

# Wissenswerte Fachbegriffe aus der Tonband-Messtechnik

Burkhard Braach

*Die magnetischen und mechanischen Eigenschaften des Bandmaterials, die Beschaffenheit der Tonköpfe und die Laufeigenschaften des Tonbandgeräts beeinflussen sich gegenseitig. Deshalb wurde in diesem Beitrag zur Tonstudio-Messtechnik eine recht grosse Zahl von Fachbegriffen zusammengefasst, die zwar theoretisch verschiedenen Bereichen angehören, aber in der Messpraxis nicht voneinander getrennt werden können.*

## Azimuth

Winkel zwischen Kopfspalt und Bewegungsrichtung des Tonbands; im idealen Fall 90°.

→ Spalteinstellung, → Bezugsband.

## Bandfluss

Magnetischer Fluss im Bandmaterial, angegeben in nWb/m oder pWb/mm (1 Wb = 1 Weber = 1 Volt · 1 Sekunde).

→ Bezugsband.

## Bandgeschwindigkeit

Wird meist mit einem Bezugs-Tonband bestimmt, auf dem eine bekannte Frequenz aufgezeichnet ist.

NFA-1: Abgleich der Bandgeschwindigkeit in der Betriebsart «Frequenz(versatz)» mit Darstellung der Frequenz-Momentanwerte. Genaue Bestimmung der Bandgeschwindigkeit in der Betriebsart «Gleich-

lauf über Zeit» (Bild 2) mit Messung der → Drift. Mittelungszeit nach DIN 45511: 30 s.

## Bandzug

Kraft, mit der das Band bei Aufnahme/Wiedergabe oder beim Umspulen gezogen wird. Beeinflusst direkt den → Schlupf und den Band-Kopf-Kontakt und damit indirekt → Gleichlaufschwankungen, → Modulationsrauschen und die Wiedergabe hoher Frequenzen. Wird mechanisch mit einer «Bandzugwaage» gemessen.

## Betriebsrauschen

→ Ruherauschen.

## Bezugsband

Tonbänder müssen austauschbar sein. Deshalb genügt es nicht, die Tonbandgeräte «über alles» auf gleiche elektrische

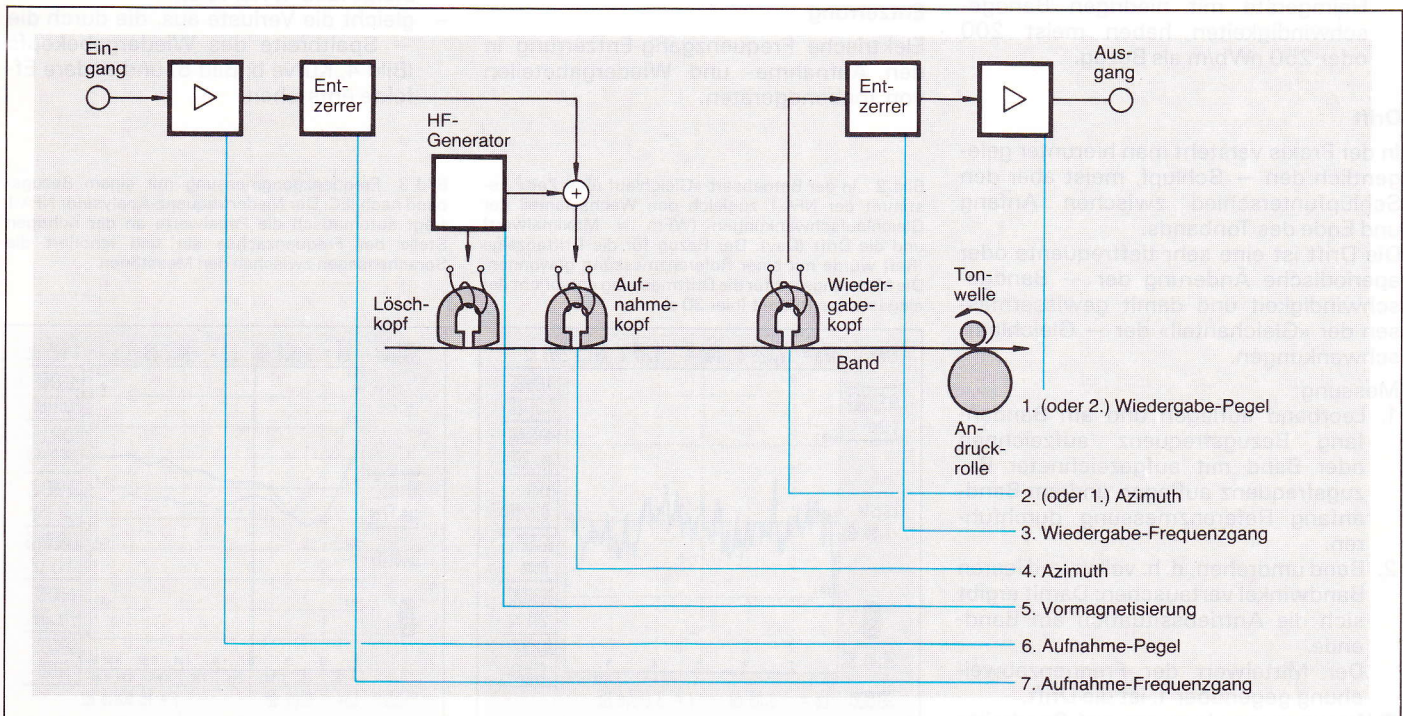
Eingangs- und Ausgangs-Eigenschaften abzugleichen. Auch magnetischer Pegel, Frequenzgang usw. im Bandmaterial müssen definiert sein. Deshalb gibt es Bezugs-Tonbänder, mit denen zunächst der Wiedergabeteil des Tonbandgerätes abgeglichen wird (Bild 1, 3). Der Aufnahmeteil wird anschliessend mit einem Leerband «über alles» (Aufnahme und gleichzeitige Wiedergabe) eingestellt.

