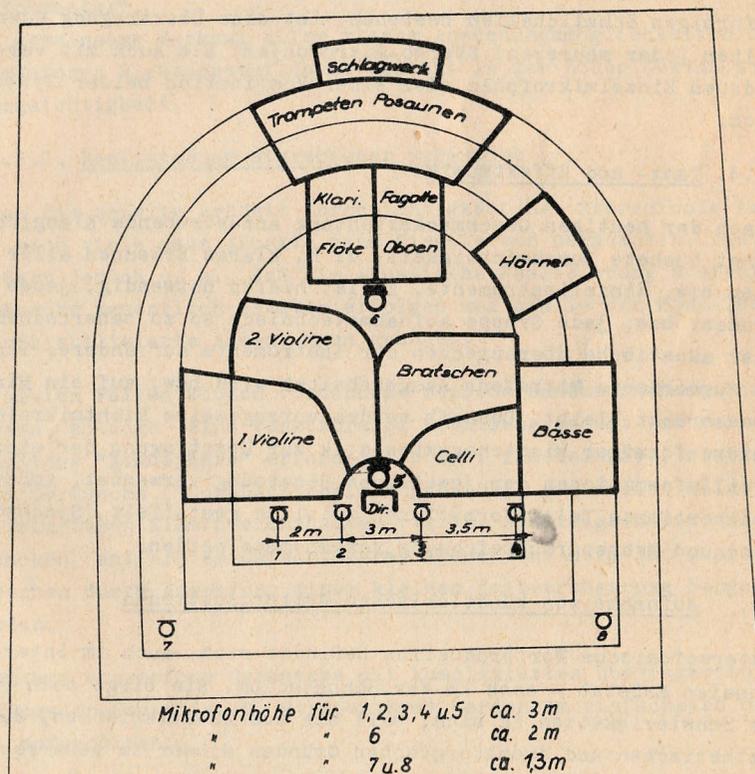


Abb. 4.5. Aufstellung und Mikrofonanordnung eines sinfonischen Klangkörpers im Saal 1 des Funkhauses Berlin-Oberschöneeweide

Direkt- und Rauminformationen werden zweckmäßig durch getrennte Mikrofone aufgenommen. Zur Übertragung der Direktinformationen können sowohl vier Einzelmikrofone (Nieren- oder Kugelcharakteristik) als auch zwei "Stützmikrofone", die links und rechts von einem in der Mitte vor dem Chor angeordneten Koinzidenzmikrofon stehen, verwendet werden.

A Aufgabe 17: Nennen Sie die Vorteile bei getrennter Aufnahme von Direkt- und Rauminformationen!

4.3.1.3. Kammermusik

Da kammermusikalische Besetzungen vorzugsweise aus einzelnen punktförmigen Schallquellen bestehen, ist eine Übertragung sowohl mit einem (oder mehreren) Stereo-Mikrofon(en) als auch mit verschiedenen Einzelmikrofonen oder einer Kombination beider Typen möglich.

4.3.1.4. Tanz- und Effektmusik

Das nach der heutigen Geschmacksrichtung anzustrebende Klangideal verlangt höchste Durchsichtigkeit, d. h. klares Erkennen aller Gruppen bzw. Einzelinstrumente. Es ist hierzu notwendig, jedes Instrument bzw. jede Gruppe aufnahmetechnisch so zu beherrschen, daß das akustische Übersprechen der Instrumente auf andere, ihnen nicht zugeordnete Mikrofone ausgeschaltet wird bzw. auf ein Minimum beschränkt bleibt. Deshalb werden vorzugsweise Richtmikrofone mit nierenförmiger Richtcharakteristik zur Übertragung der einzelnen Teilinformationen der jeweiligen Besetzung verwendet. Außerdem können bestimmte Teilinformationen zeitlich gestaffelt (Synchronisation) und Mehrspuraufzeichnung vorgenommen werden.

4.3.2. Aufnahme von künstlerischen Wortproduktionen

Die stereofonische Wortproduktion befindet sich -auch im internationalen Maßstab - noch im Versuchsstadium. Sie birgt noch viele Schwierigkeiten in sich, weil sie aus künstlerischen, d. h. ästhetischen und dramaturgischen Gründen schwer zu beherrschen ist. Auch ist die Frage der Kompatibilität bei dramatischen Produktionen wesentlich problematischer als bei allen anderen Programmarten.

4.3.2.1. Gestaltungsmöglichkeiten

Die stereofone Richtungsauflösung läßt sich sehr vielseitig für stereofone Wortproduktionen ausnutzen. Hierzu einige Beispiele:

- Realistische Darstellung von Bewegungen bzw. szenischen Abläufen
- Ausnutzung der Richtungsverteilung zur Darstellung verschiedener Zeitintervalle ("Zeitstaffelung") usw. oder zur Abbildung verschiedener Handlungsorte ("Ortsstaffelung")
- Gleichzeitige Darstellung zweier (oder mehrerer) Handlungsabläufe (Doppeldialog u. ä.) in verschiedenen Basisabschnitten
- Darstellung verschiedener Handlungs- oder Denkebenen, z. B. "reale Ebene" und "Reflexionsebene" oder "Handlung" und "Kommentar".

Das gemeinsame Merkmal aller dieser Anwendungsmöglichkeiten der stereofonen Richtungsauflösung besteht in dem hohen Gewinn an Durchsichtigkeit.

4.3.2.2. Realisierung stereofoner Geräusche

Durch die bereits erhöhte Durchsichtigkeit bei Stereophonie ergeben sich viele neue Aspekte beim Einsatz von Geräuschen. Das erfordert jedoch u. a., daß die akustische Realisierung stereofoner Geräusche wesentlich exakter erfolgen muß als in der Mono-Technik, wo oft stilisierte Andeutungen genügen.

In vielen Fällen können vorhandene Mono-Geräuschaufnahmen benutzt werden, solange eine punktförmige Abbildung genügt und keine räumliche "Atmosphäre" erforderlich ist. Flächenhafte, statistische Geräusche ("Geräuschteppich" genannt), die selbst keine lokalisierbaren Elemente enthalten (z. B. Stadiongeräusch, Meeresrauschen, entfernter Gefechtslärm) können aus normalen Mono-Geräuschen durch Anwendung einer kleinen Zeitverzögerung hergestellt werden.

Komplexe stereofone Geräusche mit komplizierten überlagerten Bewegungsvorgängen (z. B. Straßenlärm) werden am einfachsten original aufgenommen.

4.3.2.3. Mischung und Montage

Ein Cuttern innerhalb eines Bewegungsvorganges ist normalerweise nicht möglich, weil bereits kleine Richtungsänderungen und Änderungen in der Abbildungsbreite und des Raumeindrucks infolge geringer Abweichungen vom Mikrofonabstand und der Richtung zwischen den einzelnen Fassungen hörbar sind und damit in der Endfassung stören können. Bedenken Sie, daß Störgeräusche (Bandrauschen, Knacke, Nebengeräusche, Cutterstellen usw.) beim Stereo-Hörspiel wesentlich mehr stören als bei monofonen Hörspielen!

A Aufgabe 18: Welche Besonderheiten bezüglich der Kompatibilität gelten bei stereofonen Wortproduktionen?

Aufgabe 19: Wie können vorhandene monofone Geräuschaufnahmen bei Stereo-Hörspielen verwendet werden?

4.3.3. Übertragung öffentlicher Veranstaltungen

Stereofonische Originalübertragungen und Mitschnitte (Aufzeichnungen) von Konzerten und öffentlichen Veranstaltungen, stereofone Musikproduktionen der verschiedenen Genres und Geräuschaufnahmen für Hörspiele und Reportagen werden im Ü-Wagen produziert.

Stereofone Originalübertragungen über Rundfunkleitungen sind u. a. vom Phasenfrequenzgang der zur Verfügung stehenden Leitungen abhängig.

4.4. Raumakustische Probleme

Das übertragene Schallbild wird von den akustischen Eigenschaften der Umgebung entscheidend beeinflusst. Im wesentlichen sind es die subjektiven Klangbildparameter Klangfarbe und Raumeindruck, die auf Grund des vorhandenen R/D-Verhältnisses verändert werden können.

Zur Erzielung einer bestimmten oder einer entsprechend der allgemeinen Hörerfahrung bereits üblichen Klangvorstellung ist es daher im Interesse des zu übertragenden Werkes wünschenswert, je nach Genre über eine passende akustische "Umgebung" zu verfügen.

Für Aufnahmestudios (einschließlich Sprecher- und Abhörräume)

wurden entsprechende Empfehlungen ausgearbeitet.

4.4.1. Musikstudios

Da die Aufnahmetechnologie für Musik wesentlich vom Genre abhängt, werden an die verschiedenen Aufnahmestudios unterschiedliche Forderungen gestellt:

Studios für Sinfonie- und Oratorienaufnahme mit Chor:
Verhältnismäßig großes Volumen (10 000 bis 15 000 m³); ein günstiger Wert ist 12 000 m³. Das große Volumen ist deshalb wünschenswert, damit die von den Umgebungswänden herrührenden ersten Reflexionen die in den Einschwingvorgängen der Instrumente enthaltenen subtilen Klangelemente am Mikrofonort nicht verfälschen. Die Nachhallzeit des (leeren) Saales soll im Grundtonbereich der Musikinstrumente (500 ... 2500 Hz) etwa 2 s betragen; in der modernen Stereo-Aufnahmetechnik werden sogar Werte um 2,3 ... 2,5 s angestrebt.

Studios für Streichorchester, Kammerorchester, Chöre:

In Funkhäusern wird für derartige Aufnahmen meist ein besonderer Aufnahmesaal benutzt, obwohl das klangliche Optimum auch in anderen größeren Sälen erreicht werden kann.

Volumen: ca. 4000 m³, Nachhallzeit bis 800 Hz: ca. 1,4 s, für Streicherklang ca. 2 s bei 2000 Hz.

Studios für solistische Darbietungen, Kleine Kammermusik:
Volumen: 800 ... 1000 m³; Nachhallzeit: 1,0 ... 1,2 s, linear.

Studios für Tanz- und Effektmusik, moderne Unterhaltungsmusik:
Voraussetzungen für moderne, attraktive und akustisch vielseitige Tanz- und Effektmusik sind:

- gute akustische Trennung der einzelnen Instrumente bzw. -gruppen
- natürliche Klangfarbenbalance
- reichliche erste Reflexionen für exaktes Zusammenspiel der Musiker.

Diese Voraussetzungen bedingen:

- ausreichend große Spielfläche und entsprechend großes Volumen von 4000 bis 5000 m³
- kleines R/D-Verhältnis, somit geringe Nachhallzeit (0,6 ... 0,8s) und möglichst gleichmäßiger Nachhallzeit-Frequenzverlauf.

schwache erste Reflexionen

- kurze Nachhallzeit auch bei tiefen Frequenzen zur Verringerung des akustischen Übersprechens (max. 0,8 s)
- Reflexionen von einigen Wänden des Studios, nur auf den üblichen Spielbereich gerichtet.

4.4.2. Hörspielstudios

Erfahrungswerte:

- schalltoter Raum; $T \leq 0,15$ s; Volumen ≈ 1000 m³
- Hörspielsaal; $T \approx 1,0$ s, linear; Volumen ≈ 1000 m³
- Aufnahme- und Wiedergaberaum; $T \approx 0,3$ s, linear, Volumen ≈ 150 m³

Alle gewünschten Zwischenwerte lassen sich mit Hilfe von Verzögerungs- und Nachhalleinrichtungen realisieren.

5. Wiedergabetechnik

5.1. Grundprobleme der Zweikanal-Wiedergabe

Die derzeitige übliche Technik mit zwei Übertragungskanälen besitzt grundsätzlich zwei Nachteile:

- Die Richtungslokalisierung ist gegenüber dem natürlichen Hören etwas ungenauer
- die bestmögliche Richtungsverteilung besteht nur auf der Symmetrieachse der Lautsprecheranordnung bzw. in ihrer unmittelbaren Nähe.

Die beeinträchtigte Richtungslokalisierung ist darauf zurückzuführen, daß der Schall einer natürlichen Quelle die beiden Ohren von einem einzigen Ursprungsort aus erreicht. Im Gegensatz dazu wird bei der Wiedergabe mit zwei Lautsprechern das Links-Signal nicht nur dem linken Ohr zugeführt, sondern es erreicht zu einem Teil auch das rechte Ohr. Entsprechend der Richtcharakteristik der Ohren ist dieser als "Störkomponente" wirkende Anteil vom Abstand der Lautsprecher untereinander und zum Hörer abhängig.

Der zweite Nachteil, die starke Platzabhängigkeit des Hörers (Symmetrieachse), ist eng mit der Erscheinung der Summenlokalisierung verknüpft. Theoretisch ist eine genaue Lokalisierung einer Schallquelle nur möglich, wenn sich der Hörer auf der Mittelsenk-

rechten zur Basis befindet (Mittelsenkrecht). In der Praxis verläuft die Zone der richtigen Mittelsenkrecht innerhalb zweier Hyperbeläste. Diese Zone ist die Stereo-Hörfläche. Sehen Sie sich dazu Abb. 5.1. an und merken Sie sich:

Die Stereo-Hörfläche ist die Fläche beiderseitig zur Mittelsenkrechten der Basis, innerhalb der eine hinreichend gute Mittelsenkrecht möglich ist.

