


EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG


 Anmeldenummer: 89112901.7


 Int. Cl.4: **B66C 13/46**


 Anmeldetag: 14.07.89


 Priorität: 23.07.88 DE 3825097


 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 31.01.90 Patentblatt 90/05


 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE


 Anmelder: **R. Stahl Fördertechnik GmbH**
Daimlerstrasse 6
D-7118 Künzelsau(DE)


 Erfinder: **Lanfer, Hermann**
Ernst-Schmid-Strasse 18
D-7118 Künzelsau(DE)
 Erfinder: **Kugler, Dieter**
Hohestrasse 5
D-7110 Öhringen-Cappel(DE)


 Vertreter: **Rüger, Rudolf, Dr.-Ing. et al**
Patentanwälte Dr.-Ing. R. Rüger Dipl.-Ing. H.P.
Barthelt Webergasse 3 Postfach 348
D-7300 Esslingen/Neckar(DE)


Vorrichtung zur Positionsmessung bei Kran- und Elektrohängebahnen.


 Eine Vorrichtung zur Positionsmessung bei Kran- und Elektrohängebahnen (1) enthält einen Codeträger (11), der entlang seiner Längserstreckung mehrwertige Codemarken trägt. Mit dem Codeträger (11) wirkt eine Codelesevorrichtung (12) zusammen, die an der Katze oder dem Fahrwerk (4) des Krans oder der Hängebahn sitzt.

Damit bei Verkantungen oder Schiefstellen des Fahrwerkes (4) und damit der Codelesevorrichtung (12) gegenüber dem Codeträger (11) keine fehlerhaften Leseergebnisse entstehen und die Anforderungen an die Lagegenauigkeit des Codeträgers möglichst klein werden, sind die Codemarken auf dem Codeträger (11) einspurig hintereinander angeordnet und in der Weise gebildet, daß die ein Codewort bildenden Codemarken, die jeweils unmittelbar nebeneinander liegen, längs des gesamten Codeträgers (11) eindeutig sind.

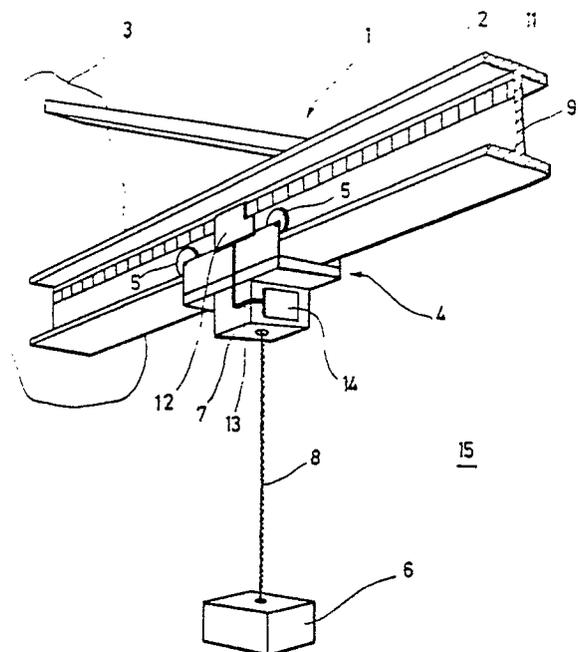


Fig. 1

Vorrichtung zur Positionsmessung bei Kran- und Elektrohängebahnen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Positionsmessung bei Kran- und Elektrohängebahnen, gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1.

Aus der DE-OS 34 45 830 ist eine Positionier-
einrichtung für eine Förderanlage bekannt, bei der
an einem Portalkran zwei Laser angeordnet sind,
die am Boden angebrachte Referenzelemente abta-
sten. Die Referenzelemente bestehen aus zwei zu-
einander in einem bestimmten Abstand und einer
bestimmten Richtung angeordneten Markierungs-
flächen. Die eine der Markierungsflächen besitzt
eine langgestreckte streifenähnliche Gestalt und
wird durch den einen Laserstrahl abgetastet, wäh-
rend die andere Markierungsfläche eine sehr klei-
ne Flächenausdehnung hat und durch den zweiten
Laserstrahl erfaßt wird. Beide Markierungsflächen
sind so angeordnet, daß erst beim Erreichen einer
gewünschten Position beide durch die jeweiligen
Laserstrahlen zu erfassen sind.

Mit dieser Anordnung können nur bestimmte,
durch die Markierungsflächen festgelegte Positi-
onen im Arbeitsbereich der Förderanlage angesteu-
ert werden. Andernfalls wäre der Boden unter dem
Kran vollständig durch die Markierungsflächen be-
deckt und dieser Platz würde zum Abstellen von
Lasten ausfallen. Außerdem ist mit der bekannten
Positioniereinrichtung nur das Anfahren von Endpo-
sitionen möglich.

Aus "Steuern und Regeln im Maschinenbau" 3.
Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel, Wuppertal, sind
codierte Weggeber bekannt, mit denen Strecken
absolut meßbar sind. Dabei wird eine Codelesevor-
richtung an einem Codeträger entlangbewegt und
die auf dem Codeträger befindlichen Codemarken
werden durch Leseköpfe abgetastet. Mehrere Co-
demarken bilden auf dem Codeträger ein Code-
wort, das ein direktes Maß für den von der Codele-
sevorrichtung von einem festen Bezugspunkt aus
zurückgelegten Weg darstellt.

Bei dieser bekannten Vorrichtung sind die Co-
demarken eines Codewortes auf mehrere Spuren
aufgeteilt, die längs dem Codeträger nebeneinan-
der liegen. Es muß deswegen sorgfältig darauf
geachtet werden, daß die Spuren taktgenau neben-
einander liegen und außerdem dürfen die Leseköp-
fe, die quer zur Bewegungsrichtung nebeneinander
aufgereiht sind, keinen Versatz gegenüber den
Taktspuren aufweisen. Wenn ein solcher Versatz
beispielsweise durch Schrägstellen auftritt, entsteht
ein sogenannter Skewfehler und es werden gem-
ischt Codemarken aus nebeneinander liegenden
Codeworten gelesen, was zu entsprechenden Fehl-
ern führt. Ein solches Meßsystem ist deswegen
vorzugsweise auf Anwendungen beschränkt, bei

denen die räumlichen Abmessungen gering sind
und sich eine sorgfältige Führung der Leseköpfe
gegenüber dem Codeträger erreichen läßt. Im
Kranbau muß mit großen Toleranzen gearbeitet
werden, was die Verwendung einer solchen Meß-
einrichtung unmöglich macht.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine
Vorrichtung zur Positionsmessung zu schaffen, mit
der eine Wegstrecke mit einer hohen Meßgenauig-
keit bestimmbar ist und die unempfindlich gegen
Verkanten oder Verkappen der Codelesevorrichtung
gegenüber dem Codeträger ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch
die Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspru-
ches 1 gelöst.

Da bei der neuen Vorrichtung nur eine einzige
Codespur auf dem Codeträger vorhanden ist, ist
die Anordnung weitgehend unempfindlich gegen
Verkippungen oder Schräglagen zwischen der Le-
sevorrichtung und dem Codeträger, denn unabhän-
gig von der Schräglage wird von der Lesevorrich-
tung immer dasselbe Codewort ausgelesen, vor-
ausgesetzt, die Schräglage ist nicht so extrem, daß
die Lesevorrichtung neben dem Codeträger liest.
Auch spielt ein Höhenversatz des Codeträgers
praktisch keine Rolle, was die Anbringung des Co-
deträgers an der Laufschiene wesentlich vereinfacht,
da keine so hohen Anforderungen an die
Lagegenauigkeit gestellt werden.

Infolge der Verwendung von Codeworten, die
längs dem Codeträger nur ein einziges Mal auftre-
ten, läßt sich ohne Bewegungen der Katze odr des
Fahrwerks auch nach einem Anlagenausfall sofort
feststellen, wo sich das betreffende Fahrwerk
bzw. die entsprechende Katze befindet. Dies ist ins-
besondere bei der Anwendung in Hochregallagern
von Bedeutung, da dort ein Irrtum über den wahren
Standort des Fahrwerks erhebliche Schäden her-
vorgerufen kann. Auch ist es in einem Hochregallager
praktisch nicht möglich, zunächst zur Standorter-
mittlung des Fahrwerks Fahrbewegungen durchzu-
führen, denn hierbei können bereits Schäden her-
vorgerufen werden.

Codemarkenfolgen, die die oben erwähnte Ei-
genschaft besitzen, längs des Codeträgers einma-
lig zu sein, lassen sich am einfachsten nach der
Theorie der Primitivpolynome mit Hilfe von rückge-
koppelten Schieberegistern generieren. Die Eindeu-
tigkeit jedes einzelnen Codewortes ist, wie die Zah-
lentheorie beweist, auf diese Weise gewährleistet.

Um möglichst schnell und ohne jegliche Bewe-
gungen die Position ermitteln zu können, enthält
die Codelesevorrichtung je Stelle des Codewortes
einen Lesekopf, d.h. bei einem zehnstelligen Code-
wort sind zehn Leseköpfe nebeneinander angeord-

net, wobei ihr relativer Abstand gleich der Länge einer Codemarke auf dem Codeträger ist.

Um ohne zusätzliche mechanische Mittel feststellen zu können, ob das von den Leseköpfen gelieferte Codewort ein wahres Codewort ist oder dadurch verfälscht ist, daß einer oder mehrere der Leseköpfe bereits in der nächsten Codemarke stehen, während andere Leseköpfe noch vorhergehende Codemarken lesen, sind drei Sätze von Leseköpfen vorgesehen, die ineinander verschachtelt angeordnet sind. Dabei dienen zwei unmittelbar benachbarte Sätze von Leseköpfen zum Generieren des Codewortes, während der dritte Satz die Entscheidungshilfe liefert, welcher der beiden Sätze von Leseköpfen möglicherweise mit einem Fehler behaftet und welcher fehlerfrei liest.

