

	Kabelverteilsysteme für Ton- und Fernsehrundfunk-Signale Teil 3: Aktive Breitbandgeräte für koaxiale Verteilnetze Deutsche Fassung EN 50083-3 :1994	DIN EN 50083-3
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0855 Teil 3
ICS 33.060.40 Deskriptoren: Tonrundfunk, Fernsehrundfunk, Breitband, Kabelverteilanlage Cabled distribution systems for television and sound signals – Part 3: Active coaxial wideband distribution equipment; German version EN 50083-3:1994 Systèmes de distribution par câble destinés aux signaux de radiodiffusion sonore et de télévision – Partie 3: Matériels actifs utilisés dans les systèmes de distribution coaxiale à large bande; Version allemande EN 50083-3:1994 Die Europäische Norm EN 50083-3:1994 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 50083-3 wurde am 22. September 1993 ratifiziert. Der Norm-Inhalt war veröffentlicht als Entwurf DIN EN 50083-3:1991-11. Fortsetzung Seite 2 und 27 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee 109 „Kabelverteilsysteme für Fernseh- und Tonsignale“ des Europäischen Komitees für elektrotechnische Normung (CENELEC) ausgearbeiteten Norm EN 50083-3. Zuständig für diese Europäische Norm ist in Deutschland das Komitee 735 „Antennen, Antennenanlagen und Verteilanlagen“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Die in Anhang D (normativ) von EN 50083-3 aufgeführten Normen sind in folgende Deutsche Normen übernommen worden:

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 50083-1:1993		DIN EN 50083-1 (VDE 0855 Teil 1):1994-03	VDE 0855 Teil 1
EN 50083-5:1994		E DIN EN 50083-5:1991-11	
EN 60068/HD 323 Normenreihe	IEC 68 Normenreihe	DIN IEC 68 Normenreihe DIN 40046-24:1977-09 DIN 40046-25:1977-09	
EN 60529:1991	IEC 529:1989	DIN 40050-9:1993-05 DIN VDE 0470-1 (VDE 0470 Teil 1):1992-11	VDE 0470 Teil 1

Zitierte Normen

– in der Deutschen Fassung:

siehe Anhang D (normativ)

– in nationalen Zusätzen:

DIN EN 50083-1
(VDE 0855 Teil 1)

Kabelverteilsysteme für Ton- und Fernsehrundfunk-Signale –
Teil 1: Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 50083-1:1993

E DIN EN 50083-5

Kabelverteilsysteme für Fernseh und Tonsignale –
Teil 5: Kopfstelle; Deutsche Fassung prEN 50083-5:1991

Normen der Reihe DIN IEC 68

Elektrotechnik – Grundlegende Umweltprüfverfahren

DIN 40046-24

Umweltprüfungen für die Elektrotechnik – Prüfgruppe F, Prüfung Fdb: Schwingen, rauschförmig (Breitband), Reproduzierbarkeitsgrad mittel

DIN 40046-25

Umweltprüfungen für die Elektrotechnik – Prüfgruppe F, Prüfung Fdc: Schwingen, rauschförmig (Breitband), Reproduzierbarkeitsgrad gering

DIN 40050-9

Straßenfahrzeuge – IP-Schutzarten – Schutz gegen Fremdkörper, Wasser und Berühren – Elektrische Ausrüstung

DIN VDE 0470-1
(VDE 0470 Teil 1)

Schutzarten durch Gehäuse (IP Code); [IEC 529 (1989), 2. Ausgabe];
Deutsche Fassung EN 60529:1991

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 50083-3

Mai 1994

DK 621.397.743

Deskriptoren: Fernsehen, Kabelfernsehen, Tonrundfunk, Fernsehrundfunk, Gemeinschaftsantennenanlage, Koaxialkabel, Baueinheit, Meßtechnik, Datenausgabe

Deutsche Fassung

Kabelverteilsysteme für Ton- und Fernsehrundfunk-Signale

Teil 3: Aktive Breitbandgeräte für koaxiale Verteilnetze

Cabled distribution systems for television and
sound signals –
Part 3: Active coaxial wideband distribution equipment

Systèmes de distribution par câble destinés aux
signaux de radiodiffusion sonore et de télévision –
Partie 3: Matériels actifs utilisés dans les systèmes de
distribution coaxiale à large bande

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 22. September 1993 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde durch das Technische Komitee CENELEC TC 109 „Kabelverteilsystem für Fernseh- und Tonsignale“ erstellt.