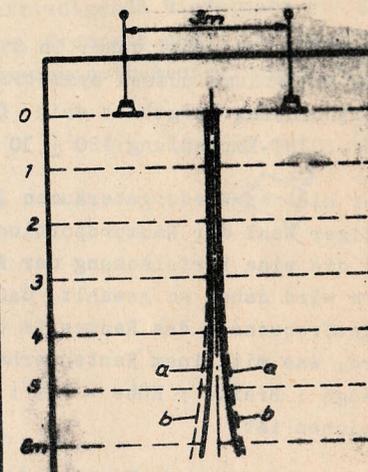


Abb. 5.1.

Abb. 5.1. zeigt als Beispiel die relativ schmale Hörfläche bei einer Basisbreite von 3 m und Lautsprechern mit üblichen Richtcharakteristiken, wenn eine Verschiebung des scheinbaren Ortes der Mittenschallquelle von $\pm 0,5$ m noch als tragbar angesehen wird (Kurve a). Mit Lautsprechern breiterer Richtcharakteristik vergrößert sich die Stereo-Hörfläche (Kurve b).

Stereo-Hörfläche bei einer Basisbreite von 3 m

Kurve a = mit Lautsprechern üblicher Richtcharakteristik
Kurve b = mit Lautsprechern breiterer Richtcharakteristik

5.2. Lautsprecheraufstellung in Abhörräumen

5.2.1. Akustische und geometrische Bedingungen für Abhörräume

Die für monofone Wiedergabe standardisierte Nachhallzeit (Mittelwert für Wohnräume: 0,4 ... 0,5 s im Bereich 80 ... 10 000 Hz, fallend auf 0,3 s bis 15 000 Hz) wird auch für Stereo-Wiedergabe als ausreichend angesehen. Es ist jedoch vorgesehen, diese Nachhallzeit auf 0,25 bis 0,3 s zu verringern, um damit den Einfluß von Reflexionen zu reduzieren und den Hörabstand zu vergrößern.

Alle Absorptionsmaterialien in Abhörräumen müssen möglichst gleichmäßig auf die drei Wandpaare verteilt werden. Durch geeignete Auflockerung der Wandoberflächen wird die Gefahr gerichteter Reflexionen zu den Hörerplätzen ausgeschaltet. Große Regiefenster

und Gestellfronten sind daher in Stereo-Abhörräumen nicht geeignet. Die Abhörräume müssen symmetrisch zur Mittelachse der Lautsprecheranordnung aufgebaut sein. Das günstigste Volumen beträgt $\approx 150 \text{ m}^3$ (OIRT-Empfehlung $120 \pm 30 \text{ m}^3$).

Bei sehr kleinen Wiedergaberäumen (z. B. in Wohnräumen) können bei ungünstiger Wahl der Raumproportionen störende Raumresonanzen auftreten, die eine Verfälschung der Klangfarbe verursachen. Die Raumform wird daher so gewählt, daß eine ungünstige Verteilung der Eigenfrequenzen des Raumes im unteren Frequenzbereich vermieden wird, was mit einem Kantenverhältnis

Länge : Breite : Höhe = 1,9 : 1,6 : 1,0
zu erreichen ist.

5.2.2. Anordnung und Anschluß der Abhöreinrichtungen

Für den Abstand zwischen den Lautsprechern (Basisbreite b) und dem Abstand zwischen diesen und dem Hörer (Hörabstand h) ist ein geeignetes Verhältnis ermittelt worden, das gleichermaßen für Aufnahme und Wiedergabe gilt. Wegen der Richteigenschaften der Ohren ist eine Anordnung sinnvoll, bei der sich eine möglichst große Abschattung der jeweils von den Lautsprechern abgewandten Ohren ergibt. Dieser Fall ist bei einem Basiswinkel von $= 70^\circ$ am günstigsten.

Der Basiswinkel β ist der Winkel, unter dem für einen auf der Mittelsenkrechten der Basis befindlicher Hörer die (äußeren) Lautsprecher angeordnet sind.

Der Hörabstand h ist der Abstand eines Hörers von der Basis.

Zufriedenstellende Wiedergabe wird erzielt, wenn die beiden Lautsprecher und der Hörer sich an den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks befinden (empfohlene Werte für b : 3,5 m ... 4,5, bei Heimbedingungen ca. 2,5 m). Der Anschluß der Abhöreinrichtungen muß gleichphasig erfolgen.

Die Abhöreinrichtung selbst muß zwei wichtige Randbedingungen erfüllen:

- Sie muß gleichermaßen für monofone und stereofone Wiedergabe verwendbar sein

- sie muß gleichermaßen eine befriedigende Wiedergabe von gerichteten Schallquellen (Sprache, Trompete usw.) und kugelförmig abstrahlenden Quellen (tiefe Streichinstrumente, sinfonische Orchester usw.) gewährleisten.

A Aufgabe 20:



Abb. 5.2.



Ergänzen Sie in Abb. 5.2. durch Einzeichnen:

- a) der Basis (mit der Basisbreite) und der Überbasis
- b) der Stereo-Hörfläche (qualitative Darstellung) mit der Mittelsenkrechten
- c) des Basiswinkels und des Hörabstandes
- d) des Ortes der fiktiven Schallquelle mit Angabe des Lokalisationswinkels (qualitative Darstellung), wenn die Lautstärke von L_2 größer als die von L_1 ist ($\Delta L < 30 \text{ dB}$)!

Aufgabe 21: Studieren Sie im Lehrheft "Elektroakustik" den Abschnitt 3.4. "Richtungsempfinden" und skizzieren Sie die dortige Abbildung 3.7.!

Tragen Sie in dieser Skizze schematisch die Wegdifferenz Δs und die Intensitätsdifferenz ΔL ein!

5.3. Wiedergabe über Kopfhörer

Kopfhörerwiedergabe ist nur bei der Aufnahme des Schallereignisses mit künstlichem Kopf befriedigend. Die Behinderung einer optimalen Stereo-Wiedergabe durch beengte Wohnraumverhältnisse (hinsichtlich Basisbreite, Schallpegel, Qualitätseinschränkungen der Anlage selbst u. a.) räumt der Kopfhörerwiedergabe in manchen Fällen eine gewisse Berechtigung ein.

5.4. Stereofone Beschallung größerer Räume

Die relativ schmale Zone richtiger Mittenlokalisation setzt der stereofonen Beschallung größerer Räume gewisse Grenzen. Dieser Nachteil wird verringert, indem für jeden Kanal zusätzlich zu den äußeren Lautsprechersystemen in geringem Abstand von der Mitte der gesamten Anordnung ein oder mehrere Mittel-Hochton-Systeme angeordnet werden, die etwas schräg nach außen strahlen.

A Aufgabe 22: Skizzieren Sie die oben beschriebene Lautsprecheranordnung bei Beschallung größerer Räume, und zeichnen Sie zu jedem Lautsprecher (ungefähr) die Hauptstrahlrichtung ein!

Aufgabe 23: Überlegen Sie, welchen Einfluß die Basisbreite einer Stereo-Lautsprecheranordnung auf die Hörfläche ausübt!

6. Regie- und Anlagentechnik

6.1. Tonsignalbearbeitung

Die verfahrens-, geräte- und anlagentechnischen Möglichkeiten zur Bearbeitung von Tonsignalen in einer Regieeinrichtung haben durch die Zweikanaltechnik große Bedeutung erlangt. Da die allgemeinen regie- und anlagentechnischen Kenntnisse vorausgesetzt werden können, werden im folgenden nur einige Besonderheiten der Stereophonie behandelt.

6.1.1. Symmetrische und asymmetrische Tonsignalbearbeitung

A Aufgabe 24: Nennen Sie die Vor- und Nachteile beim Aufbau einer Mikrofongruppe in X/Y- bzw. M/S-Technik!

Wenn Sie diese Aufgabe richtig gelöst haben, werden Sie feststellen, daß hinsichtlich der anlagentechnischen Entwicklungsrichtungen zwei Varianten unterschieden werden können:

- Die symmetrische Signalbearbeitung, bei der die Stereo-Signale A und B bis zum Ausgang der Anlage geführt werden. Sämtliche Links- und Rechtssignale werden dabei zu Gruppen bzw. Hauptwegen zusammengefaßt. Zur Gewinnung des kompatiblen Signals

können sie am Ausgang zu einem M-Signal addiert werden - die asymmetrische Signalbearbeitung, bei der die M- und S-Signale getrennt zusammengefaßt werden. Wegen der erwähnten Nachteile wurde die asymmetrische Signalbearbeitung nahezu völlig durch die symmetrische verdrängt.

6.1.2. Richtungsbeeinflussung

Unter Richtungsbeeinflussung verstehen wir die Einstellung der Richtungsverteilung und/oder der Abbildungsbreite eines stereofonen Schallbildes mit Hilfe geeigneter Stellglieder im Übertragungskanal.

Wir unterscheiden hinsichtlich des Ergebnisses für das Schallbild auf der Wiedergabeseite folgende Formen der Richtungsbeeinflussung (s. Abb. 6.1. auf Seite 54):

1. Beeinflussung der vorhandenen Richtungsmerkmale der Signale einer Stereo-Signalquelle
 - a) zur Einengung oder Vergrößerung der Abbildungsbreite des Schallbildes (Beispiele $a_1 \dots a_4$), ggf. auch über die Basis hinaus (Überbasis)
 - b) zur Verschiebung des Schwerpunktes des Schallbildes (Beispiele $b_1 \dots b_3$)
 - c) zur Umkehrung der ursprünglichen Seitenzuordnung (Beispiele $c_1 \dots c_2$).
2. Erzeugung eines Stereo-Signals aus einem richtungslosen Mono-Signal
 - a) zur festen Einordnung einer punktförmigen Signalquelle an beliebigen Stellen im Schallbild (Beispiele $d_1 \dots d_5$)
 - b) zur seitlichen Verschiebung einer Punktschallquelle innerhalb des Schallbildes (Bewegungseffekt, ebenfalls durch die Beispiele $d_1 \dots d_5$ dargestellt)
 - c) zur Erzielung eines flächenhaften fiktiven Schallbildes (Beispiele $e_1 \dots e_2$).

Mit Ausnahme des Falles 2c) wird die Richtungsbeeinflussung ausschließlich durch Veränderung der Intensitätsverhältnisse erreicht, unabhängig davon, ob die Ausgangssignale durch intensitäts- oder phasenstereofone Aufnahmeverfahren gewonnen wurden.

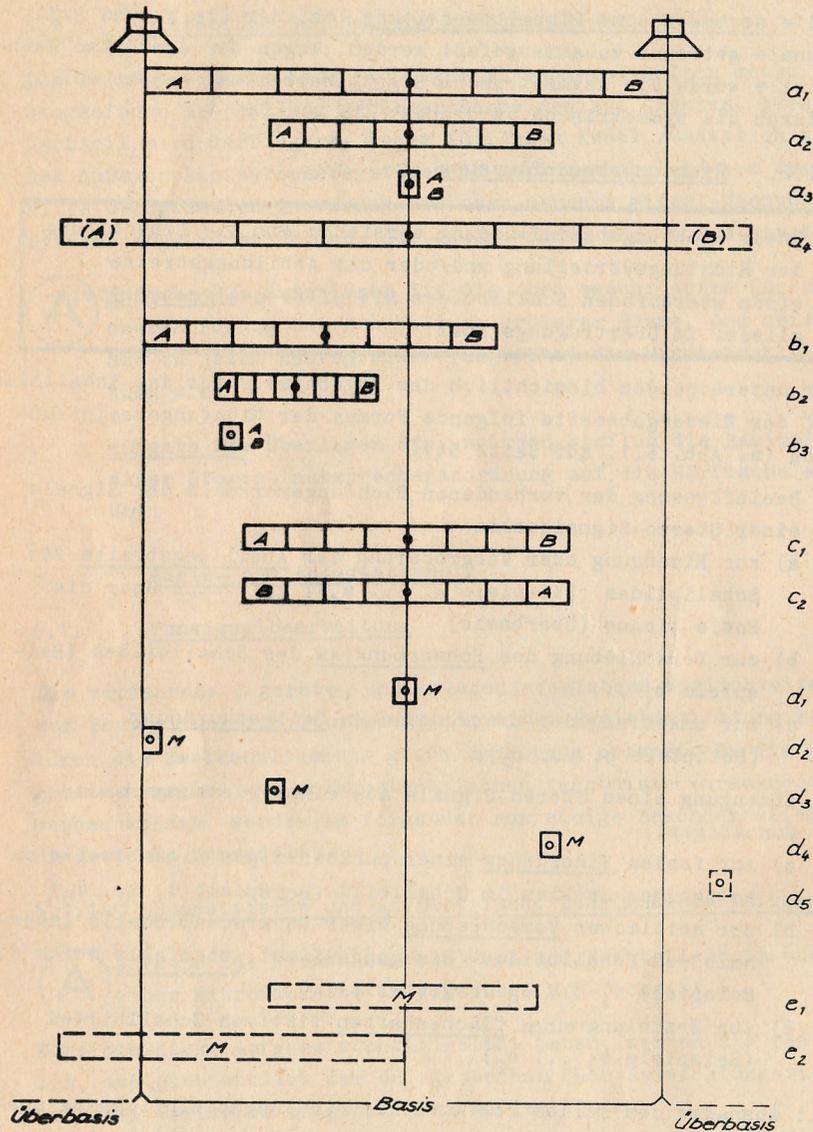


Abb. 6.1. Möglichkeiten der Richtungsbeeinflussung (schematische Darstellung)

Die Verbreiterung einer monofonen punktförmigen Quelle (Fall 2c) gelingt dagegen nur durch Anwendung von Laufzeitdifferenzen.

