



(10) **DE 10 2011 118 479 B4** 2018.08.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 118 479.5**  
(22) Anmeldetag: **14.11.2011**  
(43) Offenlegungstag: **16.05.2013**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **02.08.2018**

(51) Int Cl.: **H04B 1/16 (2006.01)**  
**H04L 25/40 (2006.01)**  
**H03G 7/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, 76646  
Bruchsal, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**EP 2 149 984 A1**

(72) Erfinder:  
**Hua, Zhidong, Dr., 76131 Karlsruhe, DE; Mahler,  
Tobias, 76689 Karlsdorf-Neuthard, DE**

**SCHÜSSLER, H.W.: Netzwerke, Signale und  
Systeme. Band II. Berlin : Springer Verlag, 1984.  
S. 141 – 144. - ISBN 3-540-13118-3**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Übertragung von Daten, die von einem Sender an einen Empfänger gesendet werden, und Empfänger mit einstellbarer Verstärkung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens**

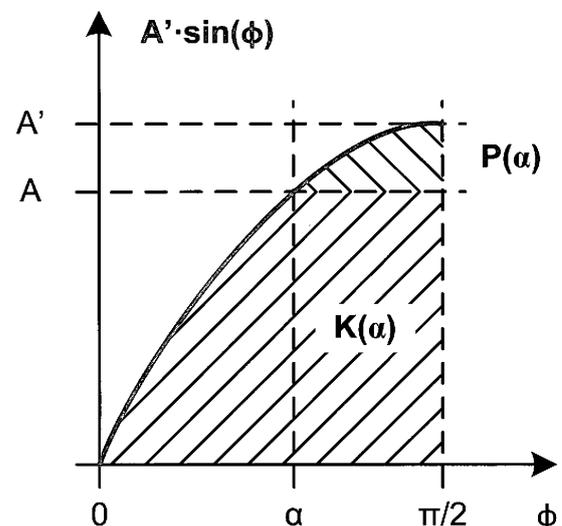
(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Übertragung von Daten, die von einem Sender an einen Empfänger gesendet werden, wobei der Empfänger einen Verstärker mit einstellbarer Verstärkung aufweist, wobei der Verstärker ein auf einen Grenzwert (A) begrenztes Ausgangssignal aufweist, wobei vor Übertragen von Nutzdaten ein sinusförmig verlaufender Signalabschnitt, also ein Preamble-Signal, übertragen wird, wobei ein Wert (K) für den zeitlichen Integralwert des vom Empfänger empfangenen und verstärkten Signalabschnitts bestimmt wird, wobei gegebenenfalls Clipping auftritt, also der Verstärker übersteuert wird, und daraus die ohne Clipping und/oder ohne Ausgangssignalbegrenzung, bei der anliegenden Verstärkung theoretisch vorhandene Amplitude (A') des Signalabschnitts bestimmt wird, wobei eine neue Verstärkung bestimmt wird, die dem mit dem Quotienten  $A' / A$  multiplizierten Wert der aktuellen Verstärkung entspricht, wobei aus dem Wert (K) für den zeitlichen Integralwert des vom Empfänger empfangenen und verstärkten Signalabschnitts anhand einer in einem Speicher hinterlegten Tabelle die ohne Clipping vorhandene Amplitude (A') des Signalabschnitts direkt bestimmt wird, wobei in der Tabelle ein funktionaler Zusammenhang zwischen Wert (K) und Amplitude (A') hinterlegt ist, also zu jedem Wert (K) ein Amplitudenwert (A') zugeordnet ist, wobei der funktionale Zusammenhang zwischen Wert (K) und Amplitude (A') bestimmt ist gemäß der folgenden Parameterdarstellung:

$$K(\alpha) = \frac{2 \cdot A}{\sin(\alpha)} \cdot \left( \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + A \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

und

$$A'(\alpha) = \frac{A}{\sin(\alpha)},$$

oder ...



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Daten, die von einem Sender an einen Empfänger gesendet werden, und einen Empfänger mit einstellbarer Verstärkung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens.

**[0002]** Es ist bekannt, dass ein Empfänger einen Verstärker umfasst. Dieser weist eine Aussteuergrenze auf, da das Ausgangssignal des Verstärkers begrenzt ist. Bei Überschreiten der Aussteuergrenze tritt sogenanntes Clipping auf, also ein Übersteuern des Verstärkers des Empfängers. Dies bewirkt eine erhöhte Fehlerrate.

**[0003]** Aus der EP 2 149 984 A1 ist eine automatische Verstärkungsregelung für einen drahtlosen Empfänger bekannt, wobei die Leistung des Signals bestimmt wird und daraus ein logarithmische Fehlersignal bestimmt wird.

