

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer:

**0 367 897
A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 89108348.7

51 Int. Cl.⁵: **H04H 1/00**

22 Anmeldetag: 10.05.89

30 Priorität: 11.11.88 DE 3838226

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.05.90 Patentblatt 90/20

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

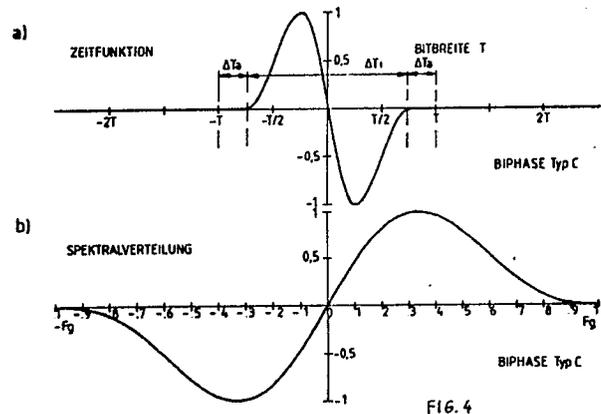
71 Anmelder: Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH
Theodor-Stern-Kai 1
D-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

72 Erfinder: Rudolph, Dietmar, Prof. Dr.
Glockenstrasse 2c
D-1000 Berlin 37(DE)

74 Vertreter: Schulze, Harald Rudolf, Dipl.-Ing. et
al
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH
Theodor-Stern-Kai 1
D-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

54 Verfahren zur zusätzlichen Übertragung von digitalen Datensignalen über bandbegrenzte Übertragungskanäle.

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur zusätzlichen Übertragung von digitalen Daten in bandbegrenzten Übertragungskanälen. Bei dem Verfahren werden zur Erzielung eines ausreichenden Mindest-Störabstandes zwischen Datensignalen und den anderen zu übertragenden Signalen die Datensignale vor der Übertragung verrundet. Die Amplitude der erfindungsgemäßen Kurvenform für verrundete Datensignale nehmen im Zeitbereich nur in einem inneren Bereich von etwa 75 % der doppelten Bitbreite eines Einzelbits Werte verschieden von Null an und sind sonst Null. Die Zeitfunktion $f(t)$ der verrundeten Datensignalfolgen weist keine Einsattelungen mehr auf, die Zahl der Extrema der ersten zeitlichen Ableitung $f'(t)$ ist geringer als die Zahl der Extrema der ersten zeitlichen Ableitung $F'(t)$ einer vergleichbar, aber gemäß EBU-Vorschrift gerundeten Zeitfunktion $F(t)$. Eine bevorzugte Anwendung der Erfindung ist AM-RDS. Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens bestehen vor allem in der minimalen PM → AM-Konversion und in dem optimalen Augenmuster.



EP 0 367 897 A2

Verfahren zur zusätzlichen Übertragung von digitalen Datensignalen über bandbegrenzte Übertragungskanäle

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Verfahren dieser Art dienen der zusätzlichen Übertragung von digitalen Datensignalen über einen bereits vorhandenen und hauptsächlich zur Übertragung von anderen Signalen genutzten, bandbegrenzten Übertragungskanal.

Bei der zusätzlichen Nutzung vorhandener Übertragungskanäle durch Datensignale (z.B. Radiodaten-Signale im Rundfunk) darf das Programm (Hauptbenutzer) nicht durch die Daten (Mitbenutzer) gestört werden.

Die Datensignale müssen aus diesem Grund so verrundet werden, daß sie diese Bedingung erfüllen. Dies geschieht in den meisten Fällen dadurch, daß das Spektrum der Datensignale hart begrenzt wird, wie z.B. beim UKW-Hörrundfunk-Radio-Daten-System ("UKW-RDS") oder bei der Datenübertragung über einen Schmalband-Datenkanal, beispielsweise dem Tonkanal vom Studio (im Funkhaus) zum Sender. In anderen Fällen muß die Verrundung so erfolgen, daß die erste zeitliche Ableitung der verrundeten Kurvenform ein Minimum an Schwingungen (Extrema) aufweist, wie z.B. beim AM-Hörrundfunk-Radio-Daten-System ("AM-RDS").

Aus "Tech. 3244-E Specifications of the Radio Data System RDS for VHF/FM Sound Broadcasting" (Brüssel, 1984), Seiten 5 bis 10 von der European Broadcasting Union (EBU) ist eine zeitliche Kurvenform für ein verrundetes Datensignal, die EBU-Kurvenform, bekannt, die von der EBU ursprünglich nur für UKW-RDS verbindlich festgelegt worden ist und deren zeitlicher Verlauf und Spektralverteilung in FIG. 1 gezeigt ist, die jedoch nur die Bedingung einer harten Bandbegrenzung, nicht aber die Bedingung einer ausreichend kleinen Zahl an Schwingungen in der ersten zeitlichen Ableitung der Zeitfunktion der Datensignalfolge erfüllt und daher z.B. für AM-RDS nur bedingt verwendet werden kann.

Das Anwendungsgebiet für solche Kurvenformen ist im Prinzip das ganze Gebiet der Datenübertragung, wenngleich aufgrund nichtlinearer Eigenschaften mancher Systeme (z.B. Wanderfeldwellen-Verstärker im Satellitenfunk) die Zeitverläufe der Daten verzerrt werden, weshalb dann oft auf eine exakte Formung verzichtet wird.

Nach dem Stand der Technik läßt sich die Verrundung für langsame Datenübertragung optimal mit Hilfe digitaler Methoden realisieren. Für schnelle Datenübertragung sind bislang analoge Verrundungen üblich, die demzufolge nur näherungsweise die theoretischen Werte erreichen.