- Die Richtungsbeeinflussung erfolgt mit Richtungsreglern, deren Symbole in Abb. 6.2. dargestellt sind. Wir unterscheiden
- Richtungsregelung eines Einzelsignals (monofone Quelle oder X- bzw. Y-Signal) mit Einzel-Richtungsregler (Abb. 6.2.a)
 - unabhängige Richtungsregelung zweier Einzelsignale bzw. eines Stereo-Signals mit Doppel-Richtungsregler (kombinierter Richtungsregler) und gemeinsamem Ausgang (Abb. 6.2.b oder allg. 6.2.d)
 - abhängige Regelung von Richtung und Basis eines Stereo-Signals mit Richtungsmischer (Abb. 6.2.c oder allg. 6.2.d).

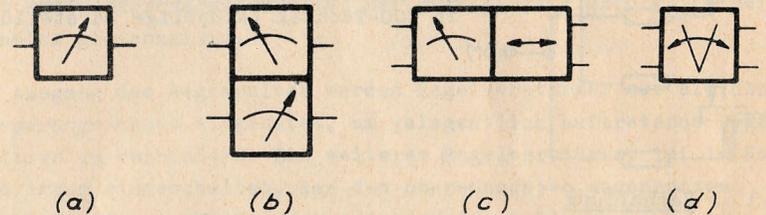


Abb. 6.2. Schaltungssymbole für Richtungsregler

- a) Einzel-Richtungsregler, b) Doppel-Richtungsregler, c) Richtungsmischer, d) kombinierter Richtungsregler

A Aufgabe 25: Tragen Sie in Abb. 6.1. zu den Beispielen a_n bis d_n jeweils die Symbole der zu verwendenden Richtungsregler ein!

Die naheliegende Lösung, zwei zugeordnete Vorregler durch gegenseitige Änderung zur Einstellung beliebiger Richtungsverhältnisse heranzuziehen, führt bei monofonen Signalen (Einzelschallquellen) sehr leicht zu unbeabsichtigten Pegeländerungen; für Stereo-Signalquellen ist das Verfahren völlig ungeeignet, weil dabei nur eine Balanceverschiebung vorgenommen wird, bei der letzten Endes die Information verloren ginge. Es muß dagegen eine Verlagerung des gesamten Informationsinhaltes in die bevorzugte Richtung erfolgen. In den Abbildungen 6.3. und 6.4. sind zwei X/Y-Richtungsregler dargestellt, mit denen die Richtung und die Abbildungsbreite geändert werden kann.

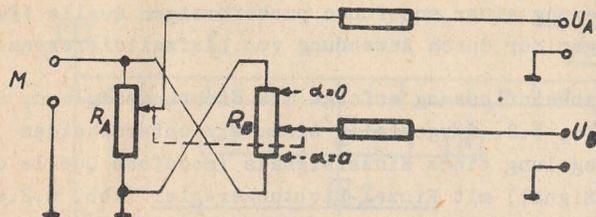


Abb. 6.3. Schaltungsprinzip des Richtungsreglers W 760 (zweipolige Darstellung)

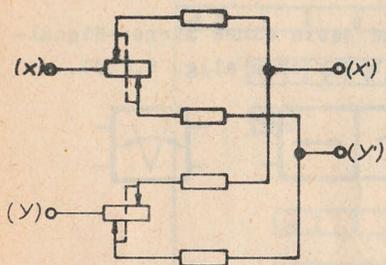


Abb. 6.4. Schaltungsprinzip eines einfachen X/Y-Richtungsreglers für Anlagen in 200-Technik (einpolige Darstellung)

6.1.3. Verhallung

Künstliche Rauminformationen werden in Hallräumen oder Nachhall-einrichtungen erzeugt. Analog der Verwendung von natürlichen Rauminformationen aus großen Sälen (s. Abschn. 4.2.1.) entwickelte sich eine ähnliche Signalbearbeitungstechnik zur Erzeugung künstlicher Rauminformationen.

Für eine effektvolle räumliche Wirkung und zur Vermittlung des Eindrucks einer bestimmten Raumgröße wird der künstliche Nachhall mit geeigneter Verzögerung zugesetzt. Diese Verzögerungszeiten sollen jedoch nicht zu groß sein, da sonst "Halligkeit" statt "Räumlichkeit" entsteht. Durch Hinzufügen einzelner Reflexionen wird der Halleffekt noch beträchtlich verbessert.

Zweikanalige Nachhall-einrichtungen erzeugen zwei Ausgangssignale ähnlicher spektraler Zusammensetzung mit einer statistischen Amplituden- und Phasenverteilung analog der Struktur einer natürlichen Rauminformation an zwei Punkten des Raumes. Die verhaltenen Signalanteile werden dem Primärsignal wieder zugemischt.

6.1.4. Einsatz von Filtern und Regelverstärkern

Innerhalb eines Stereo-Übertragungskanal bestehen zahlreiche Möglichkeiten zur Einschaltung von Filtern (Universalfilter, Hörspielverzerrer, Niveaufilter, Präsenz/Absenz-Filter, Formant-Filter, Mel-Filter usw.). Auch in den Hallwegen werden Filter eingeschaltet zur klanglichen Anpassung des Nachhalls an die Studioakustik. In den Direktsignalwegen können sie nur für X/Y-Signale verwendet werden, wobei hoher Gleichlauf der Filter gewährleistet sein muß, damit die Schallquellennicht "wandern" können.

Vor dem Vorregler befindet sich ein universeller Regelverstärker mit Kompressorcharakteristik. Der Regeleinsatz erfolgt in beiden Kanälen gleichzeitig.

Am Ausgang des Regiepultes werden Regelverstärker nur als Übersteuerungsschutz eingesetzt, um gelegentlich auftretende Pegelspitzen zu verhindern. Ein weiterer Regelverstärker ist im Kontrollraum eingeschaltet, der den unerwünschten sogenannten Spuckeffekt von UKW-Sendern unterdrücken soll.

Als Folge dieser Reihenschaltungen mehrerer Regelverstärker können unerwünschte Pumperscheinungen auftreten. Durch eine Staffelung der Einregelzeiten (z. B. 0,5 ms; 1 ms; 3 ms;), d. h. durch Zunahme der Regelzeiten gegen das Ende der gesamten Kette zu kann dieser Effekt unterdrückt werden,

6.1.5. Pseudo-stereofone Techniken

Einfache Mittel zur scheinbaren Verbreiterung eines monofonen Schallbildes sind Filter. Mit ihnen können die hohen und die tiefen Frequenzen auf den linken und den rechten Kanal verteilt werden (dem Klangbild der Aufstellung der meisten sinfonischen Orchester entsprechend).

Weitere Mittel zur flächenhaften Abbildung monofoner Schallquellen sind Verzögerungseinrichtungen (analog der Verhallungstechnik). In Abb. 6.5. ist eine Nachhall-einrichtung dargestellt. Die Primärinformation wird als M-Signal und das verzögerte Signal als S-Signal aufgefaßt. Nach erfolgter X/Y-Umsetzung ergibt sich für

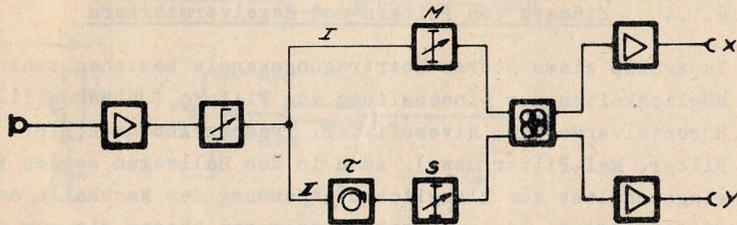


Abb. 6.5. Erzeugung eines pseudo-stereofonen Schallbildes mittels Verzögerungseinrichtung und Umsetzung (Prinzipdarstellung)

die pseudo-stereofone Version eine quasi-statistische Verteilung zwischen X und Y, d. h. eine sich ständig ändernde Abbildungsrichtung für jede diskrete Frequenz. Die kompatible Version ist mit der Primärinformation identisch. Die Verzögerungszeit muß größer sein als die halbe Periodendauer der tiefsten zu übertragenden Frequenz, sollte jedoch etwa 50 ms (Verwischungsschwelle) nicht überschreiten.

A Aufgabe 26: Mit welchen pseudo-stereofonen Mitteln kann notfalls aus einem einkanalen Hallsignal (z. B. Mono-Hallplatte) ein zweikanaliges erzeugt werden?

Zur pseudo-stereofonen Bearbeitung vorhandener monofoner Musikaufnahmen (z. B. historische Originalaufnahmen) werden Laufzeitglieder, Filter, Richtungsregler und künstliche Verhallung kombiniert angewendet.

6.2. Stereo-Regieanlagen

6.2.1. Hauptmischfeld

Das Hauptmischfeld ist der zentrale Teil einer Regieanlage, der die Vorregler-, Gruppenregler- und/oder Hauptreglerwege vom Eingang bis zum Ausgang umfaßt.

Die Abb. 6.6. auf Seite 60 zeigt das Prinzip eines Hauptmischfeldes mit verschiedenen Varianten der Eingangskanäle, die auch Vorreglerwege genannt werden. Neben den Vorreglerwegen besteht ein Hauptmischfeld aus Gruppenregler- und Hauptreglerwegen. Die Grundausstattung ist in der Abbildung schraffiert gezeichnet; je nach

Anwendungsbedingung wird der Kanal durch Zusatzgeräte ergänzt. Alle Ein- und Ausgänge liegen auf Klinkenfeldern. Das Verhältnis von Gruppenregler- zu Hauptreglerwegen wird von der Aufzeichnungstechnik bestimmt. Sehr verbreitet sind Vier- und Acht-Spur-Aufzeichnungsanlagen (einige ausländische Schallplattenhersteller arbeiten mit bis zu 24 Spuren).

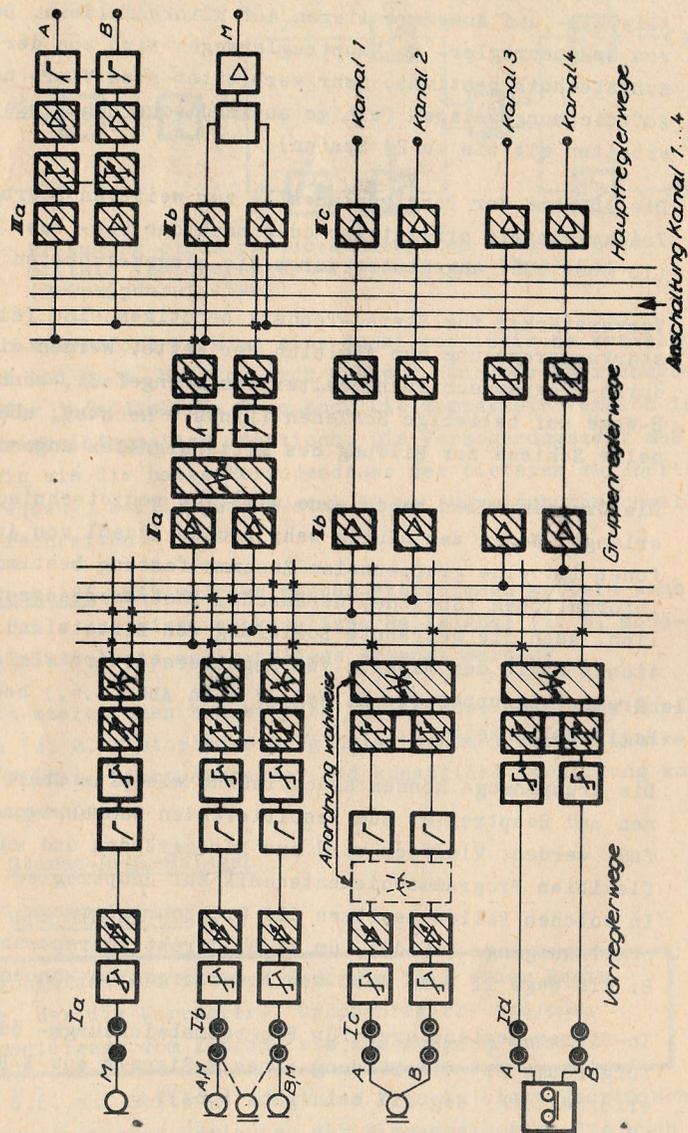
Die Abnahme der Tonsignalanteile zur weiteren Bearbeitung im Trickmischfeld erfolgt vor oder nach den Vor- bzw. Gruppenreglern (in Abb. 6.6. angedeutet durch die eingezeichneten Abnahmepunkte).