**[0004]** Aus den Seiten 141 bis 143 der Veröffentlichung „Netzwerke, Signale und Systeme“, Band II, Autor Dr.-Ing Hans Wilhelm Schüßler aus dem Jahr 1984, ist bekannt, einen Klirrfaktor zu bestimmen und eine Übersteuerungskennlinie zu bestimmen.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Datenübertragung mit verringerter Fehlerrate weiterzubilden.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Verfahren nach den in Anspruch 1 und bei dem Empfänger nach den in Anspruch 6 angegebenen Merkmalen gelöst.

**[0007]** Wichtige Merkmale des Verfahrens sind, dass es zur Übertragung von Daten, die von einem Sender an einen Empfänger gesendet werden, vorgesehen ist, wobei der Empfänger einen Verstärker mit einstellbarer Verstärkung aufweist, insbesondere wobei der Verstärker ein auf einen Grenzwert ( $A$ ) begrenztes Ausgangssignal aufweist, wobei vor Übertragen von Nutzdaten, insbesondere vor Übertragen eines Nutzdaten-Pakets, ein Signalabschnitt, insbesondere Preamble-Signal, übertragen wird, insbesondere zum Bestimmen und nachfolgendem Anpassen der Verstärkung an die Dämpfung des Übertragungskanals, wobei ein Wert ( $K$ ) für den zeitlichen Integralwert des vom Empfänger empfangenen und verstärkten Signalabschnitts bestimmt wird, wobei gegebenenfalls Clipping auftritt, insbesondere also der Verstärker übersteuert wird, und daraus die ohne Clipping und/oder ohne Ausgangssignalbegrenzung vorhandene Amplitude ( $A'$ ), insbesondere bei der anliegenden Verstärkung theoretisch vorhandene Amplitude ( $A'$ ), des Signalabschnitts bestimmt wird.

**[0008]** Von Vorteil ist dabei, dass trotz des übersteuerten Signals in sehr einfacher und schneller Weise ein Maß für die Übersteuerung bestimmbar ist und somit ein neuer Verstärkungswert bestimmbar ist, so dass ein aktueller oder neu vorhandener Dämpfungswert berücksichtigbar ist, indem ein neuer Verstärkungswert bestimmt wird, welcher das aufgetretene Übersteuern verhindert hätte. Nach einstellen der auf diese Weise neu bestimmten Verstärkung sind die nachfolgenden Nutzdaten somit fehlerfrei oder zumindest mit verringerter Fehlerrate übertragbar. Dabei ist die Bestimmung sehr einfach und schnell ausführbar, da das empfangene Signal einem Analog-Digital-Wandler zugeführt wird und somit das Aufsummieren von Abtastwerten, also das Bestimmen eines Integralwertes des Signals, sehr einfach und ohne Aufwand ermöglicht ist. Außerdem ist zu dem bestimmten Integralwert nur ein zugehöriger Wert in einer Look-Up-Table eines Speichers herauszulesen und somit der theoretische Amplitudenwert schnell und einfach bestimmbar. Ebenso ist die Bestimmung eines neuen Verstärkungswertes schnell und einfach ausführbar.

**[0009]** Erfindungsgemäß wird eine neue Verstärkung bestimmt, die dem mit dem Quotienten  $A' / A$  multiplizierten Wert der aktuellen Verstärkung entspricht. Von Vorteil ist dabei, dass der neue Verstärkungswert in einfacher Weise schnell und ohne Aufwand bestimmbar ist.

**[0010]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Wert für den zeitlichen Integralwert bestimmt, indem regelmäßig, insbesondere also zeitlich regelmäßig voneinander, beabstandete Abtastwerte des Signalabschnitts aufsummiert werden. Von Vorteil ist dabei, dass die sowieso bei der Digitalwandlung anfallenden Werte verwendbar sind und somit kein zusätzlicher Aufwand benötigt wird.

**[0011]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist der gesendete Signalabschnitt aus einer oder mehreren Sinusperioden zusammengesetzt, wobei der Integralwert für den Betrag des empfangenen und verstärkten Signalabschnitts gebildet wird und durch die Anzahl der Sinusperioden oder ein ganzzahliges Vielfaches der Anzahl der Sinusperioden. Von Vorteil ist dabei, dass eine fehlerarme Bestimmung des Integralwertes ermöglicht ist. Denn der Einfluss sporadisch auftretender Störsignale wird unterdrückt oder vermindert.

**[0012]** Erfindungsgemäß wird aus dem Wert (K) für den zeitlichen Integralwert des vom Empfänger empfangenen und verstärkten Signalabschnitts anhand einer in einem Speicher hinterlegten Tabelle die ohne Clipping vorhandene Amplitude (A') des Signalabschnitts direkt bestimmt, wobei in der Tabelle ein funktionaler Zusammenhang zwischen Wert (K) und Amplitude (A') hinterlegt ist, insbesondere also zu jedem Wert (K) ein Amplitudenwert (A') zugeordnet ist. Von Vorteil ist dabei, dass zur Herstellung der Tabelle zwar ein hoher Rechenaufwand notwendig ist, jedoch ist dies nur einmalig vor Betrieb auszuführen. Somit ist die Datenübertragung schnell und ungestört ausführbar. Mittels der verwendeten Preamble-Signale ist eine Anpassung an die aktuell auftretende Dämpfung des Übertragungskanals schnell ausführbar. Somit eignet sich die Erfindung insbesondere bei Übertragungskanälen, die eine schwankende Dämpfung aufweisen, wie beispielsweise bei veränderlicher Entfernung zwischen Sender und Empfänger.