Die meisten Bezugsbänder bieten folgenden Ablauf:

1. Pegelenteil:  
Sinuston mit dem → Bezugspegel; Frequenz meist 1 kHz, bei Heimgeräten mit langsamen Geschwindigkeiten 315 Hz. In Amerika sind auch 400 und 700 Hz gebräuchlich.
2. Teil zur → Spalteinstellung:  
Hohe Frequenz, meist 10 kHz, aufgezeichnet mit einem eng tolerierten → Azimuth.
3. Frequenzgangteil:  
Folge von Festfrequenzen, wegen der begrenzten → Höhenaussteuerbarkeit des Bandes meist 10 oder 20 dB unter Bezugspegel aufgezeichnet. → Frequenzgang.
4. Leerteil  
für Geräuschmessungen, «über alles»-Einstellungen und Bandsorten-Vergleiche.

Für spezielle Messaufgaben gibt es zahlreiche weitere Bezugsbänder.

Bild 1 Die wesentlichen Teile eines Tonbandgeräts. Die Einstellmöglichkeiten sind in der Reihenfolge numeriert, die bei der Abgleichprozedur nötig oder üblich ist





Wissenswerte Fachbeiträge aus der Tonband-Messtechnik

Bandgeschwindigkeit	Norm	Zeitkonstanten	
		$\tau_1$	$\tau_2$
38 cm/s (15 ips)	CCIR/IEC/DIN NAB/EIA	0	35 $\mu$ s
		3180 $\mu$ s	50 $\mu$ s
19 cm/s (7 1/2 ips)	NAB/EIA/DIN h (Heim) CCIR/IEC/DIN s (Studio)	3180 $\mu$ s	50 $\mu$ s
		0	70 $\mu$ s
9,5 cm/s (3 3/4 ips)	NAB/IEC/RIAA/DIN	3180 $\mu$ s	90 $\mu$ s
Compact-Cassette (Fe)	IEC I	3180 $\mu$ s	120 $\mu$ s
Compact-Cassette (Cr)	IEC II	3180 $\mu$ s	70 $\mu$ s

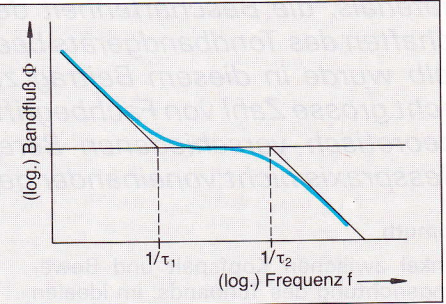


Tabelle 1 Die wichtigsten Frequenzgang-Zeitkonstanten

Normen: DIN 45513, IEC 94-2, NAB (Engineering Handbook).

**Bezugspegel**

- Elektrischer Systempegel an den Ein- und Ausgängen des Tonbandgeräts.
- Magnetischer Bezugspegel im Bandmaterial.  
Nach DIN und IEC gilt als Bezug ein → Bandfluss von 320 nWb/m.  
ARD empfiehlt 320 nWb/m für Mono- und 510 nWb/m für Stereo-Aufzeichnung.  
In Amerika sind neben 185 nWb/m (nach NAB) auch andere Werte zwischen 100 und 260 nWb/m gebräuchlich.  
Heimgeräte mit niedrigen Bandgeschwindigkeiten haben meist 200 oder 250 nWb/m als Bezug.

**Drift**

In der Praxis versteht man hierunter gelegentlich den → Schlupf, meist aber den Schlupfunterschied zwischen Anfang und Ende des Tonbands.  
Die Drift ist eine sehr tieffrequente oder aperiodische Änderung der → Bandgeschwindigkeit und damit gewissermaßen der «Gleichanteil» der → Gleichlaufschwankungen.

**Messung:**

- Leerband auflegen und am Bandanfang Bezugsfrequenz aufzeichnen oder Band mit aufgezeichneter Bezugsfrequenz auflegen und am Bandanfang Referenzmessung durchführen.
- Band umdrehen, d. h. vollen und leeren Bandwinkel vertauschen: Damit ergibt sich die Antriebssituation am Bandende.  
Der Mittelwert der Frequenzabweichung gegenüber 1. ist die Drift.  
Driftmessungen bezogen auf Bandmitte

sind umständlicher und werden deshalb selten durchgeführt.  
NFA-1: Betriebsart «Gleichlauf über Zeit» (Bild 2).

**Empfindlichkeit**

des Tonbands, eine Eigenschaft des Bandmaterials. Sie ist abhängig von der Signalfrequenz (→ Frequenzgang). Auch die Höhe der → Vormagnetisierung und die → Spaltbreite der Tonköpfe haben einen Einfluss.  
Meist interessiert die «relative Empfindlichkeit» in dB, bezogen auf die Empfindlichkeit eines Referenzbands (z. B. Leerteil eines → Bezugsbands).

**Entzerrung**

Elektrische Frequenzgang-Entzerrung in den Aufnahme- und Wiedergabeteilen von Tonbandgeräten.