Vorverstärker für Stereo-Technik benötigen eine feinstufige Verstärkungsregelung zum Abgleich der Kette. Werden die Vorregler durch Programmschienenschalter zusammengefaßt, können die A- und B-Wege auf beliebige Schienen (Links - Rechts), aber auch auf dieselbe Schiene zur Bildung des Mittensignales angeschaltet werden.

Die Gruppenregler haben eine wichtige regietechnische Bedeutung erlangt. Wegen der häufig sehr großen Anzahl von Aufnahmefunktionen ist eine gruppenweise Zusammenfassung bestimmter Einzelinformationen (Sprache, Geräusche, Instrumentengruppen) erforderlich. Auch die getrennte Dosierung von Direkt- und Rauminformationen sowie der Einsatz von Regelverstärkern für einzelne Instrumentengruppen (z. B. Weg II a in Abb. 6.6.) bedingen diese Regiemöglichkeit.

Die Gruppenwege können anschließend wiederum über Programmschienen und Hauptregler zum resultierenden Summensignal zusammengefaßt werden. Vielfach wird aus Platzgründen und auf Grund der flexiblen Programmschientechnik auf Hauptregler verzichtet. In solchen Fällen besitzen die Gruppenreglerwege bereits Betriebspegel-Ausgänge (+6 dB), um z. B. direkt Mehrspuranlagen (wie z. B. die Wege II b in Abb. 6.6.) versorgen zu können.

In Stereo-Regieanlagen für Programmabwicklungs- oder Bearbeitungsräume ist die Bildung eines M-Signals aus A/B-Signalen erforderlich (Weg III b in Abb. 6.6.).



6.2.2. Trickmischfeld

Das Trickmischfeld ist ein Teil einer Regieanlage zur speziellen Bearbeitung von aus dem Hauptmischfeld abgenommenen Signalanteilen,

Ein Trickmischfeld, das gegenwärtig in großen Musikregieanlagen eingesetzt wird, zeigt die Abb. 6.7. auf den Seiten 62/63

Von den Vor- oder Gruppenreglern im Hauptmischfeld werden Signalanteile über spezielle Signalabnahme-Bausteine zur Einzeldosierung abgenommen und in Bearbeitungsschienen zusammengefaßt dem Trickmischfeld zugeführt. Dort werden sie mittels Programmschleifenschaltern in beliebiger Weise mit Verzögerungs- und/oder Verhallungswegen kombiniert. Das Sammelschienenprinzip bietet auch hier eine rationelle und übersichtliche Zusammenschaltung und vereinfacht die Erzeugung künstlicher Rauminformationen. Daher ist auch das Einschleifen von Filtern oder Regelverstärkern (zum Schutz der Nachhallrichtungen) sowie eine abschließende Richtungsbeeinflussung der bearbeiteten Signalanteile möglich. Alle Teilsignale können einzeln dosiert werden. Anschließend werden die Ausgänge des Trickmischfeldes zu den Gruppenreglern des Hauptmischfeldes zurückgeführt und dort den Direktanteilen wieder zugemischt.

Die Zusammenfassung aller Bearbeitungsmöglichkeiten für die Signalanteile aus dem Hauptmischfeld ist besonders für die bevorstehende Einführung einer echten Vierkanaltechnik (Quadrofonie) bedeutsam, bei der künstliche Rauminformationen bis zum Hörer getrennt übertragen werden, die dort auch getrennt vom Direktsignal wiedergegeben werden.

Abb. 6.6. Varianten im Schaltungsaufbau eines Hauptmischfeldes (schematische Darstellung)

- I a = Vorreglerweg mit Einzelrichtungsregler
- I b = Stereo-Vorreglerweg m. Einzelrichtungsreglern
- I c) = Stereo-Vorreglerwege m. Doppelrichtungsregler
- I d) = und Studio-Stereo-Regler
- II a) = Stereo-Gruppenreglerwege mit bzw. ohne
- II b) = Richtungsregler
- III a = Stereo-Hauptreglerweg
- III b = Stereo-Hauptreglerweg m. folgender M-Signalbildung
- III c = Hauptverstärker ohne Hauptregler

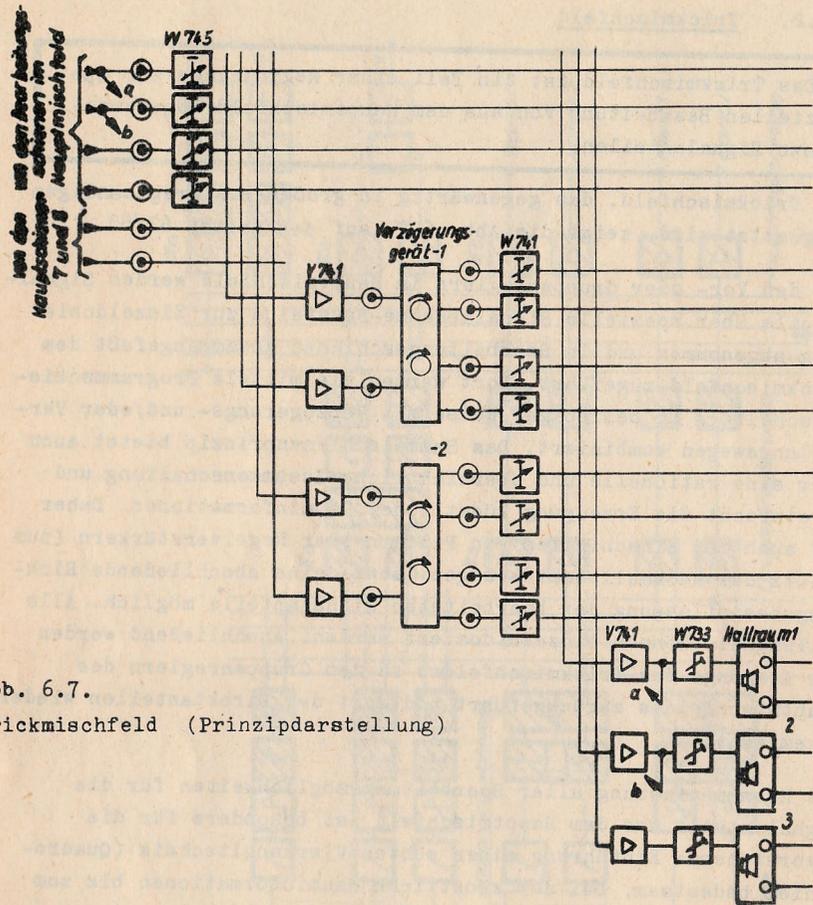


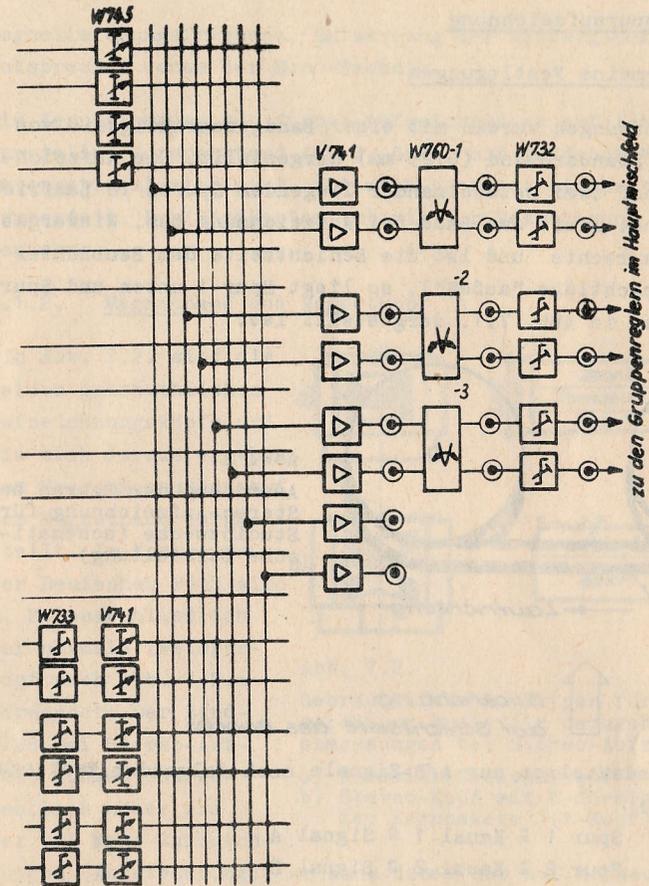
Abb. 6.7.
Trickmischfeld (Prinzipdarstellung)

A Aufgabe 27: Nennen Sie die Möglichkeiten zur Herstellung eines M-Signals!

7. Speichertechnik

Stereofone Signale werden in zwei voneinander getrennten Kanälen auf einem gemeinsamen Informationsträger (Magnetband, Schallplatte) gespeichert.

Eines der wichtigsten Glieder des Stereo-Übertragungskanal ist



das Magnetspeichergerät. Die Grundlagen der magnetischen Schallaufzeichnung sind Ihnen bereits aus dem Unterrichtsfach "Schallspeichertechnik" und aus dem gleichlautenden Lehrheft bekannt, so daß nachfolgend nur die Besonderheiten der Stereo-Technik behandelt werden.

A Aufgabe 28: Studieren Sie im Lehrheft "Schallspeichertechnik" die Abschnitte 1.4. bis 1.8.! Beschreiben Sie die Arbeitsgänge zur Einstellung des Wiedergabekanal, besonders den Arbeitsgang "Täumelung"!

7.1. Zweispuraufzeichnung

7.1.1. Allgemeine Festlegungen

Stereo-Aufzeichnungen werden mit einer Bandgeschwindigkeit von 38,1 cm/s auf Standardband (6,25 mm) hergestellt. Die Aufzeichnung erfolgt auf zwei nebeneinander liegenden Spuren in Laufrichtung des Bandes. Läuft das Band bei Aufzeichnung bzw. Wiedergabe von links nach rechts und ist die Schichtseite dem Beobachter zugewandt (Schichtlage "außen"), so liegt Spur 1 unten und Spur 2 oben, wie das in Abb. 7.1. dargestellt ist.

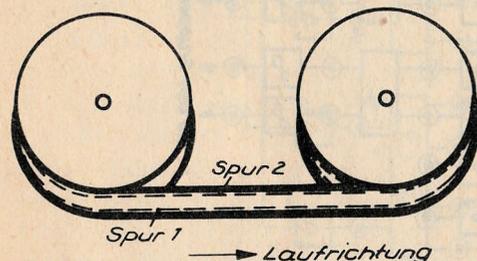


Abb. 7.1.

Anordnung der Spuren bei Stereo-Aufzeichnung für Studienzwecke (schematische Darstellung).

↑
Blickrichtung
auf Schichtseite des Bandes

Es werden grundsätzlich nur A/B-Signale nach folgender Festlegung aufgezeichnet:

Spur 1 $\hat{=}$ Kanal 1 $\hat{=}$ Signal A

Spur 2 $\hat{=}$ Kanal 2 $\hat{=}$ Signal B

A Aufgabe 29: Begründen Sie, warum keine M/S-Signale auf Magnetband aufgezeichnet werden können!

Beide Spuren werden in gleicher Phasenlage aufgezeichnet, so daß sich bei der Wiedergabe mit einem Vollspurkopf das Summensignal $M = A + B$ ergibt.

A Aufgabe 30: Durch welchen Einstellfehler an der Magnetbandanlage kann die geforderte gleiche Phasenlage gestört werden?

Alle übrigen Bedingungen (z. B. Schichtlage, Betriebspegel, Vor-

magnetisierungsfrequenz, Entzerrung der Wiedergabekanäle usw.) entsprechen denen der Mono-Technik.

Die Kennzeichnung von Stereo-Aufzeichnungen erfolgt durch ein spezielles Vorspannband (z. Z. Grün, mit Aufdruck "Stereo"; international wird z. T. rot-weiß-quergestreiftes "Zebra"-Band verwendet). Der Bandkarton ist mit der Bezeichnung "STEREO" versehen.

7.1.2. Magnetband und Magnetkopf

In Abb. 7.2. sind die beiden gebräuchlichen Aufzeichnungsköpfe und die sich daraus ergebenden Spurabmessungen auf dem Magnetband dargestellt. Im Funkwesen der Deutschen Post wird z. Z. ausschließlich der normale Zweispurkopf nach Abb. 7.2.a verwendet. Der Bandfluß bei Stereo-Aufzeichnungen ist wesentlich höher als der bei Mono-Aufzeichnungen (Aussteuerung); er kann daher nur auf hochaussteuerbarem Band aufgezeichnet werden (z. B. die Bandtypen PER 525 s oder PER 555).

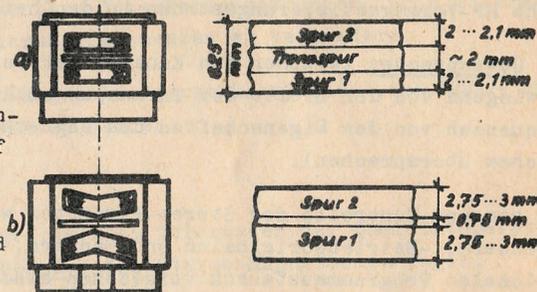


Abb. 7.2.