**[0013]** Erfindungsgemäß ist der funktionale Zusammenhang zwischen Wert (K) und Amplitude (A') bestimmt gemäß der folgenden Parameterdarstellung:

$$K(\alpha) = \frac{2 \cdot A}{\sin(\alpha)} \cdot \left( \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + A \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

und

$$A'(\alpha) = \frac{A}{\sin(\alpha)},$$

gemäß einer mathematisch äquivalenten Darstellung. Von Vorteil ist dabei, dass mittels der Parameterdarstellung der Rechenaufwand zur Bestimmung der funktionalen Abhängigkeit klein haltbar ist und die Look-Up-Table ohne großen Aufwand bestimmbar ist. Vorzugsweise werden zu gewissen Werten des Winkels  $\alpha$  jeweilige Stützpunkte bestimmt und diese dann interpoliert zur Bestimmung der Stützpunkte der Look-Up-Table.

**[0014]** Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung wird dem Empfänger die Periodendauer und die Form des Preamble-Signals bekannt gemacht oder in der Look-Up-Table berücksichtigt, insbesondere wobei die Form ein Sinus-, Trapez oder ein Dreieck-Signal ist. Von Vorteil ist dabei, dass die Erfindung bei verschiedenen Signalformen des Preamble-Signals anwendbar ist.

**[0015]** Wichtige Merkmale bei dem Empfänger mit einstellbarer Verstärkung sind, dass der Empfänger ein Mittel zum Bestimmen eines dem Integralwert eines Preamble-Signals entsprechenden Wertes aufweist, aus welchem ein Schätzwert A' für die theoretisch auftretende Amplitude des empfangenen und mit der aktuellen Verstärkung verstärkten Preamble-Signals bei Nicht-Vorhandensein einer Aussteuergrenze des Verstärkers bestimmt wird, wobei ein Mittel zur Bestimmung einer neuen Verstärkung aus der aktuellen Verstärkung und dem Schätzwert A' sowie der real vorhandenen Aussteuergrenze A, wobei die neue Verstärkung kleiner ist als das Produkt aus der aktuellen Verstärkung und dem Quotienten A / A' oder die neue Verstärkung dem Produkt gleicht.

**[0016]** Von Vorteil ist dabei, dass der Empfänger optimal anpassbar ist an die jeweilige auftretende Dämpfung.

**[0017]** Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0018]** Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

In der **Fig. 1** ist eine Viertelperiode einer Sinusschwingung gezeigt, die eine Amplitude  $A'$  aufweist, die größer ist als ein Grenzwert  $A$ .

In der **Fig. 2** sind drei funktionale Abhängigkeiten dargestellt, die in einer Look-Up-Table, also in einem Speicher als Tabellenwerte, hinterlegbar sind. Somit sind zu einem jeweiligen Abszissenwert ein jeweils eineindeutig zugeordneter Ordinatenwert ablesbar.

In der **Fig. 3** ist der Aufbau des Empfängers gezeigt.

**[0019]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Datenübertragungsverfahren, bei dem zeitlich vor der Übertragung von Nutzdaten ein Vorsignal, das auch als Preamble, übertragen wird. Im Empfänger wird die Amplitude der Preamble gemessen, um die bestmögliche Verstärkung für das nachfolgende Daten-Frame auf die empfangenen Punkte anwenden zu können. Wenn also die Amplitude unter einem Grenzwert  $A$  liegt, ist eine höherer Verstärkungswert der elektronischen Schaltung des Empfängers bewirkbar. Wenn jedoch Übersteuerung vorliegt, wird der Verstärkungswert reduziert. Dieser Vorgang wird als automatische Verstärkungsregelung (AGC oder Automatic Gain Control) bezeichnet. Die Preamble besteht aus einer Sinusschwingung, welche im Empfänger abgetastet wird.

**[0020]** Problematisch ist diese Amplitudenmessung, wenn der Übertragungskanal eine sehr geringe Dämpfung aufweist und am **ADC** des Empfängers sehr große Amplituden auftreten. Weil die Verstärkung beziehungsweise Dämpfung des Empfangssignals am **ADC** des Empfängers zu diesem Zeitpunkt noch nicht korrekt eingestellt ist, kann es während der Preamble zu Clipping-Effekten kommen. Tritt Clipping auf, so ist der **ADC** übersteuert und die Amplituden der Preamble werden regelrecht abgeschnitten (Englisch to clip für abschneiden). Ist dies der Fall, kann die Amplitude der Preamble nicht fehlerfrei gemessen werden. Deshalb wird die Verstärkung für das nachfolgende Daten-Frame, also ein nachfolgendes Paket von Nutzerdaten, nicht korrekt eingestellt. Als Folge kann sich das Clipping auf das komplette Daten-Frame ausbreiten und es somit verfälschen.

