

51

Int. Cl. 2:

H 04 L 9/02

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DT 9 78 042 C 1

# Patentschrift 9 78 042

11

21

22

43

44

45

Aktenzeichen: P 9 78 042.1-31  
 Anmeldetag: 8. 5. 59  
 Offenlegungstag: —  
 Bekanntmachungstag: —  
 Ausgabetag: 21. 10. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Ver- und Entschlüsseln von über Faksimilegeräte zu übertragenden Informationen

73

Patentiert für: Dr.-Ing. Rudolf Hell GmbH, 2300 Kiel

72

Erfinder: Hell, Rudolf, Dr.-Ing., 2300 Kiel

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
Nichts ermittelt

## Patentansprüche:

1. Verfahren zum Ver- und Entschlüsseln von über Faksimilegeräte zu übertragenden Informationen wie halbtönenfreien Strichzeichnungen, Schriftstücken od. dgl., bei dem die Ver- bzw. Entschlüsselung durch Mischen der Bildimpulse bzw. Geheimimpulse mit Schlüsselimpulsen erfolgt und die Schlüsselimpulse unregelmäßig erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein den ganzen Schlüsselvorgang beherrschender Takt eingeführt wird, dessen Frequenz mindestens gleich der höchsten bei der Aufzeichnung vorkommenden Bildpunktfrequenz ( $\sim 2000$  Hz) ist, daß die Schlüsselimpulse zeitlich in der Weise quantisiert werden, daß sie in den Takt eingeordnet und auf eine volle Taktperiode verlängert werden, daß ferner auch die Bildimpulse oder die Geheimimpulse zeitlich quantisiert werden, indem sie in den Takt eingeordnet und auf das nächstliegende ganzzahlige Vielfache (das Ofache eingeschlossen) der Taktperiode verkürzt bzw. verlängert werden.

2. Verfahren zur zeitlichen Quantisierung der Schlüsselimpulse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unregelmäßig anfallenden Schlüsselimpulse mit einer so großen mittleren Geschwindigkeit erzeugt werden, daß pro Taktperiode mit großer Wahrscheinlichkeit mindestens ein Schlüsselimpuls zur Verfügung steht, daß jeweils der erste von mehreren in einer Taktperiode angelieferten Schlüsselimpulsen in einem von zwei abwechselnd zu verwendenden Speicherelementen bis zum Ende der darauffolgenden Taktperiode gespeichert wird und nur während dieser Periode zum Schlüsseln zur Verfügung steht, daß die Schlüsselimpulse auf eine volle Taktperiode verlängert werden, daß die Schlüsselimpulserzeugung jeweils nach der Erzeugung des ersten Impulses innerhalb einer Taktperiode angehalten und erst mit Beginn der nächsten Taktperiode wieder freigegeben wird und daß gleichzeitig das in der vorangegangenen Taktperiode gefüllt gewesene andere Speicherelement gelöscht wird.

3. Verfahren zur zeitlichen Quantisierung der Bild- oder Geheimimpulse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an einer gleichbleibenden Stelle innerhalb jeder Taktperiode, vorzugsweise in deren Mitte, festgestellt wird, ob ein Impuls an- oder abwesend ist, und daß der angetroffene Zustand festgehalten wird bis zu der entsprechenden Stelle desjenigen Taktintervalles, in dem zum ersten Mal eine Änderung des Spannungszustandes angetroffen wird, daß weiter dieser neue Zustand wiederum bis zu der entsprechenden Stelle desjenigen folgenden Taktintervalles festgehalten wird, in dem wieder eine Änderung des Spannungszustandes vorgefunden wird, und so fort.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch die quantisierten Geheimimpulse eine der Taktfrequenz frequenzgleiche Trägerfrequenzspannung in immer der gleichen Phasenlage, vorzugsweise ihrem aufsteigenden Nulldurchgang, aufgetastet wird.

5. Verfahren zum Starten und Synchronisieren

der Schlüsseleinrichtungen der Sende- und Empfangsstelle nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß durch ein von der Sendestelle gegebenes Dauersignal in Form eines Trägerwellenzuges der Taktfrequenz die Takterzeugung auf der Empfangsstelle mit der auf der Sendestelle synchronisiert und in Gegenphase gebracht wird, daß nach Beendigung des Dauersignals nach kurzer Zeit ein kurzes Nachsignal von der Sendestelle gegeben wird, durch welches die Schlüsselimpulserzeugung auf der Sende- und Empfangsstelle von der gleichen verabredeten Ausgangsstellung aus taktgemäß gestartet wird, und daß während der gesamten Übertragungszeit die Takterzeugung auf der Empfangsstelle durch die übertragenen Trägerwellenzüge mit der Takterzeugung auf der Sendestelle laufend synchronisiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ver- und Entschlüsselungseinrichtungen senderseitig und empfangsseitig in die Verbindungsleitung zwischen Faksimilesender und -empfänger geschaltet sind, ohne daß irgendwelche Eingriffe an diesen beiden Geräten vorgenommen werden und ohne daß diese in Betrieb zu sein brauchen.

7. Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach Anspruch 1 bis 6 auf der Sendestelle, gekennzeichnet durch einen Faksimilesender, einen Taktgenerator, der gleichzeitig die Trägerfrequenz liefert, eine Mischstufe, eine Quantisiervorrichtung für die Bild- oder Geheimimpulse, einen Schlüsselimpulsgenerator, einen weiteren Taktgenerator zum Taktieren des Schlüsselimpulsgenerators, zwei Wechselspeicherelemente (Schalter) zum Speichern, Verlängern und Quantisieren der Schlüsselimpulse, einen Signalgeber zum Starten und Synchronisieren der Taktgeneratoren und der Verschlüsselungseinrichtungen auf der Sende- und Empfangsstelle und durch Schaltmittel (Schalter und Tore) zum automatischen taktgerechten Steuern der einzelnen Verfahrensschritte.

8. Vorrichtung zur Durchführung der Verfahren nach Anspruch 1 bis 6 auf der Empfangsstelle, gekennzeichnet durch einen Faksimileempfänger, einen Taktgenerator, der gleichzeitig die Trägerfrequenz liefert, eine Entmischungsstufe, einen Schlüsselimpulsgenerator, einen weiteren Taktgenerator zum Taktieren des Schlüsselimpulsgenerators, zwei Wechselspeicherelemente (Schalter) zum Speichern, Verlängern und Quantisieren der Schlüsselimpulse, einen Signalempfänger zum Starten und Synchronisieren des Taktgenerators und der Entschlüsselungseinrichtung und durch Schaltmittel (Schalter und Tore) zum automatischen taktgerechten Steuern der einzelnen Verfahrensschritte.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ver- und Entschlüsseln von über Faksimilegeräte zu übertragenden Informationen wie halbtönenfreien Strichzeichnungen, Schriftstücken od. dgl., bei dem die Ver- bzw. Entschlüsselung durch Mischen der Bildimpulse bzw. Geheimimpulse mit

Schlüsselimpulsen erfolgt und die Schlüsselimpulse unregelmäßig erzeugt werden.