Die Aufnahme-Entzerrung (besser: Vorverzerrung) sorgt für einen definierten → Frequenzgang des Bandflusses (Tabelle 1). Hierzu muss sie

- die genormten Frequenzgang-Zeitkonstanten berücksichtigen und
- die Verluste ausgleichen, die durch den Aufnahmekopf und den Aufzeichnungsvorgang selbst entstehen.

**Die Wiedergabe-Entzerrung**

- macht den definierten → Frequenzgang des Bandflusses rückgängig (Tabelle 1),
- eliminiert den Frequenzgang der induzierten Wiedergabe-Spannung, die proportional mit der Signalfrequenz steigt (Bild 4, Kurve a),
- gleicht die Verluste aus, die durch die → Spaltbreite des Wiedergabekopfs (Bild 4, Kurve b; Bild 5) und andere Effekte entstehen.

Bild 2 In der Betriebsart «Gleichlauf über Zeit» bestimmt der NFA-1 zugleich den Wechselanteil der Gleichlaufschwankungen (WFM = Maximalwert) und die Drift (Dav). Der Bezug für die Driftanzeige (Ref) wurde mit einer Referenzmessung gewonnen. Die Mittelungszeit für die Driftmessung entspricht der eingestellten Bildzeit (hier 30 s)

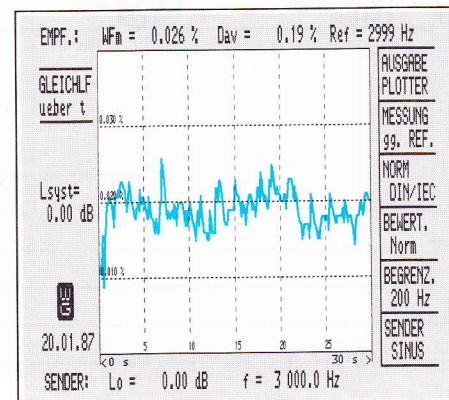
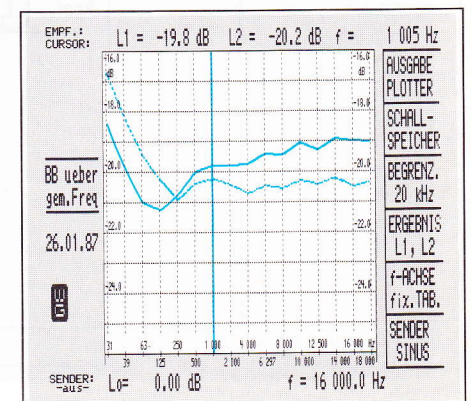


Bild 3 Frequenzgangmessung mit einem Bezugsband nach IEC. Der Niederfrequenz-Analysator NFA-1 trägt automatisch die Pegelwerte an der richtigen Stelle der Frequenzachse ein und ignoriert die Sprachansagen zwischen den Messtönen





**Frequenzgang**

Vier Frequenzgänge müssen unterschieden werden:

1. Der Frequenzgang des → Bandflusses ist in verschiedenen Normen festgelegt (Tabelle 1). Er bildet einen Kompromiss zwischen → Höhenaussteuerbarkeit und → Ruherauschen.
2. Der Frequenzgang des Wiedergabeteils wird elektrisch abgeglichen. Die Messsignale liefert ein → Bezugsband. NFA-1: Betriebsart «Breitbandpegel über gemessener Frequenz» (Bild 3).
3. Der Frequenzgang des Aufnahmeteils kann «über alles» elektrisch eingestellt werden, falls der Wiedergabeteil mit einem Bezugsband abgeglichen ist. NFA-1: Betriebsart «Breitbandpegel über Frequenz», Sender mit automatischem Frequenz-Step, oder «Selektiv-Pegel über Frequenz», Sender mit 17-Ton-Signal.
4. Der Frequenzgang des Tonbands, eine Eigenschaft des Bandmaterials, wird angegeben in dB, bezogen auf den Frequenzgang eines bekannten Bandmaterials (z.B. Leerteil des → Bezugsbands).

Beispiel: Frequenzgang bei 10 kHz

$$F_{10\text{ kHz}} = (E_{P\ 10\text{ kHz}} - E_{P\ 1\text{ kHz}}) - (E_{B\ 10\text{ kHz}} - E_{B\ 1\text{ kHz}})$$

mit  $E_P$  = Empfindlichkeit des Prüflings (Bandsorte X) in dB  
 und  $E_B$  = Empfindlichkeit des Bezugsbands in dB.

In der Praxis wird der Frequenzgang der gewählten Bandsorte mit dem Abgleich des Aufnahmeteils «über alles» herausgeglichen. Das Tonbandgerät

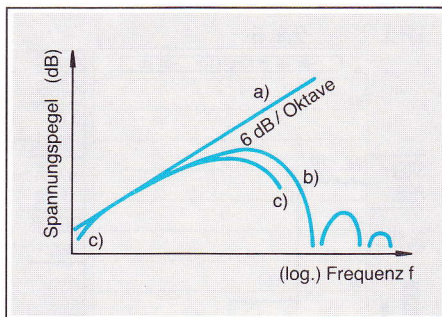


Bild 4 Typischer Verlauf der induzierten Spannung im Wiedergabekopf bei konstantem magnetischen Bandfluss;  
 a) Induktion proportional der Signalfrequenz,  
 b) nach Überlagerung der Spaltfunktion,  
 c) mit zusätzlichen Verlusten

ist damit «eingemessen auf Bandsorte X».

→ Entzerrung, → Spaltbreite und → Vormagnetisierung beeinflussen den Frequenzgang.