Gebräuchliche Kopftypen für Stereo-Aufzeichnung sowie die dazugehörigen Spurabmessungen bei Stereo-Aufzeichnung

- a) Normaler Zweispurkopf
- b) Stereo-Kopf mit V-förmiger Anordnung der Kernpakete (V-Kopf)

A Aufgabe 31: Begründen Sie, warum Stereo-Bandaufzeichnungen mit dem verhältnismäßig hohem Bandfluß von 510 nWb/m hergestellt werden!

Wie groß ist der Bandfluß-Unterschied gegenüber Mono-Aufzeichnungen?

7.1.3. Übertragungsparameter

Pegeldifferenzen zwischen den Kanälen, Störabstand und nichtlineare Verzerrungen werden vorwiegend von den Eigenschaften der magnetischen Schicht des verwendeten Bandes beeinflusst.

Phasendifferenzen zwischen den Kanälen können entstehen durch mechanische Einflüsse (falsche Einstellung der Spaltneigung, Versatz der Kopfspalten, unparallele Bandführung bzw. Bandlaufschwankungen usw.) und durch elektrische Einflüsse (Frequenzgang- und damit Phasengangdifferenzen in den Entzerrern, unterschiedliche HF-Vormagnetisierungsströme in den beiden Kopfsystemen).

Das Übersprechen zwischen den Kanälen ist bei tiefen Frequenzen vorwiegend von der Breite der Trennspur abhängig, und bei hohen Frequenzen von den Eigenschaften des Magnetkopfes (transformatorisches Übersprechen).

Zur genauen Kontrolle der Stereo-Parameter werden bei Stereo-Urbändern, -Betriebsoriginalen und Bändern, die für den internationalen Programmaustausch vorgesehen sind, sogenannte Kontrollteile den Programmteilen vorangestellt.

Ein Kontrollteil ist eine Meßton-Aufzeichnung mit festgelegtem, nachstehend aufgeführtem Inhalt:

Dauer	Frequenz	Pegel ^{x)}	Kanal	aufgezeichnetes Signal
5 s	1000 Hz	0 dB	A	Signal zur Identifizierung der Kanäle
10 s	1000 Hz	0 dB	A, B	Signal zur PegelEinstellung und Kontrolle der Pegelgleichheit
5 s	1000 Hz	-10 dB	A, B	Signal zur Kontrolle des Amplitudenfrequenzganges und der Phasenlage
5 s	40 Hz	-10 dB	A, B	
20 s	10000 Hz	-10 dB	A, B	

x) bezogen auf den für die nachfolgende Programm-Aufzeichnung zutreffenden Betriebspegel

A Aufgabe 32: Welcher Pegel ergibt sich an den Ausgängen eines Stereo-Magnetbandgerätes beim Abspielen eines Mono-Bezugsbandes?

7.1.4. Gerätetechnik

Ein Stereo-Magnetbandgerät unterscheidet sich von einem Mono-Magnetbandgerät durch

- die Ausrüstung des Kopfträgers mit je einem Stereo-Aufzeichnungs- und -Wiedergabekopf (gemeinsame Löschung beider Spuren; außer beim "echten" Zweispurgerät mit separaten Löschkopfsystemen)
- die Ausrüstung mit je zwei Aufzeichnungs- und Wiedergabeverstärkern
- Synchronität der Vormagnetisierungssignale für die beiden Aufzeichnungsverstärker, um Interferenzstörungen durch unterschiedliche Vormagnetisierungsfrequenzen zu verhindern.

Jedes moderne Studio-Magnetbandgerät kann leicht von Mono- auf Stereo-Betrieb umgerüstet werden.

7.1.5. Meßtechnik

Zur Einhaltung der geforderten Toleranzen der Qualitätsparameter dienen spezielle Meßbänder für Stereo-Magnetbandanlagen.

Ein Stereo-Meßband enthält geeignete Aufzeichnungen zur Kontrolle von Bezugspegel, Spaltrichtung, Amplitudenfrequenzgang und Übersprechabstand.

Ein wichtiges Kriterium für die Einhaltung der Phasenbedingungen ist die Spalteinstellung der Magnetköpfe, die Ihnen unter dem Begriff "Taumeln" bereits bekannt ist. Richtige Taumelung war auch die Lösung der Aufgabe 30 auf Seite 64. Die in der Mono-Technik übliche Maximummethode des Taumelns genügt jedoch bei weitem nicht den Anforderungen an Stereo-Betrieb! Höhere Einstellgenauigkeiten werden durch Abgleich auf Phasenminimum erzielt. Gemeint ist damit das Minimum der Phasendifferenz zwischen den Ausgangssignalen des Stereo-Magnetbandgerätes. Die Spaltrichtung des Wiedergabekopfes wird mittels einer Vollspuraufzeichnung mit 10 kHz eingestellt. Die richtige Einstellung liegt dann vor, wenn zwischen den beiden Ausgangssignalen ein Minimum der Phasendifferenz auftritt. Um einen Fehlableich auf ein Nebenminimum zu verhindern, wird zuvor eine Grobeinstellung an einem breiten Rausch-

spektrum (ca. 1 ... 10 kHz) vorgenommen. Nur wenn alle Frequenzen dieses Spektrums ein Phasenminimum besitzen, ist sichergestellt, daß die Spaltrichtung stimmt.

Als Meß- bzw. Indikatoreinrichtung wird das Goniometer verwendet, auf dessen Schirm ein M-Signal abgebildet werden muß (dünner, senkrechter Strich bzw. häufige und gleichmäßige Nulldurchgänge einer schmalen Ellipse).

Der Aufzeichnungskopf wird bei Einspeisung gleichphasiger Signale getaumelt.

A Aufgabe 33: Legen Sie den Unterschied zwischen einem Kontrollteil und einem Meßband dar!

Aufgabe 34: Üben Sie an einem Studio-Magnetbandgerät die Spalteinstellung des Wiedergabekopfes, und legen Sie dar, wie die richtige Spaltrichtung festgestellt wird!

7.1.6. Betriebstechnik

7.1.6.1. Kompatibler Einsatz von Magnetbandanlagen

Wie Sie bereits wissen, ist die Wiedergabe von Stereo-Aufzeichnungen auf Mono-Magnetbandgeräten möglich, da am Vollspur-Wiedergabekopf das kompatible Summensignal gebildet wird und der resultierende Ausgangspegel mit dem einer Mono-Aufzeichnung übereinstimmt.

Sie müssen jedoch beachten, daß nicht jeder Vollspurkopf vorbehaltlos zur Abtastung von Stereo-Aufzeichnungen geeignet ist! Es muß in jedem Fall eine vorherige Überprüfung mit einer speziellen Testaufzeichnung vorgenommen werden. Weiterhin ist die genaue Einstellung der Spaltrichtung des Vollspur-Wiedergabekopfes wichtig.

Die Wiedergabe von Mono-Aufzeichnungen auf Stereo-Magnetbandgeräten (z. B. in kombinierten Mono/Stereo-K-Räumen) soll grundsätzlich mit einer Summierung der beiden Wiedergabekanäle verknüpft sein, um den Einfluß von Aussetzern ("drop outs") und Ungleichmäßigkeiten der Mono-Aufzeichnung weitgehend auszuschalten. Außerdem muß für einen geeigneten Ausgleich des Pegelunterschiedes gesorgt werden, der durch die unterschiedlichen relativen

Bandflüsse bei Mono- und Stereo-Technik entsteht.

A Aufgabe 35: Welcher Pegel ergibt sich an den Ausgängen eines Stereo-Magnetbandgerätes beim Abspielen eines Mono-Bezugsbandes?

Aufgabe 36: Welcher maximale Ausgangspegel kann bei Wiedergabe einer Stereo-Aufzeichnung auf einem Mono-(Vollspur-) Bandgerät auftreten? Was ist bei einer solchen außerregulären Betriebsweise noch zu beachten?

7.1.6.2. Umzeichnen von Bändern und Schallplatten

Um unnötige Fehleradditionen zu vermeiden, dürfen Stereo-Sendekopien sowie Kopien zum Zwecke des Programmaustausches nur vom jeweiligen Stereo-Urband (bzw. Betriebsoriginal) hergestellt werden. Dabei ist die Wiedergabe des vorangestellten Kontrollteiles mit den zulässigen Toleranzen zu vergleichen; gegebenenfalls ist die Umschnittlage (Wiedergabegerät) entsprechend zu korrigieren (Pegelausgleich, Taumelung usw.).

Bei der Herstellung von Kopien für den Programmaustausch ist der Kontrollteil des Urbandes mit zu kopieren.

Beim Anfertigen von Mono-Sendekopien erfolgt die Wiedergabe des Stereo-Urbandes ebenfalls von einem Stereo-Bandgerät; das kompatible M-Signal wird mit Hilfe eines Umsetzers oder über die Programmschienenschaltung gebildet. Die Verwendung eines Vollspur-(Mono-)Gerätes zur Wiedergabe ist nur zulässig, wenn dieses Gerät auf Stereo-Tauglichkeit überprüft wurde.

Die Wiedergabe von Stereo-Schallplatten zum Zwecke des Umzeichnens auf Magnetband erfolgt auf speziellen Studio-Plattenabspielgeräten, die mit hochwertigen dynamischen oder magnetischen Studio-Tonabnehmern ausgerüstet sind. Obwohl die Schneidkennlinien-Entzerrung für Schallplatten international genormt ist, sind - insbesondere bei ausländischen Platten - häufig erhebliche Abweichungen der Klangfarbe gegenüber den eigenen Aufnahmen festzustellen. In solchen Fällen müssen dann entsprechende Korrekturen mittels Filter vorgenommen werden.

Mit Stereo-Schallplatten und dem Wiedergabegerät müssen Sie sehr sorgfältig und behutsam umgehen! Sauberkeit ist hier erstes Gebot! Stereo-Schallplatten und -Abtastsysteme sind infolge der hohen Präzision und der geringen Auflagekraft (ca. 1,5 p) äußerst empfindlich gegen Staub, Kratzer und mechanische Erschütterungen.

7.2. Mehrspuraufzeichnung

Wir definieren zunächst den Begriff:

Mehrspuraufzeichnung ist eine Aufzeichnung von mehr als zwei Spuren bzw. Kanälen auf einem Informationsträger.

Die bereits für viele Anwendungen der Mono-Technik bewährte Mehrspuraufzeichnung gewinnt für die Stereo-Technik insofern besondere Bedeutung, weil (im Interesse einer möglichst hohen technischen Qualität) mehrfache Kopierprozesse bei Synchronaufnahmen vermieden werden können. Dies gilt insbesondere für Tanz- und Effektmusik, aber auch für Hörspiele und dramatische Musikproduktionen.

International werden die verschiedensten Geräteausführungen eingesetzt, z. B. mit 4, 6, 8, 16 und 24 Spuren bei Verwendung von 1 Zoll bzw. 2 Zoll breitem Band.

7.2.1. Allgemeine Festlegungen

Bei den im Funkwesen der Deutschen Post eingesetzten 4- und 8-Spurgeräten erfolgt die Aufzeichnung auf 1-Zoll-Spezialmagnetband. Die Zählweise der Spuren ist (entsprechend der Schichtlage innen bzw. außen) analog den Festlegungen der Zweispurtechnik. Es werden ebenfalls nur A/B-Signale (bzw. Mono-Signale) aufgezeichnet.

A Aufgabe 37: Ein 4-Spur-Grundband sei auf den Spuren 2 und 3 bereits moduliert. Welche Schwierigkeiten können sich ergeben, wenn auf den Spuren 1 und 4 Stereo-Signale aufgezeichnet werden sollen?

7.2.2. Magnetband und Magnetkopf

Die Aufzeichnung wird auf hochaussteuerbarem Spezialband vorgenommen. Für die Entzerrung und Aussteuerung gelten z. Z. nur in-

terne (d. h. keine internationalen) Richtlinien. Die innerbetriebliche Austauschbarkeit der Bänder zwischen verschiedenen Aufzeichnungsanlagen muß jedoch gewährleistet sein. Die durch Schiefstellung der Spaltlinie entstehende Phasendifferenz zwischen zwei Spuren ist wegen des größeren Spurmittenabstandes wesentlich höher als bei Zweispuraufzeichnung auf Standardband. Aus diesem Grunde sollen zueinander zugeordnete Stereo-Signale nur auf zwei unmittelbar benachbarten Spuren aufgezeichnet werden, und wenn Sie diesen Gesichtspunkt bei der Lösung der Aufgabe 37 beachtet haben, dann haben Sie die Bedeutung der Spalteinstellung richtig eingeschätzt.

Im Gegensatz zur normalen Magnetbandtechnik werden Mehrspurbänder keiner mechanischen Schnittbearbeitung (Cuttern) unterzogen.

8. Sendetechnik

8.1. Übertragungswege

8.1.1. Allgemeine Bedingungen an Stereo-Übertragungswege für A/B-Signale

Vom Funkhaus werden die Stereo-Informationen in Form von symmetrischen A/B-Signalen bereitgestellt. Wegen der zugelassenen größeren Toleranzen auf dem Übertragungsweg wird die A/B-Form beibehalten.

