

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : H04L	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/04670 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Januar 2000 (27.01.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/02142 (22) Internationales Anmeldedatum: 13. Juli 1999 (13.07.99) (30) Prioritätsdaten: 198 31 050.1 13. Juli 1998 (13.07.98) DE PCT/DE98/02840 24. September 1998 (24.09.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): MIT-SUBISHI INTERNATIONAL GMBH [DE/DE]; Kennedydamm 19, D-40476 Düsseldorf (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ARNOLD, Jörg [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Anlage 46, D-69117 Heidelberg (DE). (74) Anwalt: ULLRICH & NAUMANN; Luisenstrasse 14, D-69115 Heidelberg (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(54) Title: METHOD FOR TRANSMITTING INFORMATION VIA DIGITAL TRANSMISSION SIGNALS (54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERTRAGUNG VON INFORMATION MITTELS DIGITALER ÜBERTRAGUNGSSIGNALE (57) Abstract The invention relates to method for transmitting information via digital transmission signals, wherein transmission signals have a predetermined transmission frequency and wherein the transmission frequency is converted in a signal receiver. In order to effectively use available and appropriate transmission frequencies, no non-linear component characteristic curve is used for conversion and an additional signal having a predetermined frequency is superimposed on the transmission signals. The frequency of the additional signal is selected in such a way that a beat pattern is produced through superimposition. (57) Zusammenfassung Ein Verfahren zur Übertragung von Information mittels digitaler Übertragungssignale, insbesondere Funksignale, wobei die Übertragungssignale eine vorgebbare Übertragungsfrequenz aufweisen und wobei bei einem Signalempfänger eine Umsetzung der Übertragungsfrequenz erfolgt, ist im Hinblick auf eine effektive Nutzung der verfügbaren und geeigneten Übertragungsfrequenzen derart ausgestaltet, daß die Umsetzung keine nichtlinearen Bauteilekennlinien nutzt und die Überlagerung eines Übertragungssignals mit einem Zusatzsignal vorgebarer Frequenz umfaßt und daß die Frequenz des Zusatzsignals derart ausgewählt wird, daß durch die Überlagerung ein Schwebungsmuster erzeugt wird.		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

„Verfahren zur Übertragung von Information mittels digitaler Übertragungssignale“

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Information mittels digitaler Übertragungssignale, insbesondere Funksignale, wobei die Übertragungssignale eine vorgebbare Übertragungsfrequenz aufweisen und wobei bei einem Signalempfänger eine Umsetzung der Übertragungsfrequenz erfolgt.

Verfahren zur Übertragung von Information der in Rede stehenden Art sind aus der Praxis bekannt und existieren in den unterschiedlichsten Ausgestaltungen. Die digitalen Übertragungssignale sind dabei durch meist sinusförmige Signale dargestellt. Die Übertragungssignale werden durch Funksignale, bspw. in Mobilfunknetzen, elektrische Signale in Festnetzen, die bspw. über Kupferkabel übertragen werden, Lichtwellensignale, elektrooptische Signale oder akustische Signale gebildet. Dabei ist eine Übertragung der Lichtwellensignale in Lichtwellenleitern, bspw. Glasfasern, denkbar. Die Übertragung erfolgt über eine oder mehrere vorgebbare Übertragungsfrequenzen.

Bei einem Signalempfänger findet zur Signaldetektion eines Übertragungssignals mit einer Ausnahme immer eine Frequenzumsetzung der Übertragungssignalfrequenz statt. Diese Ausnahme sind die frühesten bekannten „Hertzschen Rundfunkempfänger“, die als Funkenstrecken ausgebildet waren und die Funksignalleistung direkt ohne irgendeinen Frequenzumsetzungsschritt in Form von Funkenüberschlägen detektiert haben. Die einfachsten bekannten Signalempfängertypen, die die Übertragungssignale mittels Frequenzumsetzungsschritten detektierten, sind die sogenannten Detektorempfänger, die zum Frequenzumsetzungsschritt den sogenannten Kristall, eine frühe Form einer Halbleiterdiode, benutzen. Bei allen bisher bekannten Signalempfängern, die mittels Frequenzumsetzungsschritten bzw. Frequenzmischung arbeiten, wird die Frequenzumsetzung ausschließlich mittels nichtlinearer Frequenzumsetzungsschritte, d.h. unter Ausnutzung einer mathematischen nichtlinearen Transformationsgleichung für die Übertragungssignalfrequenz durchgeführt. Die technische Realisierung der mathematischen nichtlinearen Transformation des