Es sind Verschlüsselungsverfahren bekannt, die binären Zeichenelemente oder Zustände (z. B. + und -, 0 und 1, Loch und Nichtloch; schwarz und weiß, Impuls und Nichtimpuls, magnetisch und nichtmagnetisch usw.) von linearen Folgen aus solchen Zeichen oder Zuständen, welche eine Information (in evtl. kodierter Form) darstellen wie z. B. beim Morsecode, Fernschreibcode, Hellcode, mit den binären Zeichenelementen oder Zuständen einer periodischen oder unperiodischen, sinnvollen oder sinnlosen Folge aus solchen Zeichenelementen oder Zuständen zu mischen, derart, daß das Aufeinandertreffen gleicher Zeichenelemente das eine und ungleicher Zeichenelemente das andere Zeichenelement ergibt, wofür es zwei verschiedene gleichwertige Zuordnungsmöglichkeiten gibt. Das Entschlüsseln geht auf dieselbe Weise vor sich, indem die Zeichenelemente der Geheimfolge mit den entsprechenden Zeichenelementen derselben Schlüsselreihe nach derselben Regel gemischt werden und als Ergebnis der Entmischung eindeutig die Zeichenelemente der Klarfolge liefern.

Das erwähnte Verfahren hat sich in chiffriertechnischer Hinsicht als ausreichend sicher gegen eine unbefugte Entschlüsselung bewährt, vorausgesetzt, daß die Schlüsselreihe nicht periodisch ist — jedenfalls nicht innerhalb der Teilreihe, die verwendet wird —, um phasengleiche Sprünge zu vermeiden, und daß eine angenäherte statistische Gleichverteilung der beiden binären Zeichenelemente bzw. Zustände vorliegt.

Zur Erzeugung der Schlüsselreihen werden Schlüsselimpulsgeneratoren der verschiedensten Art verwendet. Am sichersten sind Zufallsgeneratoren, da sie unperiodische Schlüsselimpulsfolgen mit rein zufälliger Verteilung zweier binärer Impulsarten, z. B. bipolare Impulse gleicher konstanter Amplitude oder monopolare Impulse zweier verschiedener konstanter Amplituden, deren eine meistens Null ist, liefern. Die Zufallsgeneratoren haben aber den Nachteil, daß die mit ihnen hergestellten Schlüsselimpulsfolgen zwecks Entschlüsselung auf der Empfängerseite nicht in einem zweiten, gleichgebauten Generator reproduziert werden können, da sie eben auf Zufall beruhen. Es bleibt in diesem Falle nichts anderes übrig, als die dergestalt hergestellten Schlüsselimpulsfolgen zu speichern, z. B. in einem Lochstreifen oder in einem Magnetband, und diesen Lochstreifen, der, sofern er für längere Zeit reichen soll, eine ziemlich große Länge haben muß, zu kopieren, und diese Kopien den Chiffrierteilnehmern zuzustellen.

Da die Brauchbarkeit solcher Langzeitschlüssel-speicher bei Verlust oder wenn sie in unbefugte Hände geraten, sehr fragwürdig ist, sind sogenannte Schlüsselverlängerungsvorrichtungen entwickelt worden, die von einem relativ kurzen, unperiodischen Urlochstreifen mit nur einigen Hundert Lochkombinationen mit zufälliger Verteilung der möglichen Lochkombinationen ausgehen, und aus diesem einen sehr langen Schlüssellochstreifen herstellen, der in einer auf der Empfängerseite vorhandenen lokalen Vorrichtung, die der auf der Senderseite gleich ist, reproduziert werden kann. Dieser verlängerte Schlüsselstreifen ist selbstverständlich periodisch, da er auf eine gesetzmäßige, reproduzierbare Weise aus dem Urlochstreifen hergestellt wird. Jedoch ist man im-

stande, die Periode so lang zu machen, daß sie in absehbaren Zeiten, selbst bei ununterbrochenem Betrieb, nicht abläuft, so daß der verlängerte, periodische Schlüsselstreifen praktisch die Bedeutung eines aperiodischen hat, da man die Periode nicht erkennen kann.

Die bekannten und vorgeschlagenen Schlüsselverlängerungsvorrichtungen haben meistens die etwas störende Eigenschaft, daß die Schlüsselimpulse bei ihrer Erzeugung zeitlich ganz unregelmäßig auftreten, so daß sie sich zeitweise sehr häufen oder sehr spärlich auftreten können. Daher ist in solchen Fällen, wo die Schlüsselimpulse nahezu gleichzeitig mit ihrer Erzeugung zum Ver- bzw. Entschlüsseln von mit konstanter Geschwindigkeit ablaufenden Klarimpulsfolgen verwendet werden sollen, eine Kurzzeitspeicherung nicht zu umgehen.

Ist die Übertragungsgeschwindigkeit der Klarimpulse sehr groß, wie z. B. bei Bildverschlüsselungen, so kann weder eine Kurz- noch eine Langzeitspeicherung der Schlüsselimpulse mittels Lochstreifen oder Magnetband vorgenommen werden, da die technisch erreichbaren Abtastgeschwindigkeiten solcher Speicher viel zu niedrig sind, um mit der Übertragungsgeschwindigkeit der Klarimpulse Schritt zu halten.

Es sind daher neuerdings rein elektronisch arbeitende Vorrichtungen sowohl zur Programmierung der binären Informationen des Urlochstreifens als auch zur Schlüsselverlängerung vorgeschlagen worden, welche die Abtastung der Programme und die Erzeugung der Schlüsselimpulse mit sehr großen Geschwindigkeiten gestatten.

Bei zu übertragenden Informationen, die in kodierter Form vorliegen, wie z. B. bei dem schon erwähnten Morse-, Fernschreib- und Hell-Code, sind die Klarimpulse bezüglich ihrer Form und Länge (Dauer) genormt bzw. quantisiert, indem die Impulslängen und -lücken (-abstände) immer ein ganzzahliges Vielfaches eines bestimmten konstanten Zeitquantums sind. Beim Verschlüsseln solcher Informationen mittels Schlüsselimpulse müssen diese ebenfalls genormt bzw. quantisiert werden, so daß sie dieselbe Länge wie die Klarimpulse haben, und die Schlüsselimpulse müssen, wenn sie unregelmäßig anfallen, nach vorangegangener Kurzzeitspeicherung im Takt der Klarimpulse abgerufen werden.

Eine andere Schwierigkeit ergibt sich bei der Verschlüsselung von zu übertragenden halbtönenfreien Bildern, wie z. B. Strichzeichnungen, Schriftsätzen, Noten od. dgl. Da es hier nur die Signale Schwarz und Weiß ohne Mitteltöne gibt, allerdings von verschiedener Länge, ist die Signalinformation bei der zeilenweise erfolgenden photoelektrischen Abtastung solcher Strichbilder binär, indem z. B. die Information »Schwarz« durch Impulse entsprechender Länge konstanter Amplitude und die Information »Weiß« durch Impulslücken entsprechender Länge, oder umgekehrt, wiedergegeben wird. Dabei können diese Impulse und Lücken alle möglichen Längen (Dauer) haben, angefangen vom kürzesten Schwarz- bzw. Weißpunkt, der gerade noch vom Empfänger aufgezeichnet werden kann, bis zu den längsten Schwarz- bzw. Weißstrichen, deren Länge mehrere Abtastzeilen betragen kann. Hier ist also nicht die Amplitude, sondern die Impulslänge bzw. -lücke stetig veränderlich. Mischte man nun diese Bildimpulse stetig veränderlicher Länge mit Schlüsselimpulsen, so würden

die Längen und Lücken der Geheimimpulse nicht quantisiert sein, d. h., es würden stetig veränderliche Impulslängen auftreten. Nun werden diese Impulse aber nicht als Gleichstromimpulse auf die Fernleitung gegeben, sondern sie werden vorher einer Trägerfrequenzspannung aufmoduliert, die abwechselnd auf- und zugetastet wird. Infolge der stetig veränderlichen Länge der Geheimimpulse wird der Träger in allen möglichen, dauernd wechselnden Phasenlagen aufgetastet, und an Hand der Einsatzpunkte der Trägerfrequenzschwingungen wäre eine Rekonstruktion des Klarsignals für Unbefugte möglich, so daß die ganze Verschlüsselung fragwürdig würde.