**[0021]** Der Empfänger weist gemäß **Fig. 3** eine **ADC**, der auch eine einstellbare Verstärkung beinhaltet. Das Ausgangssignal wird einem Betragsbildungsmittel zugeführt, dessen Ausgang über einen Synchronisationsschalter einem Integrierglied zugeführt wird, Abhängig vom Integralwert wird in der Look-Up-Table LUT der zugehörige Wert der theoretischen Amplitude  $A'$  des Preamble-Signals bestimmt, der bei der eingestellten Verstärkung aufgetreten wäre, wenn der Verstärker keine Aussteuergrenze hätte. Aus diesem Wert wird die neue Verstärkung, also der neue Verstärkungsfaktor, bestimmt, damit die nachfolgenden Nutzdaten ohne Übersteuerung übertragbar sind.

**[0022]** Die Preamble-Signale werden vor jeder Übertragung eines Nutzdaten-Pakets oder in gewissen größeren zeitlichen Abständen übermittelt.

**[0023]** Aufgabe der Erfindung ist daher, das Clipping beziehungsweise die Übersteuerung zu vermeiden. Erfindungsgemäß wird ein Detektionsalgorithmus für die Amplitude der Preamble offenbart, welcher trotz eventuell auftretendem Clipping die Amplitude der Preamble bestimmen kann, so dass für die nachfolgenden Symbole, also Nutzdaten, eine zulässige Dämpfung bewirkbar ist.

**[0024]** Erfindungsgemäß wird also als Preamble ein sinusförmiges Signal gesendet, dessen Periodendauer dem Empfänger bekannt ist. Dabei besteht das Preamble aus einer Anzahl von Perioden, die ein positiver ganzzahliger Wert  $N$  ist.

**[0025]** Somit wird im Empfänger zunächst das Integral des Absolutbetrags bestimmt und daraus der anteilige Integralwert, welcher im nachfolgend betrachteten Zeitbereich relevant ist.

**[0026]** Bei Übersteuerung kann der Empfänger nur eine maximale Amplitude  $A$  abtasten und somit nur die Fläche  $K$  bestimmen. Dies erfolgt durch Dividieren des über den gesamten Preamble bestimmten Integralwertes durch  $4N$ . Bei regelmäßigem Zeitabstand zwischen aufeinander folgenden Abtastwerten, ist die Integration durch eine einfache Summenbildung von Abtastwerten bestimmbar.

**[0027]** Da das vom Empfänger empfangene und verstärkte Signal einem Analog-Digital-Wandler zugeführt wird, ist eine Übersteuerung, also ein Überschreiten des Grenzwertes  $A$ , durch Bitüberlauf erkennbar.

**[0028]** Nach Bestimmen des Integralwertes über die erste Viertelperiode des Sinussignals durch Aufsummieren der Abtastwerte, ist die Fläche  $K$  in **Fig. 1** durch Messung bekannt. Alternativ ist auch ein Aufsummieren über eine erste Halbperiode ausführbar und die Hälfte des so bestimmten Wertes verwendbar.

**[0029]** Der Amplitudenwert  $A$  ist der größte vom Analog-Digital-Wandler (**ADC**) darstellbare Wert und ebenfalls bekannt. Die zu bestimmende Amplitude des Empfangssignals ist  $A'$ . Die empfangene Preamble kann mit  $A' \cdot \sin(\alpha)$  beschrieben werden, wobei durch Clipping, also Übersteuern am **ADC** die Fläche  $P$  des Empfangssignals abgeschnitten wird und der Winkelwert, bei welchem das Clipping beginnt,  $\alpha$  ist. Für diesen Winkel  $\alpha$  gilt somit:

$$A = A' \cdot \sin(\alpha) \quad (1)$$

**[0030]** Somit ist der Flächenwert  $K$  des Signals bestimmt und der Wert  $A$  ist vom Bitüberlauf des ADC bekannt.

**[0031]** Gesucht ist nun  $A'$  in Abhängigkeit von  $K$  und  $A$ . Hierzu wird mit einem nachfolgenden mathematischen Modell ein funktionaler Zusammenhang bestimmt, der in einem Speicher als Look Up Tabelle hinterlegt wird. Auf diese Weise ist dann zum jeweils bestimmten Wert  $K$  der Wert  $A'$  schnell bestimmbar und somit ein verbesserter Verstärkungswert für den nachfolgenden Empfang der Nutzdaten bestimmbar und anwendbar.