Übertragungssignals bzw. seiner Frequenzlage nutzt die nichtlineare Kennlinie aktiver oder passiver elektronischer oder elektrooptischer Bauteile aus. „Jede Frequenzmischung nutzt die nichtlineare Kennlinie passiver oder aktiver Bauelemente aus“, wie aus der Fachliteratur, z.B. „Lehrbuch der Nachrichtenübertragungstechnik – Grundlagen – Komponenten – Verfahren – Systeme“, Ulrich Freyer, Hanserverlag 1988, ISBN 3-446-15137-0, Seite 126, Kap. 1.3.6.1, zu entnehmen ist. Siehe auch „Lehrbuch der Hochfrequenztechnik“, Band 2, Zinke Brunswig, Springer-Verlag 1987, ISBN 0-540-17042-1, das ganze Kapitel 11. Die Frequenzmischung kann additiv, d.h. unter der Zuführung der zu mischenden Signale am gleichen Eingang der Mischschaltung, oder multiplikativ, d.h. unter Zuführung der zu mischenden Signale an verschiedenen Eingängen der Mischschaltung erfolgen. Beide Verfahren sind jedoch trotzdem als nichtlineare Verfahren im Sinne des oben ausgeführten zu verstehen.

Im Hinblick auf eine möglichst einfache Darstellung der vorliegenden Erfindung werden im folgenden als Übertragungssignale beispielhaft Funksignale betrachtet. Im Rahmen der bekannten Funkübertragungstechnik werden zur Selektion von Übertragungssignalen Resonanzfilter verwendet, die eine endliche Resonatorgüte mit einem derart breiten Frequenzgang aufweisen, daß zu trennende Übertragungssignale einen bestimmten minimalen Frequenzabstand voneinander einhalten müssen, um noch eine Trennung voneinander zu ermöglichen. Übertragungssignale mit stark überlagerten Frequenzspektren bzw. Dichteleistungsspektren können bisher nicht getrennt werden.

Bei den bekannten Verfahren zur Übertragung von Information ist daher problematisch, daß aufgrund der bekannten Resonanzfilter eine Frequenzbandbreite des Übertragungssystems erforderlich ist, die weit größer ist, als die aus der nachrichtentechnischen Theorie bekannte minimale Frequenzbandbreite. Dies hat zur Folge, daß die geeigneten und zur Verfügung stehenden Frequenzbereiche äußerst ineffektiv genutzt werden und für neue Übertragungssysteme kaum noch nutzbare Frequenzen zur Verfügung stehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Übertragung von Information mittels digitaler Übertragungssignale anzugeben, bei

dem die verfügbaren und geeigneten Übertragungsfrequenzen auf einfache Weise effektiv genutzt sind.

Die zuvor aufgezeigte Aufgabe ist durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Danach ist ein Verfahren zur Übertragung von Information mittels digitaler Übertragungssignale dadurch gekennzeichnet, daß die Umsetzung durch die Überlagerung eines Übertragungssignals mit mindestens einem Zusatzsignal vorgebbarer Frequenz an einem Bauteil mit linearer Kennlinie erfolgt und daß die Frequenz des Zusatzsignals derart ausgewählt wird, daß durch die Überlagerung ein Schwebungsmuster erzeugt wird.

In erfindungsgemäßer Weise ist erkannt worden, daß durch die Umsetzung der Übertragungsfrequenz mittels der Überlagerung einer anderen Frequenz an einem Bauteil mit linearer bzw. ohne nichtlineare Kennlinie die obige Aufgabe auf überraschend einfache Weise gelöst ist. Die Umsetzung nutzt keine nichtlinearen Bauteilekennlinien. Hierzu ist die Frequenz des überlagernden Zusatzsignals derart auszuwählen, daß durch die Überlagerung eine Schwebung erzeugt wird. Dann enthält das Überlagerungssignal einen Differenzfrequenzanteil der überlagerten Frequenzen. Das Schwebungsmuster, das durch die lineare Überlagerung von sinusförmigen Frequenzsignalen – dem Übertragungssignal und dem Zusatzsignal – erzeugt wird, ist charakteristisch bezüglich des enthaltenen Übertragungssignals. Das Schwebungsmuster ist nur von den Mittenfrequenzen der interferierenden Einzelsignale abhängig. Mittels der Erzeugung von Schwebungsmustern können Übertragungssignale voneinander getrennt werden, deren Dichteleistungsspektren sich überlappen. Folglich ist es möglich, ein Übertragungssystem zu entwickeln, dessen Übertragungsfrequenzen erheblich enger aneinanderliegen als dies bei bisherigen Übertragungssystemen möglich war. Insgesamt ergeben sich damit Übertragungssysteme mit erheblich geringerer erforderlicher Frequenzbandbreite.

Folglich ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Verfahren angegeben, bei dem die verfügbaren und geeigneten Übertragungsfrequenzen auf einfache Weise effektiv genutzt sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Schwebung genutzt, um sinusförmige Frequenzsignale mit geringen Mittenfrequenzabständen trotz überlagerter Dichteleistungsspektren zu trennen. Ein solches Schwebungsfilterverfahren nutzt die Eigenschaft, daß Frequenzsignale mit bestimmten Mittenfrequenzen nach der Interferenz charakteristische Signalzeitmuster in Form von Schwebungsmustern erzeugen. Aus der Charakterisierung dieser Schwebungsmuster kann wieder auf enthaltene Frequenzsignale zurückgeschlossen werden.