Erfindungsgemäß werden diese Schwierigkeiten dadurch beseitigt, daß ein den ganzen Schlüsselvorgang beherrschender Takt eingeführt wird, dessen Frequenz mindestens gleich der höchsten bei der Aufzeichnung vorkommenden Bildpunktfrequenz ( $\sim 2000$  Hz) ist, daß die Schlüsselimpulse zeitlich in der Weise quantisiert werden, daß sie in den Takt eingeordnet und auf eine volle Taktperiode verlängert werden, daß ferner auch die Bildimpulse oder die Geheimimpulse zeitlich quantisiert werden, indem sie in den Takt eingeordnet und auf das zunächstliegende ganzzahlige Vielfache (das Ofache eingeschlossen) der Taktperiode verkürzt bzw. verlängert werden.

Nach einer Ausbildung des Erfindungsgedankens wird das Verfahren zur zeitlichen Quantisierung der Schlüsselimpulse in der Weise durchgeführt, daß die unregelmäßig anfallenden Schlüsselimpulse mit einer so großen mittleren Geschwindigkeit erzeugt werden, daß pro Taktperiode mit großer Wahrscheinlichkeit mindestens ein Schlüsselimpuls zur Verfügung steht, daß jeweils der erste von mehreren in einer Taktperiode angelieferten Schlüsselimpulsen in einem von zwei abwechselnd zu verwendenden Speicherelementen bis zum Ende der darauffolgenden Taktperiode gespeichert wird und nur während dieser Periode zum Schlüsseln zur Verfügung steht, daß die Schlüsselimpulse auf eine volle Taktperiode verlängert werden, daß die Schlüsselimpulserzeugung jeweils nach der Erzeugung des ersten Impulses innerhalb einer Taktperiode angehalten und erst mit Beginn der nächsten Taktperiode wieder freigegeben wird, und daß gleichzeitig das in der vorangegangenen Taktperiode gefüllt gewesene andere Speicherelement gelöscht wird.

Nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung wird das Verfahren zur zeitlichen Quantisierung der Bild- oder Geheimimpulse in der Weise durchgeführt, daß an einer gleichbleibenden Stelle innerhalb jeder Taktperiode, vorzugsweise in deren Mitte, festgestellt wird, ob ein Impuls an- oder abwesend ist, und daß der angetroffene Zustand festgehalten wird bis zu der entsprechenden Stelle desjenigen Taktintervalles, in dem zum ersten Mal eine Änderung des Spannungszustandes angetroffen wird, daß weiter dieser neue Zustand wiederum bis zu der entsprechenden Stelle desjenigen folgenden Taktintervalles festgehalten wird, in dem wieder eine Änderung des Spannungszustandes vorgefunden wird, und so fort.

Nach einer weiteren Ausbildung wird durch die quantisierten Geheimimpulse eine der Taktfrequenz frequenzgleiche Trägerfrequenzspannung in immer der gleichen Phasenlage, vorzugsweise ihrem aufsteigenden Nulldurchgang, aufgetastet.

Nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung er-

folgt das Starten und Synchronisieren der Schlüssel-einrichtungen der Sende- und Empfangsstelle in der Weise, daß durch ein von der Sendestelle gegebenes Dauersignal in Form eines Trägerwellenzuges der Taktfrequenz die Takterzeugung auf der Empfangsstelle mit der auf der Sendestelle synchronisiert und in Gegenphase gebracht wird, daß nach Beendigung des Dauersignals nach kurzer Zeit ein kurzes Nachsignal von der Sendestelle gegeben wird, durch welches die Schlüsselimpulserzeugung auf der Sende- und Empfangsstelle von der gleichen verabredeten Ausgangsstellung aus taktmäßig gestartet wird, und daß während der gesamten Übertragungszeit die Takterzeugung auf der Empfangsstelle durch die übertragenen Trägerwellenzüge mit der Takterzeugung auf der Sendestelle laufend synchronisiert wird.

Nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung sind die Ver- und Entschlüsselungseinrichtungen senderseitig und empfangsseitig in die Verbindungsleitung zwischen Faksimilesender und -empfänger geschaltet, ohne daß irgendwelche Eingriffe an diesen beiden Geräten vorgenommen werden und ohne daß diese in Betrieb zu sein brauchen.

Nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung werden die Verfahren gemäß der Erfindung auf der Sendestelle durch eine Vorrichtung durchgeführt, bestehend aus einem Faksimilesender, einem Taktgenerator, der gleichzeitig die Trägerfrequenz liefert, einer Mischstufe, einer Quantisiervorrichtung für die Bild- oder Geheimimpulse, einem Schlüsselimpuls-generator, einem weiteren Taktgenerator zum Taktieren des Schlüsselimpuls-generators, zwei Wechselspeicherelementen (Schaltern) zum Speichern, Verlängern und Quantisieren der Schlüsselimpulse, einem Signalgeber zum Starten und Synchronisieren der Taktgeneratoren und der Verschlüsselungseinrichtungen auf der Sende- und Empfangsstelle, und aus Schaltmitteln (Schaltern und Toren) zum automatischen taktgerechten Steuern der einzelnen Verfahrensschritte.

Nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung werden die Verfahren gemäß der Erfindung auf der Empfangsstelle durch eine Vorrichtung durchgeführt, bestehend aus einem Faksimileempfänger, einem Taktgenerator, der gleichzeitig die Trägerfrequenz liefert, einer Entmischungsstufe, einem Schlüsselimpuls-generator, einem weiteren Taktgenerator zum Taktieren des Schlüsselimpuls-generators, zwei Wechselspeicherelementen (Schaltern) zum Speichern, Verlängern und Quantisieren der Schlüsselimpulse, einem Signalempfänger zum Starten und Synchronisieren des Taktgenerators und der Entschlüsselungseinrichtung und aus Schaltmitteln (Schaltern und Toren) zum automatischen taktgerechten Steuern der einzelnen Verfahrensschritte.

Anhand der Fig. 1 bis 3 wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Senderanlage und

Fig. 2 den entsprechenden Aufbau der Empfangsanlage in je einem Blockschaltbild.

In den Fig. 3 a bis 3 e sind die zeitlichen Verhältnisse bei der Verschlüsselung der Faksimilesignale dargestellt.

Die Anlage arbeitet grundsätzlich in der folgenden Weise:

In die Fernleitung zwischen zwei handelsüblichen Faksimilegeräten, von denen das eine als Sender und

das andere als Empfänger arbeitet, ist (im On-line-Betrieb) senderseitig und empfangsseitig je eine gleiche Verschlüsselungsvorrichtung geschaltet. In dem senderseitigen Verschlüsselungsgerät wird eine Folge von Schlüsselimpulsen sehr langer Periode erzeugt, die in einem Mischgerät den zur Fernleitung gehenden Bildimpulsen überlagert werden. In dem empfängerseitigen Schlüsselgerät wird eine der senderseitigen Folge gleiche Folge von Schlüsselimpulsen erzeugt, und im empfängerseitigen Mischgerät werden diese Schlüsselimpulse den empfangenen Geheimimpulsen überlagert. Als Ergebnis der Überlagerung bleiben die vom sendenden Faksimilegerät gelieferten Klarimpulse übrig, die zum Faksimileempfänger geleitet und von diesem aufgezeichnet werden.