Die als Biphasen-Signal ausgebildete EBU-Kurvenform in FIG. 1a ist Ursprungssymmetrisch und nähert sich für $T \rightarrow \pm\infty$ oszillatorisch sehr schnell dem Wert Null, wobei T die Breite (Dauer) des un verrundeten Datensignals (Einzelbit) ist. Wesentlich von Null verschiedene Amplituden sind bei dieser Kurvenform nur im Bereich $\pm 2T$ anzutreffen.

Die zugehörige Spektralverteilung in FIG. 1b ist ebenfalls Ursprungssymmetrisch und weist wesentlich von Null verschiedene Spektralanteile nur innerhalb eines durch die Grenzfrequenzen $+F_g$ und $-F_g$ definierten Bereichs auf, der die Bandbreite dieser EBU-Kurvenform darstellt und der gemäß der o.a. EBU-Vorschrift von der Daten- oder Bandrate abhängt. Für Biphasen-Signalförmungen z.B. ergibt sich ein Bereich von ± 2 Bandrate. Bei einer Bandrate von 1,2 kbd für UKW-RDS beispielsweise beträgt die Bandbreite $\pm F_g$ somit $\pm 2,4$ kHz. Bei AM-Anwendungen dagegen ist die Bandrate ≤ 200 Bd, woraus für Biphasen-Signalförmungen nach dieser EBU-Vorschrift eine Grenzfrequenz $F_g \leq 400$ Hz erfolgt.

Zur Diskussion der hier interessierenden Eigenschaften der EBU-Kurvenform genügt es, das nicht modulierte Datensignal (Basisbandsignal) zu betrachten.

In FIG. 2a ist eine typische zeitliche Folge von un verrundeten digitalen Datensignalen im NRZ (No-Return-to-Zero)-Format gezeigt.

Mit der gemäß der o.a. EBU-Vorschrift vorgenommenen Verrundung (vgl. FIG. 1) der Datensignale ergibt sich die in FIG. 2b gezeigte Zeitfunktion $F(t)$ der Folge der nunmehr verrundeten Datensignale der FIG. 2a im Biphasen-Format. Das entsprechende Augenmuster zu dieser EBU-Signalförmung ist in FIG. 6a gezeigt.

Kennzeichnend für diese gemäß der o.a. EBU-Vorschrift gebildete Zeitfunktion $F(t)$ sind die Einsattelungen S im Bereich der Extrema (Minima und Maxima) der Funktion, die in Fachkreisen auch unter der Bezeichnung "Hundeknochen" bekannt sind.

Im Gegensatz zur Datenübertragung im UKW-RDS werden die digitalen Datensignale im AM-Bereich, also im AM-RDS, als Phasenmodulation (PM) des Trägers übertragen. Für diesen Dienst gibt es noch keine EBU-Richtlinie, jedoch könnte die in FIG. 1 gezeigte EBU-Kurvenform im Prinzip auch in diesem Bereich zur Verrundung von digitalen Datensignalen eingesetzt werden, was jedoch zu keiner optimalen Lösung führt.

Da die Phasenmodulation (PM) für die Daten und die Amplitudenmodulation (AM) für die Nachricht zueinander orthogonal sind, stören sich die

beiden Modulationen im Prinzip gegenseitig nicht und können daher auch wieder empfangsseitig getrennt werden.

In der Praxis gibt es allerdings ein wechselseitiges Übersprechen von den Daten zur Nachricht und umgekehrt. Da aus Kompatibilitätsgründen die Störung durch die Daten eine Toleranzgrenze (z.B. Störabstand > 40 dB) nicht überschreiten darf, ist es notwendig, die Signalform für die Daten zu verrunden und die Datengeschwindigkeit und den Phasenhub zu begrenzen. Bei gegebener Toleranzgrenze für das Maß der Kompatibilität ist es das Ziel, die übertragenen Daten so zu verrunden, daß Datengeschwindigkeit und Datenhub maximal groß werden. (Dabei kann dann die Datengeschwindigkeit erhöht werden, wenn der Phasenhub erniedrigt wird, um umgekehrt. Der Abgrenzung dieser beiden Parameter gegeneinander muß aufgrund der Datenfehlerwahrscheinlichkeit erfolgen.)

Die Größe des Phasenhubes beeinflußt die Störfestigkeit der Datenübertragung. Bei gegebener Bitfehlerrate (z.B. BER = .0001) ist ein Phasenhub von ca. ± 15 Grad erforderlich. (Dieser Wert ist abhängig vom Störphasenhub der Sender und der Empfänger und unterliegt somit einem technischen Wandel.)

Nimmt man den Wert des Phasenhubes als fest an, so wirkt sich die Form der verrundeten Daten direkt auf die (aufgrund der Kompatibilität) erreichbare Datengeschwindigkeit aus.

Die Störung des Programms durch die Daten erfolgt aufgrund einer Umwandlung der PM in eine AM. Exakt ausgedrückt, wird dabei die mit der PM stets verknüpfte Frequenzmodulation (FM) in eine AM gewandelt. Diese Umwandlung der FM in eine AM erfolgt insbesondere an unsymmetrischen Flanken der Zwischenfrequenz(ZF)-Filter.

Dies verdeutlicht FIG. 3, die die Durchlaßkurve $U(f)$ eines typischen ZF-Filters als Funktion der Frequenz f zeigt und die zu höheren Frequenzen hin eine unsymmetrische Flanke aufweist. Durch diese Flanke wird die an sich symmetrisch um eine Mittenfrequenz \bar{f} erfolgende Frequenzmodulation mit einem Frequenzhub Δf in unsymmetrische Schwankungen ΔU der Amplitude des ZF-Signals U um den zur Mittenfrequenz \bar{f} gehörenden Amplitudenwert \bar{U} umgesetzt, was sich beim Empfang des Hauptprogramms störend auswirken kann.

In die Größe dieser Störung geht der gewählte Phasenhub $\Delta\phi$ und damit auch der zugehörige Frequenzhub Δf sowie die Form des verrundeten Datensignals ein.