Da die von dem Codeträger abgelesenen Codeworte beim fortlaufenden Fahren der Katze keineswegs lexikografisch geordnet sind, wenn die Codeworte als Binärzahl aufgefaßt werden, ist es zweckmäßig, das Codewort in eine Binärzahl zu konvertieren, die der Nummer des Codewortes innerhalb der generierenden Codefolgertabelle entspricht. Die Ermittlung der Katzposition ist dann nach der Konvertierung Produkt aus der Codemarkenlänge mit der Nummer des gelesenen Codewortes, bezogen auf den Tabellenanfang, der mit dem Codeträgeranfang übereinstimmt.

Neben der oben erwähnten rein elektronisch arbeitenden Überwachung der Leseköpfe auf mögliche Lesefehler sind auch elektromechanische Lösungen denkbar, bei denen eine der Laufrollen ein Taktsignal liefert, das festlegt, wann die von den Leseköpfen gelieferte Information eine richtige Information ist und wann die Leseköpfe ungünstig über Codemarkengrenzen stehen.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine Krananordnung mit einem Positionsmesssystem gemäß der Erfindung in einer perspektivischen Darstellung,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus der Laufschiene des Krans nach Fig. 1 unter Veranschaulichung des Codeträgers und der damit zusammenwirkenden Codelesevorrichtung,

Fig. 3 ein fünfstelliges rückgekoppeltes Schieberegister zur Erzeugung einer Pseudozufallszahlenfolge, bei der innerhalb der Folge jede Zahl nur einmal auftritt,

Fig. 4 die mit dem Schieberegister nach Fig. 3 nacheinander zu erzeugenden Codeworte oder -zahlen mit der zugehörigen Nummer,

Fig. 5 eine Tabelle möglicher Primitivpolynome für längere oder kürzere Schieberegister zum Erzeugen von Pseudozufallszahlen,

Fig. 6 das Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung zur Umwandlung des gelesenen Code-

wortes in die Nummer des Codewortes mit Hilfe eines Schieberegisters nach Fig. 3 sowie eines Binärzählers,

Fig. 7 das Blockschaltbild einer Konvertierungsschaltung zur Umwandlung eines gelesenen Codewortes in dessen Nummer mit Hilfe eines ROM-Speichers,

Fig. 8 das Blockschaltbild einer beispielhaften Auswahlschaltung zur Ermittlung desjenigen Satzes von Leseköpfen, der eine eindeutige Lage gegenüber dem Codeträger aufweist und ein wahres Codewort liest,

Fig. 9 ein dreistellig rückgekoppeltes Schieberegister zur Erzeugung einer Pseudozufallszahlenfolge, mit einem dreiwertigen Code, wobei innerhalb der Folge jede Zahl nur einmal auftritt,

Fig. 10 die mit dem Schieberegister nach Fig. 9 nacheinander zu erzeugenden Codeworte oder -zahlen mit zugehörigen Nummern,

Fig. 11 einen Codemarkenträger, bei dem ein dreiwertiger Code durch Grauwerte verschlüsselt ist,

Fig. 12 in Blockschaltbild für eine Codelesevorrichtung zum Lesen des Codeträgers nach Fig. 11,

Fig. 13 einen Codeträger mit farbiger Verschlüsselung der Codemarkenwerte und

Fig. 14 ein Blockschaltbild für eine Codelesevorrichtung mit farbiger Verschlüsselung der Werte der Codemarken.

In Fig. 1 ist ein mit 1 bezeichneter Kran mit einem Ausleger 2 veranschaulicht, der eine horizontal sich erstreckende Laufschiene 2 in Gestalt eines I-Profiles aufweist, die einseitig aus einer nicht näher veranschaulichten Wand 3 ausragt. Längs der Laufschiene 2 kann ein als Laufkatze 4 ausgebildetes Fördererelement laufen, das in Längsrichtung der Laufschiene 2 mittels Laufrollen 5 längsverfahrbar ist, von denen wenigstens eine mittels einer nicht erkennbaren Antriebsvorrichtung antreibbar ist. Die Laufkatze 4 ist zum Anheben und Absenken von Lasten 6 mit einem üblichen Hebezeug 7 versehen, an dessen Zugmittel 8 die Last 6 anzuhängen ist.

An dem Steg 9 der I-förmigen Laufschiene 2 ist ein Codeträger 11 befestigt, der sich über die gesamte Länge der verkürzt dargestellten Laufschiene 2 erstreckt. Mit diesem Codeträger 11 wirkt eine Codelesevorrichtung 12 zusammen, die sich an der Laufkatze 4 befindet und somit an dem Codeträger 11 vorbeiläuft, wenn sich die Laufkatze 4 längs der Laufschiene 2 bewegt. Die Codelesevorrichtung 12 ist über eine Leitung 13 mit einer Auswerteelektronik 14 verbunden, die über Schleifkontakte und Stromschienen, die auf der gegenüberliegenden Seite des Steges 9 angebracht sind, die ermittelten Daten an eine zentrale Steuerschaltung 15 weiterleiten. Die Steuerschaltung 15 setzt

entsprechend der erreichten Position die Antriebsvorrichtung der Laufkatze 4 still oder in Gang. Die Stromschienen für die Antriebseinrichtung befinden sich ebenfalls auf der Rückseite des Steges 9 und sind deswegen wiederum nicht erkennbar.

In Fig. 2 ist vergrößert und stark schematisiert ein Stück des Steges 9 im Ausschnitt dargestellt. Hiernach besteht der Codeträger 11 aus einer länglichen Leiste 10, die auf dem Steg 9 befestigt ist und über die gesamte Länge der Laufschiene 2 durchgeht. Bei größeren Längen der Laufschiene 2 ist der Codeträger 11 aus mehreren stumpf und ohne Zwischenraum aneinanderstoßenden Leisten 10 gebildet. Auf dieser Leiste 10 sind gleich große rechteckige Felder 16 zu erkennen, die die einzelnen Codemarken 17 symbolisieren. Diese Felder 16 sind, wie das Feld 16', entweder undurchsichtig oder, wie das Feld 16'', durchsichtig, womit zwei unterschiedliche Werte null und eins darstellbar sind. Beispielsweise ist an dem undurchsichtigen Feld 16' der Wert null und an dem durchsichtigen Feld 16'' der Wert eins zugeordnet.

Abgetastet oder gelesen wird der Codeträger 11 mittels der Codelesevorrichtung 12, die gegenüber der Oberseite des Codeträgers 11 Lampen 18 und gegenüber der Unterseite Lesestationen 19 trägt. Sowohl die Lesestationen 19 als auch die Lampen 18 sind auf einem gemeinsamen Rahmen 20 gehalten, der mit der Laufkatze 4 verbunden ist und beim Fahren der Laufkatze 4 parallel zu dem Codeträger 11 längs mitbewegt wird. Jede der Lesestationen 19 - im gezeigten Ausführungsbeispiel sind dies fünf - ist über Verbindungsleitungen 21 mit der Auswerteschaltung 14 verbunden, die ihre Daten über Schleifleitungen 22 an die zentrale Steuerung 15 meldet.

Bei dem gezeigten Codeträger 11 handelt es sich um einen sogenannten transmissiven Codeträger, der je nach der Wertigkeit der Codemarke mehr oder weniger Licht von der Beleuchtungseinrichtung zu der Lesestation durchläßt. Anstelle des transmissiven Codeträgers 11 kann auch ein reflexiver Codeträger eingesetzt werden, wobei sich dann die Beleuchtungseinrichtung und die Lesestationen auf derselben Seite des Codeträgers 11 befinden und die Lesestation das von dem reflexiven Codeträger reflektierte Licht auswertet, um je nach den Reflexionsverhältnissen an der entsprechenden Marke eine digitale Null oder eine digitale Eins zu generieren.

Wesentlich ist bei der neuen Anordnung, daß die Codemarken 16 in einer Spur oder Zeile hintereinander längs der Fahrschiene 2 ohne Lücken angeordnet sind, womit Verkantungen und Schrägstellen der in einer Reihe nebeneinander in Längsrichtung des Codeträgers 11 angeordneten Lesestationen 19 nicht zu Lesefehlern führen können.

Mit fünf Lesestationen 19 läßt sich eine fünf-

stellige Binärzahl lesen; ihr größter Wert beträgt 31, so daß insgesamt 32 unterschiedliche Zahlenwerte unterschieden werden können. Allgemein ausgedrückt, können $N = x^m$ unterschiedliche Zahlen dargestellt werden, wobei x die Wertigkeit einer Zahlenstelle und m die Anzahl der Zahlenstellen ist. Die größte darstellbare Zahl ist demnach $N = x^m - 1$. Je größer also die Anzahl der Lesestationen 18 ist, umso mehr unterschiedliche Zahlen und damit Positionen der Laufkatze 4 können voneinander unterschieden werden bzw. umso länger kann die Laufschiene 2 sein, wenn das Auflösungsvermögen der Positioniergenauigkeit der Laufkatze 4 nicht verschlechtert werden soll. Das Auflösungsvermögen der Positioniergenauigkeit ergibt sich im wesentlichen aufgrund der Erstreckung einer Codemarke 17 in Längsrichtung der Laufschiene 2, da innerhalb einer Codemarke die Lesestation 19 beliebig stehen kann, ohne daß sich die abgelesene Ziffer verändert.

Es versteht sich, daß aus diesem Grund in der Praxis eine weit höhere Anzahl von Lesestationen 19 verwendet wird, um bei den in der Praxis vorkommenden Längen von Laufschiene 2 eine Positioniergenauigkeit von beispielsweise 1 cm erreichen zu können. Die gezeigte Anzahl von Lesestationen 19 ist darum nur beispielhaft und deswegen so niedrig, damit das Verständnis nicht unnötig kompliziert wird.

Um mit den in einer Spur hintereinander angeordneten Codemarken 17, von denen jeweils fünf unmittelbar benachbarte gleichzeitig gelesen werden, eindeutig die Stellung der Laufkatze 4 längs der Laufschiene 2 lesen zu können, muß längs der Laufschiene 2 jede beliebige Gruppe von fünf nebeneinanderliegenden Codemarken 17 eindeutig sein, d.h. diese Gruppe darf längs der Laufschiene 2 nur ein einziges Mal auftreten. Nachfolgend wird für eine Gruppe von fünf nebeneinanderliegenden Codemarken der Begriff Codewort verwendet.