Die Anlage besteht demnach aus zwei Teilen, der Sendeanlage und der Empfangsanlage, die nicht in allen Teilen gleich sind, und einzeln beschrieben werden.

#### Sendeanlage

In Fig. 1 ist in einem Blockschaltbild die Sendeanlage dargestellt. Die Faksimileübertragung wird mit dem Start der sendeseitigen Verschlüsselungseinrichtung eröffnet. Zu diesem Zweck wird die Starttaste 1 gedrückt. Damit wird über das »Entweder-oder«-Tor 3, Leitung 4, Mischgerät 5 und Quantisiervorrichtung 6 das Tor 7 geöffnet, das eine vom Taktgenerator 8 über die Leitung 9 zugeführte sinusförmige Wechselfspannung von etwa 2000 Hz als Startsignal zur Fernleitung 10 freigibt. Dieses Signal hält an, solange die Taste 1 gedrückt bleibt.

Beim Loslassen der Taste 1 verschwindet die Gleichspannung in der Leitung 2. Dadurch wird über das Differenzierglied 11 ein Impuls gewonnen, der den monostabilen Schalter 12 umschaltet. Dieser schaltet nach einer kurzen Zeit von etwa 10 msec selbsttätig in seine Ruhestellung zurück. Am Ende dieser Zeit wird durch den Rückschaltstromstoß des Schalters 12 über Leitung 13 in dem Differenzierglied 14 ein Impuls erzeugt, der den monostabilen Schalter 15 für einige Millisekunden in Arbeitsstellung bringt. Während dieser Zeit gelangt über Leitung 16, Tor 3, Leitung 4, Mischgerät 5 und Quantisiervorrichtung 6 Spannung an das Tor 7, wodurch ein Nachsignal auf die Fernleitung 10 gegeben wird. Durch die Einschaltung des Schalters 15 wird über Leitung 17 und Differenzierglied 18 ein Impuls gewonnen, der den bistabilen Schalter 19 einschaltet. Dieser, welcher während der ganzen folgenden Betriebszeit eingeschaltet bleibt, öffnet das Tor 20. Die vom Taktgeber 8 über das Differenzierglied 21 gegebenen Taktimpulse gelangen von nun an über Leitung 22, Tor 20 und Leitung 23 zu der Schlüsselimpulseinrichtung, die damit gestartet wird. Als Schlüsselimpulseinrichtung wird der unterhalb der gestrichelten Linie dargestellte Teil der Anlage bezeichnet.

Die Taktimpulse an Leitung 23 sind Nadelimpulse, die durch Differentiation der aus dem Taktgenerator 8 stammenden sinusförmigen Wechselfspannung im Differenzierglied 21 erzeugt werden und deren Frequenz haben. Der erste, über Leitung 23 zum Schlüsselimpulsgerät gelangende Taktimpuls erreicht den bistabilen Schalter 24, welcher über Leitung 25 den Multivibrator 26 einschaltet. Dieser arbeitet mit einer wesentlich höheren, z. B. 25mal höheren, Frequenz als der Taktgenerator 8, so daß der Multivibrator 26

eine Frequenz von etwa 50 kHz hat. Der Nadelimpuls an Leitung 23 schaltet auch den bistabilen Schalter 27 um. Dadurch wird über Leitung 28 das Tor 29 geöffnet, und die Tore 30 und 31 werden gesperrt, während über die Leitung 32 das Tor 33 gesperrt wird und die Tore 34 und 35 geöffnet werden.

Der Multivibrator 26 gibt nadelförmige Impulse an Leitung 36. Der erste dieser Impulse schaltet den bistabilen Schalter 37 um, der über Leitung 38, Differenzierglied 39, Leitung 40 und das zu dieser Zeit geöffnete Tor 34 den Schalter 41 in die gezeichnete Ruhestellung bringt, wenn er sich zufällig in der Arbeitsstellung befunden haben sollte. Durch den Schalter 37 wird über die Leitung 42 mit einer kleinen Verzögerung das Tor 43 geöffnet. Diese Verzögerungszeit ist so bemessen, daß der erste Impuls aus dem Multivibrator 26 das Tor 43 nicht passieren kann, daß aber der zweite und alle weiteren Impulse an den Schlüsselimpulsgenerator 44 gelangen.

Der Schlüsselimpulsgenerator 44 erzeugt in gesetzmäßiger und reproduzierbarer Weise, jedoch zeitlich ganz unregelmäßig und mit einer sehr hohen mittleren Geschwindigkeit eine Folge bipolarer Schlüsselimpulse gleicher und konstanter Amplitude mit einer sehr langen Periode, die bei ununterbrochenem Betrieb nicht vor 24 Stunden abläuft. Ein solcher Schlüsselimpulsgenerator ist z. B. in der deutschen Patentschrift 10 12 635 der Klasse 21 a<sup>1</sup> sowie in der Zusatz-Patentanmeldung H 32 464 VIII a/21 a<sup>1</sup> (DT-AS 10 74 630) beschrieben. Der dort beschriebene Generator stellt einen Schlüsselimpulsfolgenverlängerer dar, der von einer relativ kurzen, unperiodischen, willkürlich gewählten Urfolge von Schlüsselimpulskombinationen ausgeht. Die Verteilung der beiden Polaritäten auf die anfallenden Schlüsselimpulse ist unregelmäßig, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten beider Polaritäten gleich groß, so daß, über eine längere Zeit betrachtet, statistisch eine Gleichverteilung der beiden Schlüsselimpulspolaritäten vorliegt. Da die Schlüsselimpulse sich zeitweise sehr häufen, aber auch zeitweise sehr spärlich auftreten können, so ist aus Sicherheitsgründen die mittlere Erzeugungsgeschwindigkeit der Schlüsselimpulse so groß gewählt, daß der Generator 8 pro Taktperiode mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit immer mindestens einen Schlüsselimpuls zur Verfügung stellt. Im Mittel würden pro Taktperiode etwa fünf Schlüsselimpulse ganz unregelmäßig auftreten, von denen aber nur einer, und zwar der erste, verwendet wird. Der Schlüsselimpuls-generator wird nach Auftreten dieses ersten Schlüsselimpulses sofort angehalten.

Der Takt für den Schlüsselimpulsgenerator 44 wird durch den Multivibrator 26 erzeugt, so daß ein Schlüsselimpuls immer nur innerhalb einer der Taktperioden des Multivibrators 26, welche im Beispielfalle gleich dem 25. Teil der Taktperiode des Taktgenerators 8 sind, auftreten kann.

Die bipolaren Schlüsselimpulse gleicher konstanter Amplitude, welche Nadelimpulse sind, werden zunächst noch innerhalb des Schlüsselimpulsgenerators in für den vorliegenden Zweck geeigneterer monopolare Schlüsselimpulse zweier verschiedener konstanter Amplituden, deren eine Null ist, umgewandelt, derart, daß ein primärer positiver Schlüsselimpuls die Anwesenheit und ein primärer negativer Schlüsselimpuls die Abwesenheit eines sekundären Nadelimpulses ergibt. Dies geschieht aus Sicherheits-

gründen, da das Ausbleiben eines primären Schlüsselimpulses vom Auftreten eines primären negativen Schlüsselimpulses in der Wirkung nicht zu unterscheiden ist, so daß auch bei gelegentlichem Ausbleiben eines primären Schlüsselimpulses innerhalb einer Taktperiode des Generators 8 immer ein sekundärer Schlüsselimpuls (der Amplitude Null) zur Verfügung steht.