**[0032]** Gültigkeitsbereich des mathematischen Modells:

$$0 < \phi \leq \frac{\pi}{2} \quad \text{und} \quad 0 < \alpha \leq \frac{\pi}{2}$$

**[0033]** Der Winkel  $\alpha$  markiert dabei eine Winkelposition innerhalb einer Signalperiode des Signals  $A' \cdot \sin(\phi)$ . Im Gegensatz zu  $\alpha$  ist der Winkel  $\Phi$  von der Frequenz der Preamble abhängig. Es gilt  $\Phi = \omega \cdot \tau + \phi$ . Darin ist  $\omega$  die Kreisfrequenz und  $\phi$  ist der Nullphasenwinkel der Preamble.

**[0034]** Für die Berechnung von  $A'$  wird folgender Ansatz der Flächengleichheit verwendet:

$$F = K(\alpha) + P(\alpha)$$

**[0035]** Die Gesamtfläche  $F$  unter der in **Fig. 1** dargestellten Viertelperiode der Sinusschwingung beträgt:

$$F = \int_0^{\frac{\pi}{2}} A' \cdot \sin(\phi) \cdot d\phi = -A' \cdot \left( \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) - \cos(0) \right) = A'$$

**[0036]** Obwohl der Wert  $\Phi = 0$  nicht im Definitionsbereich des mathematischen Modells enthalten ist, dient er hier als untere Integrationsgrenze für  $F$ . Dies ist problemlos möglich, weil der (hier nicht angegebene) Definitionsbereich der Preamble  $A' \cdot \sin(\phi)$  den Wert  $\Phi = 0$  beinhaltet. Manche der untenstehenden Abhängigkeiten sind für  $\Phi = 0$ , bzw.  $\alpha = 0$  jedoch nicht definiert.

**[0037]** Die abgeschnittene Fläche  $P(\alpha)$  ergibt sich zu:

$$\begin{aligned} P(\alpha) &= \int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} (A' \cdot \sin(\phi) - A) \cdot d\phi = -A' \cdot \left( \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) - \cos(\alpha) \right) - A \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \\ &= A' \cdot \cos(\alpha) + A \cdot \left( \alpha - \frac{\pi}{2} \right) \end{aligned}$$

**[0038]** Mit diesen beiden Ergebnissen lässt sich unter Verwendung des Ansatzes der Flächengleichheit  $K(\alpha)$  bestimmen. Somit ergibt sich:

$$K(\alpha) = F - P(\alpha) = \frac{A}{\sin(\alpha)} \cdot (1 - \cos(\alpha)) + A \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

**[0039]** Mit der trigonometrischen Formel:

$$1 - \cos(\alpha) = 2 \cdot \left(\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)^2$$

wird  $K(\alpha)$  zu:

$$K(\alpha) = \frac{2 \cdot A}{\sin(\alpha)} \cdot \left(\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)^2 + A \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

**[0040]** An den Grenzen des Definitionsbereichs  $0 < \alpha \leq \frac{\pi}{2}$  strebt  $K(\alpha)$  gegen die folgenden Werte:

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} [K(\alpha)] = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \left[ \frac{2 \cdot A}{\alpha} \cdot \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + A \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \right] = \frac{\pi}{2} \cdot A$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}} [K(\alpha)] = \lim_{\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}} \left[ \frac{2 \cdot A}{1} \cdot 0,5 + A \cdot 0 \right] = A$$

**[0041]** Dieses Ergebnis gibt die Fläche  $K$  in Abhängigkeit des Clipping-Winkels  $\alpha$  an. Gesucht ist jedoch der Amplitudenwert  $A'$  in Abhängigkeit der Fläche  $K$ . Der gesuchte Wert  $A'$  ist ebenfalls von  $\alpha$  abhängig:

$$A'(\alpha) = \frac{A}{\sin(\alpha)}$$

**[0042]** Weil beide Größen ( $A'$  und  $K$ ) von  $\alpha$  abhängig sind, lässt sich  $\alpha$  eliminieren, und es ergibt sich der gesuchte Verlauf für  $A'(K)$ . Diese Kurve  $A'(K)$  wird für eine robuste Detektion der Preamble-Amplitude nun

noch als Look-up-Table für  $0 < \alpha \leq \frac{\pi}{2}$  im internen Speicher des Empfängers, insbesondere eines FPGAs des Empfängers, hinterlegt.

**[0043]** In **Fig. 2** sind die wichtigsten Abhängigkeiten der beteiligten Größen in Diagrammen für den Defini-

onsbereich  $0 < \alpha \leq \frac{\pi}{2}$  und für den Beispielwert  $A = 1$  dargestellt.

**[0044]** Im ersten Diagramm  $K(\alpha)$  erkennt man, dass die Fläche  $K$  für kleine Winkel  $\alpha$  nahezu linear von  $\alpha$

abhängt. Für  $\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$  nähert sich  $K$  dem Wert  $A = 1$  an, wie sich auch aus den Grenzwertberechnungen ergibt.

**[0045]** Im zweiten Diagramm der **Fig. 2** ist  $A'(\alpha)$  dargestellt und für  $\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$  ist ebenfalls eine Annäherung an  $A = 1$  zu beobachten.