Zahlenfolgen, die die obige Bedingung erfüllen, daß jede Zahl innerhalb der Folge lediglich ein einziges Mal auftritt, sind sogenannte Pseudozufallszahlen. Sie lassen sich nach der Theorie der "Primitiv-Polynome" mit Hilfe eines linear rückgekoppelten Schieberegisters erzeugen, dessen Anzahl von Stellen der Anzahl der Stellen in dem binären Codewort entspricht.

Anhand von Fig. 3 ist für einen fünfstelligen Code das erzeugende Schieberegister dargestellt. Es enthält insgesamt fünf D-Flipflops 23a...23e, deren Takteingänge 24 parallelgeschaltet sind, so daß sie gleichzeitig ihren Zustand ändern. Welchen Zustand sie jeweils nach dem Taktimpuls annehmen, hängt davon ab, welchen Zustand der Q-Ausgang des jeweils vorhergehenden Flipflops 23a...23e hatte, denn der D-Eingang des Flipflops 23a ist mit dem Q-Ausgang des Flipflops 23b verbunden, der

D-Eingang des Flipflops 23b mit dem Q-Ausgang des Flipflops 23c usw., bis hin zu dem Flipflop 23e. An dessen D-Eingang liegt ein modulo-2 Addierer 25 mit drei Eingängen 26, von denen der eine mit dem Q-Ausgang des Flipflops 23d und der andere mit dem Q-Ausgang des Flipflops 23a verbunden ist, während in den dritten schließlich ständig eine binäre Eins eingespeist wird. Ein modulo-2 Addierer 25 hat die Eigenschaft, daß sein Ausgang dann und nur dann eine logische Eins abgibt, wenn eine ungerade Anzahl seiner Eingangsanschlüsse im Zustand logisch eins ist.

Wenn nun vor dem Eingeben des ersten Taktimpulses sämtliche D-Flipflops 23a...23e zurückgesetzt sind, d.h. an ihrem Q-Ausgang liegt ein L-Signal an, dann sind zwei der Eingänge 26 des modulo-2 Addierers 25 auf ebenfalls L, während der dritte Eingang ein H-Signal bekommt, womit auch der Ausgang des modulo-2 Addierers 25 einen H-Pegel führt, der dem D-Eingang des Flipflops 23e zugeführt wird. Nach dem Verschwinden des Taktimpulses ist deswegen das Flipflop 23e im Zustand eins, während die übrigen Flipflops nach wie vor im Zustand null sind. Nach dem zweiten Taktimpuls sind die beiden Flipflops 23e und 23d im Zustand ein, während die übrigen Flipflops nach wie vor den Zustand null haben. Da jetzt der modulo-2 Addierer 25 an zweien seiner Eingänge 26 ein H-Signal bekommt, wechselt sein Ausgang auf L, d.h. mit dem nächsten Taktimpuls zieht das Schieberegister eine Null herein und es ist das Flipflop 23e im Zustand null. Die beiden Flipflops 23c und 23d sind im Zustand eins, während schließlich die Flipflops 23a und 23b wiederum den Zustand null haben. Die weiteren Zustände, die die Flipflops 23a...23e bei den weiteren aufeinanderfolgenden Takten annehmen können, ist in der Tabelle aus Fig. 4 dargestellt. Ersichtlicherweise tritt innerhalb einer Periodenlänge von insgesamt 31 Zahlen jede fünfstelligen Binärzahl nur einmal auf. Wenn man nun, ausgehend von der Binärzahl null mit fünf hintereinanderstehenden binären Nullen, das jeweils letzte Ergebnis nach links um jeweils diejenige Binärziffer verlängert, die an dem Q-Ausgang des Flipflops 23e nacheinander entsteht, so erhält man schließlich eine Folge aus 35 Binärziffern, wobei jeweils fünf aufeinanderfolgende Binärziffern eines der Codeworte bzw. Binärzahlen aus der Tabelle nach Fig. 4 bilden. Damit läßt sich aufgrund des aus dem so erzeugten Binärstring herausgehenden Codewortes eindeutig erkennen, um das wievielte Codewort aus der Tabelle nach Fig. 4 es sich handelt, bzw. wieviele Schritte notwendig sind, um von dem Codewort "O" zu dem jeweiligen Codewort zu kommen.

Wenn die gemäß der obigen Beschreibung generierte Folge von binären Einsen und Nullen auf

dem Codeträger 11 als Codemarken 16 in Gestalt einer Hell-/Dunkelmarkierung aufgebracht werden, wie dies in Fig. 2 von links nach rechts, also spiegelbildlich zu der Tabelle nach Fig. 4 geschehen ist, läßt sich aufgrund des gelesenen Codewortes eineindeutig feststellen, wo sich die Laufkatze 4 längs der Laufschiene 2 befindet. Mittels des gelesenen Codewortes läßt sich feststellen, um das wieviele Codewort aus der Tabelle nach Fig. 4 es sich handelt, d.h. wieviele Schritte oder Codewortänderungen notwendig waren, um zu dem betreffenden Codewort zu gelangen. Die Schrittlänge entspricht dabei der Länge einer Codemarke; also ist die Entfernung der Laufkatze 4 von dem Anfang des Codeträgers 11 gleich der Länge einer Codemarke 17 multipliziert mit der Stellung des Codewortes in der Tabelle.

Fig. 5 enthält eine Tabelle, die angibt, welche Länge das Schieberegister nach Fig. 3 haben muß und wie die einzelnen Ausgänge des Schieberegisters in der modulo-2 Operation verknüpft werden müssen, um die Binärziffer festzulegen, die in das niedrigstwertige D-Flipflop eingespeist werden. Je nach gewählter Schieberegisterlänge, die der Anzahl der Lesestationen 19 an der Laufkatze 4 entspricht, können entsprechend viele Codeworte und damit Inkremente unterschieden werden, die die Laufkatze 4 auf der Laufschiene 2 gemessen ab dem Anfang der Laufschiene 2 zurücklegen kann, ohne daß bei der Positionsmessung der Laufkatze 4 längs der Laufschiene 2 Mehrdeutigkeiten auftreten.

Wie sich aus dem Obigen ergibt, legt die Länge jeder einzelnen Codemarke 17, die untereinander gleich lang sind, die Schrittlänge fest, nach der beim Überschreiten die Lesestationen 19 der Lesevorrichtung 12 ein neues Codewort lesen. Das gelesene Codewort definiert aufgrund seiner Stellung innerhalb der Tabelle nach Fig. 4, wieviel Schritte notwendig sind, um von dem Codewort null zu dem gelesenen Codewort zu kommen.

Da für die weitere Steuerung der Laufkatze 4 die Schrittzahl leichter zu verarbeiten ist als das gelesene pseudozufällige Codewort, erfolgt in der Auswerteschaltung 14 eine Umsetzung des gelesenen Codewortes in eine Binärzahl, die die Anzahl der seit dem Anfang des Codeträgers 11 überfahrenen Schritte angibt. Eine hierfür geeignete Konvertierungsschaltung 28 ist in Fig. 6 gezeigt. Sie enthält einen binären Komparator 29 mit zwei Sätzen von Eingängen 31 und 32, die für jede Stelle eines mehrstelligen Binärwortes einen Eingangsanschluß aufweisen, um bitparallel zwei mehrstellige Binärworte auf Identität überprüfen zu können. Je nach dem Ergebnis dieses Vergleiches ist der Pegel an einem Ausgang 33 H oder L. Im einzelnen ist der Zustand H, wenn die beiden Binärworte unterschiedlich sind und L, wenn die beiden Binär-

worte identisch sind.

Mit Hilfe des Komparators 29 wird das von den Lesestationen 19 gelieferte Binärwort, das über die Leitungen 21 in den Eingang 31 eingespeist wird, mit einem Binärwort verglichen, das ein Schieberegister 34 an seinem Binärausgang 35 erzeugt. Dieses Schieberegister 34 hat den in Fig. 3 im einzelnen erläuterten Aufbau und auch dessen Funktionsweise. Für jede Binärstelle in dem Binärwort hat der Ausgang 35 einen Anschluß, der entsprechend mit einem zugehörigen Anschluß des Eingangs 32 an dem Komparator verbunden ist.

Das Signal des Ausgangs 33 steuert einerseits einen Start-/Stoposzillator 36 an seinem Inhibiteingang 37 und andererseits ein nicht retriggerbares Monoflop 38 an dessen Triggereingang 39. Die beiden Eingänge 37 und 39 sind über eine entsprechende Leitung mit dem Ausgang 33 verbunden.

Der Start-/Stoposzillator 36 enthält einen Takt- ausgang 41, der mit einem Takteingang 42 des Schieberegisters 34 sowie einem Takteingang 43 eines Binärzählers 44 über entsprechende Leitungen in Verbindung steht. Zum Rücksetzen haben sowohl das Schieberegister 34 als auch der Binärzähler 44 jeweils einen Rücksetzeingang 45 bzw. 46, die beide über Leitungen mit einem Ausgang 47 des Monoflops 39 verschaltet sind.

Der Binärzähler 44 hat einen bitparallelen Ausgang 48, d.h. für jede Binärstelle einen eigenen Ausgangsanschluß und ist über parallele Datenleitungen mit einem Dateneingang 49 eines Ausgangsregisters 51 verbunden. Dessen bitparalleler Ausgang 52 ist an die Schleifleitungen 22 angeschlossen. Das Ausgangsregister 51 ist über einen Loadeingang 53 zu steuern, und zwar wird das Binärwort an dem Eingang 49 an den Ausgang übernommen, wenn an dem Eingang 53 ein L-Pegel anliegt.