Bei Vorliegen eines Gemischs aus Frequenzsignalen erzeugt ein Zusatzsignal bestimmter Frequenz gemeinsam mit einem entsprechenden Frequenzsignal eine eindeutige Änderung im Gesamtsignal.

Zur Gewährleistung einer möglichst deutlichen Änderung des Gesamtsignals könnte die Frequenz des Zusatzsignals dicht bei der Übertragungsfrequenz des Übertragungssignals liegen. Je enger die Frequenz des Zusatzsignals bei der Übertragungsfrequenz liegt, desto ausgeprägter ist die Änderung im Gesamtsignal. Die Zeitdauer bzw. Impulslänge der Signale, die mit dem Fourier-Dichteleistungsspektrum korreliert, hat keinen Einfluß auf die Schwebungsmusterentwicklung in Abhängigkeit von der Frequenzdifferenzänderung zwischen Übertragungssignal und Zusatzsignal.

Im Hinblick auf eine möglichst gute Trennung verschiedenfrequenter Übertragungssignale könnten die Übertragungssignale vor der Überlagerung vorgefiltert werden. Da die Trennung verschiedenfrequenter Signale von der vorhandenen Störleistung durch andere Signale abhängig ist, hat eine Vorfilterung u.a. die Aufgabe, die Anzahl gleichzeitiger, verschiedenfrequenter Störsignale im überlagerten Signal so weit wie möglich zu unterdrücken. Hierdurch wird der Unterschied zwischen den Zuständen mit übertragenem und ohne übertragenem Signal im Schwebungsmuster deutlich verbessert.

Je nach Erfordernis könnten die Übertragungssignale vor der Überlagerung verstärkt werden. Hierdurch könnten charakteristischere Unterschiede in den Schwebungsmustern mit und ohne Übertragungssignal erzeugt werden.

Zur Erzeugung besonders aussagefähiger Schwebungsmuster könnte ein Pegelangleich des Zusatzsignals an das Übertragungssignal oder umgekehrt erfolgen. Die Amplitude der Signale könnte dadurch fast identisch sein.

Im Hinblick auf die Ausnutzung größerer Dynamikbereiche der Sendesignal-Empfangsbereichpegel könnte eine Wechselspannungsverstärkung des Schwebungsmusters erfolgen. Eine Wechselspannungsverstärkung hat sich als wirksamer und günstiger als eine Gleichspannungsverstärkung gezeigt.

Die Detektion der Übertragungssignale könnte in einfacher Weise durch Auszählen der im Schwebungsmuster entstandenen Signalextrema – Signalmaxima und/oder Signalminima - erfolgen. Hierzu könnten vorzugsweise Schwellwertschalter eingesetzt werden.

Alternativ oder zusätzlich hierzu könnte die Detektion der Übertragungssignale durch den Vergleich der integrierten Signalleistung aus vorgebbaren Zeitfenstern des Schwebungsmusters erfolgen. Hierzu könnten mindestens zwei Zeitfenster ausgewählt werden. Wenn ein Übertragungssignal beim Signalempfänger vorliegt, zeigt ein durch die Überlagerung mit dem Zusatzsignal erzeugtes Schwebungsmuster einen anderen charakteristischen Verlauf als bei Nichtvorliegen eines Übertragungssignals. Ein derartiger frequenzselektiver charakteristischer Unterschied folgt aus dem Phänomen, daß bestimmte Frequenzen in einem Überlagerungssignalzeitmuster in bestimmten Zeitbereichen unterschiedliche dominierende Wirkungen erzeugen.

Eine auf einer Rechnersimulation basierende Untersuchung der Schwebung hat gezeigt, daß beim Vorhandensein des zu detektierenden Übertragungssignals die integrierte Impulsleistung des überlagerten Signals in den Signalflanken signifikant abnimmt und im Signalmittenbereich signifikant zunimmt, falls die Differenzfrequenz zwischen Zusatzsignal und Übertragungssignal bzw. Störsignalen, deren Phasenlage zueinander, die Pulsdauer und die zeitliche Überlagerung der Signale geeignet gewählt werden. Die Untersuchung hat weiter gezeigt, daß die geringste vorhandene Frequenzdifferenz die stärkste nutzbare Wirkung bzw. den größten Einfluß auf das Überlagerungssignalzeitmuster bzw. Schwebungsmuster erzeugt. Deshalb könnte

die Frequenz des testenden Zusatzsignals am dichtesten bei der zu detektierenden Übertragungsfrequenz gewählt werden.

Eine besonders präzise Detektion könnte sich ergeben, wenn die Zeitfenster im zeitlichen Mittenbereich sowie in mindestens einem Flankenbereich des Schwebungsmusters ausgewählt werden. Günstiger wäre noch eine Auswahl der Zeitfenster im Mittenbereich und in beiden Flankenbereichen des Schwebungsmusters. Zur Auswertung könnten die Leistungssignale in den beiden Flankenbereichen und in dem dann verbleibenden Mittenbereich integriert und durch Quotientenbildung verglichen werden. Der Vergleich findet zwischen einer Situation mit vorhandenem Übertragungssignal und einer Situation ohne Übertragungssignal statt.

