

Susy Wehrli

Dolby Stereo-Mischungen in Deutschland

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2000 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783832424145

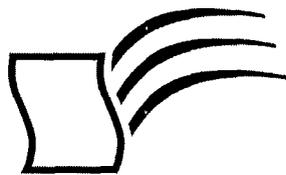
Susy Wehrli

Dolby Stereo-Mischungen in Deutschland

Susy Wehrli

Dolby Stereo-Mischungen in Deutschland

Diplomarbeit
an der Hochschule für Film und Fernsehen "Konrad Wolf" Potsdam-
Babelsberg
Mai 2000 Abgabe



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

ID 2414

Wehrli, Susy: Dolby Stereo-Mischungen in Deutschland / Susy Wehrli -

Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 2000

Zugl.: Potsdam, Kunst- und Musikhochschule, Diplom, 2000

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

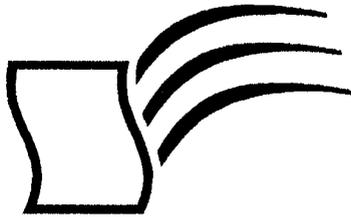
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR

Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg

Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der *Diplomarbeiten Agentur*

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey –
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —————

Hermannstal 119 k —————
22119 Hamburg —————

Fon: 040 / 655 99 20 —————
Fax: 040 / 655 99 222 —————

agentur@diplom.de —————
www.diplom.de —————

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Technische Aspekte	3
2.1	Der Lichtton.....	3
2.1.1	Der Dolby Stereo-Lichtton.....	5
2.2	Der Frequenzbereich des Lichttons.....	6
2.3	Die Dolby-Rauschunterdrückung.....	7
2.3.1	Dolby A.....	7
2.3.2	Dolby SR.....	9
2.3.2.1	Feste und gleitende Frequenzfilter (Aktionsersatztechnik).....	10
2.3.2.2	Die Spectral Skewing-Schaltung.....	12
2.3.2.3	Die Antisättigung (antisaturation).....	12
2.4	Die Academy-Kurve.....	13
2.5	Die X-Kurve und die Surround-Kurve.....	14
2.6	Lautsprecherkonfiguration im Dolby Stereo-Kino.....	16
2.7	Die Dynamik.....	17
2.8	Die Motion Picture Matrix.....	18
2.9	Die Richtungsdominanzschaltung.....	20
2.10	Der Dolby CP65 Kinoprozessor.....	21
2.10.1	Die CP65 Steckkarten.....	22

2.11	Der Dolby DS4-E Mk II Encoder.....	27
2.11.1	Die Fernbedienung.....	28
2.12	Die Dolby Pegeltöne.....	31
3	Wie mischt man Dolby Stereo?.....	35
	Auswertung von Interviews mit	
	- Hubertus Rath , Mischtonmeister bei der BAVARIA FILM	
	- Max Rammler-Rogall , Cheftonmeister bei ARRI MÜNCHEN	
	- Michael Kranz , Cheftonmeister bei der BAVARIA FILM	
	- Holger Rogge , Abteilungsleiter bei ARRI-contrast BERLIN	
	- Manfred Arbter , Chef der Tonabteilung und Mischtonmeister vom STUDIO BABELSBERG	
	- Martin Steyer , Diplom-Tonmeister	
	- Hartmut Eichgrün , Mischtonmeister bei GEYER SYNCHRON	
3.1	Vorbereitungen.....	36
3.1.1	Nachsynchronisation.....	36
3.1.2	Absprache mit Cuttern und Sounddesignern.....	37
3.1.3	Schlecht vorbereitete Mischungen.....	38
3.1.4	Die Abhörmatrix.....	38
3.2	Vormischungen.....	38
3.2.1	Originalton.....	39
3.2.2	Synchronsprachen.....	41
3.2.3	Atmosphären.....	41
3.2.3.1	Stereofonie.....	42
3.2.4	Menschenmengen.....	44
3.2.5	Effekte.....	44
3.2.6	Synchrongeräusche.....	45
3.2.7	Musik.....	45
3.2.8	Inwieweit ist der Regisseur/die Regisseurin bei den Vormischungen dabei?.....	47