Das Auftreten eines primären positiven Schlüsselimpulses hat zur Folge, daß auf die Ausgangsleitung 45 des Schlüsselimpulsgenerators 44 noch während der ablaufenden Taktperiode des Generators 8 ein sekundärer nadelförmiger positiver Impuls gegeben wird, wodurch einer der beiden Speicherschalter 41 oder 48, je nachdem, welches der Tore 35 oder 31 gerade geöffnet ist, umgeschaltet wird. Ist der primäre Schlüsselimpuls negativ, so unterbleibt der sekundäre Schlüsselimpuls an Leitung 45, und der Speicherschalter 41 bzw. 48 bleibt in der Ruhelage. Die Lage des Speicherschalters 41 bzw. 48 aber (ein- bzw. ausgeschaltet) bestimmt Anwesenheit oder Abwesenheit von für die nachfolgende Taktperiode des Generators 8 an die Leitung 50 zu liefernder Spannung.

Wegen des unregelmäßigen Auftretens des ersten Schlüsselimpulses innerhalb einer Taktperiode des Taktgenerators 8 kann der Schlüsselimpuls erst für die darauffolgende Taktperiode verwendet werden. Daher ist eine Kurzzeitspeicherung der Schlüsselimpulse erforderlich. Da aber in der vorangegangenen Taktperiode, innerhalb derer der Schlüsselimpuls erzeugt wurde, ebenfalls vom Beginn dieser Taktperiode an ein Schlüsselimpuls zur Verfügung stehen muß, der nur in der dieser vorausgegangenen Taktperiode erzeugt worden sein kann, sind zwei Kurzzeitspeicherelemente für die Schlüsselimpulse erforderlich, die abwechselnd in Tätigkeit treten, so daß das eine Speicherelement zur Speicherung der ungeradzahlig und das andere Speicherelement zur Speicherung der geradzahlig Schlüsselimpulse dient.

Der Funktionsablauf der Schlüsseleinrichtung geht folgendermaßen vor sich:

Während der ersten Taktperiode des Generators 8 ist, wie bereits erwähnt, das Tor 31 gesperrt und das Tor 35 geöffnet. Es werde angenommen, daß der erste primäre Schlüsselimpuls des Schlüsselimpuls-generators 44 positiv sei, daß also an Leitung 45 ein Impuls auftritt. Er gelangt über das Tor 35 und Leitung 46 an den bistabilen Speicherschalter 41. Dieser stellt das eine Speicherelement dar. Er schaltet um und legt an die Leitung 47 Spannung. Da aber das Tor 33 zu diesem Zeitpunkt gerade gesperrt ist, tritt zunächst keine Wirkung ein.

Der bistabile Speicherschalter 48 stellt das andere Speicherelement dar. Der Ausgang 49 dieses Speicherschalters, der bei dem im Augenblick betrachteten ersten Taktimpuls noch nicht umgeschaltet sein kann, ist ohne Spannung. Dieser Zustand, der mit (—) bezeichnet werden möge, wird über die Leitung 49, das Tor 29 und die Leitung 50 an das Mischgerät 5 weitergeleitet, das also ebenfalls ohne Spannung ist. Da vom Faksimilesender 52 zunächst noch keine Bildsignale geliefert werden, ist auch der Ausgang 56 des Mischgerätes 5 ohne Spannung. Die Quantisiervorrichtung 6 tritt nicht in Tätigkeit. Das Tor 7 bleibt gesperrt, und es geht kein Signal zur Fernleitung 10.

In dem Augenblick, in dem der soeben betrachtete

erste Schlüsselimpuls entsteht, wird über die Leitung 51 auch ein Impuls an die Schalter 24 und 37 gegeben, die beide in die Ruhstellung zurückschalten. Der Schalter 24 hält den Multivibrator 26 an, und der Schalter 37 sperrt das Tor 43.

Der nächste Takt des Taktgenerators 8 liefert einen zweiten Nadelimpuls an die Leitung 23. Der Schalter 24 schaltet den Multivibrator 26 erneut ein. Damit beginnt die Erzeugung des zweiten Schlüsselimpulses. Auch der Schalter 27 wird durch den zweiten Taktimpuls umgeschaltet. Er schaltet in die gezeichnete Ausgangsstellung zurück, wodurch die Tore 29, 34 und 35 gesperrt, hingegen die Tore 30, 31 und 33 geöffnet werden. Durch die Öffnung des Tores 33 liegt jetzt Spannung an der Leitung 50, da ja in der Zeit des ersten Taktes der Speicherschalter 41 in Arbeitsstellung gegangen war. Über das Mischgerät 5 und die Quantisiervorrichtung 6 wird das Tor 7 geöffnet, und es wird eine Periode der sinusförmigen Taktfrequenz aus dem Generator 8 über die Leitung 9 auf die Fernleitung 10 gegeben.

Inzwischen wird im Schlüsselimpuls-generator 44 ein zweiter Schlüsselimpuls erzeugt. Ist er positiv, so gelangt ein Nadelimpuls über die Leitung 45 und das Tor 31 zum Speicherschalter 48, der dadurch umgeschaltet wird. Ist der Schlüsselimpuls negativ, so unterbleibt ein Nadelimpuls an der Leitung 45, und der Speicherschalter 48 bleibt in seiner Ruhstellung stehen. Der Zustand des Speicherschalters 48 bestimmt die An- oder Abwesenheit eines Schlüsselimpulses für die auf die gerade ablaufende zweite Taktperiode folgende dritte Taktperiode.

Der eben beschriebene Vorgang wiederholt sich mit jeder weiteren Taktperiode des Generators 8, wobei sich die Speicherschalter 41 und 48 abwechseln. Während der eine für eine Taktperiode einen Schlüsselimpuls liefert, wird der andere aus dem Schlüsselimpuls-generator 44 neu eingestellt und speichert seine Information für die nächstfolgende Taktperiode. Je nach der Polarität des primären Schlüsselimpulses liegt an der Leitung 50 Spannung oder nicht.

Durch die Speicherschalter 41 und 48 werden die an der Leitung 45 auftretenden nadelförmigen sekundären Schlüsselimpulse abwechselnd gespeichert und jeweils bis zum Ende der folgenden Taktperiode des Generators 8 festgehalten, wodurch sie auf mindestens eine volle Taktperiode verlängert werden und nur jeweils während dieser folgenden Taktperiode zur Verfügung stehen. Hierauf beruht die Quantisierung der Schlüsselimpulse, deren Länge immer mindestens eine volle Taktperiode oder ein ganzzahliges Vielfaches einer Taktperiode beträgt.

Nachdem die Schlüsselimpulserzeugung gestartet ist, kann, aber muß nicht, sofort mit der Übertragung der Faksimilesignale begonnen werden. Zum Beispiel ist es bei militärischen Leitungen üblich, die Schlüsselimpulserzeugung ununterbrochen laufen zu lassen, auch wenn keine Bildsignale übertragen werden. Dies hat den Zweck, Unbefugte darüber irrezuführen bzw. in Unklarheit darüber zu lassen, ob reine Schlüsselsignale oder ob verschlüsselte Nachrichtensignale, die nicht voneinander zu unterscheiden sind, übertragen werden.

Die Faksimilesignale gelangen von dem Faksimilegerät 52 als Wechselspannungssignale über die Leitung 53 zu dem Gleichrichter 54, und werden von dort als Gleichspannungsimpulse über die Leitung 55,



das Tor 3 und die Leitung 4 zum Mischgerät 5 geleitet, wo sie mit den über die Leitung 50 angelieferten Schlüsselsignalen gemischt werden.