Die insoweit beschriebene Schaltung arbeitet folgendermaßen: Solange das Binärwort, das von den Lesestationen 19 an den Eingang 31 geliefert wird, mit dem Binärwort übereinstimmt, das das Schieberegister 34 in den Eingang 32 einspeist, hat der Ausgang 33 L-Pegel. Dieser L-Pegel sperrt an dem Inhibiteingang 37 den Start-/Stoposzillator 36 und sorgt außerdem dafür, daß an dem Ausgangsregister 51 der Ausgang 52 dasselbe Binärwort abgibt, das an dem Eingang 49 eingespeist wird. Wenn nun die Laufkatze 4 ein Stück weit fährt, und zwar mehr als eine Codemarke 17 auf dem Codeträger 11 lang ist, ändert sich das von den Lesestationen 19 gelesene Codewort, das sich folglich von dem in dem Schieberegister 34 erzeugten Code wort unterscheidet. Der Ausgang 33 des Komparators 29 wechselt deswegen von L nach H, wodurch einerseits der Start-/Stoposzillator 36 an seinem Inhibiteingang 37 freigegeben wird und an-

dererseits das Monoflop 38 durch die nach H gehende positive Flanke getriggert wird. Das Monoflop 38 liefert daraufhin einen kurzen Rücksetzimpuls sowohl an den Zähler 44 als auch an das Schieberegister 34, die daraufhin beide in den Zustand 00000 gebracht werden. Gleichzeitig wird in dem Ausgangsregister 51 der Ausgang 52 von dem Eingang 49 abgetrennt, damit während des nachfolgenden Zählvorganges die alte Binärzahl an dem Ausgang 52 erhalten bleibt.

Sobald der Rücksetzimpuls des Monoflops 38 abgeklungen ist, beginnen die Taktimpulse aus dem Start-/Stoposzillator 36 sowohl das Schieberegister 34 zu takten als auch gleichzeitig den Zähler 44 hochzuzählen. Das Schieberegister 34 erzeugt mit jedem eingespeisten Takt, ausgehend von dem Codewort 00000 nun jedes nachfolgende Codewort aus der Tabelle nach Fig. 4, und zwar so lange, bis schließlich das erzeugte Codewort mit dem Codewort übereinstimmt, das die fünf Lesestationen 19 liefern. Wenn dieser Zustand erreicht ist, schaltet der Ausgang 33 von H nach L, wodurch der Start-/Stoposzillator 36 angehalten wird und der Loadeingang 53 des Ausgangsregisters 51 freigegeben wird. An dem Ausgang 52 des Ausgangsregisters 51 wird daraufhin diejenige Binärzahl erscheinen, die der Binärzähler 44 erreicht hat, bis zwischen den beiden Codeworten, nämlich dem von den Lesestationen 19 gelesenen mit dem vom Schieberegister 34 erzeugten Codewort Identität besteht. Diese Binärzahl ist, wie sich aus der oberen Beschreibung ergibt, diejenige Schrittzahl, die die Laufkatze 4 durchlaufen müßte, um von dem Anfang des Codeträgers 11 bis zu der erfaßten Position zu gelangen.

Über die Schleifleitungen 22 wird diese Schrittanzahl an die zentrale Steuerung 15 geliefert.

Da dieser Zählvorgang in einer wesentlich kürzeren Zeit abläuft als diejenige, die die Laufkatze 4 benötigt, um die Distanz der Codemarkenlänge zurückzulegen, d.h. einen unterscheidbaren Schritt zurückzulegen, werden über die Schleifleitung 22 jeweils die aktuellen Schrittnummern an die zentrale Steuerung 15 gemeldet.

Eine andere Möglichkeit zur Umwandlung des jeweils gelesenen Codewortes in die Schrittnummer zeigt Fig. 7. Hierbei enthält die Umwandlungsschaltung 28 einen ROM-Speicher 55, in dessen Adresseneingänge 56 über die Leitungen 21 das von den Lesestationen 19 gelieferte Codewort eingespeist wird. Der ROM-Speicher 55 generiert daraufhin an seinen Datenausgängen 57 eine Binärzahl, die die Stellung des Codewortes in der Tabelle nach Fig. 4 und damit die Schrittnummer angibt, an der sich die Laufkatze 4 befindet. Damit ist die Entfernung der Laufkatze 4 von dem Anfang des Codeträgers 11 gleich der Codemarkenlänge multipliziert mit der Schrittnummer.

Bei der bisherigen Funktionsbeschreibung der neuen Anordnung ist der Einfachheit halber davon ausgegangen worden, daß sämtliche Lesestationen 19 exakt zu derselben Zeit, also synchron den Lesezustand sprunghaft ändern und nicht etwa eine Lesestation einer anderen geringfügig voreilt. In der Praxis wird sich dies wegen des Teilungsfehlers des Codeträgers 11 und der unterschiedlichen Ansprechcharakteristiken der einzelnen Lesestationen 19 nicht erreichen lassen. Wenn nur eine der Lesestationen 19 beim Vorbeilaufen an dem Codeträger 11 räumlich später umschaltet als die übrigen, entsteht ein fehlerhaftes Codewort. Da die Codeworte weder lexikografisch geordnet sind, noch eine Redundanz enthalten, ist aufgrund des gelesenen Codewortes nicht entscheidbar, ob ein zulässiges Codewort gelesen wird oder nicht. Um die Entscheidbarkeit herbeizuführen, enthält deswegen jede Lesestation 19 drei äquidistant nebeneinander angeordnete Leseköpfe 58a, 58b und 58c, die bei der optisch arbeitenden Lesevorrichtung 12 jeweils durch eine Fotodiode oder durch einen Fototransistor gebildet sind. Die Leseköpfe 58a bis 58c sind äquidistant angeordnet und da die Lesestationen 19a bis 19e aus Fig. 8 ebenfalls äquidistant verteilt sind, ist der Abstand zwischen unmittelbar benachbarten Leseköpfen 58 benachbarter Lesestationen 19a bis 19e gleich dem Abstand der Leseköpfe 58 innerhalb einer Lesestation 19a bis 19e. Die Sätze von Leseköpfen 58a .. 58c sind ineinander verschachtelt plaziert, d.h. alle Leseköpfe mit den Bezugszeichen a gehören zu dem linken, die mit den Bezugszeichen b zu dem mittleren und die mit den Bezugszeichen c zu dem rechten Satz.

Um zu unterscheiden, welche Gruppe von Leseköpfen 58a bis 58c richtig vor den Codemarken 17 steht und welche zufällig ungünstig über einer Codemarkengrenze liegt, ist die in Fig. 8 gezeigte Auswahl-schaltung 61 vorgesehen. Die Auswahl-schaltung 61 enthält drei Umwandlungsschaltungen 28a bis 28c, von denen jede den in Fig. 6 gezeigten Aufbau hat und von denen dementsprechend auch jede einen Eingang 31a bis 31c mit jeweils fünf Anschlüssen aufweist. An die Umwandlungsschaltung 28a sind an deren Eingang 31a beispielsweise sämtliche Leseköpfe 58a der nebeneinander liegenden Lesestationen 19a bis 19e angeschlossen. Dies bedeutet, daß jeder dritte Lesekopf der insgesamt fünfzehn Leseköpfe, beginnend mit dem ganz links angeordneten, mit der Umwandlungsschaltung 28a verbunden ist. Sinngemäß sind die Köpfe 58b der Lesestationen 19a bis 19e mit der Umwandlungsschaltung 28b verbunden und es sind schließlich sämtliche Leseköpfe 58c der Lesestationen 19a bis 19e an den Eingang 31c der Umwandlungsschaltung 28c angeschaltet. Es entstehen auf diese Weise drei ineinander verzahnte Gruppen von Leseköpfen, deren gelesenes Co-

dewort jeweils unabhängig von den anderen gelesenen Codeworten in der Umwandlungsschaltung 28a bis 28c in ein Binärwort konvertiert wird. Da die Leseköpfe 58 voneinander jeweils einen Abstand haben, der gleich einem Drittel der Länge einer Codemarke 17 ist, können beim Lesen von fünf aufeinanderfolgenden Codemarken 17 sechs Fälle voneinander unterschieden werden. Zunächst sei angenommen, die Leseköpfe 58 stehen, wie in Fig. 8 gezeigt, über den Codemarken 17, dann liefern alle drei Umwandlungsschaltungen 28a bis 28c an ihren Ausgängen 52a bis 52c dasselbe Binärwort. Wenn, ausgehend von dieser Situation, der Codeträger 11 ein Stück weit nach rechts gewandert ist, so daß die Grenzen zwischen benachbarten Codemarken 17 an den Leseköpfen 58a der Lesestationen 19a bis 19e steht, dann ist das mit diesen Leseköpfen, also der Umwandlungsschaltung 28a erhaltene Binärwort unsicher, während die beiden Gruppen von Leseköpfen, die die Leseköpfe 58b und 58c enthalten, dieselbe Information lesen und folglich deren Auswerteschaltungen 28b und 28c identische Binärzahlen abgeben. Die an der Umwandlungsschaltung 28a abgegebene Binärzahl kann entweder die nächstniedrige sein, wenn der Codeträger nach rechts gewandert ist oder eine willkürlich andere.

Der Zustand, daß die beiden Umwandlungsschaltungen 28b und 28c dieselbe Binärzahl liefern, hält solange an, bis der Codeträger 11 gegenüber der Lesestation 12 eine Stellung erreicht hat, bei der Grenzen zwischen benachbarten Codemarken 17 diejenige Gruppe von Leseköpfen 58 erreicht, die aus den Leseköpfen 58b zusammengesetzt ist. In diesem Fall liefern unter Umständen alle drei Umwandlungsschaltungen 28a bis 28c unterschiedliche Binärzahlen, von denen aber, wie eine einfache geometrische Überlegung zeigt, sowohl diejenige Binärzahl eine richtige Binärzahl ist, die die Schaltung 28a liefert als auch diejenige, die die Schaltung 28c erzeugt.

Bei einem weiteren Verschieben des Codeträgers 11 nach rechts werden schließlich die Grenzen zwischen benachbarten Codemarken 17 zwischen die Leseköpfe 58b und 58c jeder Lesestation 19a bis 19e gelangen, so daß die Umwandlungsschaltungen 28a und 28b an ihren Ausgängen 52a und 52b identische Binärzahlen abgeben.