3.3	Hauptmischung.....	47
3.3.1	Können Mischtonmeister künstlerisch eingreifen?.....	48
3.3.2	Der Umgang mit der Dolby-Matrix.....	49
3.3.2.1	Stereobasiseinengung durch die Dolby-Matrix.....	49
3.3.2.2	Die Stereofonisierung monofoner Signale.....	50
3.3.3	Veränderung am Bildschnitt nach Beginn der Mischung.....	51
3.3.4	Das Printmaster.....	51
3.4	IT-Mischung.....	54
3.4.1	Kombinierte und nichtkombinierte IT-Bänder.....	55
3.5	Fernsehmischung.....	56
3.6	Tendenz bei den Filmtonformaten.....	57
3.7	Ableitung der Dolby Stereo-Fassung aus der digitalen SR•D-Fassung.....	59
3.8	Mischungsdauer von Dolby Stereo-Filmen.....	60
4	Abbildungsverzeichnis.....	62
5	Literaturverzeichnis.....	63
6	Anhang/ Interview mit.....	66
6.1	Hubertus Rath, Mischtonmeister bei der BAVARIA FILM.....	A 1-10
6.2	Max Rammler-Rogall, Cheftonmeister bei ARRI MÜNCHEN.....	B 1-22
6.3	Michael Kranz, Cheftonmeister bei der BAVARIA FILM.....	C 1-11
6.4	Holger Rogge, Abteilungsleiter bei ARRI-contrast BERLIN.....	D 1-14
6.5	Manfred Arbter, Chef der Tonabteilung und Mischtonmeister vom STUDIO BABELSBERG.....	E 1-16
6.6	Martin Steyer, Diplom-Tonmeister.....	F 1-22
6.7	Hartmut Eichgrün, Mischtonmeister bei GEYER SYNCHRON.....	G 1-10

1 Einleitung

Eine weitverbreitete Meinung ist, daß Mehrkanalton im Kino eine Erfindung der Dolby Laboratories sei. Angefangen mit dem Fantasound-Verfahren der Disney-Studios 1940 und fortgesetzt mit dem exzellenten sechskanaligen Cinerama-Ton 1952, dem Vierkanalton auf CinemaScope-Kopien 1953 und dem sechskanaligen Todd-AO-70mm-Magnetton 1955, bis hin zum ebenfalls sechskanaligen Tonverfahren des IMAX-Formats seit 1970, war Mehrkanalton jedoch eine sehr wohl etablierte Technik der Kinovorführung. Er blieb allerdings meist Besuchern von Premierenkinos und sogenannten „Road-Shows“ vorbehalten. Eine weite Verbreitung des Mehrkanaltons wurde durch die aufwendige und anfällige Vorführtechnik verhindert. So gewann das 1975 mit „Lisztomania“ vorgestellte *Dolby Stereo*-Verfahren auch weniger durch seine Tonqualität als vielmehr durch seine Einfachheit in der Herstellung und der Handhabung im Vorführbetrieb Beachtung. Lichttonkopien waren deutlich billiger anzufertigen als die einzeln zu bespurenden und zu bespielenden Magnettonkopien der CinemaScope- oder Todd-AO-Verfahren. Die umständliche, regelmäßig vorzunehmende Entmagnetisierung aller Metallteile der Filmlaufbahn und die Umbauten auf die „Fox-Hole-Perforation“ für die Vorführung vierkanaliger CinemaScope-Kopien gehörten von nun an ebenso der Vergangenheit an wie die stark verschleißenden Magnettonspuren. Somit ist es den Dolby Laboratories zu verdanken, daß Kinobesucher inzwischen kaum noch mit monofonem Ton vorlieb nehmen müssen. Das Verfahren hat sich, nicht zuletzt durch „Star Wars“ (1977), zum Standard in der Filmtonwiedergabe entwickelt. Während für „Lisztomania“ nur die drei Bildwandkanäle vorgesehen waren, fügte man mit „A Star is Born“ 1976 einen vierten, den Surroundkanal, hinzu. Da eine 35mm-Kopie nur beschränkten Platz für Tonspuren bietet, war man gezwungen, von der Aufzeichnung vier diskreter Kanäle abzusehen. Die Amplitude jeder einzelnen Zackschrift wäre zu gering, um einen ausreichend hohen Geräuschspannungsabstand zu erhalten. Durch die Anwendung des Rauschunterdrückungsverfahrens *Dolby A* (vgl. 2.3.1) wurde es jedoch möglich, die ursprünglich 1,93 mm breite Monolichttonspur zu zweiteilen. Um vier Kanäle auf der Kopie ablegen zu können, griff man auf ein Verfahren zurück, das in der QS-Matrixtechnik der Quadrophonie zur Anwendung kam: Durch die Auswertung des Phasenzusammenhangs zweier Signale kann eine zusätzliche Information übertragen werden. Die Weiterentwicklung dieser Technologie führte zur „Motion Picture“ Matrix-Schaltung, anhand der vier Kanäle in zwei Aufzeichnungskanälen übertragen werden können.