Das Mischgerät 5 arbeitet in der folgenden Weise: Führen während einer Taktperiode des Taktgenerators 8 sowohl die Leitung 50 als auch die Leitung 4 Spannung oder sind beide Leitungen ohne Spannung, so ist der Ausgang des Mischgerätes an der Leitung 56 spannungslos. Das Tor 7 ist dann gesperrt, und es werden aus dem Generator 8 keine Trägerfrequenzsignale auf die Fernleitung 10 freigegeben. Führt aber entweder die Leitung 4 oder die Leitung 50 Spannung, so liegt Spannung am Ausgang des Mischgerätes an der Leitung 56. Das Tor 7 ist geöffnet, und es gelangen Trägerfrequenzsignale aus dem Generator 8 zur Fernleitung 10.

Die Mischung der Bildimpulse mit den Schlüsselimpulsen geschieht nach einem kommutativen Multiplikationsschema. Bedeutet das Zeichen (+) die Anwesenheit und das Zeichen (-) die Abwesenheit von Spannung bzw. eines Impulses, so ergibt die Multiplikation ungleicher Vorzeichen plus, gleicher Vorzeichen minus. Die Multiplikation der Vorzeichen geht also in diesem Falle entgegengesetzt zu den algebraischen Vorzeichenregeln der Multiplikation vor sich. Der Ausdruck »kommutative Multiplikation« oder »kommutative Mischung« wird hier in gruppentheoretischem Sinne gebraucht und bedeutet, daß, wenn  $K$  das Vorzeichen des Klarimpulses,  $S$  das des Schlüsselimpulses und  $G$  das dem Geheimimpuls ist,  $K \cdot S = S \cdot K = G$  ist. Um aus dem Geheimimpuls  $G$  den Klarimpuls  $K$  zu erhalten, wird das Vorzeichen von  $G$  wieder mit dem Vorzeichen von  $S$  multipliziert:  $K = G \cdot S = S \cdot G$ , was eindeutig den Klarimpuls liefert. Der Entschlüsselungsschlüssel ist also gleich dem Verschlüsselungsschlüssel. Dies bietet den Vorteil, daß zum Ver- und Entschlüsseln die gleiche Einrichtung verwendet werden kann.

Da der Generator 8 sowohl den Takt für die ganze Anlage als auch die sinusförmige Trägerfrequenzwechselspannung liefert, so beträgt das kürzeste Schlüsselsignal, das ja Taktlänge hat, eine volle Sinusschwingung der Trägerfrequenz. Ein längeres Schlüsselsignal, welches auftritt, wenn sich die Polarität der primären Schlüsselimpulse über mehrere Taktperioden nicht ändert, besteht aus einer ganzzahligen Anzahl voller Sinusschwingungen der Trägerfrequenz. Demnach sind Schlüsselsignallängen und -lücken immer ganzzahlige Vielfache einer Taktperiode.

Diese Einordnung in den die ganze Anlage beherrschenden Takt muß auch für die vom Faksimilegerät 52 gelieferten Bildsignale gewahrt bleiben, damit nicht für eine unbefugte Dechiffrierung Anhaltspunkte geboten werden. Deshalb werden die vom Mischgerät 5 auf die Leitung 56 gelieferten Geheimsignale, deren Längen und Lücken im allgemeinen keine ganzzahligen Vielfachen einer Taktperiode sein werden, in der Quantisiervorrichtung 6 quantisiert, d. h. in den Takt eingeordnet. Dies geht in der Weise vor sich, daß Anfänge und Enden von Geheimimpulsen, die in das Innere eines Taktintervalls fallen, bis zum Beginn der nächsten Taktperiode hinausgezögert werden und erst in dieser zur Wirkung gelangen. Die Folge ist, daß Impulslängen und -lücken, die kürzer als die Taktperiode sind, entweder unterdrückt oder auf eine volle Taktperiode verlängert werden und daß Impulslängen und

-lücken, die nicht ein ganzzahliges Vielfaches der Taktperiode sind, auf das nächstniedrigere oder nächsthöhere ganzzahlige Vielfache der Taktperiode verkürzt oder verlängert werden. Durch diese Quantisierung treten kleine Verzerrungen der Geheimimpulse um höchstens eine Taktperiode auf, die das nach der Entschlüsselung im Empfänger aufgezeichnete Bild jeweils höchstens um einen Bildpunkt verfälschen. Anstatt nach der Verschlüsselung können die Bildimpulse mit gleichem Erfolg auch vor der Verschlüsselung quantisiert werden. Die Quantisierung der Schlüssel- und Bild- oder Geheimimpulse ist die wichtigste Maßnahme bei der Verschlüsselung, denn erst die Quantisierung, nach der die Impulslängen und -lücken der Schlüssel- und Bild- oder Geheimimpulse auf ganzzahlige Vielfache der Taktperiode gebracht worden sind, verhindert die unbefugte Eintschlüsselung, da jetzt die Geheimsignale von den Schlüsselsignalen bezüglich ihrer Form nicht mehr zu unterscheiden sind.

### Empfangsanlage

In Fig. 2 ist in einem Blockschaltbild die Empfangsanlage dargestellt. Das vom Sender gegebene Startsignal gelangt über die Fernleitung 10 als sinusförmige Wechselspannung zum Vorverstärker 57, wird über die Leitung 58 dem Gleichrichter 59 zugeleitet und erreicht als Gleichspannung die Leitung 60. Die Gleichspannung hält an, solange die Taste 1 (Fig. 1) auf der Sendestelle gedrückt wird. Über die Leitung 58 wird die empfangene und verstärkte Wechselspannung zum Taktgenerator 61 geführt. Dieser Taktgenerator hat die gleiche Frequenz und die gleiche Funktion wie der Taktgenerator 8 (Fig. 1) der Sendestelle. Die Frequenzkonstanz beider Generatoren ist sehr groß und wird z. B. mittels Stimmgabeln, wie in der Bildtelegraphie üblich, stabilisiert. Die über die Leitung 58 zugeführte Wechselspannung synchronisiert den Taktgenerator 61 und bringt ihn aus später noch zu erörternden Gründen in Gegenphase zu dem Taktgenerator 8 der Sendestelle. Damit bestimmt der Taktgenerator 61 in der Empfangsstelle den Takt, der synchron mit dem Takt der Sendestelle ist.

Nach Beendigung des Startsignals verschwindet die Gleichspannung an der Leitung 60, wodurch in dem Differenzierglied 62 ein Impuls erzeugt wird, der über das Tor 63 den monostabilen Schalter 64 für etwa 10 msec einschaltet. Dadurch wird für die gleiche Zeit das Tor 65 geöffnet. Wie bei der Beschreibung des Senders erwähnt worden ist, wird beim Loslassen der Starttaste 1 (Fig. 1) durch die Rückschaltung des Schalters 15 (Fig. 1) ein kurzes Nachsignal von etwa 10 msec gegeben, durch welches die Schlüsselimpulserzeugung gestartet wird. Der Einsatz dieses Nachsignals bewirkt im Empfänger, daß an der Leitung 60 wieder Spannung auftritt. Über den Differenzierer 66, die Leitung 67 und das nunmehr geöffnete Tor 65 wird der bistabile Schalter 68 eingeschaltet, der von nun an eingeschaltet bleibt und damit das Tor 69 freigibt. Von jetzt ab können die Nadelimpulse, die durch Differentiation der vom Taktgenerator 61 gelieferten Wechselspannung in dem Differenzierglied 70 gewonnen werden, über das Tor 69 als Taktimpulse zu dem Schlüsselimpulsgerät gelangen. Damit ist auch beim Empfän-