Phasen- und Frequenzmodulation sind dabei wie folgt miteinander verknüpft:

Gehört zur Phasenmodulation ein (Daten-)Signal $s(t)$, so gehört zur Frequenzmodulation ein Signal $d s(t)/dt$, also die zeitliche Ableitung des (Daten-)Signals $s(t)$.

In FIG. 5a ist noch einmal die in FIG. 2b bereits gezeigte und nach der o.a. EBU-Vorschrift gebildete Zeitfunktion $F(t)$ zusammen mit ihrer ersten zeitlichen Ableitung $F'(t)$ dargestellt. Bedingt durch die Einsattelungen S in $F(t)$ weist die Ableitung $F'(t)$ eine vergleichsweise hohe Zahl von Schwingungen bzw. Extrema auf, die, wie praktische Versuche gezeigt haben, ein bei bestimmten Ausbreitungsbedingungen über der Toleranzgrenze liegendes und damit hörbares "Datenbrummen" zur Folge haben können.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die zusätzlich zu übertragenden Datensignale so verrundet werden, daß sie auch unter extremen Ausbreitungsbedingungen in Datenübertragungssystemen, die ein Minimum an Schwingungen oder Extrema in der ersten Ableitung der Zeitfunktion $f(t)$ der zu übertragenden Datensignalfolge fordern, wie z.B. AM-RDS, unter Einhaltung des vorgegebenen Mindest-Störabstandes eingesetzt werden können.

Die erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die übrigen beiden Ansprüche beinhalten eine vorteilhafte Ausbildung sowie eine bevorzugte Anwendung der Erfindung.

Die erfindungsgemäße Lösung sieht zeitliche Kurvenformen für verrundete Datensignale vor, bei denen die Minima der Zeitfunktion $f(t)$ der Folge der verrundeten Datensignale nur in dem unteren Teilbereich des zulässigen Amplituden-Gesamtbereichs liegen und die Maxima entsprechend nur in dem oberen Teilbereich, wobei sowohl der untere als auch der obere Teilbereich jeweils etwa 25 % des Amplituden-Gesamtbereichs ausmachen. Des weiteren ist bei den erfindungsgemäßen Kurvenformen die Zahl der Extrema (Minima und Maxima) dieser Zeitfunktion $f(t)$ einerseits und ihrer ersten zeitlichen Ableitung $f'(t)$ andererseits jeweils kleiner oder höchstens gleich der Zahl der Extrema (Minima und Maxima) einer auf der Basis der EBU-Kurvenform (vgl. FIG. 1) für die gleiche Folge von Datensignalen gebildeten Zeitfunktion $F(t)$ einerseits und ihrer ersten zeitlichen Ableitung $F'(t)$ andererseits. Schließlich sind die Amplituden der sowohl im Zeitbereich als auch im Spektralbereich ursprungssymmetrischen erfindungsgemäßen Kurvenform nur in einem inneren Teilbereich ΔT_i (mit Ausnahme des in der Mitte des inneren Teilbereichs liegenden Ursprungs) der doppelten Bitbreite $\pm T$ des einzelnen verrundeten Datensignals verschieden von Null (und sonst Null).

In einer vorteilhaften Ausführungsform beträgt dieser innere Teilbereich ΔT_i vorteilhafterweise etwa 60 - 90 %, vorzugsweise etwa 70 - 80 %, insbesondere etwa 75 %, der doppelten Bitbreite $\pm T$, wobei die zeitliche Kurvenform vorteilhafterweise

aus drei Teilstücken mit jeweils sinusförmigem Übergang zwischen direkt benachbarten Teilstücken besteht.

Besonders vorteilhaft kann das erfindungsgemäße Verfahren in Datenübertragungssystemen eingesetzt werden, die ein Minimum an Schwingungen als Extrema in der ersten zeitlichen Ableitung der Zeitfunktion der verrundeten Datensignalfolge fordern, wie z.B. das AM-RDS.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der FIG. 4 bis 6 näher erläutert.

Die FIG. 4 zeigt, im gleichen Maßstab wie FIG. 1, die Zeitfunktion (a) und die Spektralverteilung (b) einer besonders vorteilhaften erfindungsgemäßen Kurvenform (Typ C) für ein einzelnes verrundetes Datensignal (Einzelbit) im Biphasen-Format, die im Zeitbereich (FIG. 4a) aus drei Teilstücken mit jeweils sinusförmigem Übergang zwischen direkt benachbarten Teilstücken zusammengesetzt ist.

Auch die erfindungsgemäße Kurvenform Typ C ist wie die EBU Kurvenform ursprungssymmetrisch sowohl im Zeitbereich als auch in der Spektralverteilung.

Die Amplitude der erfindungsgemäßen Kurvenform C nimmt im Zeitbereich nur in dem inneren Teilbereich ΔT_i (mit Ausnahme des in der Mitte von ΔT_i liegenden Ursprungs) Werte verschieden von Null an und ist sonst Null (auch in den beiden äußeren Teilbereichen ΔT_a).

Der innere Teilbereich ΔT_i beträgt in diesem Ausführungsbeispiel etwa 75 % der doppelten Bitbreite (Dauer) $\pm T$ eines verrundeten Datensignals.

Die Bandbreite der erfindungsgemäßen Kurvenformen Typ C ist größer als die der EBU-Kurvenform (FIG. 1), (weshalb die erfindungsgemäße Kurvenform C für UKW-RDS nicht verwendet werden kann). Das entsprechende Augenmuster für die Kurvenform C ist in FIG. 6b dargestellt.

Mit der erfindungsgemäßen Kurvenform C ergeben sich erhebliche Verbesserungen in der Zeitfunktion $f(t)$ der verrundeten Datensignalfolgen und deren ersten zeitlichen Ableitungen $f'(t)$, wie die FIG. 5 eindeutig zeigt.