**Geräusch**

- Ruherauschen
- Gleichfeldrauschen
- Modulationsrauschen

**Gleichfeldrauschen**

Bandrauschen nach Magnetisierung mit einem Gleichfeld. Die Ungleichmässigkeiten der magnetischen Schicht verursachen statische Schwankungen des Gleichfelds und erhöhen die induzierte Rauschspannung im Wiedergabekopf gegenüber dem → Ruherauschen.

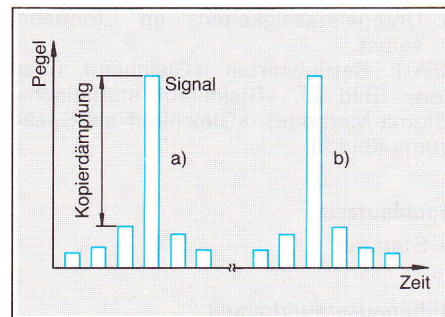


Bild 7 Vor- und Nachechos bei internationaler (a) und deutscher Schichtlage (b)

Dieser Effekt wird zur Messung des → Modulationsrauschens genutzt.

Im normalen Betrieb muss das Gleichfeldrauschen vermieden werden. Dazu werden Tonköpfe und Bandführungen regelmässig mit einer Drossel entmagnetisiert und der Gleichanteil von Löschstrom und → Vormagnetisierung auf Null abgeglichen.

**Gleichlaufschwankungen**

Engl. «wow & flutter», i. Ggs. zur → Drift die kurzzeitigen Unregelmässigkeiten des Antriebs.

Mögliche Ursachen:

1. «Schlag» von Tonwelle, Andruckrolle und Umlenkrollen.
2. Einflüsse von Drehzahlregelung und Bandzugregelung.

Bild 5 Frequenzgang «über alles» bei 4,75 cm/s Bandgeschwindigkeit. Die erste Nullstelle der Spaltfunktion bei zirka 17 kHz entspricht einer effektiven Spaltbreite von 4,75 cm/s: 17 kHz = 2,8 µm Geometrische Spaltbreite lt. Hersteller: 2,5 µm

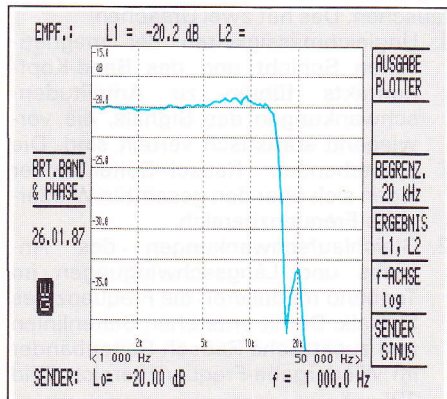


Bild 6 Im unteren Bereich des Frequenzgangs sind deutlich die Kopfspiegel-Wellen mit Minima bei zirka 60 und 120 Hz zu erkennen. Bei 19,5 cm/s Bandgeschwindigkeit bedeutet dies eine magnetisch wirksame Kopfspiegel-Breite von 19,5 cm/s: 60 Hz = ca. 3,3 mm

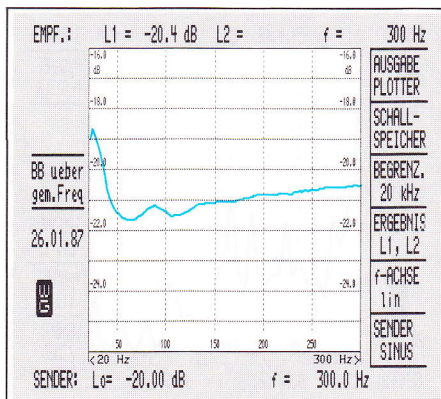
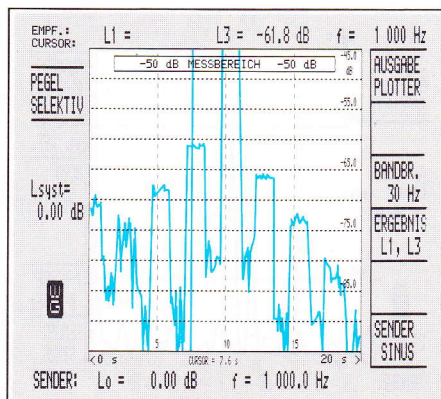


Bild 8 Kopierdämpfung, gemessen mit dem Niederfrequenz-Analysator NFA-1





3. Unregelmässigkeiten im Tonband selbst.

NFA-1: Betriebsarten «Gleichlauf über Zeit» (Bild 2), «Gleichlauf statistisch» (Sigma-Methode), «Gleichlauf als Spektrum» (Bild 9).

Hochlaufzeit

→ Startzeit

Höhenaussteuerbarkeit

des Bandmaterials; maximaler Ausgangspegel (Sättigungspegel) bei 10, 14 oder 18 kHz, relativ zum → Bezugspegel.

Die «relative Höhenaussteuerbarkeit» in dB ist bezogen auf die Höhenaussteuerbarkeit eines bekannten Bandmaterials (z. B. Leerteil des → Bezugsbands).

NFA-1: Betriebsart «Breitbandpegel über Pegel».

Kopfspiegel-Wellen

Der Kopfspiegel (Bild 14) trägt mit seinem magnetischen Streufeld zur Aufzeichnung bei, wenn auch in weit geringerem Mass als der Kopfspalt. Wie die → Spaltfunktion zeigt auch die «Spiegelfunktion» einen Wechsel von Maxima und Nullstellen, die sich der Übertragungsfunktion überlagern. Wegen der grossen Kopfspiegel-Abmessungen finden sie sich im unteren Teil des Frequenzbereichs (Bild 6).