Zur Realisierung eines besonders sicheren Übertragungsverfahrens könnte jeder Übertragungsfrequenz mindestens ein Zusatzsignal zugeordnet werden. Hierbei könnte die Frequenz des Zusatzsignals zur Gewährleistung einer eindeutigen Detektion zwischen der Übertragungsfrequenz und einer direkt benachbarten weiteren Übertragungsfrequenz gewählt werden. Um weiterhin eine eindeutige Detektion zu gewährleisten, könnte die Frequenz des Zusatzsignals außerhalb der Mitte zwischen zwei benachbarten Übertragungsfrequenzen gewählt werden. Die Auswahl der Frequenz des Zusatzsignals muß in jedem Fall berücksichtigen, daß die erfindungsgemäße Schwebungsdetektion nur Frequenzdifferenzen erkennen kann. Folglich ist eine asymmetrische Auswahl der Frequenz des Zusatzsignals zwischen äquidistanten Funkkanälen günstig. Falls nämlich eine Zusatzsignalfrequenz genau mittig zwischen zwei benachbarten Übertragungsfrequenzen liegt, ist die Detektion von Übertragungssignalen in den beiden, den Übertragungsfrequenzen zugeordneten Kanälen nicht mehr eindeutig. Beide Nachbarsignale erzeugen dann die gleiche Schwebungswirkung. Das Abstandsverhältnis der Frequenz des Zusatzsignals zwischen zwei Übertragungsfrequenzen könnte bspw. bei 1:2 liegen.

Zur Vereinfachung der Ausgestaltung eines Signalempfängers könnte als Frequenz des Zusatzsignals eine direkt benachbarte Übertragungsfrequenz gewählt werden. Hierbei könnte darauf verzichtet werden, neben den bereits für die Übertragungsfrequenzen erforderlichen Sendeoszillatoren zusätzliche Oszillatoren für das Zusatzsi-

gnal vorzusehen. Zur Gewährleistung der Eindeutigkeit der Signaldetektion wäre es dann günstig, die Übertragungsfrequenzen nicht äquidistant anzuordnen.

In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens könnten als Frequenzen des Zusatzsignals zwei zum Übertragungssignal symmetrisch vorliegende, äquidistante Übertragungsfrequenzen, insbesondere beide direkt benachbarten, äquidistanten Übertragungsfrequenzen gewählt werden. Bei einer derartigen Auswahl ist die Äquidistanz erforderlich. Die Verwendung derartiger Frequenzen erzeugt im gewählten Parameterbereich ein besser auswertbares Schwebungsmuster hinsichtlich der Integration in den verschiedenen Zeitfenstern als die Verwendung nur einer einzelnen Zusatzsignalfrequenz. Eine bessere Trennung der Signalleistungsbereiche ist dadurch ermöglicht.

Da ein Schwebungsmuster von der Differenzfrequenz zwischen Zusatzsignal und Übertragungssignal, deren Phasenlage zueinander, der Pulsdauer und der zeitlichen Überlagerung der Signale abhängt, ist es hinsichtlich der Präzision der Detektion günstig, wenn ein Signalsender und der Signalempfänger synchronisiert sind. Hierdurch kann die erforderliche Phasenlage und der vollständige Zeitüberlapp der Signale sichergestellt werden. Hierzu könnte den Signalsendern und Signalempfängern eine Funkuhr zugeordnet werden. Über diese Funkuhr könnten die Sende- und Empfangsfenster gesteuert werden. Dabei ist es weiter günstig, wenn die Signalsender und Signalempfänger gemäß einer vorgebbaren Taktfolge senden und empfangen. Damit ist der Zeitpunkt der Erzeugung eines Schwebungsmusters vorgegeben, nämlich jeweils zu Beginn eines Takts. Die Taktfolge könnte in besonders praktischer Weise über eine Funkuhr gesteuert sein.

Die Qualität der Detektion hängt maßgeblich von der Leistung der vorhandenen Störsignale ab. Zur Dämpfung der Störsignalleistung könnte die Übertragungsfrequenz abwechselnd rechtszirkular und linkszirkular polarisiert gesendet und empfangen werden. Dieser Polarisationswechsel könnte bei jeder Übertragungsfrequenz erfolgen.

Als umsetzendes Bauteil könnte ein elektrooptisches Bauteil dienen.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die nachgeordneten Ansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung von Untersuchungsergebnissen hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Zeichnung zu verweisen. In der Zeichnung zeigen

- Fig. 1 in einem typischen Meßdiagramm ein Schwebungsmuster um den Mittenbereich einer Übertragungsfrequenz herum, wobei kein Übertragungssignal vorhanden ist,
- Fig. 2 in einem typischen Meßdiagramm ein Schwebungsmuster um den Mittenbereich der Übertragungsfrequenz aus Fig. 1 herum, wobei ein Übertragungssignal vorhanden ist, und
- Fig. 3 ein Meßdiagramm zur Dokumentation des Verhältnisses der integrierten Leistungen mit und ohne Übertragungssignal.

Zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Übertragung von Information werden im folgenden Untersuchungsergebnisse für eine bestimmte Wahl von Schwebungsparametern diskutiert. Diese Ergebnisse wurden durch die Berechnung der Überlagerung von bis zu zehn sinusförmigen Signalen in einem gemeinsamen Signalimpulsintervall erhalten. Hierzu wurden zunächst darstellende Fourierintegrale bandbegrenzter Rechtecksignale und darstellende Fourierreihen periodischer bandbegrenzter Rechtecksignale im Rahmen einer numerischen Berechnung verwendet. Die Berechnung wurde mit dem Rechenprogramm „Maple-V-Release4“ durchgeführt.

Es zeigte sich, daß zur Untersuchung der Problematik die einfachste Darstellung durch monochromatische Sinusfunktionen, die nur im Impulsintervall betrachtet wurden, vollkommen ausreichend ist. Zur Auswertung wurden die Leistungssignale des überlagerten Signals in drei unterschiedlichen Impulsbereichen – den zwei Flankenbereichen und dem Mittenbereich – integriert und durch Quotientenbildung vergli-

chen. Dies wurde mit vorhandenem Übertragungssignal und ohne Übertragungssignal durchgeführt.

Fig. 1 zeigt in einem typischen Meßdiagramm die Einhüllende eines Schwebungsmusters um den Mittenbereich einer Übertragungsfrequenz herum. Dabei liegt kein Übertragungssignal an. Fig. 2 zeigt in einem typischen Meßdiagramm das Schwebungsmuster aus Fig. 1, wobei ein Übertragungssignal vorhanden ist. Dies ist an der deutlichen Signaländerung im Flankenbereich des Signals erkennbar. Bei den Meßdiagrammen in Fig. 1 und 2 handelt es sich um Amplitudenzeitdiagramme.

Fig. 3 zeigt in einem Meßdiagramm das Verhältnis der integrierten Leistungen mit und ohne Übertragungssignal. Dabei ist in jedem Meßpunkt das Verhältnis zwischen integrierter Leistung im Mittenbereich und integrierter Leistung in den beiden Flankenbereichen aufgetragen. Entlang der X-Achse ist das Verhältnis von Störleistung zu Signalleistung aufgetragen.

Bei der Detektion wird zunächst ein empfangenes Übertragungssignal unter Pegelangleich mit dem Zusatzsignal hinter den Eingangsfiltern überlagert. Anschließend wird das überlagerte Signal gleichgerichtet und quadriert und in den Zeitfenstern integriert.

Die Ergebnisse im Diagramm aus Fig. 3 beziehen sich auf eine Überlagerung von Signalen mit gleicher Einzelsignalamplitude, wobei die Störleistung sukzessive aus 1 bis 9 Nachbarkanälen erhöht ist. Es wurde festgestellt, daß unterschiedliche Signalamplituden der einzelnen Signale und eine zunehmende Anzahl verschiedenfrequenter Signale und eine unterschiedliche frequenzmäßige Zusammensetzung der Signale in der Überlagerung keinen Einfluß auf das Detektionsverhalten des erfindungsgemäßen Verfahrens haben. Eine Verschlechterung des Detektionsverhaltens wird im wesentlichen ausschließlich durch eine erhöhte Störleistung bewirkt.

Wegen der Störleistungsabhängigkeit ist der Einsatz von Vorfiltern bei dem Schwebungsdetektionsverfahren vorteilhaft. Durch das Unterdrücken gleichzeitiger verschiedenfrequenter Signale im Überlagerungssignal wird die Unterscheidbarkeit der Zustände mit und ohne Übertragungssignal verbessert.

Die Experimente ergaben für eine beispielhaft gewählte Übertragungsfrequenz von 433 MHz eine Frequenzdifferenz zwischen Übertragungssignal und Zusatzsignal von ca. 15 kHz.

Je kleiner die Zusatzsignalleistung im Vergleich zur Störsignalleistung ist, umso größer ist die Änderung des integralen Leistungsquotienten vom Signal-ON- zum Signal-OFF-Zustand, d. h. umso empfindlicher wird die Schwebungsdetektion. Andererseits nimmt die integrale Signalleistung des Überlagerungssignals in den Flanken ebenfalls mit der Abnahme der Zusatzsignalleistung ab. Man muß deshalb für die Einstellung der Zusatzsignalleistung einen Kompromiß zwischen einer gewünschten, möglichst hohen Empfindlichkeit und einer guten Detektierbarkeit der Signalleistung wählen. Ein Leistungsverhältnis von Zusatzsignal zu Störsignal von 1:4 hat sich als günstig erwiesen. Damit können die Leistungssignale in den Flankenbereichen noch gut detektiert werden. Ein Rauschen spielt wegen der Integration und der Quotientenbildung der Signalverarbeitung keine Rolle. Auch ein Leistungsverhältnis von 1:8 scheint daher noch anwendbar. Damit würde sich die Empfindlichkeit in einer Störleistungsumgebung bzw. die zulässige Störleistung um den Faktor 2 erhöhen.