Aufgrund dieser Fallunterscheidung läßt sich erkennen, welche Gruppe von Leseköpfen 58a oder 58b oder 58c richtige Ergebnisse liefert und welche Gruppe im ansonsten fehlerfreien Betrieb ein ungültiges Ergebnis erzeugt. Wenn nämlich wenigstens zwei Binärzahlen, die an den Ausgängen 52 anstehen, identisch sind, reflektiert diese Binärzahl die wahre Position der Leseeinrichtung 12 bzw. der Laufkatze 4. Wenn dagegen alle drei Binärzahlen voneinander abweichen, liefert sowohl der Ausgang

52a als auch der Ausgang 52c eine wahre zutreffende Binärzahl, die sich beide voneinander um einen Schritt unterscheiden, da die eine Gruppe von Leseköpfen, entweder 58a oder 58c, bereits vollständig das neue Codewort liest, während die andere Gruppe, also 58c oder 58a, noch das alte Codewort vollständig und fehlerfrei erkennt. Es ist deswegen eine Frage der Konvention, ob in dieser Situation die Binärzahl der Umwandlungsschaltung 28a oder die der Umwandlungsschaltung 28c weiter an die zentrale Steuereinheit 15 durchgeschaltet wird.

Die Auswahlschaltung 61 hat deswegen zwei unabhängig voneinander arbeitende Binärkomparatoren 62 und 63 mit den Eingängen 64, 65, 66 und 67, die bei diesem Ausführungsbeispiel jeweils fünf Bit parallel verarbeiten können. Im einzelnen ist der Ausgang 52a mit dem Eingang 64, der Ausgang 52b mit dem Eingang 65 und dem Eingang 66 und schließlich der Ausgang 52c mit dem Eingang 67 verbunden. Ferner ist ein Multiplexer 68 vorgesehen, der zwei jeweils fünf Bit lange Eingänge 69 und 71 hat sowie einen fünf Bit langen Ausgang 72 umfaßt. Gesteuert wird der Multiplexer 68 an seinen beiden Auswahleingängen 73 und 74, die ihr Signal aus Vergleichsausgängen 75 und 76 der beiden binären Komparatoren 62 und 63 erhalten. Im einzelnen sind die beiden Eingänge 69 und 71 an die Ausgänge 52a und 52b, wie dargestellt, angeschlossen, während der Auswahleingang 73 mit dem Vergleichsausgang 75 und der Auswahleingang 74 mit dem Vergleichsausgang 76 verbunden ist.

Wenn nun, wie oben ausführlich dargelegt, der Fall eintritt, daß die beiden Umwandlungsschaltungen 28a und 28b dieselbe Binärzahl liefern wie die Umwandlungsschaltung 28c, so sind beide Vergleichsausgänge 75 und 76 im H-Zustand, weshalb der Multiplexer 68 den Eingang 71 zu dem Ausgang 72 durchschaltet. Sobald nun, wie bei dem oben erwähnten Beispiel, der Codeträger 11 so weit gewandert ist, daß nur noch die beiden Umwandlungsschaltungen 28c und 28b dieselbe Binärzahl liefern, wechselt der Ausgang 75 auf L, während der Ausgang 76 auf H bleibt. Auch in diesem Fall schaltet der Multiplexer 68 den Eingang 71 zu dem Ausgang 72 durch. Erst, wenn nach Erreichen des nächsten Zustandes die beiden Umwandlungsschaltungen 28a und 28b dieselbe Binärzahl liefern und die Binärzahl der Umwandlungsschaltung 28c abweicht, generiert der Binärvergleichler 62 an seinem Ausgang 75 ein H-Signal, während der Ausgang 76 nach L geht. Hierdurch wird der Multiplexer 68 umgesteuert und er schaltet jetzt den Eingang 69 zu dem Ausgang 72 durch. Wenn im Zwischenzustand die Grenze zwischen benachbarten Codemarken 17 vor den Leseköpfen 58b steht, sind alle drei Binärzahlen, die von den Umwand-

lungsschaltungen 28a bis 28c geliefert werden, voneinander verschieden, d.h. beide Binärkomparatoren 62 und 63 liefern ein L-Signal an ihrem Ausgang. In diesem Falle schaltet der Multiplexer 68 den Eingang 69 zu dem Ausgang 72 durch, was dem Zustand entspricht, der auch eingeschaltet wird, wenn die beiden Umwandlungsschaltungen 28a und 28b dieselbe Binärzahl erzeugen.

Lediglich wegen des einfacheren Verständnisses ist die Vergleichsschaltung 61 mit zwei Komparatoren 62 und 63 versehen, denn beim Aufstellen der Wahrheitstabelle für das Umschalten des Multiplexers 68 ist unschwer zu erkennen, daß die Betätigung des Multiplexers 68 ausschließlich von dem Signal an dem Eingang 74 und damit dem Binärkomparator 63 abhängig ist. Bei einer optimierten Schaltung kann deswegen der Binärkomparator 62 weggelassen werden und der Komparator wird nur über einen einzigen Auswahleingang, nämlich den Eingang 74, gesteuert.

Somit ist es unter Verwendung von drei Leseköpfen je Lesestation möglich, eindeutig die Position der Lesevorrichtung 12 gegenüber dem Codeträger 11 zu erkennen. Die dargestellte Schaltung zur Entscheidung, welches gelesene Codewort ein richtiges Codewort ist, ist nur beispielhaft und es sind auch andere Schaltungen möglich. Ebenso ist die Verwendung von optisch arbeitenden Leseköpfen nur ein Beispiel denkbarer Leseköpfe. Es ist genauso möglich, anstelle von Fotodioden oder Fototransistoren, die mit Lampen zusammenwirken, auf pneumatischer oder magnetischer Beeinflussung basierende Leseköpfe, beispielsweise Drucksensoren oder Magnetfeldsonden zu verwenden.

Schließlich ist es möglich, die Umwandlungsschaltung 28 an den Ausgang des Multiplexers 68 anzuschalten und statt dessen die von den Leseköpfen 58a bis 58c gelieferten Codeworte der drei Sätze unmittelbar durch einen binären Komparator miteinander zu vergleichen, um bei Gleichheit des bspw. von dem mittleren Satz gelesenen Codewortes mit dem vom rechten Satz gelesenen Codewort das Codewort durchzulassen, das vom mittleren Satz von Leseköpfen gelesen wird und, wenn die Codeworte des mittleren und des rechten Satzes ungleich sind, das Codewort vom linken Satz von Leseköpfen zu verwenden. Erst nach der Entschlüsselung des wahren Codewortes erfolgt die Konvertierung.

Der gezeigte binäre Code für die Codemarkenfolge hat den Vorteil besonders sicherer Lesbarkeit. Aus der Darstellung der neuen Anordnung ergibt sich aber auch unschwer, daß anstelle von binären Codemarken höherwertige Codemarken, beispielsweise ternäre oder quaternäre, in der gleichen Weise eingesetzt werden können.

Um bei Verwendung eines binären Codes eine Streckenlänge von 655,35 Metern adressieren zu

können, werden bei einer Bitlänge von einem 1 cm auf dem Codeträger 11 Codeworte benötigt, die 16 Stellen aufweisen. Dementsprechend hat der gesamte Lesekopf der Codelesevorrichtung 12 eine Länge von wenigstens 16 cm. Würde dagegen anstelle eines zweiwertigen ein dreiwertiger Code zur Adressierung herangezogen werden, ließe sich mit einer 11-stelligen Codewortlänge eine Strecke von 1771,46 m durchgehend adressieren. Gleichzeitig hätte der Lesekopf nur eine Länge von ca. 11 cm, hätte also etwa zwei Drittel der Länge des Lesekopfes für einen 16-stelligen Code, mit dem nur ein Drittel der Streckenlänge lesbar bzw. adressierbar ist.

Wie nachfolgend dargestellt, läßt sich das vorerwähnte System auch auf einen dreiwertigen Code übertragen. Das Schieberegister bei Verwendung eines dreiwertigen Codes hat hierzu den in Fig. 9 gezeigten Aufbau, wenn aus Gründen einer vereinfachten Darstellung dreistellige Codemarken verwendet werden. Die Schaltung nach Fig. 9 enthält einen ersten modulo-3 Addierer 79 mit zwei Eingängen, von denen der eine ständig eine "1" zugeführt erhält. Mit seinem Ausgang liegt der modulo-3 Addierer 79 an einem nachgeschalteten weiteren modulo-3 Addierer 81 mit ebenfalls zwei Eingängen und einem Ausgang, der mit einem Eingang eines Speichers 82 verbunden ist, dessen Inhalt der Stelle Q1 aus dem Codewort entspricht. Der Ausgang des Speichers 82 liegt einerseits über eine Rückkopplungsleitung 83 an dem zweiten Eingang des modulo-3 Addierers 81 als auch an einem Eingang eines nachgeschalteten Speichers 84, dessen Ausgang mit dem Eingang eines dritten Speichers 85 in Verbindung steht. Dieser Ausgang des Speichers 85 stellt den Ausgang der Schaltung zum Erzeugen einer Pseudozufallsfolge mit einem dreiwertigen Code dar. Er ist außerdem an einen Eingang eines modulo-3 Multiplizierers 86 angeschlossen, dessen anderem Eingang ständig eine "2" zugeführt wird. Dieser modulo-3 Multiplizierer 86 hat die Eigenschaft, die am Ausgang des Speichers des Speichers 85 anstehende Zahl mit zwei zu multiplizieren und hieraus eine in den Zahlenbereich des Codes fallende Zahl zu machen. Dies bedeutet, daß, falls am Ausgang des Speichers 85 eine "0" ansteht, auch der modulo-3 Multiplizierer 86 an seinem Ausgang eine "0" liefert, die über eine Rückkopplungsleitung 87 in den zweiten Eingang des modulo-3 Addierers 79 eingespeist wird. Liefert der Ausgang des Speichers 85 eine "1", erzeugt der modulo-3 Multiplizierer 86 an seinem Ausgang eine "2" und wenn als letzte Möglichkeit der Speicher 85 eine "2" enthält, erzeugt der Modulo-3 Multiplizierer 86 hieraus eine "1".