Kopierdämpfung

Eine Eigenschaft des Bandmaterials. Der Kopiereffekt entsteht beim aufgewickelten Band: Eine stark magnetisierte Schicht bewirkt eine schwache Magneti-

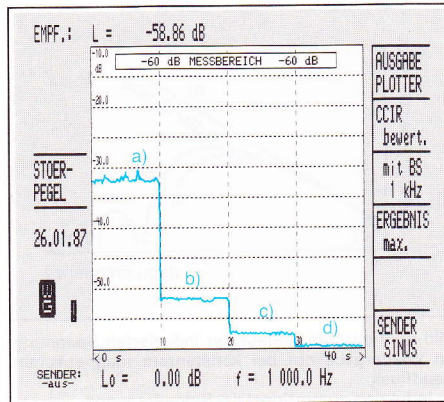


Bild 11 Geräuschmessungen mit dem NFA-1.

- a) Modulationsrauschen bei Anregung mit 1 kHz Sinussignal, gemessen über das eingebaute Zusatz-Sperrfilter (Option),
- b) Modulationsrauschen bei Gleichfeld-Magnetisierung, gemessen mit einem externen Filter nach Bild 12 und 13,
- c) Betriebsrauschen mit HF-Vormagnetisierung, aber ohne Anregungston und
- d) Schichtrauschen eines jungfräulichen Bandes

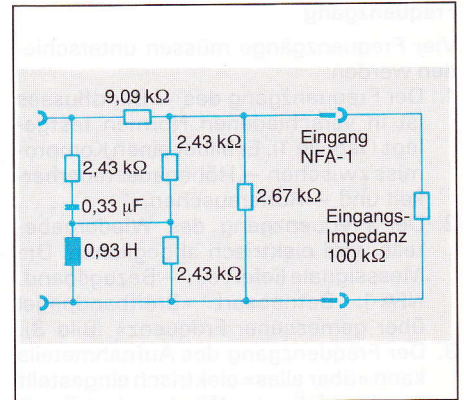


Bild 12 Filter nach DIN 45 519 zur Berücksichtigung des Verdeckungseffekts bei der Messung des Modulationsrauschens. Wegen der Gleichfeld-Magnetisierung bilden sich die Rausch-Seitenbänder um den Frequenz-Nullpunkt herum – anstatt um eine bestimmte Signalfrequenz. Deshalb genügt zur Nachbildung des Verdeckungseffekts ein einfacher Hochpass. Mit der Eingangsimpedanz ergibt sich eine Grunddämpfung von 10 dB, die im Ergebnis berücksichtigt werden muss

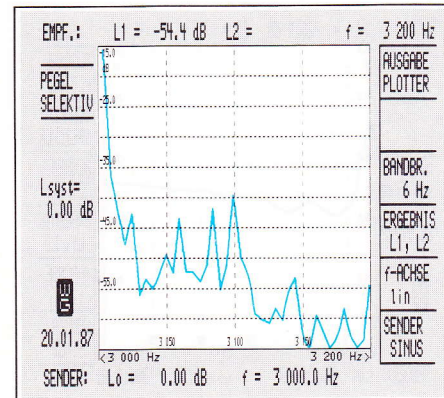
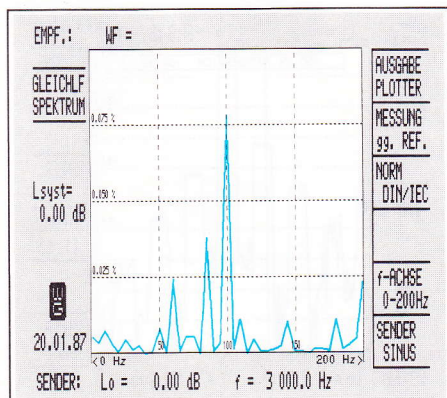
sierung der Nachbarschichten. Bei der Wiedergabe werden Vorechos hörbar (Bild 7, 8). Die Nachechos werden meist durch das Signal selbst verdeckt.

Messung:

- Ton-Burst mit 1 kHz und → Bezugspegel aufnehmen.
- Band aufwickeln und 24 h bei 20 °C lagern.
- Wiedergabepegel selektiv messen: Der Abstand des grössten Echos zum Bezugspegel (in dB) ist die Kopierdämpfung.

Bild 10 Seitenbandspektrum bei Wiedergabe eines Sinussignals von 3 kHz. Dem Rausch-Seitenband sind diskrete Seitenlinien überlagert, die durch Vergleich mit Bild 9 als Spektrum der Gleichlaufschwankungen identifiziert werden können

Bild 9 Gleichlauf-Spektrum eines semi-professionellen Tonbandgeräts



Typischer Wert: 60 dB.

NFA-1: Betriebsart «Selektiv-Pegel» (Bild 8).

Löschdämpfung

hängt von Bandmaterial und Bandgerät ab.

Messung:

- Sinussignal 1 kHz mit → Vollaussteuerung aufnehmen.
- Band löschen.
- Signalrest bei 1 kHz selektiv messen. Der Abstand zur Vollaussteuerung (in dB) ist die Löschdämpfung.

Typischer Wert: 75 dB.

NFA-1: Betriebsart «Selektiv-Pegel».