Wie auch die früheren mehrkanaligen Tonverfahren verfügt *Dolby Stereo* in der Bildwandebene neben den Kanälen Links und Rechts über einen Mittenkanal. Er dient der Ortungsstabilisierung, verringert die Sitzplatzabhängigkeit der Dialogortung. (vgl. 2.8)

Der Surroundkanal hat seine Wurzeln ebenfalls in den mehrkanaligen Tonverfahren der Vergangenheit. Während er damals allerdings nur sporadisch für Effekte genutzt wurde, kommt er heute mehr für latente, aber kontinuierliche „Umgebungs“-Beschallung zur Anwendung, um subtil das Filmerlebnis zu intensivieren. [01], [16], [23], [26], [31], [33]

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in zwei Teile. Sie widmet sich zunächst den technischen Parametern des *Dolby Stereo*-Verfahrens. Grundlage für den zweiten Teil bilden Gespräche, die ich mit Mischtonmeistern geführt habe. Die Auswertung dieser Interviews unter Ergänzung technischer Hintergründe soll Hilfestellung und Anregungen für eigene *Dolby Stereo*-Mischungen geben. Ich konzentriere mich hierbei auf die Mischung originalsprachiger Kinofilme, gehe also nicht auf Mischungen von Synchronfassungen fremdsprachiger Filme ein.

Dolby Stereo70mm ist nicht Gegenstand meiner Arbeit, da es sich um ein Tonverfahren mit diskret aufzuzeichnenden Kanälen handelt und insofern nichts mit dem *Dolby Stereo*-Lichttonverfahren gemeinsam hat.

Im Anhang finden sich die Interviews in ungekürzter Form.

Ich möchte mich bei allen Leuten bedanken, die mir bei der Fertigstellung dieser Arbeit geholfen haben - vor allem bei meinen Interviewpartnern, die meine Fragen bereitwillig beantwortet haben. Weiterhin danke ich besonders Christian Lerch, Karl-Heinz Sass, meinem Betreuer Martin Steyer, Michael Rietmiller, meiner Schwester Nicole und Volker Uri.

2 Technische Aspekte

2.1. Der Lichtton

Lichtton war die erste Methode, Toninformationen auf einem Filmpositiv zu speichern und ist heute noch die weitverbreitetste. Es existierten von Anfang an zwei monofone Lichtton-Systeme: Das *variable density system* von Western Electric, auch *Sprossen- oder Intensitätsschrift* genannt, und das RCA Photophone *variable area system*, die *Zacken- oder Transversalschrift*. Die *Intensitäts- oder Sprossenschrift* gibt es heute nicht mehr. Sie wurde von der *Zacken- bzw. Transversalschrift* verdrängt.