Gegenüber der Mono-Technik werden jedoch zusätzliche Forderungen an die Übertragungswege gestellt, deren wichtigste ist, daß zwei Kanäle benötigt werden, die den Bedingungen der Mono-Übertragung genügen müssen.

Weitere Forderungen werden an die zulässigen Phasen- und Pegeldifferenzen zwischen den beiden Übertragungskanälen gestellt. In Abb. 8.1. sind die zugelassenen Phasendifferenzen von Stereo-Sendeleitungen aufgetragen. Die derzeit zugelassenen Pegeldifferenzen zwischen den beiden Kanälen sind für einige exponierte Frequenzen nachfolgend zusammengestellt:

f	40 Hz	1 kHz	12,5 kHz
ΔL	2,5 dB	1 dB	2 dB

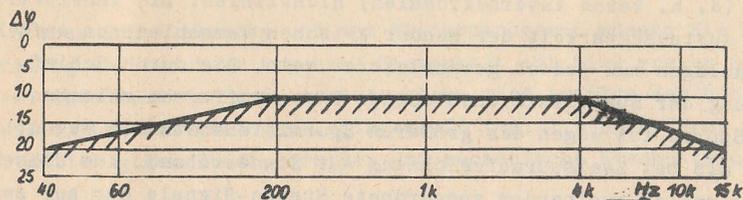


Abb. 8.1. Zulässige Phasendifferenzen für Stereo-Sendeleitungen (vorläufige Festlegungen)

Im Zuge der Weiterentwicklung der Technik ist im Interesse weiterer Qualitätsverbesserungen mit einer Einengung dieser Toleranzen zu rechnen.

Durch die Einführung der Stereo-Sendetechnik werden auch an die Mono-Sendeleitungen höhere Anforderungen gestellt. Es muß nämlich gewährleistet werden, daß vom UKW-Sender bei Mono-Betrieb keine Signalanteile um 19 kHz abgestrahlt werden. Diese Frequenz von 19 kHz ist nämlich die Pilotfrequenz bei Stereo-Übertragungen, die im Abschn. 8.2.2. näher erläutert wird. Wie Sie noch im Abschn. 9.1. erfahren werden, sind moderne Stereo-Rundfunkempfänger mit automatisch umschaltenden "Decodern" ausgerüstet, die beim Anliegen der Pilotfrequenz von 19 kHz automatisch auf Stereo-Betrieb umschalten. Wird nun bei Mono-Betrieb vom UKW-Sender die Frequenz 19 kHz ausgestrahlt, dann würden an allen diesen Empfängern Störungen auftreten. Aus diesem Grunde wird im Funkhaus das Übertragungsband der betreffenden Sendeleitung mit einem Filter auf 15 kHz eingeengt.

8.1.2. Gesichtspunkte bei der Einrichtung von Stereo-Übertragungswegen für A/B-Signale

Auswahl der Übertragungswege. In der Praxis stehen zur Übertragung von symmetrischen Stereo-Signalen Rundfunkleitungen und Richtfunkstrecken zur Verfügung. Um hinreichend kleine Phasendifferenzen zwischen den beiden Kanälen einhalten zu können, werden stets nur zwei gleichartige parallelgeführte Kanäle zu einem Stereo-Übertragungsweg kombiniert. Bei der Zusammenschaltung solcher Übertragungsabschnitte muß beachtet werden, daß die Kanal- und damit die Seitenzuordnung stets erhalten bleibt. Es dürfen auch keine Verpolungen (a/b-Vertauschungen) in

einem Kanal vorkommen, da diese zur völligen Inkompatibilität führen würden.

- A** Aufgabe 38: Welche Auswirkungen hätte eine a/b-Vertauschung in einem bzw. in beiden Kanälen der Zubringerstrecke
- a) auf den Mono-Empfang einer Mono-Sendung?
 - b) auf den Stereo-Empfang?
 - c) auf den Mono-Empfang einer Stereo-Sendung?

Kurze Rundfunkleitungen innerhalb des Funkhaus- oder Senderkomplexes können ohne zusätzliche Entzerrer eingeschaltet werden. Im Ortskabelbereich hingegen sind trotz gleicher Leitungsführung bereits Phasendifferenzen zu erwarten, die die Stereo-Übertragung beeinträchtigen. Ortskabelleitungen müssen deshalb ausgesucht bzw. abgeglichen werden.

Rundfunkleitungsverbindungen im Fernkabelbereich über einige hundert Kilometer sind für Stereo-Übertragungen nicht mehr geeignet; Größere Strecken werden mit Richtfunkverbindungen überbrückt.

Bei der Übertragung über Richtfunkverbindungen werden die A/B-Signale je einem Kanal der mehrkanaligen Einrichtung zugeordnet.

Obwohl die Sender überwiegend mit symmetrischen Signalen gespeist werden, besteht auch die Möglichkeit, bereits am Anfang einer Übertragungsstrecke codierte Signale zu übertragen. Diese Übertragungsform wird praktisch beim sogenannten "Ballempfang" und bei der Übertragung von "Stereo-Multiplexsignalen" (s. Abschn. 8.2.) auf Breitband-Richtfunkstrecken angewendet.

8.2. Hochfrequente Übertragung von Stereo-Signalen

8.2.1. Anforderungen an ein HF-Stereo-Übertragungssystem

Die Einführung der Stereo-Technik erfolgte zu einem Zeitpunkt, als die UKW-Sender bereits für die Mono-Technik ausgebaut bzw. vorgeplant waren. Das vorgesehene Stereo-Übertragungsverfahren muß daher diese Tatsache berücksichtigen, so daß sich aus dieser Tatsache folgende Grundforderungen ergeben:

- Erfüllung der Kompatibilitätsbedingung
- geringe Reichweitenverluste des kompatiblen Signale
- vertretbare Reichweitenverluste des Stereo-Signals
- keine wesentliche Vergrößerung der Bandbreite des abgestrahlten HF-Spektrums gegenüber der bisherigen Mono-Technik
- Einhaltung des für UKW-FM-Hörrundfunksender festgelegten maximalen Frequenzhubes von ± 75 kHz
- erträgliche NF-Störabstandsverschlechterung
- vertretbarer Aufwand beim Empfänger
- vertretbarer Aufwand bei den Sendeeinrichtungen.

8.2.2. Ein-Sender-Verfahren mit Pilotton

Hinsichtlich der im letzten Abschnitt geforderten Bedingungen wurden in der Entwicklungszeit mehr als 20 Verfahren untersucht und teilweise auch erprobt. Eines dieser Verfahren, das Ein-Sender-Verfahren, wurde wegen seiner Gewährleistung der Kompatibilität und des vertretbaren Aufwandes auf der Sende- und Empfangsseite eingeführt. Das Prinzip dieses Verfahrens ist in Abb. 8.2. dargestellt.

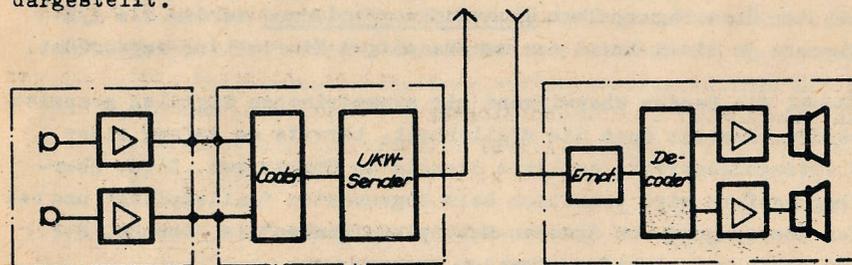


Abb. 8.2. Blockschaltbild des Ein-Sender-Verfahrens

Sie sehen aus Abb. 8.2., daß die beiden niederfrequenten Stereo-Signale A und B in einem Coder zu einem einkanaligen Signal, dem "Multiplexsignal", umgewandelt werden, mit dem dann der UKW-Sender frequenzmoduliert wird.

Auf der Empfangsseite wird das demodulierte Multiplexsignal in einem Decoder wieder in seine A/B-Komponenten zerlegt, die dann nach entsprechender Verstärkung zu den Lautsprechern gelangen.

Die hier genannten neuen Begriffe werden Ihnen noch erläutert,

merken Sie sich zunächst folgende Begriffe:

Ein Stereo-Coder ist ein Stereo-Sender-Zusatzgerät zur Erzeugung eines einkanaligen Signales, dem Multiplexsignal, das aus den A/B-Signalen gewonnen wird.

Ein Stereo-Decoder ist eine Einrichtung zur Rückgewinnung der beiden Stereo-Signale A und B aus dem Stereo-Multiplexsignal.

Die Wirkungsweise des Stereo-Decoders wird im Abschn. 9.1. erläutert.

Das Multiplexsignal ist ein zusammengesetztes Signal zur gleichzeitigen Übertragung mehrerer Einzelsignale über einen Kanal (Abkürzung: MPX).

Die Umwandlung der Stereo-Signale A und B zum Multiplexsignal MPX wollen wir uns anhand der Abb. 8.3. näher betrachten. Sehen Sie sich zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen die Abbildung an.

Die symmetrischen A/B-Signale werden durch Summen- und Differenzbildung in M/S-Signale umgesetzt. Diese Umsetzung ist Ihnen aus Abschn. 3.1.2. bekannt; sehen Sie sich in diesem Zusammenhang die Übersicht auf Seite 17 noch einmal an und merken Sie sich den Zusammenhang zwischen den Eingangs- und den Ausgangssignalen:

$$\begin{aligned} M &= p (A + B) && \text{(Summe)} \\ S &= p (A - B) && \text{(Differenz)}. \end{aligned}$$

Da mit diesen M/S-Signalen eine einzige UKW-Trägerfrequenz moduliert werden soll, ist eine weitere Umformung erforderlich, das ist die Umformung zum Multiplexsignal. Sie erkennen aus Abb. 8.3., daß das S-Signal mit einem Hilfsträger T amplitudenmoduliert wird. Die Frequenz des Hilfsträgers T beträgt 38 kHz. Der Träger selbst wird zur Einsparung von Nutzbandbreite unterdrückt. Diese Modulationsart wird Amplitudenmodulation mit Trägerunterdrückung genannt. Durch diese Modulation entstehen die beiden Seitenbänder

$$+S_T = T + S \quad \text{und} \quad -S_T = t - S,$$

in denen das S-Signal mit spiegelsymmetrischer Frequenzverteilung enthalten ist (unteres Seitenband = $-S_T$, oberes Seitenband = $+S_T$):

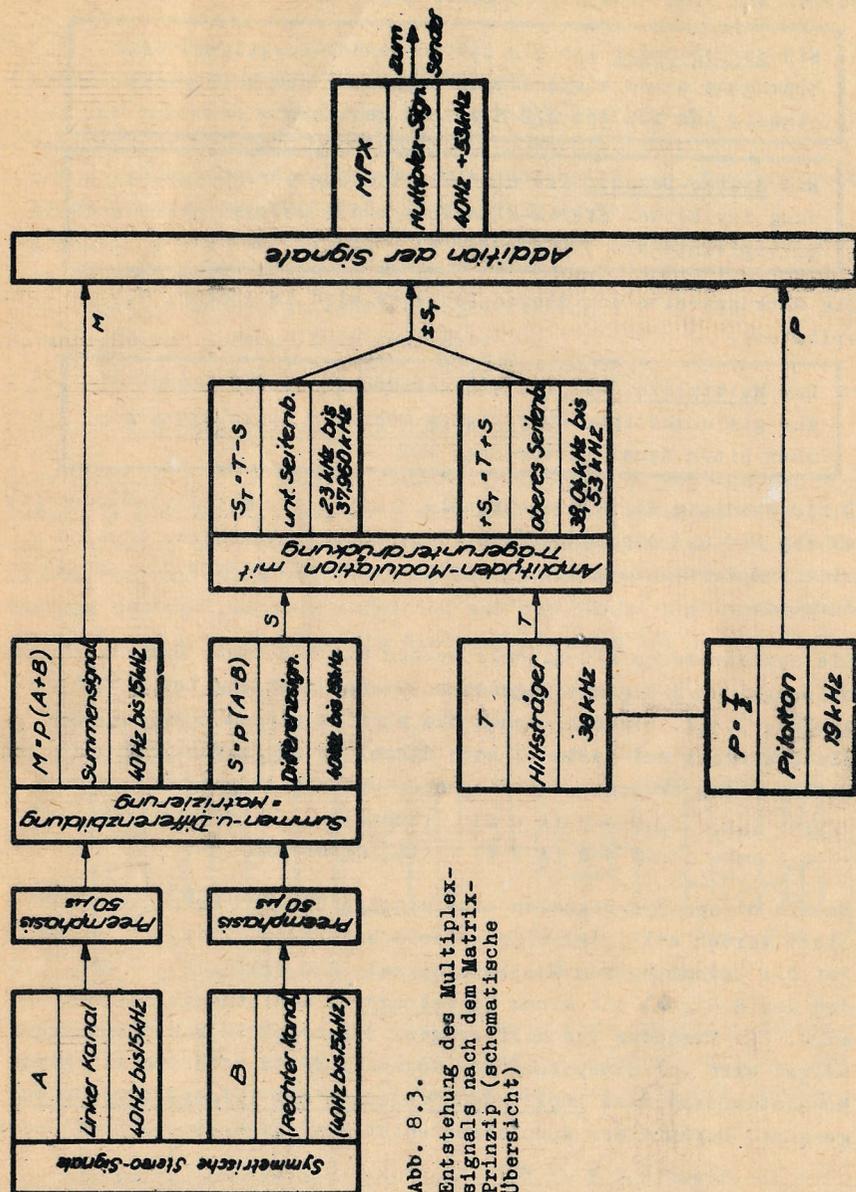


Abb. 8.3.
Entstehung des Multiplex-
signals nach dem Matrix-
Prinzip (schematische
Übersicht)

Die beiden Komponenten M und $\pm S_T$ gelangen nun an den Eingang einer Addierstufe, der noch ein Pilotton P mit der Frequenz $f_P = f_T/2 = 19 \text{ kHz}$ hinzugefügt wird.