Modulationsrauschen

Bandrauschen in Anwesenheit eines Signals. Es ist höher als das → Rauschen. Das hat zwei Ursachen:

1. Ungleichmässigkeiten der magnetischen Schicht und des Band-Kopf-Kontakts führen zu Amplitudenschwankungen des Signals, die vorwiegend statistisch verteilt sind. Die entstehenden Rausch-Seitenbänder legen sich über den gesamten Wiedergabe-Frequenzbereich.
2. Gleichlaufschwankungen des Antriebs und Längsschwingungen im Tonband modulieren die Frequenz des Signals. Damit entstehen Seitenlinien und zusätzliche Rausch-Seitenbänder im Wiedergabe-Frequenzbereich (Bild 10).



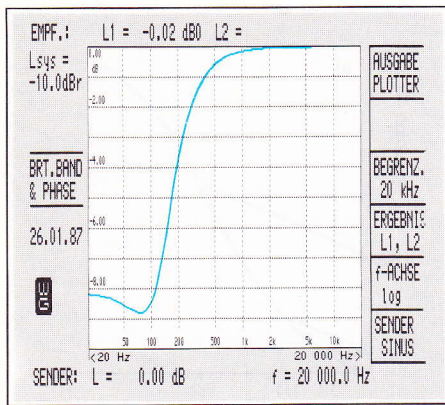


Bild 13 Frequenzgang des Filters in Bild 12, gemessen mit dem Niederfrequenz-Analysator NFA-1, Software-Version 61 (Option). Durch die Eingabe von  $L_{sys} = -10$  dB wurde die Grunddämpfung des Filters von 10 dB in der Ergebnisanzeige eliminiert

Messung:

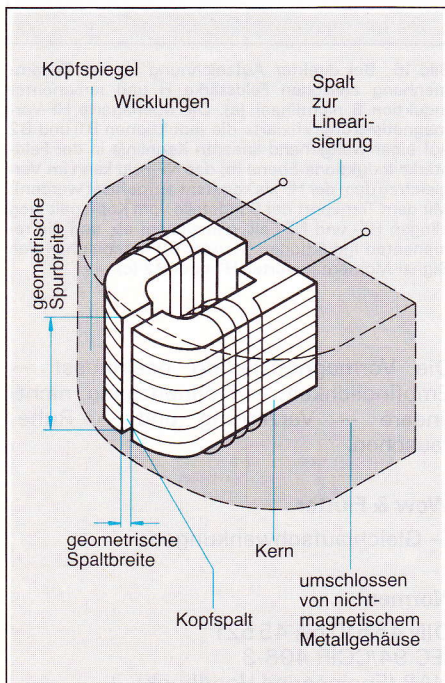
a) Aufzeichnung eines Sinussignals, z. B. 1 kHz mit  $\rightarrow$  Bezugspegel.

Bei der Wiedergabe wird das Sinussignal mit einem Sperrfilter unterdrückt und das bleibende Geräusch gemessen. Diese Messung erfasst alle unter 1. und 2. genannten Störanteile, aber auch die Klirrpunkte des Anregungstons.

NFA-1: Betriebsart «Störpegel», Bewertung «mit Sperrfilter» (Bild 11).

b) Aufzeichnung eines Gleichfelds, dessen Betrag dem Effektivwert des Sinussignals unter a) entspricht. Dieses Verfahren vermeidet die unter 2. aufgeführten Seitenlinien und Rausch-Seitenbänder ebenso wie die Klirrpunkte des Anregungstons. Es entstehen nur die unter 1. genannten Rausch-Seitenbänder symmetrisch zum Frequenz-Nullpunkt. Mit der Messung dieses Geräusches werden deshalb vorwiegend die Eigenschaften des Bandmaterials erfasst.

Bild 14 Aufbau eines Tonkopfs



Ein vorgeschaltetes Hochpassfilter (Bild 12, 13) berücksichtigt den Verdeckungseffekt des menschlichen Gehörs, d. h. die Tatsache, dass Störfrequenzen in der Nähe einer Tonfrequenz weniger stark wahrgenommen werden als in entfernteren Frequenzlagen. NFA-1: Betriebsart «Störpegel»; eventuell externes Filter nach Bild 12 und 13 vorschalten.

MOL

Englisch «Maximum Output Level», Bezeichnung für

- die  $\rightarrow$  Vollaussteuerung (z. B. «3% MOL») oder
- den maximal erreichbaren Ausgangspegel (Sättigungspegel) bei einer bestimmten Frequenz ( $\rightarrow$  Höhengrenze).

Pilotton

Zusätzliche Aufzeichnung einer Frequenz zur Synchronisierung mehrerer Ton- oder Bildträger, meist 50 oder 60 Hz.

Aufzeichnung zwischen den Tonspuren oder in der Tonspur selbst

- mit Tansversalkopf (veraltete Technik; das Pilotton-Feld steht senkrecht zum Feld der Signalfrequenzen),
- als Gegenakt-Aufzeichnung mit Zweikanal-Pilotkopf (mit Wiedergabekopf für die Signalfrequenzen löschen sich die gegenphasigen Anteile des Pilottons aus) oder
- mit einer Pilotfrequenz unterhalb des Tonfrequenzbereichs (z. B. 10 Hz).

Der Pilotton wird zunehmend abgelöst durch digitale Zeitcode-Aufzeichnung auf getrennter Spur.

Ruherauschen

Rauschen am Ausgang eines Tonbandgeräts bei Wiedergabe eines Tonbands, auf dem kein Signal aufgezeichnet ist. Das Rauschen des Tonkopf-Innenwiderstands und der Verstärker ist gering im Vergleich zum Rauschen des Bandmaterials. Deshalb wird mit dem Ruherauschen eine Bänder Eigenschaft charakterisiert.