Dort sind zum einen die Zeitfunktion $F(t)$ der EBU-Form (vgl. FIG. 2b) und $f(t)$ der erfindungsgemäßen Kurvenform Typ C sowie zum anderen deren erste zeitliche Ableitungen $F'(t)$ und $f'(t)$, die sich für die gleiche (unverrundete) NRZ-Datenfolge (FIG. 2a) ergeben, miteinander verglichen.

Wie klar erkennbar ist, weist die Zeitfunktion $f(t)$ der erfindungsgemäß verrundeten Datensignalfolge keine Einsattelungen im Bereich der Extrema mehr auf (im Gegensatz zur Zeitfunktion $F(t)$ der gemäß EBU-Vorschrift verrundeten Datensignalfolge).

Aber auch die Zahl der Schwingungen bzw. Extrema ist bei $f'(t)$ wesentlich kleiner als bei $F'(t)$.

Da die Zeitfunktion $f(t)$ der erfindungsgemäß

verrundeten Datensignalfolge keine Einsattelungen und die erste zeitliche Ableitung $f'(t)$ dieser Funktion $f(t)$ keine unnötigen Schwingungen mehr aufweisen, ist mit der erfindungsgemäßen Verrundung eine Übertragung zusätzlicher Datensignale auch unter extremen Ausbreitungsbedingungen ohne "Datenbrummen" nunmehr möglich.

Dies trifft insbesondere für AM-RDS zu, da dort die Forderung nach einem Minimum an Schwingungen in der ersten zeitlichen Ableitung $f'(t)$ ausschlaggebend ist, um die an sich störende Umwandlung von FM in eine AM durch die Datensignale auf Werte unterhalb der Toleranzgrenze für hörbares Datenbrummen zu drücken.

Es versteht sich, daß die Erfindung mit fachmännischem Wissen und Können aus- und weitergebildet sowie an die unterschiedlichsten Anwendungen angepaßt werden kann, ohne daß dies hier näher erläutert werden müßte.

So ist die Erfindung nicht auf die in der FIG. 4 näher erläuterte konkrete Ausführungsform beschränkt; vielmehr können auch andere mathematische Formeln gefunden werden, die vergleichbare Kurvenformen ergeben, d.h. die keine Einsattelungen in den Zeitfunktionen $f(t)$ zur Folge haben und die keine unnötigen Überschwinger in deren erster zeitlicher Ableitung $f'(t)$ aufweisen.

Weiterhin ist die Erfindung nicht auf das Biphasen-Format beschränkt, sondern kann auch im NRZ-Format direkt angewendet werden (also ohne Umwandlung der unverrundeten NRZ-Datenfolge in eine verrundete Biphasen-Datenfolge). Dies ist insbesondere für AM-RDS wichtig.

Schließlich ist die Anwendung der Erfindung nicht auf AM-RDS beschränkt, sondern erstreckt sich auch auf gleichartige Datenübertragungssysteme, bei denen die Forderung nach harter Bandbegrenzung in den Hintergrund tritt gegenüber der Forderung nach einer minimalen Anzahl von Überschwängern in der ersten zeitlichen Ableitung $f'(t)$ der Zeitfunktion $f(t)$ für verrundete Datensignalfolgen.

Hervorzuheben sind letztendlich zwei wesentliche Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens, nämlich daß eine minimale PM \rightarrow AM-Konversion sowie ein optimales Augenmuster erzielt werden.

Ansprüche

1. Verfahren zur zusätzlichen Übertragung von digitalen Datensignalen über einen auch zur Übertragung von anderen Signalen genutzten, bandbegrenzten Übertragungskanal, bei welchem Verfahren zur Erzielung eines vorgegebenen Mindest-Störabstands zwischen den digitalen Datensignalen und den anderen Signalen die digitalen Datensignale vor der Übertragung in ihrer zeitlichen Kur-

venform verrundet werden, wobei die Zeitfunktion $f(t)$ der Folge der verrundeten Datensignale durch einen Amplituden-Gesamtbereich definiert ist und wobei die doppelte Bitbreite $\pm T$ eines einzelnen verrundeten Datensignals (Einzelbit) in zwei äußere Teilbereiche ΔT_a und einen inneren Teilbereich ΔT_i unterteilbar ist und die zeitliche Kurvenform und die zugehörige Spektralverteilung jeweils ursprungssymmetrisch sind, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Minima der Zeitfunktion $f(t)$ der Folge der verrundeten Datensignale (C) nur im etwa 25 % des Amplituden-Gesamtbereichs umfassenden unteren Teilbereich liegen und die Maxima nur im ebenfalls etwa 25 % des Amplituden-Gesamtbereichs umfassenden oberen Teilbereich;

- daß die Zahl der Extrema (Minima und Maxima) dieser Zeitfunktion $f(t)$ einerseits und ihrer ersten zeitlichen Ableitung $f'(t)$ andererseits jeweils kleiner oder höchstens gleich ist der Zahl der Extrema (Minima und Maxima) einer auf der Basis der in "Tech. 3244-E Specifications of the Radio Data System RDS for VHF/FM Sound Broadcasting" (Brüssel, 1984), Seiten 5 bis 10 von der European Broadcasting Union (EBU) definierten EBU-Kurvenform für verrundete Datensignale für die gleiche Folge von digitalen Datensignalen gebildeten Zeitfunktion $F(t)$ einerseits und ihrer ersten zeitlichen Ableitung $F'(t)$ andererseits;

- daß die Amplitude der zeitlichen Kurvenform (C) nur im gesamten inneren Teilbereich ΔT_i mit Ausnahme des in der Mitte des inneren Teilbereichs ΔT_i liegenden Ursprungs Werte verschieden von Null annimmt und sonst Null ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Teilbereich ΔT_i etwa 60 - 90 %, vorzugsweise etwa 70 - 80 %, insbesondere etwa 75 %, der doppelten Bitbreite $\pm T$ beträgt und daß die zeitliche Kurvenform (C) des verrundeten Datensignals (Einzelbit) aus drei Teilstücken mit jeweils sinusförmigem Übergang zwischen direkt benachbarten Teilstücken besteht.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, gekennzeichnet durch die Verwendung zur zusätzlichen Übertragung von digitalen Datensignalen über ein AM-Hörrundfunk-Radio-Daten-System (AM-RDS).