Es versteht sich, daß jede der gezeigten Verbindungsleitungen zwischen den modulo-3 Addierern 79, 81, den Speichern 82, 84, 85 sowie dem

modulo-3 Multiplizierer 86 Mehrfachleitungen sind, um die Zahlenwerte von einem Schaltkreis zum nächsten zu übergeben. Das Weiterreichen der Zahlen von einem Speicher zum nächsten geschieht mit jedem Takt eines nicht veranschaulichten Taktgenerators.

Beim Durchtasten der in Fig. 9 gezeigten Schaltung, ausgehend vom Zustand 000 in den Speichern 82, 84, 85 werden nacheinander die in Fig. 10 ersichtlichen Ziffernkombinationen in den besagten Speichern 82, 84, 85 erhalten. Diese Tabelle entspricht sinngemäß jener Tabelle aus Fig. 4.

Fig. 11 zeigt, wie ein dreiwertiger Code auf dem Codeträger 11 darstellbar ist. Bei Verwendung eines transmissiven Abtastverfahrens ist der Codeträger 11, an dem eine "0" dargestellt werden soll, durchlässig, wie dies bei 88 gezeigt ist. Die "2", also die höchstwertige Ziffer aus dem Zeichenvorrat wird an jenen Stellen gelesen, an denen der Codeträger 11, wie bei 89, lichtundurchlässig gestaltet ist. Der zwischen den Werten "0" und "2" liegende Wert "1" erhält, wie bei 91 gezeigt ist, eine Gitterstruktur und läßt eine Lichtmenge durch, die zwischen der vollen Abschattung durch eine Codemarke entsprechend einer "2" und der vollen Durchlässigkeit entsprechend einer Codemarke, die die "0" darstellt, liegt. Im übrigen sind, wie vorher, sämtliche codemarken gleich lang.

Der in Fig. 11 gezeigte Abschnitt des Codeträgers 11 enthält damit die Codemarken entsprechend der Ziffernreihenfolge 120020101. Vergleicht man dieses Zahlenmuster mit der Tabelle nach Fig. 10, ist unschwer zu erkennen, daß, wenn der Lesekopf die linken drei Ziffern liest, er eine Zahl erkennt, die mit der Schaltung nach Fig. 9 nach dem vierten Takt zu erhalten ist (dabei ist zu berücksichtigen, daß die Tabelle von links nach rechts und die Zahlen auf dem Codeträger 11 von rechts nach links zu lesen sind). Wird der Lesekopf in Fig. 11 verschoben, erfaßt er die Ziffernfolge 200, was der fünften Codewortnummer der Tabelle entspricht; usw.

Eine mögliche Auswerteelektronik zum Erfassen der auf dem Codeträger 11 stehenden Codemarken ist in Fig. 12 in einem Blockschaltbild stark schematisiert dargestellt. Der transmissive Codeträger 11 erstreckt sich zwischen einer Gruppe von Leuchtdioden 92 sowie einer Gruppe von Fotodioden oder Fototransistoren 93. Die Anzahl der Leuchtdioden 92 zur Beleuchtung und die Anzahl der Fotodioden 93 ist entsprechend dem anhand der Fig. 8 erläuterten Ausführungsbeispiel gewählt und beträgt das 3-fache der Anzahl der Stellen, die ein Codewort umfaßt. Da im vorliegenden Fall ein dreistelliger Code gewählt ist, beträgt die Anzahl der Fotodioden und der Leuchtdioden 9. Diese Halbleiterbauelemente 92, 93 werden über Multi-

plexer 94, 95 sequentiell beaufschlagt bzw. ausgelesen. Die beiden Multiplexer 94 und 95 sind schematisch als mechanische Schalter dargestellt, doch es handelt sich, wie dies heute üblich ist, um elektronische Digitalschalter. Die Steuerung der beiden Multiplexer 94 und 95 erfolgt über eine Steuerleitung 96 von einer zentralen Auswert- und Steuerelektronik 97.

Der Eingang des Multiplexers 94 liegt an der Versorgungsspannung U und gestattet es, wahlweise eine der Leuchtdioden 92 durch Anschalten an die Versorgungsspannung zum Aufleuchten zu bringen. Der Ausgang des Multiplexers 95 dagegen liegt über eine Leitung 98 an dem Eingang eines Analog-Digital-Wandlers 99, der die Aufgabe hat, das auf der Leitung 98 von der jeweiligen Fotodiode 93 gelieferte Analogsignal in ein Digitalsignal umzusetzen, das je nach der Beleuchtungsstärke der jeweiligen Fotodiode 93 einem der drei möglichen Ziffernwerte "0", "1" oder "2" entspricht. Hierfür geeignete Analog-Digital-Wandler sind bekannt und es braucht deswegen keine detaillierte Beschreibung gegeben zu werden. An seinem Ausgang 101 liefert der Analog-Digitalwandler die der gelesenen Ziffer entsprechende Digitalzahl über eine Leitung 102 an die zentrale Steuer- und Auswertelektronik 97.

Die Funktionsweise der insoweit erläuterten Schaltung ist wie folgt: Von der zentralen Steuer- und Auswerteschaltung 97 werden über die Steuerleitung 96 synchron die beiden Multiplexer 94 und 95 betätigt. Hierdurch wird jeweils ein bezüglich des Codeträgers 11 sich gegenüberliegendes Paar aus einer Leuchtdiode 92 und einer Fotodiode 93 aktiviert, in dem Sinne, daß die betreffende Leuchtdiode wegen des Anschaltens an die Versorgungsspannung U aufleuchtet, während andererseits die zu dieser Leuchtdiode 92 gehörende und hinter dem Codeträger 11 befindliche Fotodiode 93 zu dem Analog-Digital-Wandler 99 durchgeschaltet wird. Die so gelesene Digitalzahl wird in die zentrale Steuer- und Auswertelektronik 97 übergeben, die ihrerseits einen linearen Speicher enthält, der für jede Fotodiode 93 einen Speicherplatz aufweist, der Zahlen zwischen "0" und "2" speichern kann.

Sobald nach Durchschalten der beiden Multiplexer 94 und 95 über sämtliche mögliche Positionen alle Fotodioden 93 einmal an den Analog-Digital-Wandler 99 angeschlossen waren, enthält die zentrale Steuer- und Auswertelektronik 97 ein komplettes Muster des abgelesenen Codeträgerstücks. Da die Fotodioden 93, wie erwähnt, in der gleichen Weise verteilt sind wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 8, stehen in dem zugehörigen Speicher der Steuer- und Auswertelektronik drei ineinander verschachtelte Zahlenwerte, die nun entsprechend, wie im Zusammenhang mit Fig. 8 beschrieben, bewertet und in das entsprechende

Taktmuster umgesetzt werden können. Es besteht auch die Möglichkeit, zunächst die erhaltenen, ineinander verschachtelten Zahlen in die Codewortnummer bzw. Taktnummer umzusetzen und so dann den Vergleich durchzuführen, wie er bei Fig. 8 beschrieben ist. Dabei kann beispielsweise eine Vorrangbedingung vorgesehen werden, insofern, als die tatsächliche Position der Katze 4 jene Position ist, die sich ergibt, wenn zwei Codewortnummern gleich sind bzw. es ist jene niedrigere von zwei Codewortnummern, wenn sich zwei entschlüsselte Zahlen in der Codewortnummer um "1" unterscheiden.

Anstatt die Zahlenwerte zwischen "0" und "2" durch Grauwerte zu verschlüsseln, wie dies bei den Fig. 11 und 12 geschehen ist, können die Zahlenwerte auch farbcodiert werden. Eine Farbcodierung läßt auf einfache Weise noch höherwertige Codes zu. Beispielsweise ist bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 13 auf dem Codeträger ein vierwertiger Code gezeigt, dessen Ziffern über die Farben gelb, grün, rot und blau verschlüsselt sind.

Die in Fig. 14 im Blockschaltbild gezeigte Schaltungsanordnung zum Lesen eines farbcodierten Codeträgers 11 enthält punktförmig leuchtende Beleuchtungseinrichtungen 103, die möglichst weißes Licht abgeben. Die Anzahl dieser Beleuchtungseinrichtungen ist wieder gemäß den Lehren beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 8 gewählt und auch der Abstand der Leuchteinrichtungen ist so getroffen, daß der Abstand zwischen benachbarten Leuchteinrichtungen 103 einem Drittel der Codemarkenlänge entspricht. Die Leuchteinrichtungen 103 liegen eingangsseitig an dem Multiplexer 94, der sie nacheinander mit der Versorgungsspannung U verbindet und dadurch zum Aufleuchten bringt. Auf der anderen Seite des Codeträgers 11 befindet sich eine Optik 104, die alle innerhalb einer Codewortlänge liegenden Codemarken auf einen Fotodetektor 105 abbildet. Der Fotodetektor 105 besteht beispielsweise aus drei mit entsprechenden Farbfiltern versehenen Fotodioden, so daß nur jene Fotodiode ein maximales Ausgangssignal erzeugt, deren Filterfarbe mit der jeweiligen Farbe der Codemarke übereinstimmt. Es ist auch möglich, lediglich drei Spektralfarben rot, grün und blau als Filterfarben zu verwenden, wobei dann das Signal entsprechend gelb erkannt wird, wenn die Fotodiode für grünes und die für rotes Licht etwa gleiche Signalamplituden liefern.

Der Fotodetektor 105 ist über mehrere Leitungen 106 mit einem Farbdetektor 107 verbunden, und zwar ist jede durch ein entsprechendes Filter für eine der Spektralfarben sensibilisierte Fotodiode des Fotodetektors 105 mit einer eigenen Leitung 106 an den Farbdetektor 107 angeschlossen. Im gewählten Beispiel sind dies drei Leitungen, da die Farbe gelb aufgrund der Signale auf den Leitungen

für rot und für grün ermittelt wird.

Der Farbdetektor 107 liefert an seinem Ausgang 108 eine Digitalzahl, die entsprechend der jeweils gewählten Tabelle zu der gelesenen Farbe auf dem Codeträger 11 gehört. Die Steuer- und Auswerteelektronik 97 verarbeitet diese Digitalzahlen, wie im Zusammenhang mit Fig. 12 erläutert.