Eine gute Unterscheidbarkeit ist selbst bei einer integralen Störsignalleistung vom 100-fachen der Übertragungssignalleistung noch möglich. Dabei ist die Störsignalleistung die Signalleistung nach dem Vorfilter. Die Störleistung nach dem Vorfilter bzw. die zulässige Störleistung vor dem Vorfilter kann weiter reduziert bzw. gesteigert werden, indem unterschiedlich polarisierte Funksignale und Polarisationsfilter in Form von Wendelantennen oder gekreuzten Linearantennen verwendet werden.

Wenn in jedem Übertragungskanal bzw. bei jeder Übertragungsfrequenz in abwechselnder Reihenfolge rechtszirkular und linkszirkular polarisiert gesendet und empfangen wird, kann die Störsignalleistung nach dem Polarisationsfilter zusammen mit dem Vorfilter im statistischen Mittel mindestens um den Faktor 5 gedämpft werden.

Die zulässige Störleistung vor dem Vorfilter kann somit auf das 2000-fache der Übertragungssignalleistung abgeschätzt werden. Übertragungssignale können daher im Mittel noch in einer 2000-fachen Störleistungsumgebung gut detektiert werden.

Der zulässige Dynamikbereich zwischen Sende- und Empfangssignalen beträgt mehr als 2×10^3 . Das Detektionsverfahren könnte im flächenhaften Kurzreichweitenbereich eingesetzt werden. Für diesen Einsatzbereich ist der obige Dynamikbereich völlig ausreichend.

Als weiteres wurde die Wirkung von Störsignalen aus Nichtnachbarkanälen bzw. Nichtnachbarfrequenzen untersucht. Einen Störeinfluß auf die Detektionsempfindlichkeit können hochfrequente, ähnlichfrequente und niederfrequente Störsignale wie z.B. Rauschen oder Brummen haben. Es ist jedoch anzunehmen, daß durch die Signalauswertung in Form der Integration und Quotientenbildung niederfrequente und hochfrequente Störungen keine Wirkung auf die Schwebungsdetektion haben, da sie alle Integrationsbereiche in gleicher Weise beeinflussen.

Eine empfindliche Wirkung kann von Störsignalen ähnlicher Frequenz ausgehen. Störungen mit Frequenzmittenabständen zur Übertragungssignalmittenfrequenz, die größer sind als der Frequenzmittenabstand des Zusatzsignals zum Übertragungssignal, haben nach den Untersuchungen keine Wirkung. Sie modifizieren lediglich das Schwebungsmuster in ähnlicher Weise wie die Überlagerung von Signalen aus weiteren Nachbarkanälen. Hierzu kann im erfindungsgemäßen Schwebungsdetektionsverfahren die Zusatzsignalleistung an die Überlagerungssignalleistung angepaßt werden, damit das Zusatzsignal die dominierende Schwebungswirkung behält.

Eine andere Situation ergibt sich für Störungen mit Frequenzen, die zwischen der Übertragungssignalmittenfrequenz und der Zusatzsignalmittenfrequenz liegen. Hier kann eine drastische Änderung des Schwebungsmusters erwartet werden.

Im Rahmen der Untersuchung wurde weiter festgestellt, daß eine willkürlich geänderte Störsignalphase keinen Einfluß auf die Schwebungsdetektion zeigt. Das Schwebungsdetektionsverfahren ist gegen solche Störsignale sehr störsicher.

Die bisherigen Untersuchungen des Schwebungsdetektionsverfahrens haben aus mathematischer Sicht bewiesen, daß es möglich ist, ein digitales Funkssystem innerhalb von 2 MHz Gesamtbandbreite mit 130 frequenzdistinkten äquidistanten Funkkanälen mit je 50 kHz Kanalfrequenzbandbreite und 15 kHz Kanalabstand zu imple-

mentieren, in welchem die Übertragungssignale in einer Störleistungsumgebung aus Nachbarkanalsignalen mit einer Dynamik besser als 2×10^3 eindeutig detektiert werden können. Das erfindungsgemäße Übertragungsverfahren ist für Störsignale wie z.B. analoge Funksignale bei einer zeitlich vollständigen Überlagerung weitgehend störsicher. Dies ist für den Einsatz in vielfach genutzten Frequenzbändern besonders wichtig.