50

55

5

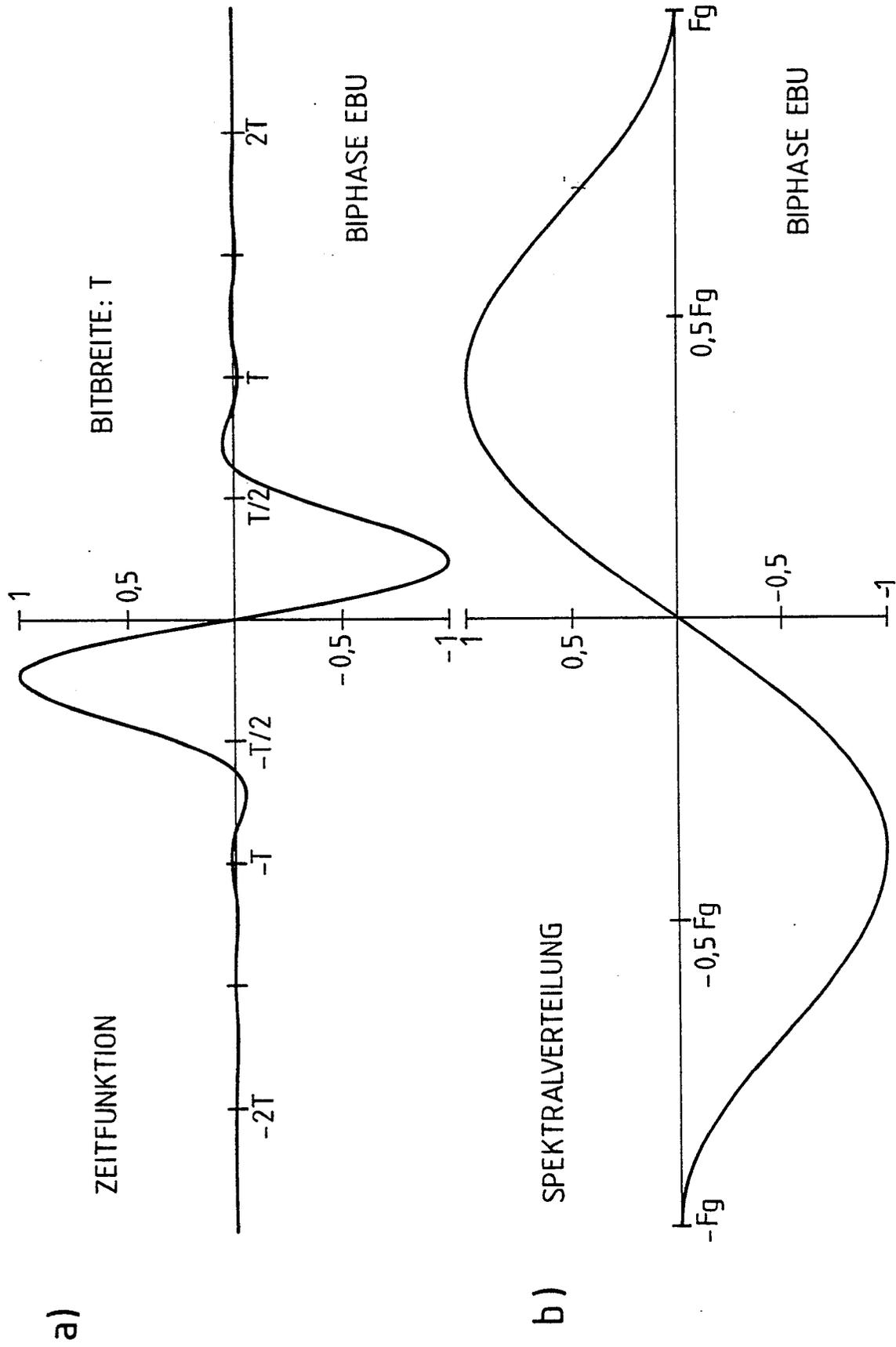