Der Text des Entwurfs wurde zur formellen Abstimmung vorgelegt und am 1993-09-22 von CENELEC als EN 50083-3 angenommen.

Es wurden folgende Daten festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm (dop): 1994-12-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1994-12-01

Für Erzeugnisse, die vor dem 1994-12-01 der einschlägigen nationalen Norm entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder durch eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, darf diese vorhergehende Norm für die Fertigung bis 1999-12-01 noch weiter angewendet werden.

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. In dieser Norm sind alle Anhänge normativ.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	3
3 Meßverfahren	5
3.1 Lineare Verzerrungen	6
3.2 Nichtlineare Verzerrungen	6
3.3 Sprungcharakteristik von automatischen Verstärkungs- und Schräglagenreglern	14
3.4 Rauschmaß	15
4 Leistungsanforderungen	15
4.1 Allgemeine Anforderungen	15
4.2 Sicherheit	15
4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	15
4.4 Frequenzbereich	15
4.5 Impedanz und Rückflußdämpfung	15
4.6 Verstärkung	16
4.7 Linearität des Amplitudenfrequenzgangs	16
4.8 Prüfpunkte	16
4.9 Gruppenlaufzeit	16
4.10 Rauschmaß	16
4.11 Nichtlineare Verzerrungen	16
4.12 Automatische Verstärkungs- und Schräglagenregelung	17
4.13 Brummodulation	17
4.14 Netzteil	17
4.15 Umgebungsbedingungen	18
4.16 Kennzeichnungen	18
4.17 Mittlere störungsfreie Zeit (MTBF)	18
Tabelle 1: Rückflußdämpfungsanforderungen für alle Bauteile	18
Tabelle 2: Korrekturfaktoren für Modulationstiefen unter 100 %	18
Anhang A (normativ) Prüfträger, Pegel und Intermodulationsprodukte	23
Anhang B (normativ) Überprüfung der Prüfgeräte	25
Anhang C (normativ) Kanaluweisung für CTB-, CSO- und Kreuzmodulationsmessungen	26
Anhang D (normativ) Normative Verweisungen	27
Anhang E (normativ) Besondere nationale Bedingungen	27

1 Anwendungsbereich

Diese Norm

- gilt für alle in Kabelverteilnetzen eingesetzten Breitbandverstärker;
- deckt den Frequenzbereich von 5 MHz bis 1750 MHz ab;
- gilt für Geräte im Einweg- und Zweiwegbetrieb;
- beschreibt die grundlegenden Meßverfahren für die Betriebskennwerte zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit aktiver Bauteile;
- definiert die von den Herstellern zu veröffentlichenden Leistungsdaten;
- legt die minimal einzuhaltenden Leistungsanforderungen für bestimmte Parameter fest.

Verstärker werden in die beiden folgenden Güteklassen eingeteilt:

Klasse 1 – Verstärker, die typischerweise für die Kaskadierung vorgesehen sind,

Klasse 2 – Verstärker, die typischerweise für den Einsatz in Ein- oder Mehrfamilienhäusern zur Versorgung einer begrenzten Anzahl von Teilnehmeranschlußdosen vorgesehen sind.

Die Praxis hat gezeigt, daß diese beiden Typen die meisten technischen Anforderungen erfüllen, die zur Gewährleistung einer minimalen Signalqualität an der Teilnehmeranschlußdose erforderlich sind. Die Einteilung ist nicht als Forderung zu betrachten, sondern als Information für Anwender und Hersteller über die minimalen Qualitätskriterien, die auf das für verschiedene Netzgrößen erforderliche Installationsmaterial anzuwenden sind. Der Systembetreiber muß unter Berücksichtigung der Netzgröße und der örtlichen Gegebenheiten jeweils das geeignete Material auswählen, damit bei einem Optimum an Wirtschaftlichkeit die minimale Signalqualität an der Teilnehmeranschlußdose gewährleistet ist.