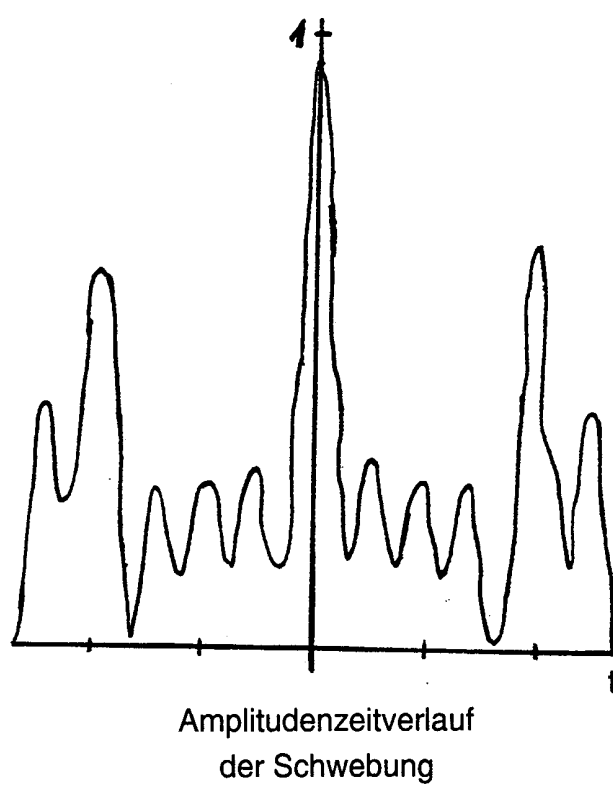
P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Übertragung von Information mittels digitaler Übertragungssignale, insbesondere Funksignale, wobei die Übertragungssignale eine vorgebbare Übertragungsfrequenz aufweisen und wobei bei einem Signalempfänger eine Umsetzung der Übertragungsfrequenz erfolgt,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Umsetzung durch die Überlagerung eines Übertragungssignals mit mindestens einem Zusatzsignal vorgegebbarer Frequenz an einem Bauteil mit linearer Kennlinie erfolgt und daß die Frequenz des Zusatzsignals derart ausgewählt wird, daß durch die Überlagerung ein Schwebungsmuster erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des Zusatzsignals dicht bei der Übertragungsfrequenz des Übertragungssignals liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungssignale vor der Überlagerung vorgefiltert werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungssignale vor der Überlagerung verstärkt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pegelangleich des Zusatzsignals an das Übertragungssignal erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pegelangleich des Übertragungssignals an das Zusatzsignal erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wechsellspannungsverstärkung des Schwebungsmusters erfolgt.

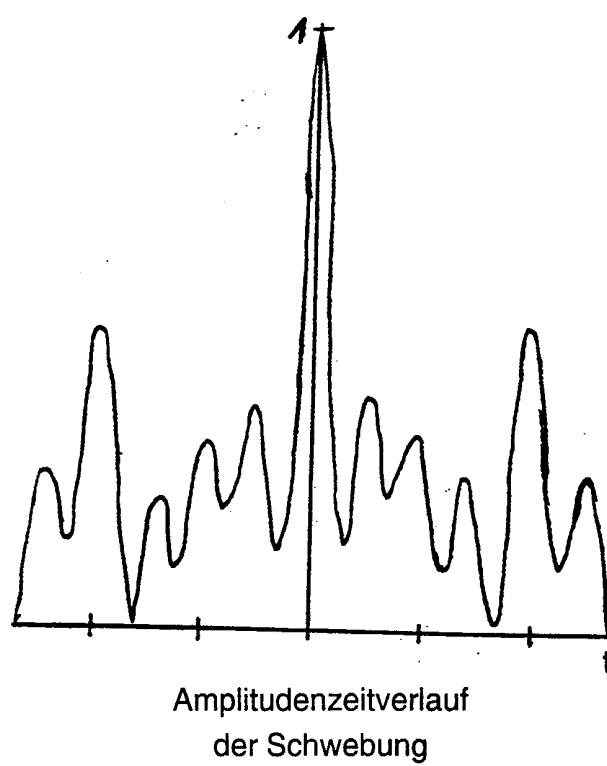
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektion der Übertragungssignale durch Auszählen der im Schwebungsmuster entstandenen Signalextrema - vorzugsweise mittels Schwellwertschalter - erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektion der Übertragungssignale durch den Vergleich der integrierten Signalleistung aus vorgebbaren Zeitfenstern des Schwebungsmusters erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Zeitfenster ausgewählt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitfenster im zeitlichen Mittenbereich sowie in mindestens einem Flankenbereich des Schwebungsmusters ausgewählt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Übertragungsfrequenz mindestens ein Zusatzsignal zugeordnet wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des Zusatzsignals zwischen der Übertragungsfrequenz und einer direkt benachbarten weiteren Übertragungsfrequenz gewählt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des Zusatzsignals außerhalb der Mitte zwischen zwei benachbarten Übertragungsfrequenzen gewählt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Frequenz des Zusatzsignals eine direkt benachbarte Übertragungsfrequenz gewählt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Frequenz des Zusatzsignals zwei symmetrisch vorliegende, äquidistante Übertragungsfrequenzen gewählt werden.