**[0046]** Das dritte Diagramm der **Fig. 2** zeigt die Kurve  $A'(K)$ . Dieser Verlauf wird für eine Implementierung als Look-up-Table im internen Speicher abgelegt. Wenn  $K$  als Summe der empfangenen Abtastwerte gemessen wird, lässt sich mit dem Verlauf dieser Kurve der Wert von  $A'$  bestimmen, obwohl das Empfangssignal durch Clipping verfälscht wurde. Ist  $A'$  bekannt, so kann für das nachfolgende Daten-Frame eine passende Verstärkung bzw. Dämpfung im **ADC** gewählt werden, um Clipping bei den Daten-Symbolen zu vermeiden.

**[0047]** Die beschriebene Bestimmung der Amplitude der Preamble ist gegen kanalbedingte Clipping-Effekte robust.

#### Bezugszeichenliste

<b>ADC</b>	Analog-DigitalWandler
<b>A'</b>	Amplitude des empfangenen und verstärkten Preamble-Signals ohne Clipping
<b>A</b>	Clipping-Grenzwert, insbesondere Aussteuergröße des Verstärkers

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Daten, die von einem Sender an einen Empfänger gesendet werden, wobei der Empfänger einen Verstärker mit einstellbarer Verstärkung aufweist, wobei der Verstärker ein auf einen Grenzwert (A) begrenztes Ausgangssignal aufweist, wobei vor Übertragen von Nutzdaten ein sinusförmig verlaufender Signalabschnitt, also ein Preamble-Signal, übertragen wird, wobei ein Wert (K) für den zeitlichen Integralwert des vom Empfänger empfangenen und verstärkten Signalabschnitts bestimmt wird, wobei gegebenenfalls Clipping auftritt, also der Verstärker übersteuert wird, und daraus die ohne Clipping und/oder ohne Ausgangssignalbegrenzung, bei der anliegenden Verstärkung theoretisch vorhandene Amplitude (A') des Signalabschnitts bestimmt wird, wobei eine neue Verstärkung bestimmt wird, die dem mit dem Quotienten A' / A multiplizierten Wert der aktuellen Verstärkung entspricht, wobei aus dem Wert (K) für den zeitlichen Integralwert des vom Empfänger empfangenen und verstärkten Signalabschnitts anhand einer in einem Speicher hinterlegten Tabelle die ohne Clipping vorhandene Amplitude (A') des Signalabschnitts direkt bestimmt wird, wobei in der Tabelle ein funktionaler Zusammenhang zwischen Wert (K) und Amplitude (A') hinterlegt ist, also zu jedem Wert (K) ein Amplitudenwert (A') zugeordnet ist, wobei der funktionale Zusammenhang zwischen Wert (K) und Amplitude (A') bestimmt ist gemäß der folgenden Parameterdarstellung:

$$K(\alpha) = \frac{2 \cdot A}{\sin(\alpha)} \cdot \left( \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + A \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

und

$$A'(\alpha) = \frac{A}{\sin(\alpha)},$$

oder gemäß einer mathematisch äquivalenten Darstellung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine neue Verstärkung bestimmt wird unter Berücksichtigung der Amplitude (A'), so dass das empfangene und verstärkte Preamble-Signal ohne Clipping, also Übersteuerung, im Aussteuerbereich des Verstärkers liegen würde.

3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wert für den zeitlichen Integralwert bestimmt wird, indem regelmäßig beabstandete Abtastwerte des Signalabschnitts aufsummiert werden.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der gesendete Signalabschnitt aus einer oder mehreren Sinusperioden zusammengesetzt ist, wobei der zeitliche Integralwert für den Betrag des empfangenen und verstärkten Signalabschnitts gebildet wird und durch die Anzahl der Sinusperioden oder ein ganzzahliges Vielfaches der Anzahl der Sinusperioden .

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Empfänger die Periodendauer und die Form des Preamble-Signals bekannt gemacht wird oder in der Look-Up-Table berücksichtigt wird.

6. Empfänger mit einstellbarer Verstärkung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Empfänger ein Mittel zum Bestimmen eines dem Integralwert eines Preamble-Signals entsprechenden Wertes aufweist, aus welchem ein Schätzwert  $A'$  für die theoretisch auftretende Amplitude des empfangenen und mit der aktuellen Verstärkung verstärkten Preamble-Signals bei Nicht-Vorhandensein einer Aussteuergränze des Verstärkers bestimmt wird, wobei ein Mittel zur Bestimmung einer neuen Verstärkung aus der aktuellen Verstärkung und dem Schätzwert  $A'$  sowie der real vorhandenen Aussteuergränze  $A$  vorhanden ist, wobei die neue Verstärkung kleiner ist als das Produkt aus der aktuellen Verstärkung und dem Quotienten  $A / A'$  oder die neue Verstärkung diesem Produkt gleicht.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