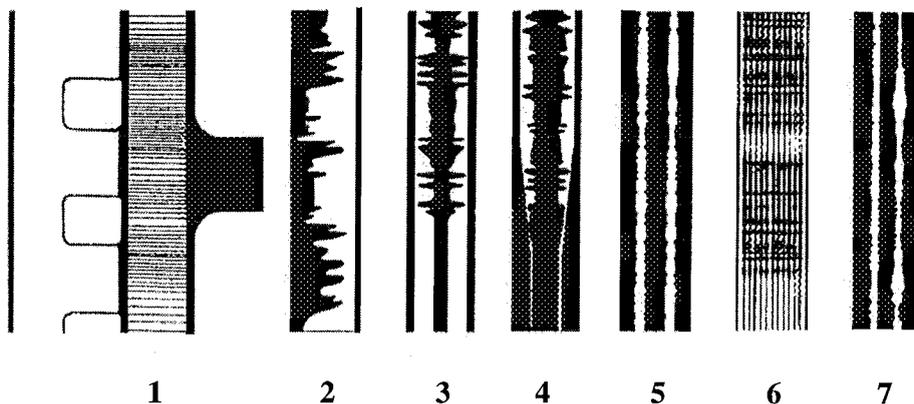


Abb. 1: Unterschiedliche Formen der Lichttonaufzeichnung [14]

- 1 Sprossenschrift (Intensitätsschrift)
- 2 Einzackenschrift
- 3 Doppelzackenschrift
- 4 Doppelzackenschrift mit Reintonblende
- 5 Zweifach-Doppelzackenschrift
- 6 Vielzackenschrift
- 7 Zweifach-Doppelzackenschrift mit stereofonischer Toninformation
(z. B. Dolby Stereo-Lichtton)

Die Schriften 2-7 sind Transversalschriften

Für die Aufnahme und Wiedergabe von Lichtton besteht die dafür benötigte Optik im wesentlichen aus einer Lichtquelle, einem Spalt und einem Objektiv. Bei der Lichttonaufzeichnung von Zacken- oder Transversalschrift wird das Tonsignal auf einem lichtempfindlichen Filmstreifen in Form von Helligkeitsschwankungen abgebildet. Der Filmstreifen wird mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, wobei die auf dem Film auftreffende Lichtmenge durch Spiegel oder Blenden (Zackenblende) und die Spaltlänge beeinflusst wird. Bei der *Doppel-*

zackenschrift wird die Länge des Spaltbildes mit der aufzuzeichnenden Tonfrequenz moduliert. In der Breite der so hervorgerufenen Negativschwärzung findet sich der Pegel des aufgezeichneten Signals. Seine Frequenz wird durch die Anzahl der Wellenberge und -täler je Längeneinheit dargestellt. Während Modulationspausen oder Modulationen mit geringer Amplitude ist das materialbedingte Rauschen sehr hoch und wird nicht vom Nutzsignal verdeckt. Um das Rauschen möglichst gering zu halten, wird bei der Lichttonherstellung eine Blende, die sog. *Reintonblende*, auch *Klartonblende* genannt, verwendet. Die *Reintonblende* ist eine zusätzliche Blende, die von der Amplitudenhöhe gesteuert wird. Bei niedriger Aussteuerung wird die nicht benötigte Spurbreite durch diese Blende abgedeckt. Der Geräuschspannungsabstand konnte dadurch schon ohne Anwendung eines komplementären Rauschunterdrückungsverfahrens um 10 dB verbessert und eine Dynamik von ca. 45 dB erreicht werden (vgl. 2.3).

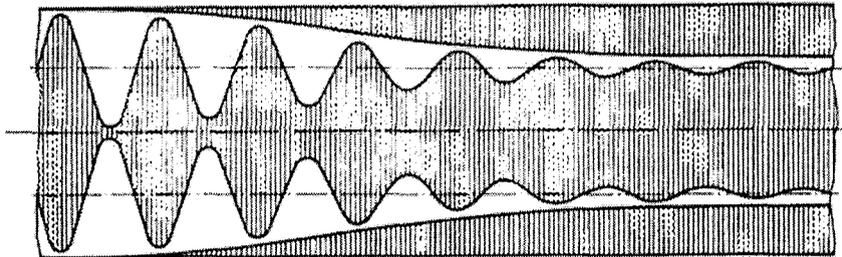


Abb. 2: Reintonblende [40]