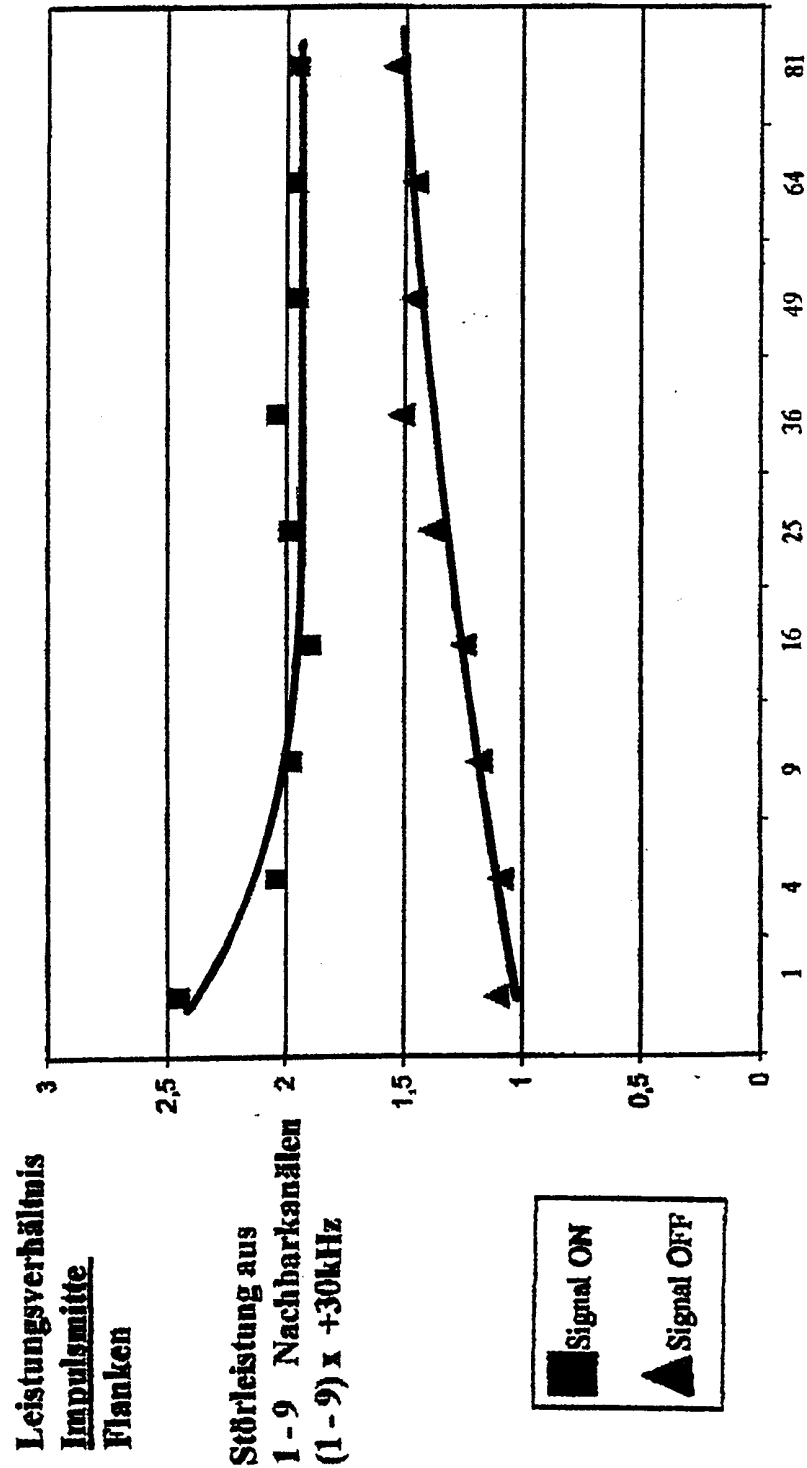
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Frequenz des Zusatzsignals beide direkt benachbarten, äquidistanten Übertragungsfrequenzen gewählt werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Signalsender und der Signalempfänger synchronisiert sind.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß den Signalsendern und Signalempfängern eine Funkuhr zugeordnet ist.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalsender und Signalempfänger gemäß einer vorgebbaren Taktfolge senden und empfangen.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktfolge über eine Funkuhr gesteuert ist.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfrequenz abwechselnd rechtszirkular und linkszirkular polarisiert gesendet und empfangen wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil ein elektrooptisches Bauteil ist.

1/3

**Fig. 1**

2/3

**Fig. 2**



Multifrequente Störleistung rel. zu Signalleistung

Störleistung relativ zu Signalleistung	1	4	9	16	25	36	49	64	81
Signal ON	2,45	2,04	1,97	1,89	1,99	2,04	1,95	1,96	1,95
Signal OFF	1,11	1,09	1,18	1,25	1,39	1,51	1,46	1,46	1,54

Fig. 3