Zusammenfassend merken Sie sich also:

Das Pilottonverfahren ist ein AM-Hilfsträgerverfahren mit zusätzlicher Pilottonsignal-Übertragung

Der Hilfsträger T ist ein Sinussignal mit einer Frequenz von $f_T = 38 \text{ kHz}$, das bei der Bildung des Multiplexsignals mit dem S-Signal amplitudenmoduliert wird.

Das Pilottonsignal ist ein Sinussignal mit der halben Frequenz des Hilfsträgers ($f_P = 19 \text{ kHz}$), das im Multiplexsignal enthalten ist.

Auf der Empfangsseite wird der Pilotton P zur Rückgewinnung des Hilfsträgers T im Decoder benötigt, der ja auf der Senderseite unterdrückt wurde. Das Frequenzspektrum ist in Abb. 8.4. dargestellt. Anhand dieser Abbildung erkennen Sie die Vorteile des Verfahrens mit Trägerunterdrückung: Da zu beiden Seiten der Hilfsträgerfrequenz f_T nur eine Lücke von $\pm 40 \text{ Hz}$ entsteht, würde die direkte Rückgewinnung des Trägers im Decoder Schwierigkeiten bereiten; es müßten Filter mit sehr großer Flankensteilheit verwendet werden. Sie wissen aber aus dem Lehrheft "Grundlagen der Übertragung", daß mit größer werdender Flankensteilheit der Aufwand an Filterelementen ebenfalls größer wird. Deshalb wird die sehr viel breitere Lücke im Spektrum zwischen 15 kHz und 23 kHz (= 8 kHz) zum Einfügen des Pilottones von 19 kHz ausgenutzt. Im Decoder des Empfängers wird dann mit relativ einfachen Schaltungen die Pilotfrequenz verdoppelt, die somit wieder als Hilfsträger zur Verfügung steht.

- A** Aufgabe 39: a) Aus welchen Einzelkomponenten setzt sich das Multiplexsignal MPX zusammen und
b) wie groß sind die Anteile der einzelnen Komponenten des Multiplexsignals in Prozent zur gesamten Aussteuerung?

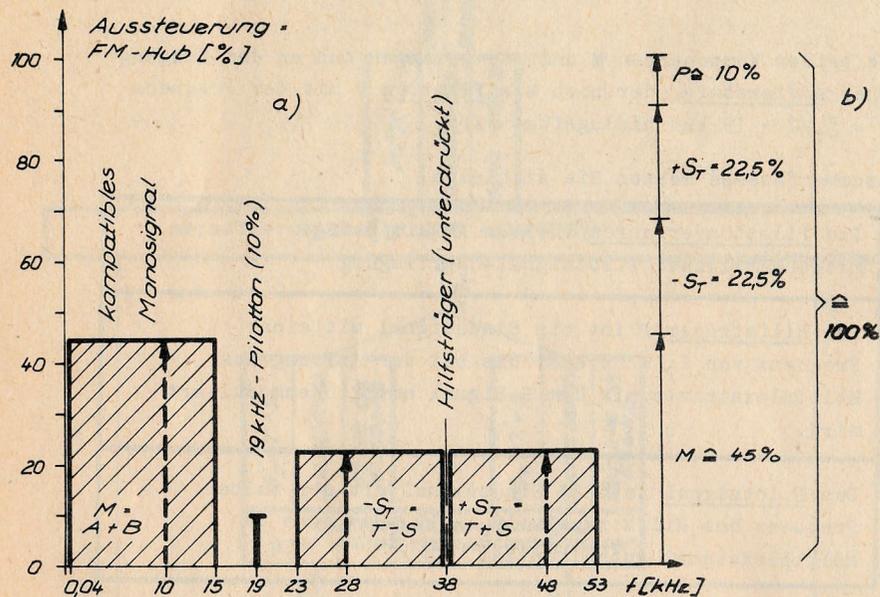


Abb. 8.4. Frequenzspektrum und Aussteuerung des Senders beim Pilotonverfahren
 a) Frequenzbänder bei Vollaussteuerung nur eines Kanals mit sämtlichen Frequenzen von 40 Hz bis 15 kHz (besonders markiert (gestrichelt) sind die zur Frequenz $f = 10$ kHz gehörigen Komponenten)
 b) Aufteilung des Gesamt-Frequenzhubes auf die Einzelkomponenten

8.2.3. Zusätzliche Anforderungen an Stereo-Sender

A Aufgabe 40: Begründen Sie, warum Stereo-Sendungen nur über UKW-Sender abgestrahlt werden!

Wenn Sie diese Aufgabe richtig gelöst haben, werden Sie erkennen, daß Stereo-Sendungen nur über stereo-tüchtige UKW-Sender abgestrahlt werden können. Stereo-tüchtige UKW-Sender müssen zudem noch folgenden Zusatzbedingungen genügen:

- Gesamt-Übertragungsbereich: 53 kHz (für Mono-Sendungen werden nur 15 kHz benötigt!)
- Toleranz des Amplitudenfrequenzganges: $\pm 0,1 \dots 0,3$ dB
- Toleranz des (linearen) Phasenganges: $\pm 1 \dots 3$ Grad
- geringe nichtlineare Verzerrungen.

Addieren sich die o. a. Toleranzen unter ungünstigen Bedingungen, und berücksichtigt man noch einen zugelassenen Fehler für die Piloton-Phasenabweichung, so erhält man nach der Decodierung Übersprechdämpfungs-Werte

- im Bereich 40 Hz ... 5 kHz von 34 dB und
- im Bereich 5 kHz ... 15 kHz von 30 dB.

8.3. Sendebetriebsstechnik

Um Stereo-Sendungen mit den geforderten Qualitätsparametern abstrahlen zu können, werden neben den im Abschn. 8.2.3. genannten Zusatzbedingungen folgende Forderungen an stereo-tüchtige Sender gestellt:

- Der Übergang von Mono- zu Stereo-Sendungen während der Programmzeit muß schnell, sicher und zu jeder Zeit möglich sein, weil Mono- und Stereo-Sendungen oft mehrmals während der Programmzeit wechseln
- Die Technologie bei den Stereo-Sendungen soll ähnlich der bisherigen Mono-Technik sein
- Zur ökonomischen Auslastung der Übertragungswege ist teilweise eine Doppelausnutzung der Kanäle wechselweise für Mono- und Stereo-Übertragung erforderlich
- Während einer Stereo-Sendung muß dem Sender zumindest das kompatible M-Signal zusätzlich als Ersatzsignal zur Verfügung stehen
- Für die Versorgung der übrigen Mono-Sender (FM bzw. AM) muß vom Funkhaus das von dem Stereo-Signal abgeleitete kompatible M-Signal bereitgestellt werden.

Die ferngesteuerte Umschaltung von Stereo-Sendern von Mono- auf Stereo-Programm und umgekehrt, die Vorgänge im Programmabwicklungs-Raum, auf den Übertragungswegen und am Sender sowie die Überwachung von Stereo-Sendungen werden im Unterrichtsfach "Automatisierte Betriebsprozesse" für die Spezialisierungsrichtung Funksendetechnik behandelt.

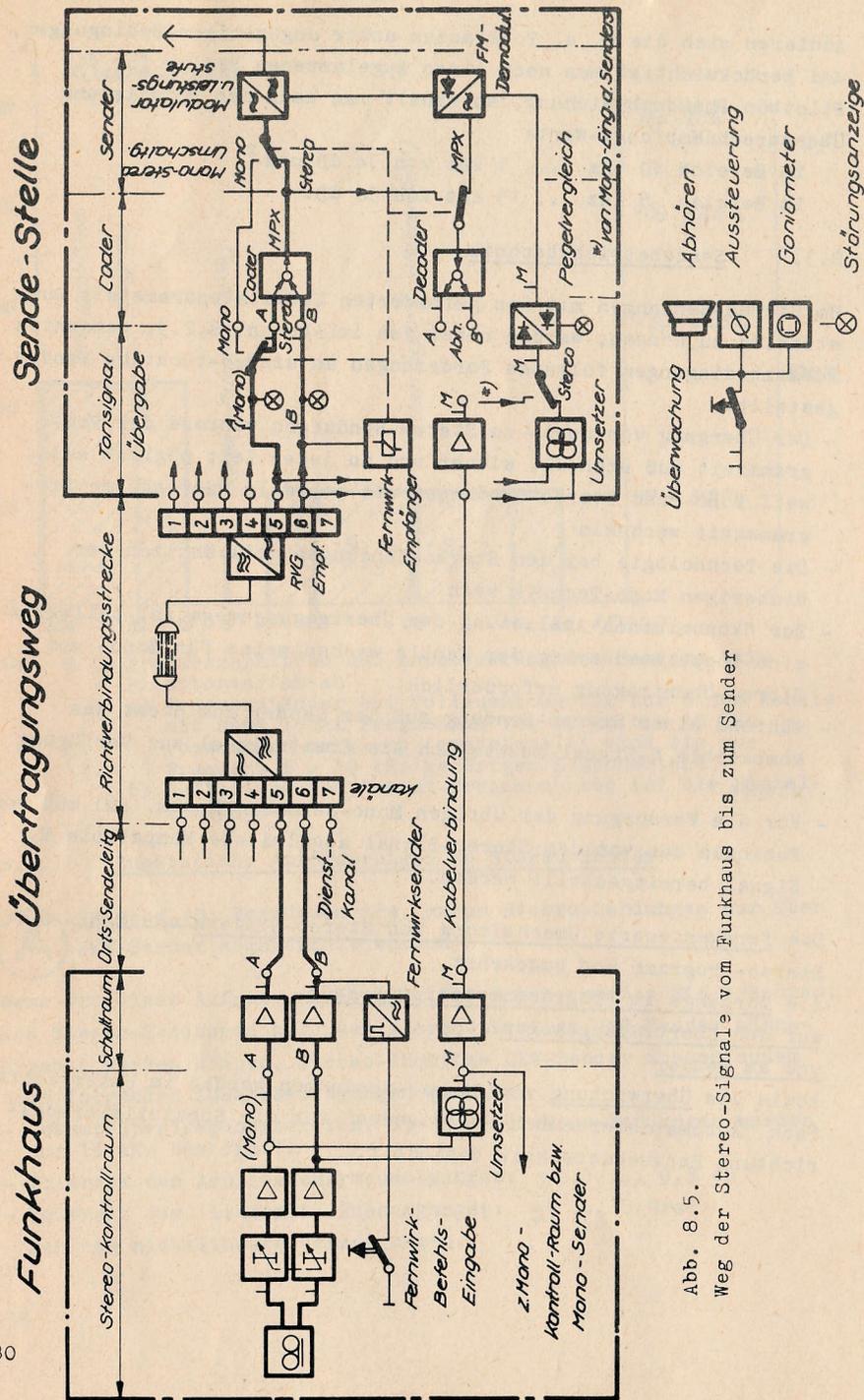


Abb. 8.5.

Weg der Stereo-Signale vom Funkhaus bis zum Sender

In Abb. 8.5. ist der gesamte Übertragungsweg der Stereo-Programmsignale vom Funkhaus bis zum Sender dargestellt. Die Signale durchlaufen folgende Übertragungsabschnitte:

im Funkhaus

- den Stereo-Kontrollraum
- den Schaltraum, in dem die Verbindungen zwischen ankommenden und abgehenden Programmleitungen hergestellt werden

auf der Übertragungsstrecke

- die Zubringerleitung (Orts-Sendeleitung)
- die Richtfunkverbindungsstrecke

in der Sendestelle

- die Tonsignalübergabe-Einrichtung
- den Stereo-Coder
- den UKW-Sender sowie zur Kontrolle
- den FM-Meßdemodulator
- den Meßdecoder
- die Abhör- und Aussteuerungskontrolle mit Störungsanzeige.