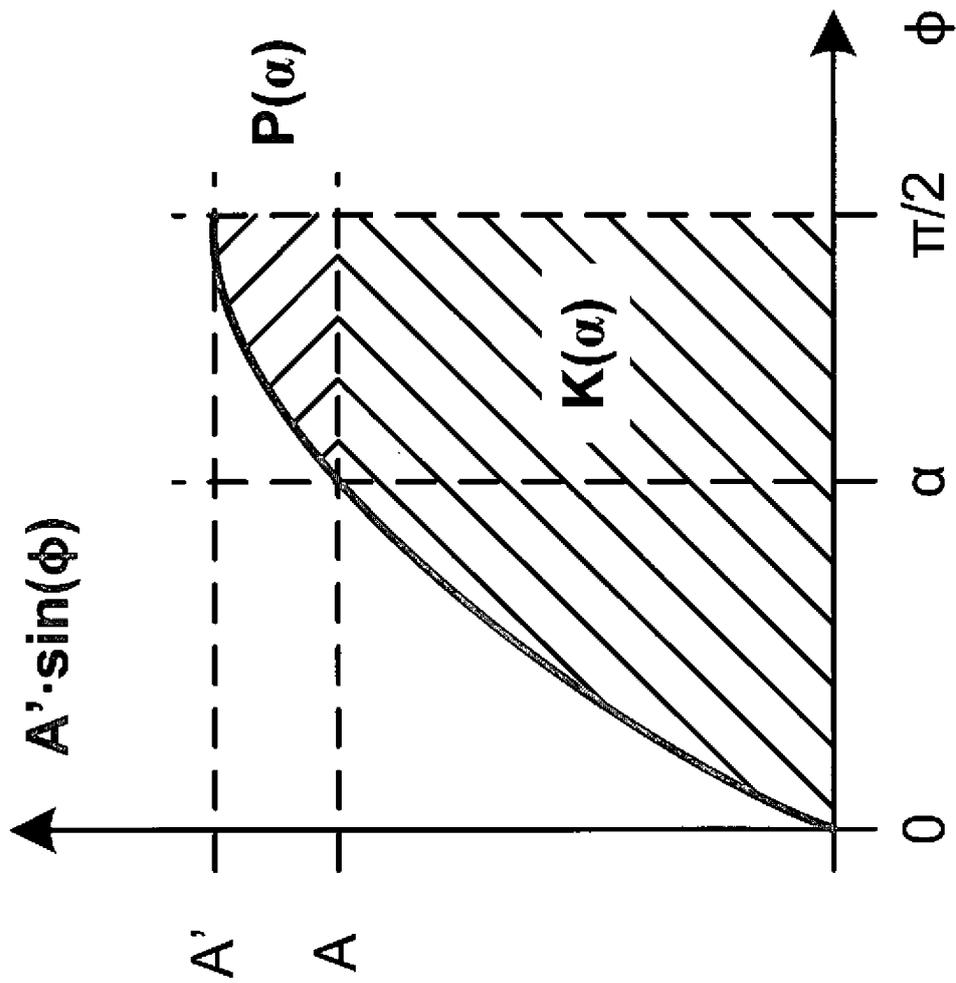


Fig.1

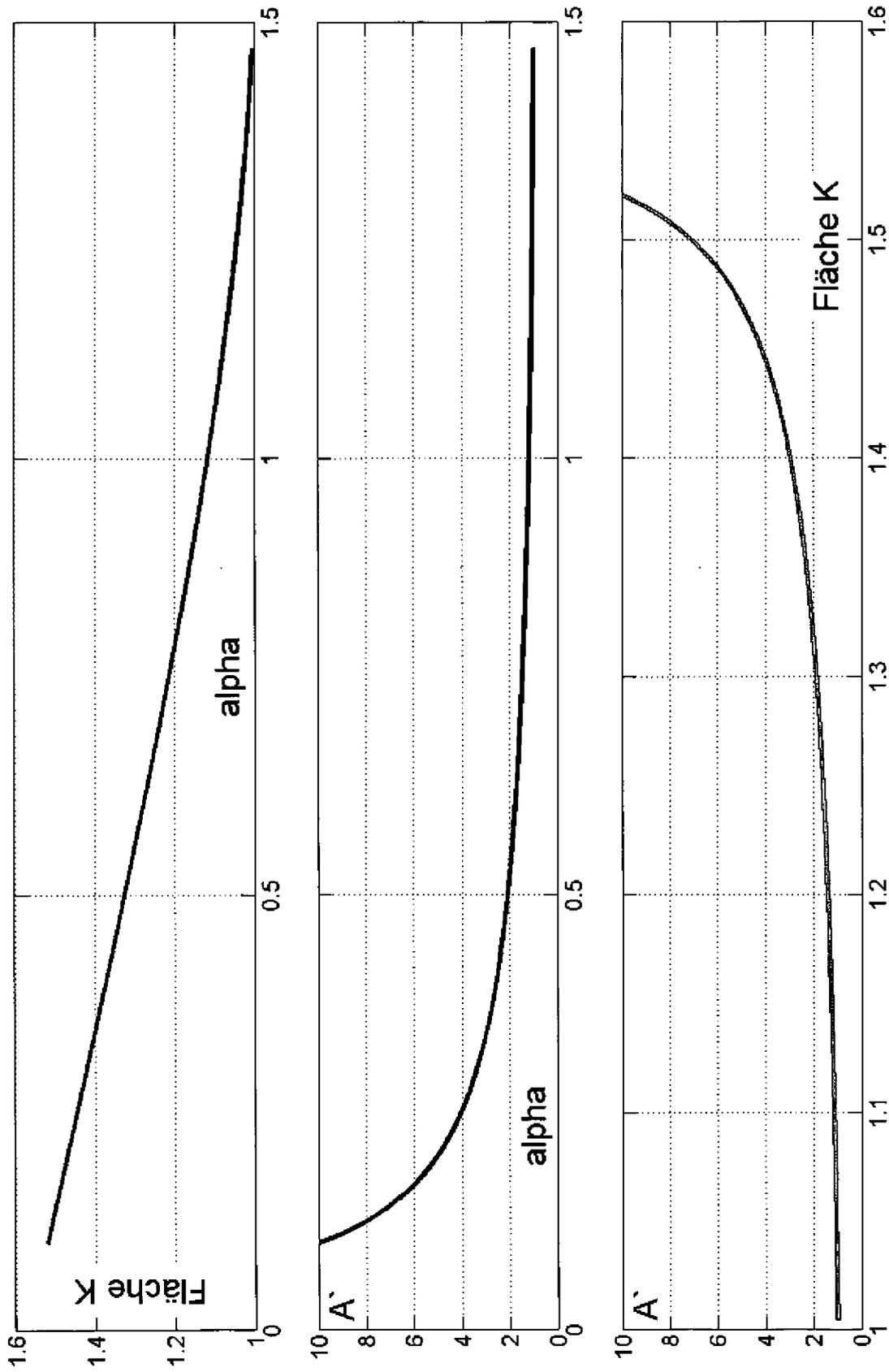