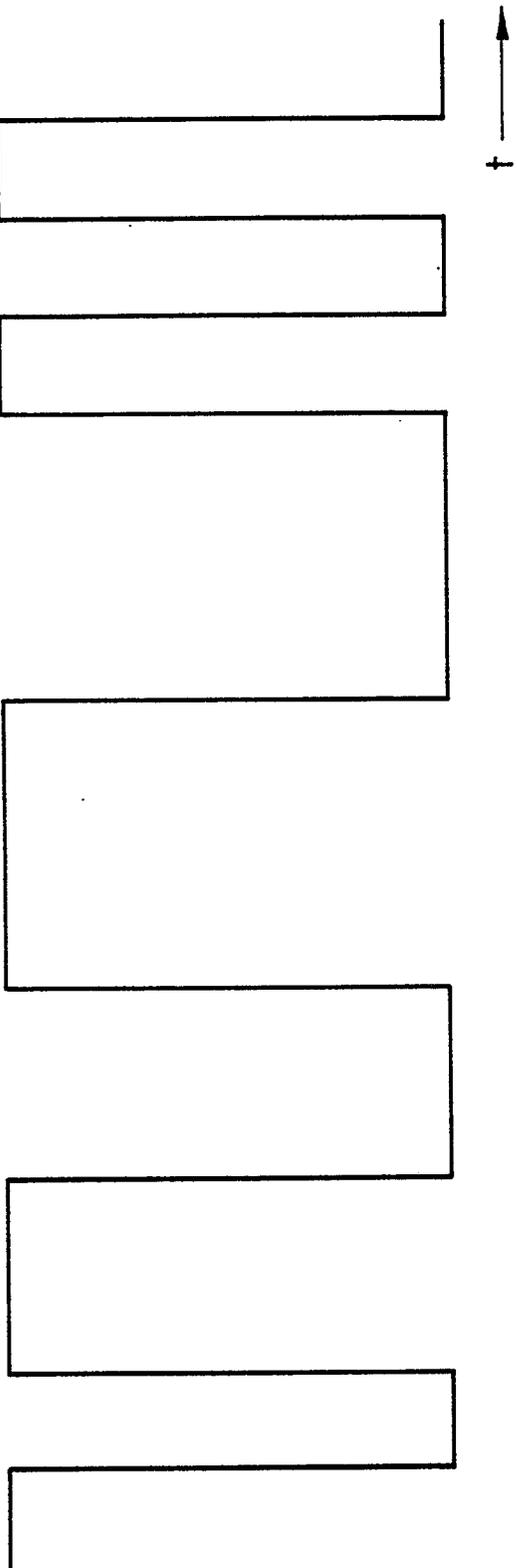
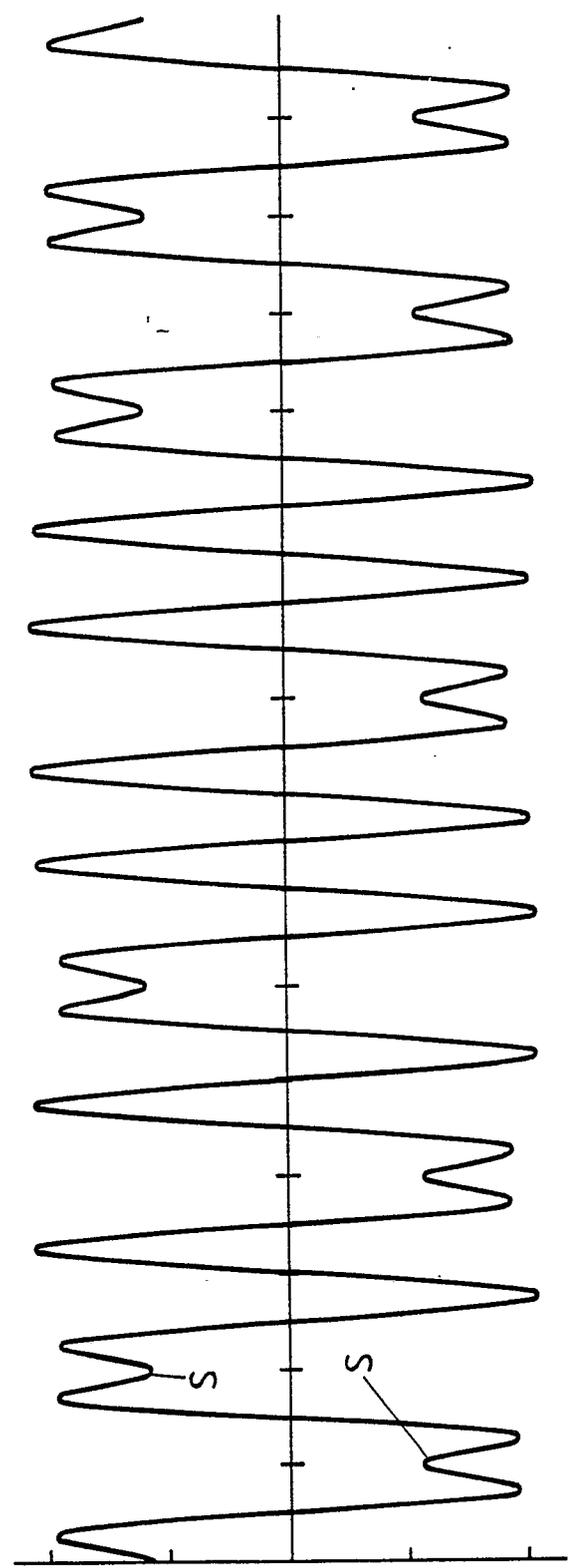