9. Empfangstechnik

9.1. Stereo-Rundfunkempfänger

In Abb. 9.1. ist das vereinfachte Blockschaltbild eines Stereo-Rundfunkempfängers dargestellt. In der Schaltung unterscheidet er sich von vom Mono-Empfänger durch den Stereo-Decoder (D in Abb. 9.1.) und den doppelten NF-Teilen (V in Abb. 9.1.) für die Kanäle A und B. Die Anforderungen an die NF-Teile sind Ihnen aus

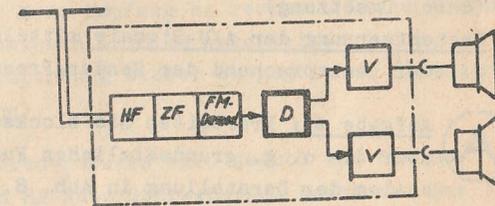


Abb. 9.1.
Prinzipdarstellung eines Stereo-Rundfunkempfängers

den vorangegangenen Abschnitten bekannt. Aber auch an den HF- und ZF-Teil des Empfängers werden zusätzliche Forderungen gestellt, von denen die hauptsächlichsten nachstehend genannt werden sollen:

- größere ZF-Bandbreite (> 150 kHz)
- stabile, symmetrische ZF-Durchlaßkurve
- exakte AM-Begrenzung und großer Signal/Rausch-Abstand
- geringe lineare Verzerrungen am FM-Demodulator-Ausgang (≤ 3 dB)
- geringe nichtlineare Verzerrungen (< 1 %).

Das am Ausgang des FM-Demodulators anliegende Multiplexsignal gelangt an den Eingang des Decoders. Wie Sie noch aus dem Merksatz auf Seite 75 wissen, verstehen wir unter dem Begriff Decodierung die Entschlüsselung des MPX-Signals in die beiden Stereo-Signale A und B.

Für die verschiedenen Stereo-Heimempfänger sind verschiedene Schaltungsvarianten von Empfänger-Decodern entwickelt worden. Alle Decoder müssen jedoch grundsätzlich folgende Operationen durchführen:

- Rückgewinnung des Hilfsträgers von 38 kHz, der zur Demodulation des geträgerten S-Signals benötigt wird, aus dem im Multiplexsignal enthaltenen Pilotton von 19 kHz. Hierzu wird die Pilotfrequenz ausgesiebt, verstärkt und, je nach Schaltungsvariante, auf 38 kHz verdoppelt oder zum Synchronisieren eines Oszillators verwendet
- Demodulation des amplitudenmodulierten Signals ($\pm S_T$) mittels des rückgewonnenen Hilfsträgers
- Bildung der A/B-Signale aus den unsymmetrischen M/S-Signalen (durch Umsetzung)
- Nachentzerrung der A/B-Signale mittels (getrennter) Deemphasisglieder (entsprechend der Sender-Preemphasis von 50 μ s).

A Aufgabe 41: Erarbeiten Sie blockschaltmäßig eine Übersicht über die o. g. grundsätzlichen Funktionen eines Decoders analog der Darstellung in Abb. 8.3. auf Seite 76! Die Frequenz 38 kHz soll durch Verdoppelung der Pilotfrequenz gewonnen werden. Tragen Sie die Umsetzungsformeln nach Seite 17 in den Block des Umsetzers ein!

Moderne Decoder besitzen zusätzlich noch Schaltelemente zur automatischen Umschaltung von Mono-auf Stereo-Empfang (Schwellwert-schaltung) und umgekehrt. Kriterium für die Umschaltung ist der im Multiplexsignal enthaltene Pilotton. Bei Umschaltung auf Stereo-Empfang wird dieser Zustand durch ein Schauzeichen oder durch eine Anzeigeröhre angezeigt.

Sollen die vom Decoder gewonnenen Ausgangssignale A und B für andere Zwecke als zur Wiedergabe über Lautsprecher verwendet werden (Messungen der decodierten Signale oder Aufzeichnungen auf Magnetband), so sind ggf. den beiden Decoderausgängen 15-kHz-Tiefpaßfilter nachzuschalten.

A Aufgabe 42: Begründen Sie die Aussage im letzten Absatz!

9.2. Empfangsprobleme stereofonischer Sendungen

Der Versorgungsbereich eines Stereo-Senders ist wesentlich kleiner als der eines Mono-Senders. Die Ursache liegt in dem wesentlich breiterem Frequenzumfang des niederfrequenten Signals.

A Aufgabe 43: Wie groß ist der Frequenzumfang des niederfrequenten Signals

- a) bei Mono-Betrieb des UKW-Senders!
- b) bei Stereo-Betrieb des UKW-Senders!

Unterschiedlich sind jedoch die Auswirkungen auf das eigentliche Stereo- und das kompatible Signal, wie der Übersicht auf Seite 84 zu entnehmen ist.

Bei Stereo-Empfang ist mit einem ca. 20 dB (entsprechend 10fach) höherem Rauschen als bei Mono-Empfang zu rechnen. Diese systembedingte Zunahme des Rauschens wird im allgemeinen durch eine höhere Antennen-Eingangsspannung wieder ausgeglichen (durch eine leistungsfähigere Antenne).

Die Reichweite eines Stereo-Senders wird jedoch von dem am Empfangsort vorliegenden HF-Nutz/Stör-Abstand bestimmt. Das zum Erreichen eines bestimmten NF-Geräuschabstandes am Empfängerausgang erforderliche HF-Nutz/Stör-Verhältnis am Empfängereingang wird als HF-Schutzabstand bezeichnet. Mit Hilfe von Richtantennen

Beeinträchtigungen beim Empfang eines Stereo-Senders

Ursache der Störung	Rauschen			Interferenz	Zählstufen	Mehrwege-Empf.
	M A = B	1 Kanal nur A oder B	nur S A = -B			
Programminhalt	Sprecher aus ca. Mitte, Ansage	kompatible Stereo-Aufn.	links oder rechts auf d. Gegenseite		beide Kanäle	
Prakt. Beispiel						kompatible Stereo-Aufnahme
Mono Empfang	Theoret. Pegel- und Dynamikverlust ¹⁾	1 dB	3 + 4 dB	7 dB	∞	praktisch keine Verschlechterung gegenüber Empfang von Mono-Sendern keine erforderlich
	praktische Auswirkungen empfangsseitige Maßnahmen	keine	3 + 4 dB geringe Lautst. im allg. nicht erforderlich	bei Fernsehern nur Nebensignal Rausschaltung nur Nebensignal keine möglich		

Theoretischer Dynamikverlust ¹⁾	praktische Auswirkungen	mögliche empfangsseitige Maßnahmen	Leistungsfähigere Antenne		
			zur Erhöhung der Antennenspannung	zur Verringerung des horizontalen vertikalen Öffnungswinkels	ca. 10dB bei großem Umweg
			ca. 10dB steigende Rauschen mit ungenügl. Spektrum	ca. 10dB Anack- geräusche	ca. 10dB bei großem Umweg
			ca. 10dB stärkeres Rauschen mit ungenügl. Spektrum	Interferenz Störgeräusche	lineare Umricht lineare Verzerrung
			zur Erhöhung der Antennenspannung	zur Verringerung des horizontalen vertikalen Öffnungswinkels	
			Mehrelementen - Antenne	horizontalen vertikalen Öffnungswinkels	
			Außen - Antenne	Rückwärts- winkels	
			Maßnahme ist begrenzt durch mech. Abm. Bsp.	empfindlich.	
			Erhöhung der Empfindlichkeit (wesentliche Erhöhung jedoch nicht mehr mögl.)	hohe Selektion 53kHz Filterband guter Decoder	gute dynam. Begrenzungseigenschaft.

¹⁾ gegenüber Monoempfang eines normalen Mono-Senders unter gleichen Bedingungen

kann das Verhältnis verbessert werden. In die Schutzverhältnisse gehen auch die Eigenschaften des Empfängers (Selektion) und des Decoders (Trägeraufbereitung) ein.

Neben auftretenden Signalverfälschungen des Multiplexsignals, die hauptsächlich durch die Qualitätseigenschaften des Empfängers bestimmt werden und die sich vorwiegend durch Verzerrungen des Amplitudenfrequenzganges (Absenkung des S-Signals durch unzureichende Linearität im Frequenzbereich von 40 Hz bis 53 kHz) und durch Laufzeitdifferenzen zwischen dem M- und dem getragerten S-Signal (S_T) auftreten und damit den Übersprechabstand der umgesetzten A/B-Signale verringern, können auch Störungen durch eine ungünstig ausgerichtete Empfangsantenne in Form von linearen und nichtlinearen Verzerrungen auftreten.

Wie aus der Übersicht auf Seite 84 zu ersehen ist, können eine Reihe von Empfangsbeeinträchtigungen durch die Verwendung einer leistungsfähigeren Antenne vermieden werden. Allgemeingültige Aussagen lassen sich jedoch nicht machen, da die Empfangsbedingungen örtlich zu unterschiedlich sind. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die technischen Daten gebräuchlicher Empfangsantennen.

Tabelle 4: Technische Daten einiger Empfangsantennen

Antennentyp	Mittlerer Gewinn	Vor/Rückw.-Verhältnis	Öffnungswinkel	
			horizontal	vertikal
1-Element	0 dB	0 dB	ca. 90°	360°
3-Element	5,5 dB	12 dB	ca. 70°	ca. 100°
5-Element	6,5 dB	13,5 dB	ca. 65°	ca. 85°
"Stereo-Antenne"	9,0 dB	20,0 dB	ca. 50°	ca. 65°

Die letztgenannte Stereo-Antenne besteht aus dem Empfangsdipol, 4 Direktoren und einer aus 3 Stäben bestehenden Reflektorwand. Wegen ihrer verhältnismäßig großen Abmessungen (Länge ca. 2,90 m) kann sie jedoch nicht überall eingesetzt werden.

A Aufgabe 44: Wie wirkt sich eine falsch eingestellte Phasenlage des Hilsträgers im Decoder auf die wiedergegebenen Stereo-Signale aus?

Anhang

Verzeichnis der verwendeten Symbole
(nur stereo-typische)

D

Stereo-Mikrofon



Stereo-Umsetzer (Differentialübertrager)



Gerät für Richtungsbeeinflussung
(komb. Richtungs- u. Basisregler)



Einzel-Richtungsregler



Nachhalleinrichtung, in Stereo-Ausführung



Magnetbandgerät, zweikanalig



Goniometer

Literaturverzeichnis

Hoeg, W.; Steinke, G.

Stereofonie-Grundlagen. Verlag Technik, Berlin 1972

Hoeg, W.; Wagner, K.

Stereofonie-Aufnahmetechnik, Verlag Technik, Berlin 1970

*

Hoeg, W.

Kompatibilitätsprobleme der Zweikanalstereofonie. Technische Mitteilungen des RFZ 16 (1972), H. 2

Steinke, G.

Zur Frage der Verwirklichung von Stereofonie und "High-Fidelity" im Studiobetrieb und beim Rundfunkhörer. radio und fernsehen 15 (1966), H. 20, 21 und 22

Keibs, L.

Universelles System zur stereo-ambiofonen Aufnahme und Wiedergabe. radio und fernsehen 16 (1967), H. 8

Steinke, G.

Stereo-Ambiofonie - die Grundlage der Quadrofonie. radio-fernsehen-elektronik 21 (1972), H. 11, 12 und 13

Jahn, G.; Orth, D.

Studio-Abhöreinrichtung VS 1-31. Technische Mitteilungen des RFZ 13 (1969), H. 4

Steinke, G.; Hoeg, W.; Wasner, M.

Einrichtung eines Experimental-Regieraumes für Mehrkanal-Aufnahmetechnik im Funkhaus Berlin-Oberschöneeweide. Technische Mitteilungen des RFZ 7 (1963), H. 3

Steinke, G.:

Die Trickmischung in der Tonstudioteknik. Technische Mitteilungen des RFZ 9 (1965), H. 1

Hoeg, W.

Probleme der Stereo-Magnetbandtechnik. Technische Mitteilungen des RFZ 11 (1967), H. 2

Tröber, H.

Senderseitige Einrichtungen zur Erzeugung und Kontrolle von Stereo-Multiplexsignalen und zur Betriebsumschaltung von Stereosendungen (Stereo-Senderzusatz). Technische Mitteilungen des RFZ 11 (1967), H. 3

Schulz, A.

Transistorierte UKW-Meß- und Überwachungsempfänger für Sterophonie. Technische Mitteilungen des RFZ 12 (1968), H. 4

Hoeg, W.; Steinke, G.; Wagner, K.; Wasner, M.

Grundlagen der Rundfunkstereophonie, Teil 1 und 2. Zentrale Lehrmittelstelle der Deutschen Post, Brandenburg 1970

TGL 200-0055 Informationstechnik - Stereo-Begriffe

QIRT-Empfehlungen:

Nr. 22: Technische Parameter von Abhör- und Regieräumen

Nr. 31: Technische Parameter von Studios für Musik- und Hörspielübertragungen und -aufnahmen im Rundfunk und Fernsehen

Nr. 33: Technische Parameter von Sprecherräumen

Nr. 40: Grundsätzliche Festlegungen für die niederfrequente Stereo-Übertragungstechnik

Nr. 44: Akustische Überwachung bei der Aufnahme bzw. Sendung von Stereo-Signalen

Nr. 55: Bestimmung der technischen Parameter von Studio-Abhöreinrichtungen

Nr. 56: Bewertungsschema für die subjektive Bewertung von monofonen und stereofonen Bandaufnahmen

Nr. 62: Subjektive Grundwerte und anzustrebende Globalwerte für den hochwertigen Rundfunk-Tonkanal

Nr. 70: Stereofone Schallaufzeichnungen für den internationalen Programmaustausch