Alle Anforderungen und veröffentlichten Daten sind als garantierte Werte innerhalb des festgelegten Frequenzbereichs und bei widerstandsrichtiger Anpassung zu verstehen.

2 Begriffe

Für den Zweck dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

2.1 Entzerrer

Ein Gerät, das dafür ausgelegt ist, über einen bestimmten Frequenzbereich die durch Zuführungsleitungen oder andere Geräte verursachten Verzerrungen des Amplituden- oder Phasenfrequenzgangs auszugleichen.

ANMERKUNG: Dieses Gerät dient ausschließlich zum Ausgleich linearer Verzerrungen.

2.2 Zuführungsleitung

Ein Übertragungsweg innerhalb eines Kabelverteilsystems. Ein solcher Übertragungsweg kann aus einem Kabel mit metallischen Leitern, einer Glasfaser, einem Hohlleiter oder jeder beliebigen Kombination dieser Medien bestehen. Im erweiterten Sinne wird dieser Begriff auch auf Übertragungswege angewendet, die eine oder mehrere Funkstrecken beinhalten.

2.3 Verhältnis in Dezibel

Der mit 10 multiplizierte Logarithmus des Verhältnisses zweier Leistungen P_1 und P_2 , d. h.:

$$10 \lg \frac{P_1}{P_2} (\text{dB})$$

2.4 Norm-Bezugsleistung und -spannung

Bei Kabelverteilsystemen beträgt die Norm-Bezugsleistung, P_0 , 1/75 pW.

ANMERKUNG: Dabei handelt es sich um die an einem 75-Ω-Widerstand durch einen Spannungsabfall von 1 µV_{eff} entstehende Verlustleistung.

Die Norm-Bezugsspannung, U_0 , beträgt 1 µV.

2.5 Pegel

Der Pegel einer beliebigen Leistung P_1 ist das in Dezibel ausgedrückte Verhältnis dieser Leistung zur Norm-Bezugsleistung P_0 , d. h.:

$$10 \lg \frac{P_1}{P_0}$$

Der Pegel einer beliebigen Spannung U_1 ist das in Dezibel ausgedrückte Verhältnis dieser Spannung zur Norm-Bezugsspannung U_0 , d. h.:

$$20 \lg \frac{U_1}{U_0}$$

Dieser Pegel darf in Dezibel (bezogen auf 1 µV an 75 Ω) oder in vereinfachter Form in dB(µV) ausgedrückt werden, sofern keine Gefahr der Doppeldeutigkeit besteht.

2.6 Dämpfung

Das üblicherweise in Dezibel ausgedrückte Verhältnis zwischen der Eingangsleistung und Ausgangsleistung eines Gerätes oder Systems.

2.7 Verstärkung

Das in Dezibel ausgedrückte Verhältnis zwischen Ausgangsleistung und Eingangsleistung.

2.8 Amplitudenfrequenzgang

Die über der Frequenz aufgetragene Verstärkung oder Dämpfung eines Bauteils oder Systems.

2.9 Schräglage

Der Verstärkungs- oder Dämpfungsunterschied bei zwei festgelegten Frequenzen zwischen zwei beliebigen Punkten innerhalb eines Bauteils oder Systems.

2.10 Kreuzmodulation

Die unerwünschte Modulation des Trägers eines Nutzsignals durch die Modulation eines Fremdsignals infolge von Nichtlinearitäten eines Bauteils oder Systems.

2.11 Träger-Rausch-Verhältnis

Die in Dezibel ausgedrückte Differenz zwischen dem Bild- oder Tonträgerpegel an einem gegebenen Punkt in einem Gerät oder System und dem Rauschpegel an diesem Punkt (gemessen innerhalb einer für das verwendete Fernseh- oder Tonrundfunksystem geeigneten Bandbreite).