Das Rauschen eines jungfräulichen, also nicht HF-vormagnetisierten oder HF-gelöschten Bandes, wird durch die einzelnen Partikel der magnetischen Schicht verursacht und deshalb auch als Schichtrauschen bezeichnet.

Bei der  $\rightarrow$  Vormagnetisierung schirmen die äusseren Partikel der Schicht die inneren teilweise ab, so dass anschliessend das Band «körniger» erscheint als im jungfräulichen Zustand. Das sog. Betriebsrauschen ist deshalb höher als das Schichtrauschen.

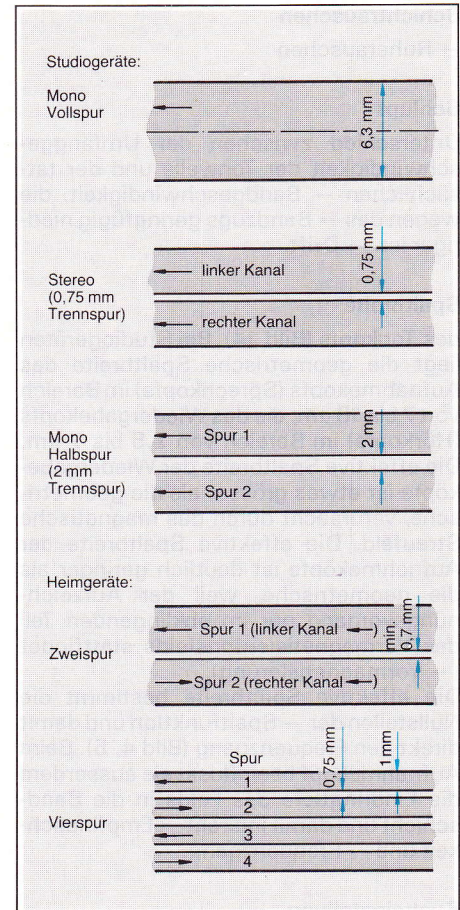


Bild 15 Die gebräuchlichsten Spurlagen auf 1/4 Zoll-Band (6,3 mm Breite)

Bandlöschgeräte mit grossen Entmagnetisierungsdrosseln bringen auch vormagnetisierte Bänder wieder in einen annähernd jungfräulichen Zustand.

Das Ruherauschen wird gemessen mit einem betriebsmässig abgeglichenen Tonbandgerät und angegeben als Abstand in dB. Dabei müssen sowohl der Bezug (z. B.  $\rightarrow$  Bezugspegel oder  $\rightarrow$  Vollaussteuerung) als auch das Messverfahren (Bewertung, Spitzen- oder Effektivwert) genannt werden.

NFA-1: Betriebsart «Störpegel» (Bild 11).

Schichtlage

Internationale Schichtlage: Die Tonbänder sind so aufgespult, dass die magnetische Schicht nach innen und das Trägermaterial nach aussen zeigt.

Deutsche Schichtlage: In deutschen Rundfunkanstalten werden alle 1/4 Zoll breiten Bänder mit der Schicht nach aussen aufgewickelt. Dadurch sind die Vorechos geringer ( $\rightarrow$  Kopierdämpfung).



**Schichtrauschen**

→ Ruherauschen

**Schlupf**

Unterschied zwischen der Umfanggeschwindigkeit der Tonwelle und der tatsächlichen → Bandgeschwindigkeit, die wegen des → Bandzugs geringfügig niedriger ist. → Drift.

**Spaltbreite**

des Tonkopfs (Bild 14). Bei Studiogeräten liegt die geometrische Spaltbreite des Aufnahmekopfs (Sprechkopfs) im Bereich von 7 bis 18 µm, die des Wiedergabekopfs (Hörkopfs) im Bereich von 2,5 bis 7 µm. Die effektive Spaltbreite der Wiedergabeköpfe ist etwas grösser als die geometrische, verursacht durch das magnetische Streufeld. Die effektive Spaltbreite der Aufnahmeköpfe ist deutlich geringer als die geometrische, weil der Aufzeichnungsvorgang nur im abklingenden Teil des Vormagnetisierungsfelds stattfindet (→ Vormagnetisierung).

Die effektive Spaltbreite bestimmt die Nullstellen der → Spaltfunktion und damit direkt den Frequenzgang (Bild 4, 5). Beim Aufnahmekopf beeinflusst sie ausserdem die Eindringtiefe des Felds in die Bandschicht und damit indirekt → Empfindlichkeit und → Frequenzgang.

**Spalteinstellung**

Tonköpfe werden mechanisch «eingetaumelt», d.h. so justiert, dass ihre Spalte senkrecht zur Laufrichtung des Bands stehen (→ Azimuth, → Bezugsband). Mono-Tonköpfe werden auf maximale Höhenwiedergabe eingestellt. Mehrspur-Tonköpfe, bei denen Richtung und Position der Spalte leicht differieren, werden meist auf geringste Phasendifferenz zwischen den Kanälen ausgerichtet. NFA-1: Betriebsart «Breitbandpegel und Phase».

**Spaltfunktion**

Beschreibt den Einfluss der → Spaltbreite auf den → Frequenzgang. Die Spaltfunktion verläuft nach der Formel

$$A = \frac{\sin(\pi d/l)}{\pi d/l}$$

mit A = Amplitude, d = Spaltbreite und l = Wellenlänge.