Das entwickelte und fixierte Lichttonnegativ wird dann in einem Arbeitsgang mit dem Bildnegativ zusammen in einer Kopiermaschine vervielfältigt. Mit der Entwicklung des belichteten Positivfilms erhält man eine vorführfertige Bild-Ton-Kopie. Die Tonspur befindet sich zwischen der Perforation und dem Bild, wobei der rechte Kanal der Perforation näher ist. Bei der Wiedergabe werden die Tonspuren von einer gleichmäßigen Lichtquelle durchleuchtet und die Lichtschwankungen, hervorgerufen durch die unterschiedlichen Negativschwärzungen, werden von einer Fotodiode in elektrische Ströme umgewandelt und über einen Verstärker an die Lautsprecher weitergegeben. [23], [28], [38], [39], [40]

2.1.1 Der Dolby Stereo-Lichtton

Der *Dolby Stereo*-Lichtton arbeitet mit zweifacher *Doppelzackenschrift*. Bei diesem Verfahren werden zwei Halbspuren innerhalb der genormten Spurbreite getrennt moduliert. Die Spurbreite beträgt jeweils 0,84 mm. Es wird ein Abstand von 0,25 mm zwischen den beiden Spuren eingehalten, um Toleranzen der Spurlage, des Materials und der Filmführung zu kompensieren. Die matrizierten *Dolby Stereo*-Lichttonspuren *Left total* und *Right total* (vgl. 2.8) sind also in der gleichen Spurbreite und Spurlage auf dem 35mm-Film aufgezeichnet, wie der Monolichtton bei Monokopien. Dadurch sind sie „systemkompatibel“. Das heißt, daß Filmkopien mit Monolichtton von einem Stereolichttonkopf eines 35mm-Filmprojektors genauso wie Filmkopien mit Stereoton von einem Projektor mit einem Monolichttonabtaster vorgeführt werden können. [15], [31], [33]

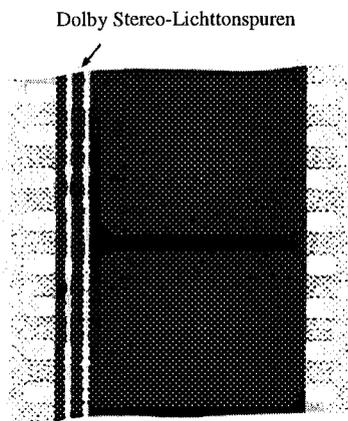


Abb. 3: 35mm Lichttonkopie mit Dolby Stereo-Lichttonspuren [36]

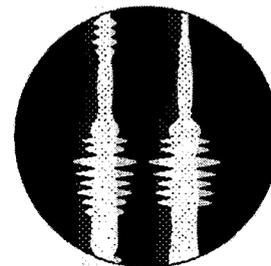


Abb. 4: Dolby Stereo-Lichttonspuren Left total und Right total [12]

Das Lichttonverfahren führt ein ziemlich hohes Rauschen mit sich, bedingt einerseits durch das fotografische Prinzip der Tonspeicherung, andererseits durch die Eigenschaften des Filmmaterials. Insbesondere die Kornstruktur, deren Ursache in dem diskontinuierlichem Aufbau der fotografischen Schicht liegt, ist für den geringen Geräuschspannungsabstand verantwortlich. Außerdem wird die Wiedergabequalität, durch Verschleißerscheinungen wie Schrammen und Kratzer, die durch häufiges Vorführen entstehen, verschlechtert. Für *Dolby Stereo* gilt weiterhin, daß durch die Nutzung des für monofonen Lichtton vorgesehenen Bereichs für zwei Aufzeichnungsspuren der Geräuschspannungsabstand um 4,2 dB reduziert wird.