2.12 Rauschzahl/Rauschmaß

Rauschzahl und Rauschmaß dienen als Gütewert zur Beschreibung des durch ein aktives Gerät erzeugten Eingangsrauschens.

Die Rauschzahl (F) wird definiert als Verhältnis zwischen dem eingangsseitigen und ausgangsseitigen Träger-Rausch-Verhältnis eines aktiven Geräts. Dabei wird der eingangsseitige Träger als rauschfrei angenommen.

$$F = \frac{C_1/N_1}{C_2/N_2}$$

Dabei ist:

C_1 die Signalleistung am Eingang;

C_2 die Signalleistung am Ausgang;

N_1 die Rauschleistung am Eingang (ideales thermisches Rauschen);

N_2 die Rauschleistung am Ausgang.

Mit anderen Worten handelt es sich bei der Rauschzahl um das Verhältnis der Rauschleistung am Ausgang eines aktiven Geräts zu derjenigen Rauschleistung, die an demselben Punkt bei einem idealen Gerät anstehen würde, das dem Signal keinen Rauschanteil hinzufügt.

$$F = \frac{N_{2 \text{ real}}}{N_{2 \text{ ideal}}}$$

Die Rauschzahl besitzt keine Einheit. Sie wird häufig als Rauschmaß (NF) in dB ausgedrückt.

$$NF = 10 \lg F \text{ (dB)}$$

2.13 Ideales thermisches Rauschen

Das in einem Bauteil mit ohmschem Widerstand durch die Wärmebewegung der Elektronen erzeugte Rauschen.

Die bei diesem Vorgang entstehende thermische Leistung wird mit der folgenden Gleichung ermittelt:

$$P = 4 \cdot B \cdot k \cdot T$$

Dabei ist:

P die Rauschleistung in Watt;

B die Bandbreite in Hertz;

k die Boltzmann-Konstante = $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K;

T die absolute Temperatur in Kelvin.

Daraus folgt:

$$\frac{U^2}{R} = 4 \cdot B \cdot k \cdot T$$

sowie:

$$U = \sqrt{4 \cdot R \cdot B \cdot k \cdot T}$$

Dabei ist:

U die Rauschspannung

R der Widerstand in Ohm

In der Praxis wird die Quelle üblicherweise mit einer Last entsprechend ihrem internen Widerstandswert abgeschlossen. Die eingangsseitige Rauschspannung beträgt in diesem Fall $U/2$.

2.14 Chrominanz/Luminanz-Laufzeitunterschied

Der in Nanosekunden ausgedrückte Laufzeitunterschied zwischen dem Luminanz- und Chrominanzanteil (4,43 MHz) innerhalb eines PAL/SECAM-Fernsehskanals. Es ist der schlechteste Kanal zusammen mit der jeweiligen Frequenz anzugeben.

2.15 Widerstandsrichtig angepaßt

Die Anpaßbedingung, bei welcher der durch die mit dem zu prüfenden Gerät zusammengeschalteten Geräte und dem zu prüfenden Gerät selbst verursachte Meßfehler akzeptabel ist. Zur Berechnung des maximalen Fehlers ist die folgende Gleichung zu verwenden:

$$\text{Maximaler Meßfehler der Rückflußdämpfung} = -20 \cdot \lg \left| 1 \pm 10^{\frac{a_r - a_m}{20}} \right|$$

ANMERKUNG: Die schlechtesten Bedingungen treten ein, wenn die Rückflußdämpfung des zu prüfenden Geräts und des Prüfgeräts gleich sind, aber entgegengesetzte Phasen haben, d. h., der Resonanzfall tritt ein.