Fig.2

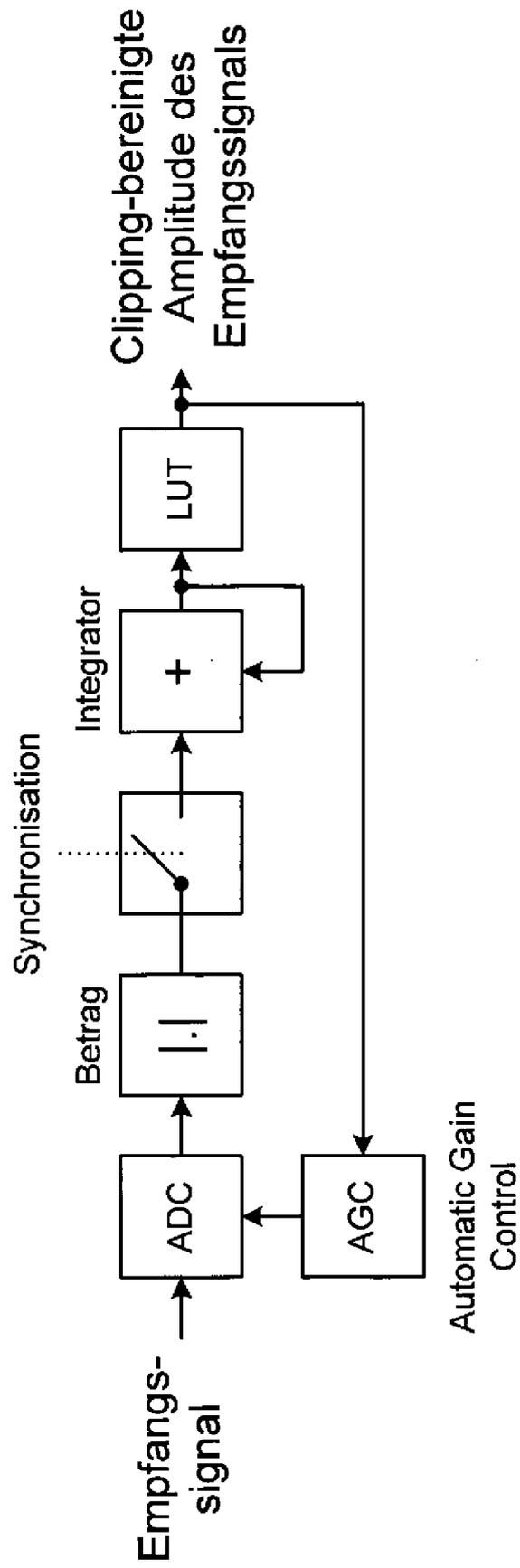


Fig.3