Weil von den punktförmigen Lichtquellen 103 jeweils nur eine aktiviert ist, kann die Steuer- und Auswerteelektronik 97 erkennen, welcher "Lesekopf" aktiv ist, obwohl für alle Leseköpfe nur ein gemeinsamer Foto-detektor 103 vorgesehen ist. Der Fotodetektor 105 bildet sozusagen mit jeweils einer der Lichtquellen 103 einen Lesekopf entsprechend den Leseköpfen 58 aus Fig. 8.

Ansprüche

1. Vorrichtung zur Positionsmessung bei längs festgelegten Bahnen laufenden Fahrzeugen, vorzugsweise bei Kran- und Elektrohängebahnen, die zumindest eine Laufschiene aufweisen, längs derer ein Kran oder Katzfahrwerk läuft, mit einem Codeträger (11), der entlang seiner Längserstreckung Codemarken (17) trägt und mit einer Codelesevorrichtung (12), die an einer Katze (4) oder einem Fahrwerk des Krans oder der Hängebahn sitzt, dadurch gekennzeichnet, daß der Codeträger (11) längs einer Laufschiene (2) der Kran- oder Elektrohängebahn angeordnet ist, daß die Codemarken (17) auf dem Codeträger (11) einspurig hintereinander angeordnet sind, daß die Codemarken (17) entsprechend einer Codemarkenfolge längs des Codeträgers (11) angeordnet sind, wobei jeweils m aufeinanderfolgende Codemarken ein Codewort bilden, und daß die Codemarkenfolge derart gewählt ist, daß eine beliebige Folge von m aufeinanderfolgenden, ein Codewort bildenden Codemarken (17) jeweils nur einmal auf dem Codeträger (11) erscheint.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Codemarkenfolge eine Periodenlänge von $N = x^m - 1$ aufweist, wobei N die Anzahl der Codemarken (17), x die Wertigkeit einer Codemarke (17) und m eine positive ganze Zahl ist, die angibt, wieviel Codemarken (17) ein Codewort bilden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aufeinanderfolgenden Codemarken (17) der Codemarkenfolge gemäß einer Pseudozufallsfolge gebildet sind, wobei sich der Wert der einzelnen aufeinanderfolgenden Codemarken (17) nach einem Ausgangssignal eines linear rückgekoppelten m-stelligen Schieberregisters (Fig. 3) ermittelt und entsprechend einem erzeugenden Polynom der Pseudozufallsfolge Ausgangssignale an den Ausgängen ($Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5,$)

des Schieberregisters (Fig. 3) logisch miteinander verknüpft und das erhaltene Ergebnis zu dem Eingang (D_1) des Schieberregisters (Fig. 3) zurückgekoppelt wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Codemarken (17) eine binäre Wertigkeit haben.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Codelesevorrichtung (12) zumindest einen Satz von Leseköpfen (58) aufweist, deren Anzahl zumindest genau so groß ist wie die Anzahl der Stellen eines Codewortes und die an der Codelesevorrichtung äquidistant verteilt längs dem Codeträger (11) angeordnet sind, und daß der Mittenabstand benachbarter Leseköpfe (58), die zu dem Satz gehören, gleich der Länge einer Codemarke auf dem Codeträger (11) ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Codemarken (17) auf dem Codeträger (11) lückenlos sind, derart, daß benachbarte Codemarken (17) unmittelbar ohne Zwischenraum aneinander angrenzen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem ersten Satz von Leseköpfen (58a) wenigstens zwei weitere Sätze von Leseköpfen (58b, 58c) an der Codelesevorrichtung (12) vorgesehen sind, wobei innerhalb jedes weiteren Satzes von Leseköpfen (58b, 58c) die relativen Abstände in der gleichen Weise gewählt sind wie bei dem ersten Satz von Leseköpfen (58a), und daß diese drei Sätze von Leseköpfen an der Codelesevorrichtung ineinander verschachtelt sitzen, derart, daß es zumindest eine Stellung zwischen der Codelesevorrichtung und dem Codemerkenträger (11) gibt, in der drei unmittelbar benachbarte, zu den drei Sätzen gehörende Leseköpfe (58a, 58b, 58c) ein und dieselbe Codemarke (17) abtasten.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Sätze von Leseköpfen (58a, 58b, 58c) an eine Auswahl-schaltung (61) angeschlossen sind, die aus den von den Leseköpfen (58a, 58b, 58c) abgegebenen Signale das wahre Codewort ermittelt und die das wahre Codewort oder ein daraus abgeleitetes Binärwort an einen Signalausgang (72) weiterleitet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswahl-schaltung (61) zumindest einen digitalen Komparator (63) mit zwei Sätzen von Eingängen (66, 67) sowie einem Steuerausgang (76) aufweist, wobei an den einen Satz von Eingängen (66) sämtliche zu dem mittleren Satz von Leseköpfen (58b) gehörende Leseköpfe (58b) und an den anderen Satz von Eingängen (67) die zu einem der beiden benachbarten Sätze von Leseköpfen (58a, 58c) gehörenden Leseköpfe (58a, 58c) angeschlossen sind, daß die Auswahl-schaltung (61) wenigstens einen mit seinem Steue-

rein gang (74) an den Steuerausgang (76) des digitalen Komparators (63) angeschlossenen Multiplexer mit zwei Sätzen von Eingängen (69, 71) und einem Satz von Ausgängen (72) aufweist, daß und den einen Satz von Eingängen (71) sämtliche zu dem mittleren Satz von Leseköpfen (58b) gehörende Leseköpfe (58b) angeschlossen sind, und daß an den anderen Satz von Eingängen (69) derjenige Satz von Leseköpfen (58a, 58c) angeschlossen ist, der nicht mit dem digitalen Komparator (63) verbunden ist, daß der Multiplexer (68) derart geschaltet wird, daß bei Gleichheit der Signale an dem digitalen Komparator (63) der mittlere Satz von Leseköpfen (58b) zu dem Ausgang (72) und sonst der nicht mit dem digitalen Komparator (63) verbundene Satz von Leseköpfen (58a, 58c) zu dem Ausgang (72) durchgeschaltet wird, und daß die Sätze von Eingängen (66, 67, 69, 71) und Ausgängen (72) je Stelle des Codewortes einen Anschluß aufweisen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Konvertierungsschaltung (28...28c) enthält, die das von dem Codeträger (11) gelesene Codewort in einem Binärzahl konvertiert, deren Wert der Nummer des Codewortes innerhalb der Codemarkenfolge entspricht, die auf dem Codeträger (11) aufgebracht ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Konvertierungsschaltung (28...28c) ein Schieberegister (34) enthält, das in der gleichen Weise rückgekoppelt ist, wie das die Codemarkenfolge bildende Schieberegister (Fig. 3), daß mit dem Schieberegister ein Start-/Stopzähler (36) verbunden ist, dessen Taktsignale in einen Binärzähler (44) eingespeist werden, daß ein digitaler Komparator (29) vorgesehen ist, der das von dem Codeträger (11) mittels Lesestationen (19) gelesene Codewort mit dem von dem Schieberegister (34) gelieferten Codewort vergleicht und daß durch eine Steuerschaltung (39) bei Ungleichheit zwischen dem gelesenen Codewort und dem von dem Schieberegister (34) erzeugten Codewort sowohl das Schieberegister als auch der Binärzähler auf null zurückgesetzt werden, der Start-/Stopzähler (36) aktiviert wird, der den Zähler (44) taktweise hochzählen und das Schieberegister (34) taktweise nacheinander die aufeinanderfolgenden Codeworte generieren läßt, bis das von dem Schieberegister (34) abgegebene Codewort mit dem von den Lesestationen (19) gelesenen Codewort übereinstimmt, um dann den Start-/Stopzähler anzuhalten.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Konvertierungsschaltung einen ROM-Speicher (55) enthält, in dem unter der Adresse des als Binärzahl aufgefaßten, von den Lesestationen (19) gelesenen Codewortes die Nummer des Codewortes abgespeichert ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch ge-

kennzeichnet, daß die Codemarken (17) eine höhere als eine binäre Wertigkeit aufweisen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahlenwerte des verwendeten Codes als Grauwerte auf dem Codeträger (11) dargestellt sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahlenwerte des verwendeten Codes auf dem Codeträger (11) als Farbwerte dargestellt sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Lesekopf eine Lichtquelle (92) sowie einen zugehörigen Lichtempfänger (93) enthält, die jeweils ein Paar bilden, und daß innerhalb der Codelesevorrichtung (12) jeweils nur ein Paar, bestehend aus Lichtquelle (92) und Lichtempfänger (93) aktiviert ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Lesekopf eine eigene Lichtquelle (103) enthält, und daß für alle Lichtquellen (103) ein gemeinsamer Lichtempfänger (105) vorgesehen ist, derart, daß ein Lesekopf (58) von einer eigenen Lichtquelle (103) und dem gemeinsamen Lichtempfänger (105) gebildet ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Leseköpfe (58) wenigstens eines Satzes gleichzeitig aktiviert sind.