Fehlpassungsbedingte Welligkeit:

$$a_{\text{Welligkeit max.}} = 40 \cdot \lg \left[\frac{\left(1 + 10^{-\frac{a_m + a_r}{20}} \right)}{\left(1 - 10^{-\frac{a_m + a_r}{20}} \right)} \right] + 20 \cdot \lg \left[\frac{\left(1 + 10^{-\frac{a_m}{20}} \right)}{\left(1 - 10^{-\frac{a_m}{20}} \right)} \right]$$

Der erste Term beschreibt die fehlpassungsbedingte Welligkeit am Ein- und Ausgang des zu prüfenden Geräts, der zweite Term die fehlpassungsbedingte Welligkeit zwischen Quelle und Last, bezogen auf Z_0 . Der Einfachheit halber wird bei dieser Gleichung davon ausgegangen, daß das Prüfobjekt am Eingang und Ausgang den gleichen Rückflußdämpfungswert a_r aufweist. Weiterhin wird angenommen, daß auch die am Ein- und Ausgang angeschlossenen Prüfgeräte den gleichen Rückflußdämpfungswert a_m aufweisen.

a_r Rückflußdämpfungswert des zu prüfenden Geräts in dB

a_m Rückflußdämpfungswert der Prüfgeräte in dB

Allgemeine Regel:

Die Prüfgeräte sollten eine Rückflußdämpfung besitzen, die um mindestens 10 dB über dem für das zu prüfende Gerät zu erwartenden Wert liegt.

3 Meßverfahren

In diesem Abschnitt werden die grundlegenden Meßverfahren definiert. Jedes gleichwertige Meßverfahren, durch das die gleiche Genauigkeit gewährleistet wird, darf ebenfalls zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eingesetzt werden.

Soweit nicht anders angegeben, sind alle Messungen mit 0-dB-Einsteckdämpfungsgliedern und -entzerrern durchzuführen. Es ist die Position von Einstellern zu veröffentlichen, die während der Messung verwendet werden.

Der Meßaufbau muß über den festgelegten Frequenzbereich widerstandsgerecht angepaßt sein.

3.1 Lineare Verzerrungen

3.1.1 Rückflußdämpfung

Das nachstehend beschriebene Verfahren dient zur Messung der Rückflußdämpfung an Geräten für den Betriebsfrequenzbereich von 5 MHz bis 1750 MHz.

An allen Eingangs- und Ausgangsanschlüssen des Gerätes muß die Festlegung unter allen Betriebsbedingungen der automatischen oder manuellen Verstärkungsregelung und unter Einsatz jeder beliebigen Kombination von Einsteckentzerrern und -dämpfungsgliedern erfüllt werden.

3.1.1.1 Erforderliche Geräte

- a) Ein Meßsender oder Wobbelgenerator mit Einstellmöglichkeit über den Frequenzbereich der zu prüfenden Geräte.

Es ist dafür Sorge zu tragen, daß das Ausgangssignal des Meßsenders oder Wobbelgenerators keinen hohen Oberwellenanteil besitzt, da hierdurch die Meßgenauigkeit erheblich beeinträchtigt werden kann.

- b) Eine VSWR-Meßbrücke mit eingebautem oder separatem RF-Detektor.

Die Meßgenauigkeit hängt von der Güte der VSWR-Meßbrücke ab, vor allem vom Richtfaktor und der Rückflußdämpfung am Prüfanschluß der Brücke. Bild 2 zeigt als Beispiel die maximale Genauigkeit, die mit Hilfe einer Brücke mit einem Richtfaktor von 46 dB und einer Rückflußdämpfung von 26 dB erreicht werden kann.

- c) Ein Oszilloskop.

- d) Kalibrierte Fehlanpassungen.

3.1.1.2 Anschluß der Geräte

Die Geräte sind wie in Bild 1 anzuschließen.

3.1.1.3 Durchführung der Messung

ANMERKUNG 1: Alle koaxialen Eingangs- und Ausgangsanschlüsse, an denen keine Messung durchgeführt wird, sind mit 75 Ω abzuschließen.

ANMERKUNG 2: Es ist dafür Sorge zu tragen, daß an dem zu messenden Anschluß keine Versorgungsspannung ansteht, da dies zur Beschädigung der Brücke führen kann. Falls eine Sperrschaltung für diese Spannung erforderlich sein sollte, so ist eine Schaltung mit guten Rückflußdämpfungswerten einzusetzen (10 dB besser als die Anforderung dieser Norm).