FIG. 1



a)
NRZ-
Datenfolge



b)
Biphase-
Signal
nach EBU

FIG. 2

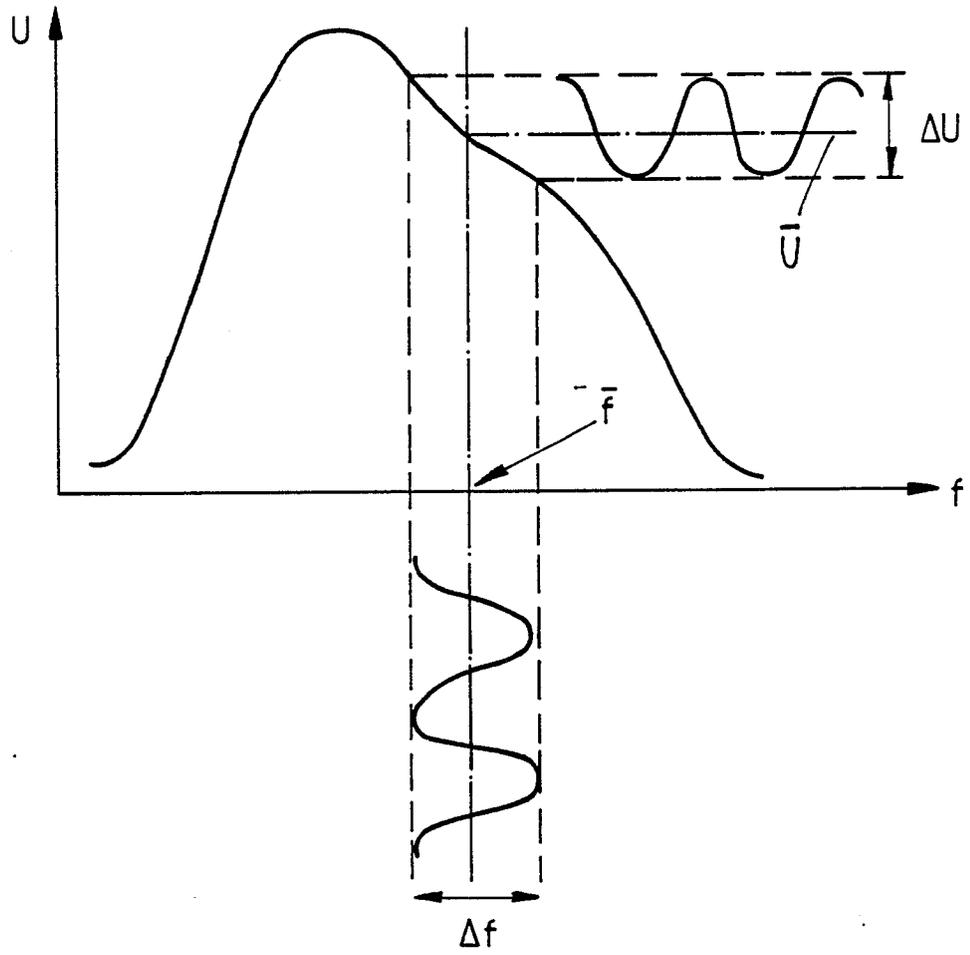
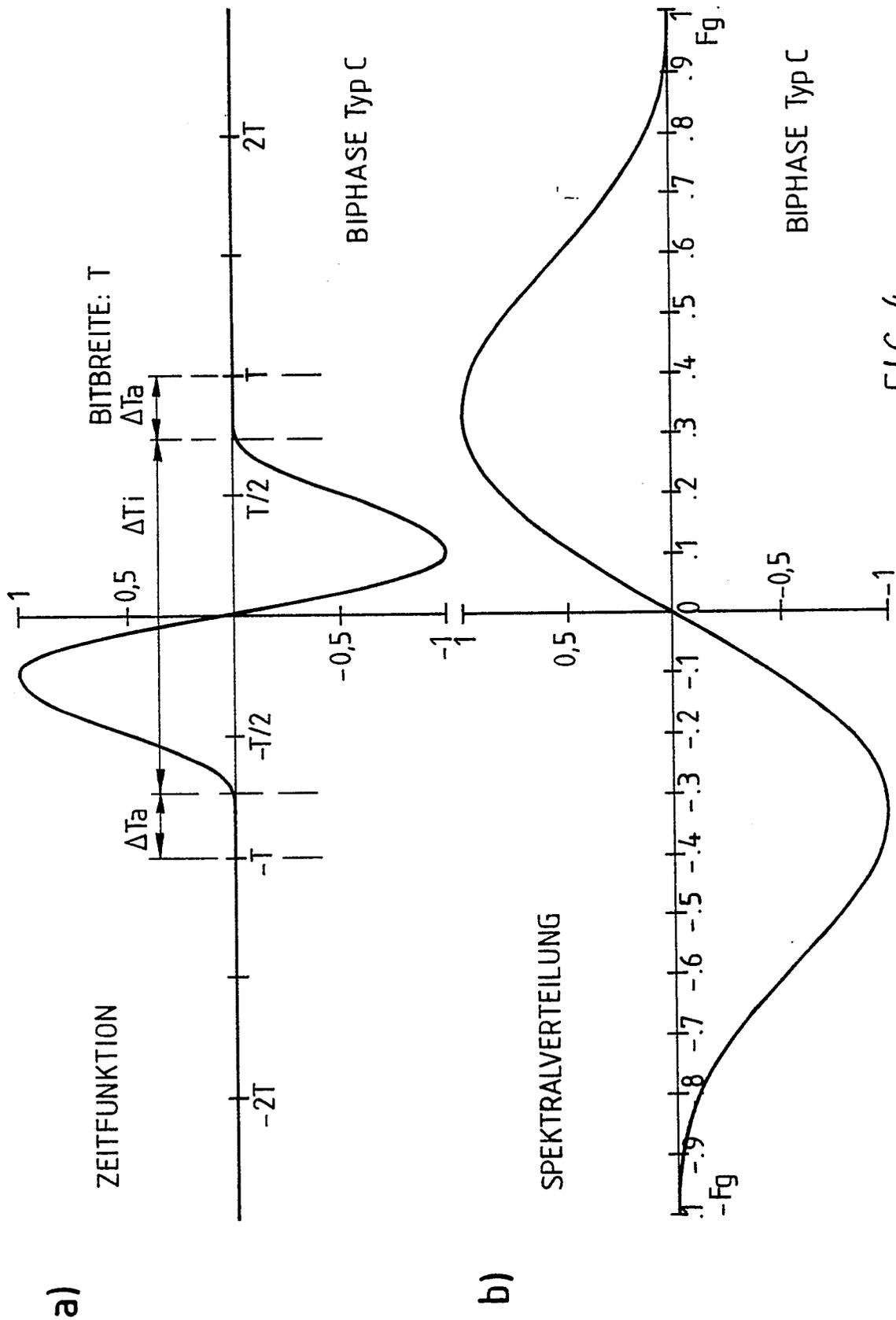