Sie hat ihre Nullstellen dort, wo die effektive Spaltbreite einem ganzen Vielfachen der aufgezeichneten Wellenlänge entspricht.

**Spurlage**

Geometrische Anordnung der Spuren auf dem Tonband (Bild 15).

**Startzeit**

Hochlaufzeit; Zeit vom Startimpuls an bis zum Einhalten einer vorgegebenen Gleichlauf-Toleranzgrenze. Wichtig bei synchroner Kopplung mehrerer Laufwerke. NFA-1: Betriebsart «Startzeit».

**Verzerrungen**

Lineare Verzerrungen: → Frequenzgang, → Entzerrer.

Nichtlineare Verzerrungen: Vorwiegend durch den magnetischen Aufzeichnungsvorgang selbst hervorgerufen.

- Klirrfaktor 3. Ordnung bildet den grössten Anteil (aber weniger als 1% bei → Bezugspegel).
- Geradzahlige Klirrprodukte entstehen bei unsymmetrischer → Vormagnetisierung oder magnetisierten Tonköpfen und Bandführungen (→ Gleichfeldrauschen).
- Intermodulation mit der → Vormagnetisierung ist bei modernen Geräten gering.

NFA-1: Betriebsarten «Verzerrung, Pegel».

**Vollaussteuerung**

des Tonbands, meist definiert als der Pegel, bei dem 3% Klirrfaktor ( $k_3$ ) erreicht werden.

**Vormagnetisierung**

Der Zusammenhang zwischen angelegter Feldstärke und remanenter Magnetisierung der Bandschicht ist nichtlinear. Deshalb wird dem Signalstrom im Aufnahmekopf ein Wechselstrom überlagert (Bild 16). Seine Frequenz muss mindestens doppelt so hoch sein wie die höchste Signalfrequenz. Üblich sind 100 bis 200 kHz.

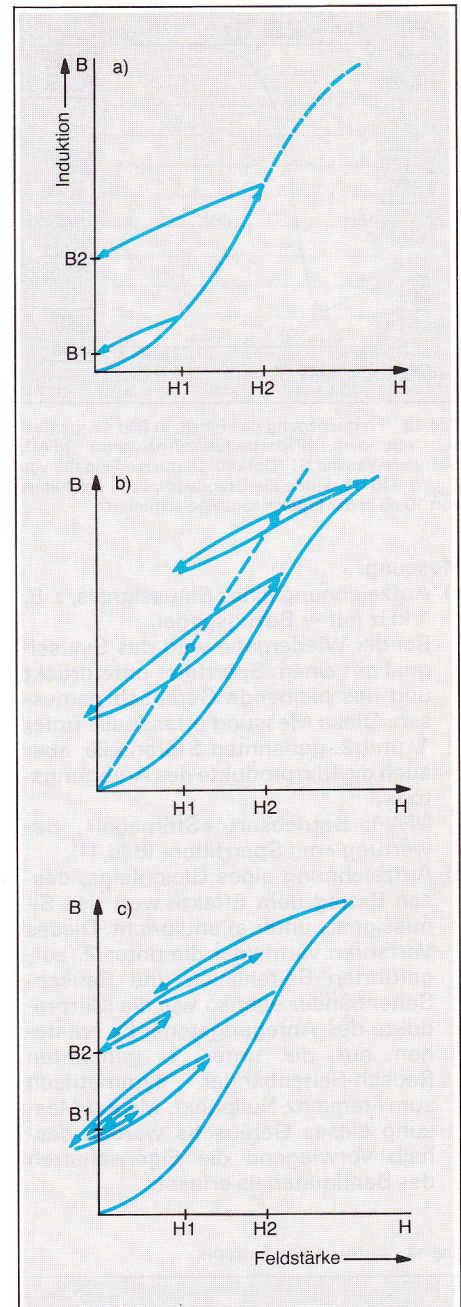


Bild 16 Bei direkter Aufzeichnung ist der Zusammenhang zwischen Feldstärke H und remanenter Induktion B nichtlinear (a). Die überlagerte HF-Vormagnetisierung «fixiert» die Induktionen B1 und B2 auf einer weitgehend linearen Kennlinie in der Feldstärke Induktions-Ebene (b; das NF-Feld kann im Vergleich zu dem der HF als konstant aufgefasst werden). Mit dem Transport der Bandstelle vom Kopfspalt weg klingen HF- und NF-Feld gemeinsam ab, und die remanenten Induktionen B1 oder B2 entsprechen den Signal-Momentanwerten H1 oder H2 (c).

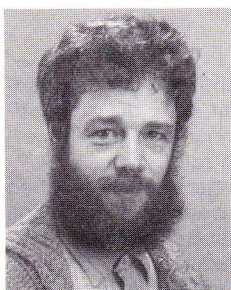
Die Vormagnetisierung beeinflusst → Empfindlichkeit, → Frequenzgang, nicht-lineare → Verzerrung und → Ruherauschen.

**Wow & Flutter**

→ Gleichlaufschwankungen

**Normen**

- DIN 45 510 bis 45 521
- IEC 94/CCIR 408-3
- NAB (Engineering Handbook)



Burkhard Braach, Dipl.-Ing., sammelte erste Erfahrungen im Vertrieb von Tonstudio-Einrichtungen, bevor er 1980 bei Wandel & Goltermann als Entwickler begann. Inzwischen ist er Redakteur der Kundenzeitschrift von Wandel & Goltermann, ohne von seiner alten Passion, der Tonstudioteknik, ganz lassen zu können...