ANMERKUNG 3: Es sind ausschließlich kalibrierte Steckverbinder, Adapter und Kabel hoher Güte zu verwenden.

Die Messung umfaßt die folgenden Schritte:

- a) Die Geräte wie in Bild 1 anschließen.
b) Den Ausgangspegel des Meßsenders so einstellen, daß das zu prüfende Gerät nicht übersteuert wird.
c) Mit den kalibrierten Fehlanpassungen die Oszilloskopanzeige kalibrieren.
d) Das zu prüfende Gerät wie in Bild 1 anschließen und die Rückflußdämpfung über den festgelegten Frequenzbereich messen.

3.1.2 Linearität des Frequenzgangs

Da die Meßverfahren allgemein bekannt sind, erübrigt sich eine ausführliche Beschreibung der Messung.

Die Messung wird im allgemeinen mit einem 75- Ω -Skalar- oder Vektor-Netzwerkanalysator durchgeführt. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß alle verwendeten Geräte (Steckverbinder, Übergänge, Kabel usw.) widerstandsrichtig angepaßt sind.

3.1.3 Chrominanz/Luminanz-Laufzeitunterschied nur für PAL/SECAM

Es ist das bekannte 20T-Impuls-Meßverfahren zu verwenden. Dieses Verfahren ist in Abschnitt 3.9 der EN 50083-5 beschrieben.

3.2 Nichtlineare Verzerrungen

3.2.1 Allgemeines

3.2.1.1 Grundlagen

In einem nichtlinearen Gerät besteht der mathematische Ausdruck des Ausgangssignals im allgemeinen aus einer unendlichen Anzahl von Termen. Jeder Term entsteht dabei aus einem oder mehreren (als sinusförmig angenommen) Termen am Eingang, vor allem aus dem Zusammenwirken zweier oder mehrerer Terme. Die Übertragungsfunktion des Gerätes kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$V_{\text{out}} = a_0 + a_1 V_{\text{in}} + a_2 V_{\text{in}}^2 + a_3 V_{\text{in}}^3 + \dots a_n V_{\text{in}}^n + \dots \text{ usw.}$$

Enthält das Eingangssignal V_{in} m sinusförmige Terme, dann kann dies wie folgt ausgedrückt werden:

$$V_{in} = V_1 \sin(\omega_1 t + \Phi_1) + V_2 \sin(\omega_2 t + \Phi_2) + \dots V_m \sin(\omega_m t + \Phi_m)$$

Das Ausgangssignal enthält dann eine Reihe von Termen, die jeweils in der folgenden allgemeinen Form ausgedrückt werden können:

$$C V_i a_n \sin(\omega_i t + \Phi_i)$$

Dabei ist:

ω_i die Summe oder Differenz der ganzzahligen positiven Vielfachen einer oder mehrerer Eingangsfrequenzen.
Beispiele:

$$4\omega_2, 2\omega_1 - \omega_3, 4\omega_1 + \omega_2, 2\omega_1 + \omega_2 + \omega_3$$

Dies kann in allgemeiner Form wie folgt ausgedrückt werden:

$$\omega_i = p_1\omega_1 \pm p_2\omega_2 \pm p_3\omega_3 \pm \dots p_m\omega_m$$

Dabei sind:

ω die Winkelgeschwindigkeit $2\pi f$.

$p_1, p_2, \dots p_m$ ganzzahlige positive Werte (einschließlich 0);

Φ_i die relative Phase des Ausgangssignals;

a_n ein Koeffizient der Übertragungsfunktion;

V_i ein Term, der vom Produkt der Leistungen der Amplituden der Eingangssignale (V_1, V_2 usw.) abhängt, wobei die Summe der Leistungen gleich n ist;

C ein numerischer Multiplikator.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß Terme derselben Frequenz aus verschiedenen Termen der Übertragungsfunktion entstehen können, d. h. für mehrere verschiedene Werte von n .