ger die Erzeugung der Schlüsselimpulse gestartet, und zwar durch dasselbe Nachsignal, das auch beim Sender den Beginn der Schlüsselimpulserzeugung ausgelöst hat. Mit der Einschaltung des Schalters 68 ist über die Leitung 71 das Tor 63 für die Zukunft gesperrt, doch wird gleichzeitig das Tor 72 geöffnet. Die weiterhin empfangenen Signale gelangen über die Leitung 73 und das Mischgerät 74 und öffnen das Tor 75. Die vom Taktgenerator 61 über die Leitung 76 gelieferte Wechselspannung gelangt als Bildsignal zu dem Faksimileempfänger 77. Die Leitung 78 am Ausgang des Tores 69 entspricht der Leitung 23 am Ausgang des Tores 20 im Sendegerät (Fig. 1). Die Wirkungsweise des Schlüsselimpulsgerätes, welches in Fig. 2 wieder unterhalb der gestrichelt gezeichneten Linie dargestellt ist, ist der auf der Senderseite völlig gleich, und die Erzeugung der Schlüsselimpulse läuft mit der im Senderteil beschriebenen Erzeugung synchron und um eine halbe Taktperiode phasenverschoben ab. Da die beiden Taktgeneratoren 8 bzw. 61 im Sender und im Empfänger synchron und in Gegenphase sind und da ferner der Taktgenerator 61 über die Leitung 58 dauernd in gleicher Phase mit der empfangenen Wechselspannung ist, läuft auch für die Zukunft die Bereitstellung der Schlüsselimpulse an der Leitung 50 im Sender und an der Leitung 79 im Empfänger im gleichen Takt ab. Auch die Polarität der Schlüsselimpulse im Sender und im Empfänger ist in jedem Augenblick die gleiche. Im Mischgerät 74 werden die aus den Leitungen 79 und 73 angelieferten Schlüsselimpulse auf die beim Sender beschriebene Art und Weise überlagert. Unter der Annahme, daß unmittelbar nach dem Start noch keine Faksimile signale übertragen werden, stammen die in der Leitung 73 erscheinenden quantisierten Impulse nur vom Schlüsselimpulsgerät des Senders. Diese Impulse sind demnach völlig gleich mit den an der Leitung 79 gelieferten Impulsen, die der eigene Schlüsselimpuls generator 44' erzeugt. Da bei der vorliegenden Mischmethode bei gleichzeitigem Auftreten oder gleichzeitiger Abwesenheit von Spannung in den beiden Leitungen 73 und 79 des Mischgerätes 74 die Ausgangsleitung 80 ohne Spannung bleibt, wird das Tor 75 nicht geöffnet, und der Faksimileempfänger 77 erhält über die Leitung 81 keine Bildsignale. Durch das Auftreten von Bildimpulsen auf der Senderseite werden die Schlüsselimpulse im Mischgerät der Senderseite umgepolt, so daß als Ergebnis der Entmischung im Mischgerät 74 der Empfängerseite die unverschlüsselten Bildimpulse wieder erscheinen. Sie führen zur Öffnung des Tores 75, so daß Wechselspannungssignale über die Leitung 81 zum Faksimileempfänger 77 gelangen und dort als Klarbild aufgezeichnet werden. Da die empfangenen Geheim signale bereits im Sender quantisiert sind, erübrigt sich eine Quantisier Vorrichtung auf der Empfängerseite.

Sollen beide Stellen sowohl zum Senden als auch zum Empfangen geeignet sein, so müssen diejenigen Teile beider Anlagen, die voneinander verschieden sind, doppelt vorhanden sein und vom Senden auf Empfangen bzw. umgekehrte umgeschaltet werden. Ferner müssen die beiden Faksimilegeräte 52 bzw. 77 auf der Sendeseite und auf der Empfängerseite sowohl als Sender als auch als Empfänger verwendet werden

können, also als sogenannte »Transceiver« ausgebildet sein.

In Fig. 3 sind die zeitlichen Verhältnisse bei der Verschlüsselung des Bildsignals dargestellt.

Fig. 3a zeigt einen kurzen Ausschnitt aus dem zeitlichen Verlauf des quantisierten Schlüssel signals, wobei die Taktperioden durch gestrichelt gezeichnete senkrechte Linien angedeutet sind. Die Impulslängen und -lücken des Schlüssel signals sind immer ganzzahlige Vielfache einer Taktperiode.

Fig. 3b zeigt einen kurzen Ausschnitt aus dem zeitlichen Verlauf des unverschlüsselten sendeseitigen nichtquantisierten Bildsignals. Entsprechend der Abtastung des Bildes in einer Bildzeile können die Impulslängen und Impulslücken alle möglichen Werte haben, die im allgemeinen keine ganzzahligen Vielfachen der Taktperiode sein werden.

In Fig. 3c ist ein kurzer Ausschnitt aus dem zeitlichen Verlauf des Mischungsergebnisses des Schlüssel signals mit dem Faksimile signal gemäß den angegebenen Mischregeln dargestellt. Da das Bildsignal nicht quantisiert ist, enthält das Geheim signal Impulslängen und -lücken, die keine ganzzahligen Vielfachen einer Taktperiode sind. Tastete man mit diesem nicht quantisierten Geheim signal eine Trägerfrequenzspannung auf, so würden die Trägerfrequenzwellenzüge mit allen möglichen Phasenlagen beginnen und aufhören. Auch könnten Wellenzüge auftreten, die kürzer als eine Vollschwingung sind. Hierdurch würde die unbefugte Entschlüsselung der Geheim signale sehr erleichtert werden, denn am Auftreten von Schwingungszügen, die an ihrem Anfang und ihrem Ende irgendwelche Phasenlagen haben, die vom aufsteigenden Nulldurchgang der Schwingung verschieden sind, könnte man sehr leicht die im Sender abgetasteten Striche innerhalb der Bildzeilen rekonstruieren, wodurch die Verschlüsselung illusorisch würde.

In Fig. 3d ist ein kurzer Ausschnitt aus dem zeitlichen Verlauf des quantisierten Geheim signals dargestellt. Die Quantisierung geschieht in der Weise, daß an einer gleichbleibenden Stelle im Inneren jeder Taktperiode, vorzugsweise in deren Mitte, festgestellt wird, ob das Signal Spannung führt oder nicht. Der angetroffene Zustand wird mindestens bis zur Mitte des nächsten Taktintervalls festgehalten, und zwar so lange, bis erstmalig eine Änderung des Spannungszustandes angetroffen wird, d. h. eine Signallücke vorliegt. Dieser neue Zustand wird nun wiederum mindestens bis zur Mitte der folgenden Taktperiode festgehalten und, falls er länger andauert, so lange, bis bei der Abtastung der Intervallmitten zum ersten Mal wieder eine Zustandsänderung angetroffen wird, d. h. Spannung besteht, usw.

Das auf die angegebene Weise quantisierte Geheim signal ist gegenüber dem quantisierten Schlüssel signal auf der Senderseite um eine halbe Taktperiode in der Phase verschoben. Dementsprechend muß das quantisierte Schlüssel signal auf der Empfängerseite zur phasenrichtigen Entschlüsselung der Geheim signale ebenfalls um eine halbe Taktperiode gegenüber dem quantisierten Schlüssel signal auf der Senderseite in der Phase verschoben sein. Das empfangenseitige quantisierte Schlüssel signal ist aber in Phase mit dem empfangenen quantisierten Geheim signal.