Zu Beginn der siebziger Jahre wurde das *Dolby A*-Rauschunterdrückungssystem entwickelt, das die systembedingten Mängel sehr stark unterdrückte. Die *Academy-Kurve* (vgl. 2.4), die 1938 eingeführt wurde, um dem Rauschen des Mono-Lichttons durch eine Absenkung der Höhen zu begegnen, wich nun der *X-Kurve* (vgl. 2.5), die einen erheblich größeren Frequenzumfang zur Verfügung stellt. Mit der *Dolby A*-Rauschunterdrückung erreichte man einen Geräuschspannungsabstand von etwa 65 dB. [14], [32], [33], [39]

2.2 Der Frequenzbereich des Lichttons

Der Frequenzbereich ist nicht materialbedingt beschränkt, er hängt also nicht von der Körnigkeit des Filmmaterials ab. Bei einer Laufgeschwindigkeit des 35mm-Films von 45,6 cm/s bei 24 Bildern/s und einer Auflösung des Filmmaterials von 55 Linienpaaren/mm, ergibt sich rechnerisch eine maximale Frequenz von 25 kHz:

$$456 \frac{mm}{s} * 55 \frac{1}{mm} = 25,08kHz,$$

Die obere Grenzfrequenz hängt außerdem von der Breite des Lichtspaltes, mit dem die Aufzeichnung abgetastet wird, ab. Ist die Spaltbreite gleich der Wellenlänge, tritt keine Änderung der Intensität des auf die Fotodiode treffenden Lichtes auf, so daß keine Spannungsschwankung hervorgerufen und die zugehörige Frequenz nicht mehr wiedergegeben wird.

Für den 35mm-Film mit einer Laufgeschwindigkeit von 24 Bilder/s, bzw. 0,456 m/s und einer Spaltbreite des Lichttonkopfes zwischen 16 und 18 µm tritt dieser Fall bei einer Frequenz von 28,5 kHz respektive 25,3 kHz ein.

$$\frac{0,456m}{16 * 10^{-6} m * s} = 28,5kHz \quad \text{bzw.} \quad \frac{0,456m}{18 * 10^{-6} m * s} = 25,3kHz$$

Einem Gespräch mit Herrn Heller, Leiter der Meßtechnik im Geyer Kopierwerk und Herrn Boyse von Arri-contrast, verantwortlich für die Lichttonumspielungen, zufolge, spielt der chemische Entwicklungsprozeß keine Rolle. Beide stimmen darin überein, daß für die Frequenzbereichsbegrenzung die Lichttonkamera ausschlaggebend ist. Bei herkömmlichen Lichttonkameras, wie beispielsweise der „Picot“-Kamera wird die obere Grenzfrequenz durch die Trägheit des Galvanometerspiegels bestimmt. Nach Aussagen von Herrn Boyse ist ein Frequenzbereich bis 14 kHz aufzeichnenbar. Die Wirkungsweise eines Galvanometers beruht auf der ablenkenden Kraft, die auf eine stromdurchflossene Spule im Feld eines starken Magneten

ausgeübt wird (Drehspul-Galvanometer). An der Spule ist ein Zeiger oder ein Spiegel (Spiegel-Galvanometer) befestigt, der einen Lichtstrahl ablenkt. Durch die Aufhängevorrichtung (Spiralfedern oder dünne Drähte) wird der Zeiger immer wieder in die Ruhelage gedreht. Wenn das Galvanometer mit einer Schallinformation in Form von Spannungsschwankungen erregt wird, erfährt der Spiegel eine seitliche Auslenkung um seine Ruhelage. Bei dieser Auslenkung wird das Spaltbild vom Schatten der Zackenblende abgedeckt und der aufzeichnende Lichtstrahl wird im Rhythmus der Tonfrequenz moduliert. [22], [28]

1997 entwickelte die Firma Optronik eine Laserkamera für die Lichttonaufzeichnung, mit der Frequenzen bis 16 kHz aufgezeichnet werden können.

2.3 Die Dolby-Rauschunterdrückung

Alle analogen Schallspeicherungsmedien weisen systembedingte, unerwünschte Nebeneffekte auf wie Kopiereffekte, Brummen und Rauschen. Diesen störenden Einflüssen kann man mit Rauschunterdrückungssystemen entgegenwirken.

Komplementäre Rauschminderungssysteme wie die Dolby-Verfahren arbeiten nach dem Kompanderprinzip. Das Signal durchläuft einen zweistufigen Prozeß, der bei der Aufnahme komprimierend und bei der Wiedergabe um die gleichen Werte expandierend wirksam wird.