FIG. 3



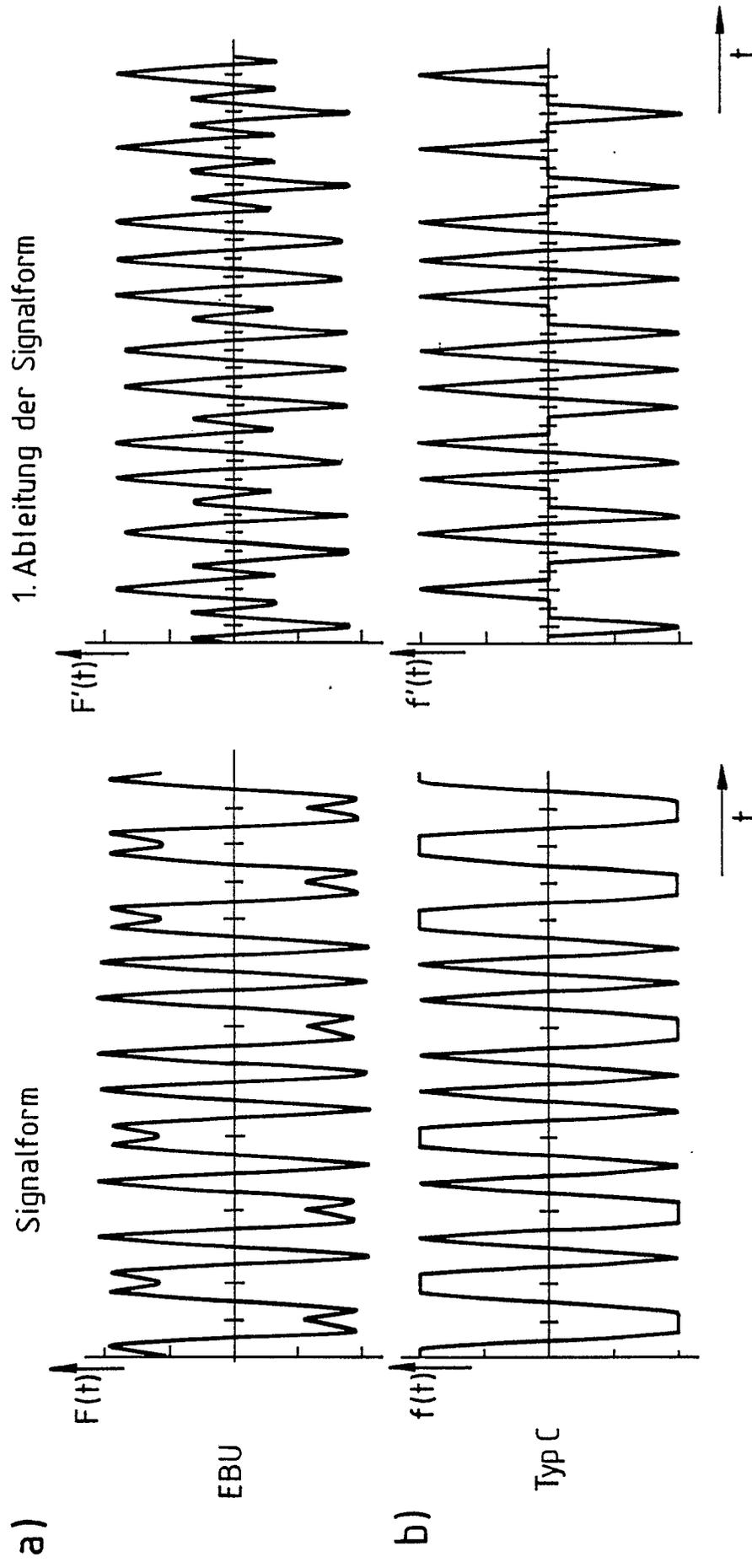


FIG. 5

Augenmuster

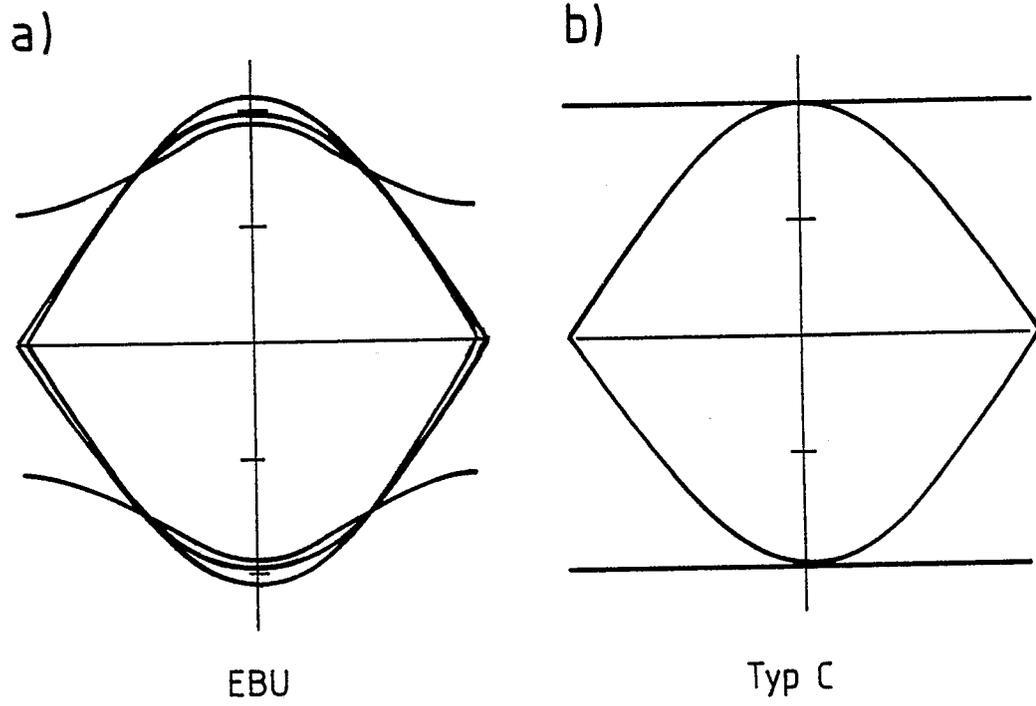


FIG. 6