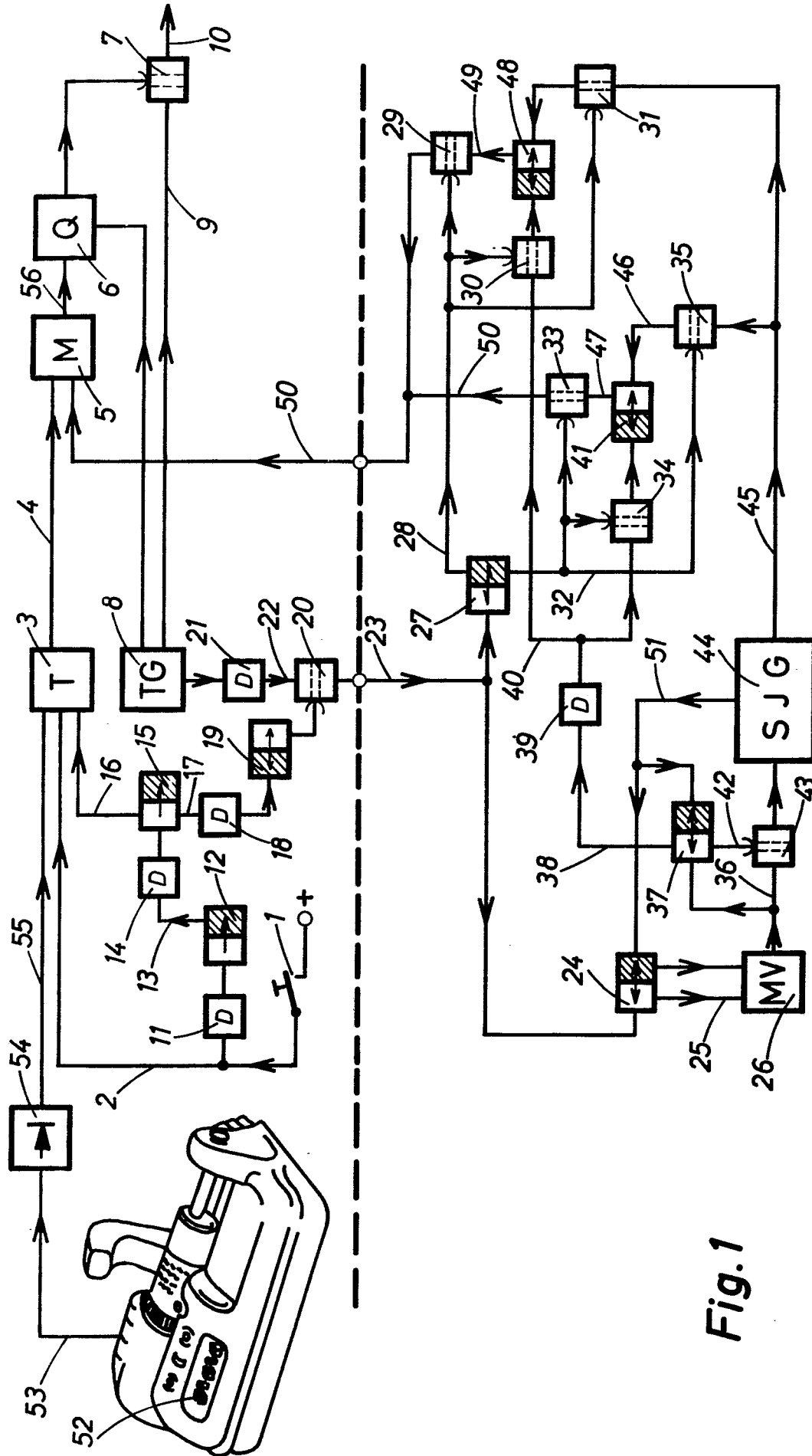


Fig. 1

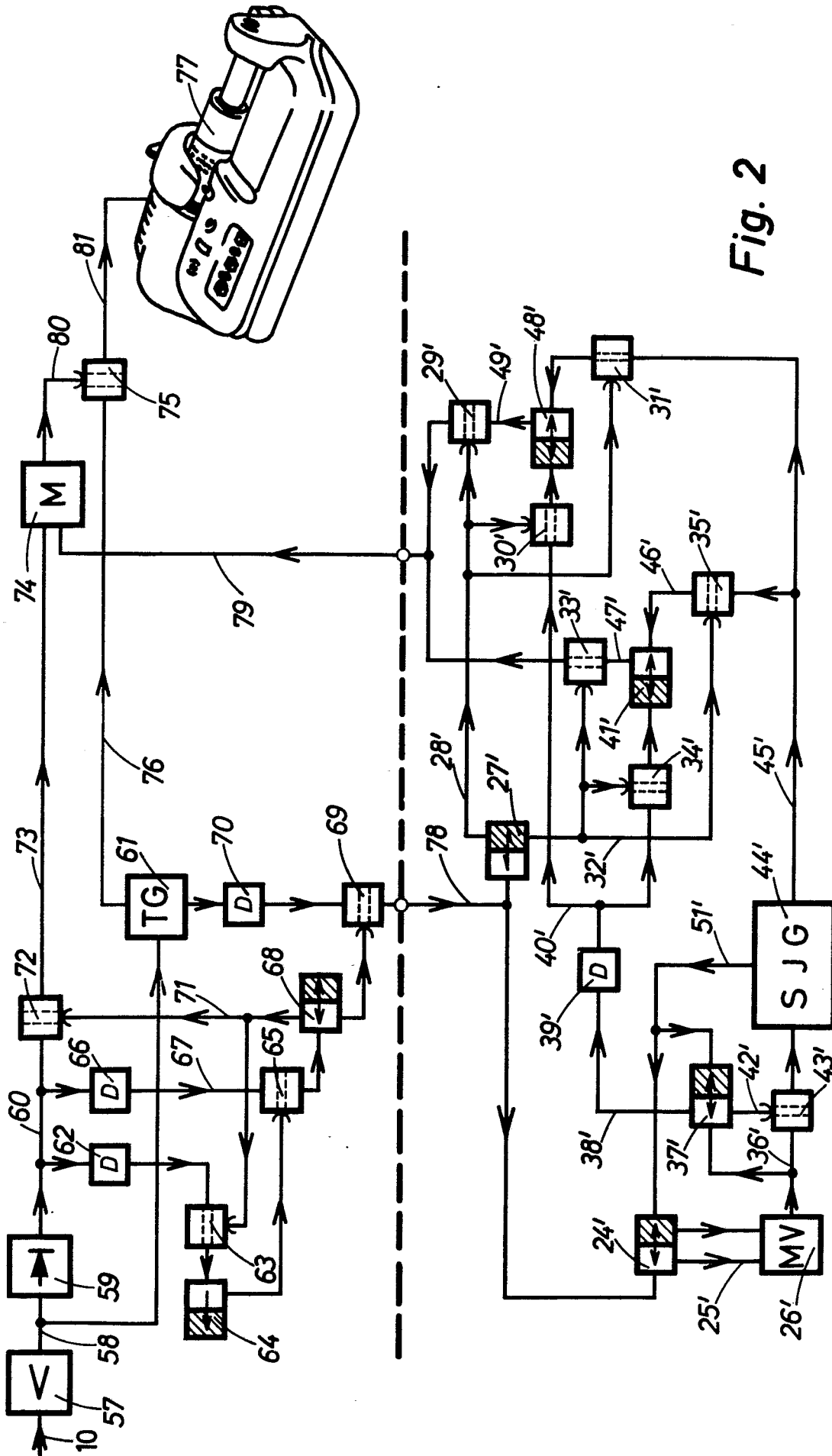


Fig. 2