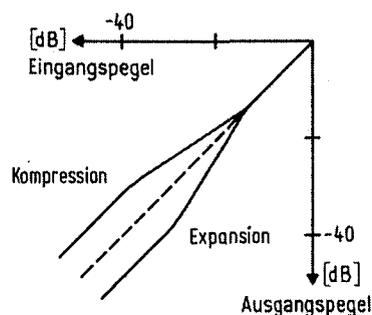


Abb. 5: Verlauf der Pegel beim Dolby A -System; Kompanderkurve [40]

2.3.1 Dolby A

Bei der *Dolby A*-Rauschunterdrückung wird der Frequenzbereich in vier Teilbereiche aufgeteilt, die jeweils bei der Aufnahme komprimiert und bei der Wiedergabe unter Anwendung der komplementären Kurve wieder expandiert werden. Der Vorteil der Aufteilung in mehrere Frequenzbereiche liegt u. a. darin, daß das Arbeiten des Kompressors nicht hörbar wird.

Das erste Frequenzband liegt unterhalb 80 Hz, das zweite zwischen 80 Hz und 3.000 Hz, das dritte zwischen 3.000 Hz und 9.000 Hz. Bei 9.000 Hz beginnt das vierte Frequenzband. Die

Teilbereiche arbeiten mit jeweils einem eigenen Regelverstärkernetzwerk. Es werden nur Signalanteile mit Pegeln, die unterhalb eines Schwellwertes von -10 dB liegen, von diesem Kompondersystem bearbeitet. Signale mit höherem Pegel durchlaufen das System unbeeinflusst, da Störsignale bei lauten Signalanteilen verdeckt werden. Von der Modulation wird ein „Korrektursignal“ abgeleitet. In die vier Frequenzbereiche aufgeteilt durchläuft es die Filter- und Regelverstärkernetzwerke, sofern es die jeweils gegebenen Regelverstärkerschwellwerte nicht überschreitet. Signale unterhalb des Schwellwertes werden hier der Kompressionskennlinie gemäß angehoben. Anschließend addiert die Schaltung sie gemeinsam zur Originalmodulation. Daß alle Signale, die unterhalb des Schwellwertes liegen, um einen bestimmten Grad erhöht werden, entspricht einer Abschwächung hochpegeliger Signale und damit einer *Kompression*. Bei der Wiedergabe wird das Signal dem inversen Prozeß unterzogen. Das „Korrektursignal“, das der *Dolby A*-Prozessor von der Ausgangsmodulation ableitete, wird nun von der *Dolby A*-komprimierten Modulation subtrahiert. Es entsteht eine komplementäre Kennlinie. Durch die Subtraktion des „Korrektursignals“ im Bereich niedriger Pegel werden diese reduziert und somit eine *Expansion* durchgeführt. Der Geräuschspannungsabstand verbessert sich zwischen 30 Hz und 5 kHz um 10 dB, bis 15 kHz nimmt der Störabstand bis auf 15 dB zu. [30], [40]