Jeder Anteil des Ausgangssignals, der durch einen solchen Ausdruck mit $n > 1$ dargestellt werden kann, ist ein **nichtlineares Verzerrungsprodukt**. Ist ω_i ein ganzzahliges Vielfaches eines einzelnen Terms im Eingangssignal (z. B. $4\omega_2$), dann wird dieses Produkt als **harmonisches Verzerrungsprodukt** betrachtet. Entsteht es aus zwei oder mehr Termen (z. B. $2\omega_1 - \omega_3$), dann wird es als **intermodulationsprodukt** bezeichnet.

Da die Werte von a_1, a_2, a_3 usw. üblicherweise relativ schnell mit steigenden Werten von n abnehmen, beruht die Entstehung der vorherrschenden nichtlinearen Ausgangssignale aus den Termen der Übertragungsfunktion folglich darauf, daß die Summen von $p_1 + p_2 + \dots p_n = n$ ist, wobei n als Ordnung des nichtlinearen Verzerrungsprodukts definiert wird. So ist z. B. $3\omega_1 - 2\omega_3$ ein Produkt fünfter Ordnung, das aus dem Term $a_5 V_{in}^5$ entsteht.

Die in diesem Ausdruck dargestellten m Eingangssignale sind nicht unbedingt diskrete Einzelsignale. Jedes periodische Signal kann wie im Ausdruck für V_{in} auch durch eine Reihe von Sinustermen dargestellt werden. Bei den vorherrschend auftretenden, nichtlinearen Ausgangssignalen wird ersichtlich, daß:

$$V_i = V_1^{p_1} V_2^{p_2} V_3^{p_3} \dots V_m^{p_m}$$

Folglich wird, wenn die Amplituden aller Eingangssignale mit einem gemeinsamen Faktor K multipliziert werden, die Amplitude der Verzerrungsprodukte n -ter Ordnung mit K^n multipliziert (denn: $p_1 + p_2 + \dots p_m = n$). Werden die Pegel aller Eingangssignale um 1 dB angehoben, dann erhöht sich der Pegel jedes Verzerrungsprodukts n -ter Ordnung um n dB, und das daraus resultierende Signal-Verzerrungs-Verhältnis nimmt um $(n - 1)$ dB ab. Diese Beziehung wird als „Normpegeländerung“ des Verzerrungsprodukts bezeichnet.

Entsteht ein Verzerrungsprodukt aus Anteilen verschiedener Ordnung und/oder treten Produkte verschiedener Ordnung innerhalb der Bandbreite des zur Messung der Pegel von Verzerrungsprodukten verwendeten Gerätes auf, dann folgt der gemessene Pegel nicht der Normpegeländerung.

Im Prinzip ist für eine vollständige Beschreibung einer nichtlinearen Charakteristik eine unendliche Anzahl von Termen notwendig. Betrachtet man allerdings die Normpegeländerung von Termen verschiedener Ordnung, dann steigt der relative Beitrag von Termen höherer Ordnung mit dem Pegel der Eingangssignale an. In umgekehrter Weise erzeugen bei ausreichend niedrigen Signalpegeln nur einige wenige unter den Termen niedrigster Ordnung relevante Anteile am Ausgang.

Sind alle Eingangssignale auf einen Frequenzband von weniger als eine Oktave begrenzt, so liegen die Frequenzen aller Terme zweiter Ordnung außerhalb der Bandgrenzen. Die Signalfrequenzen können ebenfalls so in zwei oder mehreren, nicht aneinander angrenzenden Bändern angeordnet werden, daß alle Produkte zweiter Ordnung außerhalb dieser Bänder liegen.

Verzerrungsprodukte dritter Ordnung – vor allem Produkte, die bei Frequenzen auftreten, die durch $\omega_1 \pm \omega_2 \pm \omega_3$ darstellbar sind – können nicht aus dem Band herausgehalten werden, das die Eingangssignale enthält. Die Anhäufung von Verzerrungsprodukten dritter Ordnung kann sich deshalb als einschränkender Faktor in der Leistungsfähigkeit eines Breitbandverteilsnetzes bemerkbar machen, das zur Übertragung einer großen Anzahl von Kanälen eingesetzt wird.