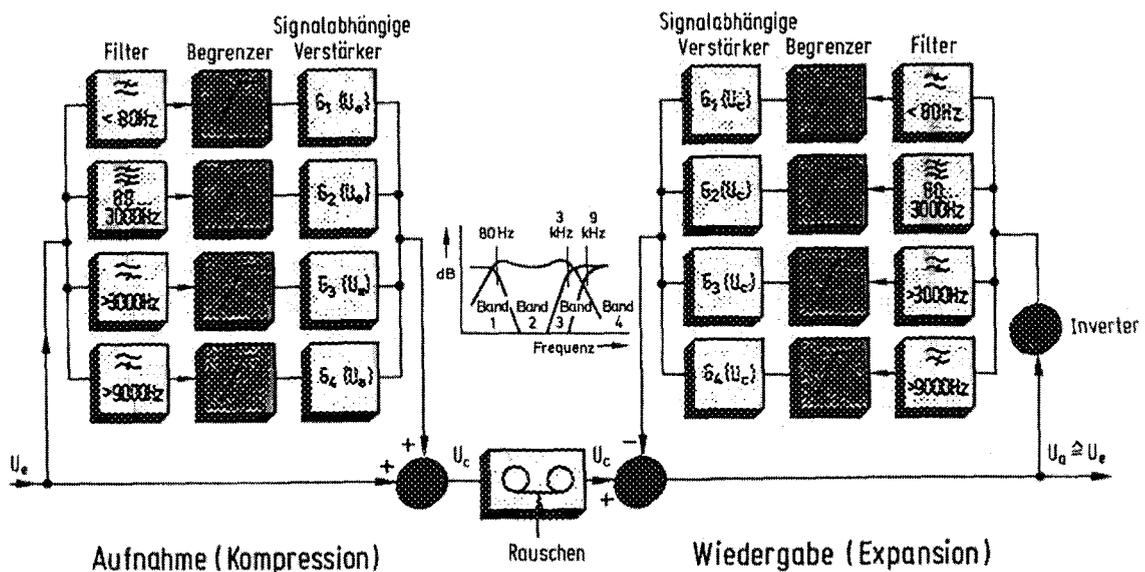


Abb. 6: Prinzip des Dolby A-Systems [40]

In der Filmproduktion wurde zunächst generell die *Dolby A*-Rauschunterdrückung eingesetzt. Heute wendet man *Dolby A* für den Lichtton nicht mehr an.

Filmtheater, deren Kinoprozessoren nach wie vor nur über eine *Dolby-A*-Decodierung verfügen, geben dementsprechend den Ton von *Dolby-SR*-Filmkopien falsch wieder. Obwohl diese Vorgehensweise der Idee einer komplementär arbeitenden Rauschunterdrückung zuwiderläuft, wird sie von Dolby akzeptiert. In der Praxis ergeben sich natürlich klangliche Einschränkungen. Filmkopien, die mit *Dolby SR* aufgenommen wurden, klingen über einen *Dolby-A*-Decoder programmabhängig oft sehr höhenreich. Umgekehrt können *Dolby A*-codierte Kopien, die mit *Dolby SR* abgespielt werden, einen matten Klangeindruck hervorrufen. *Dolby Stereo SR (spectral recording)* gibt es seit 1986. Mit *Dolby SR* ist eine mehr als 6 dB bessere Störspannungsverminderung zu erreichen als mit *Dolby A*.

2.3.2 Dolby SR

Die ersten Kinofilme mit der *Dolby SR*-Rauschunterdrückung erschienen im Juli 1987 und waren "Innerspace" und "Robocop".

Die *Dolby SR*-Rauschunterdrückung ist wesentlich komplexer als die *Dolby A*-Rauschunterdrückung. *Dolby SR (Spectral Recording)* paßt sich kontinuierlich dem jeweiligen Spektrum des Audiosignals an und ist deshalb nur in speziellen Bereichen wirksam, wodurch sich die außerordentliche Klangtreue ergibt.

Dolby SR verringert das Modulationsrauschen und verbessert das Sättigungsverhalten bei hohen und tiefen Frequenzen. Dadurch werden im gesamten Frequenzbereich nichtlineare Verzerrungen vermindert und eine größere Dynamik in der Mischung ist möglich. Auch die Kopierverluste werden reduziert.

Der nutzbare Dynamikbereich bei einer Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s unter der Verwendung der *Dolby SR*-Rauschunterdrückung entspricht mind. einer digitalen Aufzeichnung mit einer Auflösung von 16 Bit.

Bei der Entwicklung von *Dolby SR* wurde darauf geachtet, daß das Signal möglichst gering beeinflußt wird.

Das System unterteilt das Signal in einen Hauptsignalweg und einen Nebensignalweg. Der Hauptsignalweg überträgt vorwiegend Signale mit hohem Pegel. Die Nebensignale werden während der Codierung zu dem Hauptsignal addiert und bei der Decodierung wieder subtrahiert.

Beim *Spectral Recording* werden durch einen Kompressor alle niederpegeligen Signalkomponenten unterhalb eines definierten Schwellwertes normalisiert. Weiterhin werden feste und gleitende Filter kombiniert verwendet, deren Funktionsweise man als *Aktionersersatztechnik*