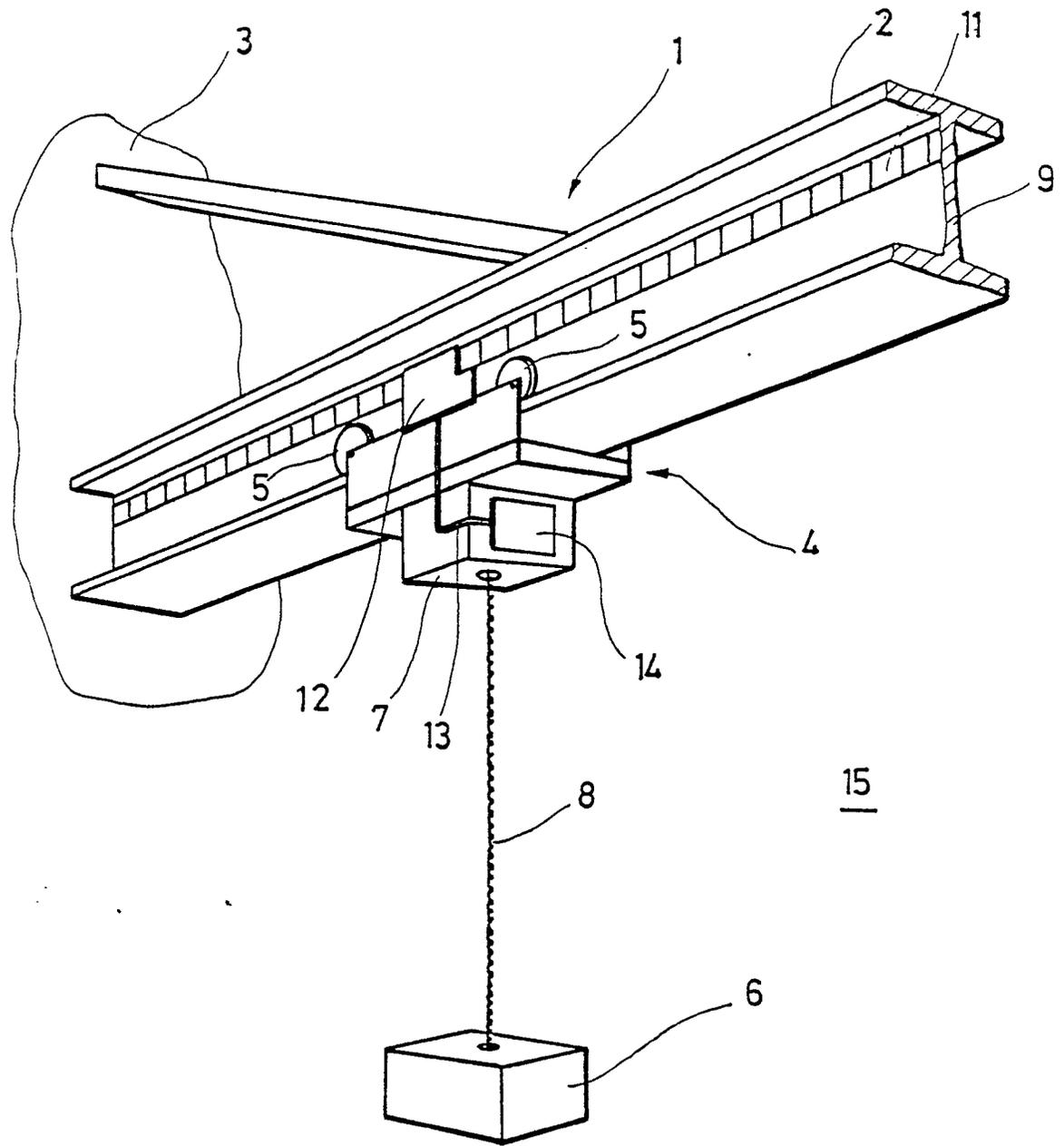


Fig. 1

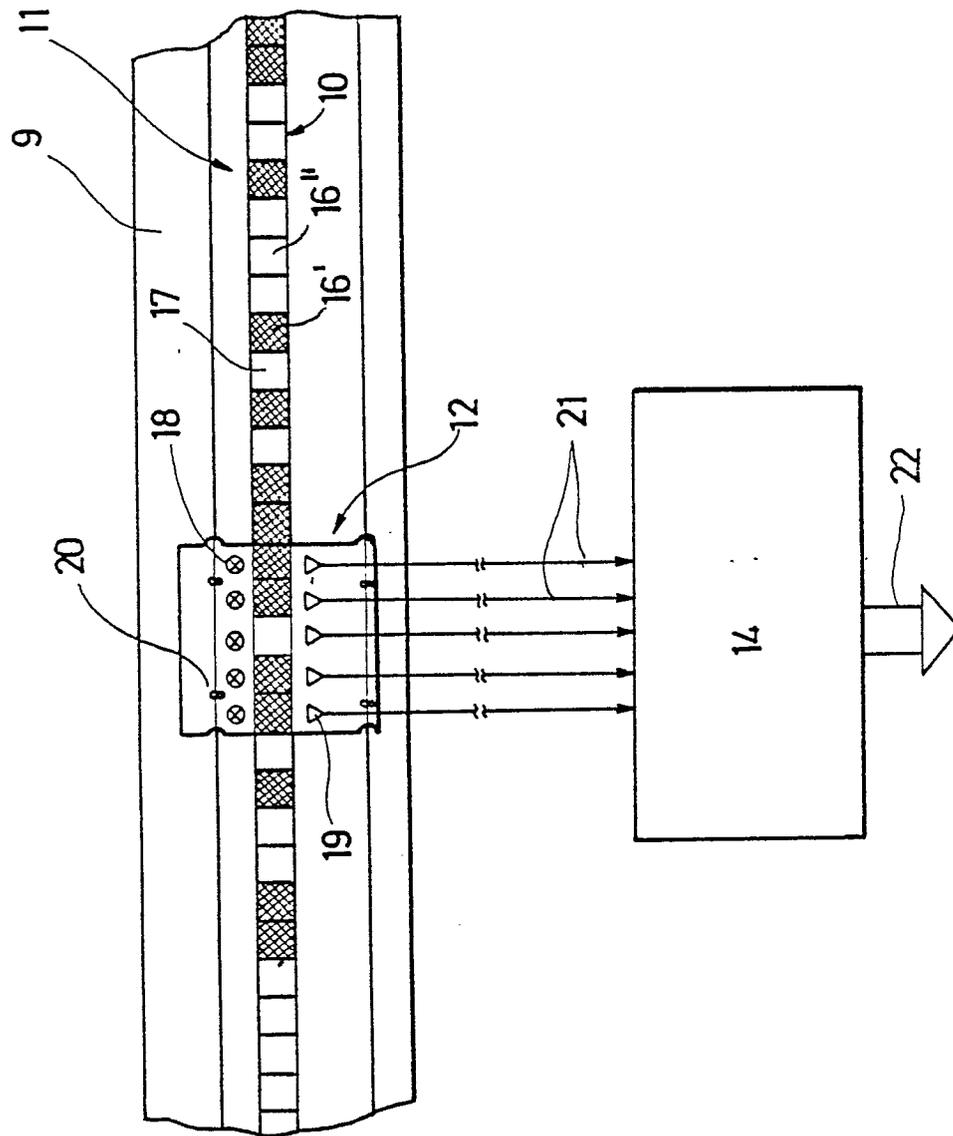
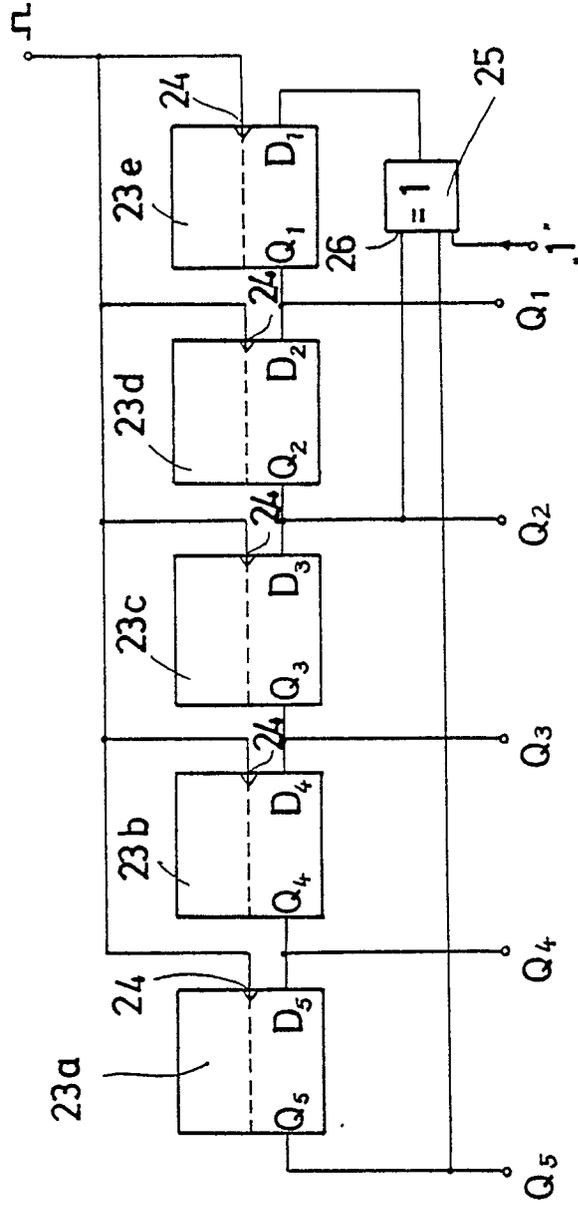


Fig. 2

Fig. 3



Code- point- nummer	q ¹	q ²	q ³	q ⁴	q ⁵
1	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0
4	0	1	1	0	0
5	0	0	1	1	0
6	1	0	0	1	1
7	0	1	0	0	1
8	1	0	1	0	0
9	1	1	0	1	0
10	0	1	1	0	1
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	1	1
13	1	1	1	0	1
14	1	1	1	1	0
15	0	1	1	1	1
16	1	0	1	1	1
17	0	1	0	1	1
18	1	0	1	0	1
19	0	1	0	1	0
20	0	0	1	0	1
21	0	0	0	1	0
22	1	0	0	0	1
23	0	1	0	0	0
24	0	0	1	0	0
25	1	0	0	1	0
26	1	1	0	0	1
27	1	1	1	0	0
28	0	1	1	1	0
29	0	0	1	1	1
30	0	0	0	1	1
31	0	0	0	0	1

Fig. 4

Register- länge	Rückkoppelung von Ausgang	Perioden- länge
2	1, 2	3
3	1, 3	7
4	1, 4	15
5	2, 5	31
6	1, 6	63
7	3, 7	127
8	2, 3, 4, 8	255
9	4, 9	511
10	3, 10	1023
11	2, 11	2047
12	1, 4, 6, 12	4095
13	1, 3, 4, 13	8191
14	1, 6, 10, 14	16383
15	1, 15	32767
16	1, 3, 12, 16	65535
17	3, 17	131071
18	7, 18	262143
19	1, 2, 5, 19	524278
20	3, 20	1048575

Fig. 5

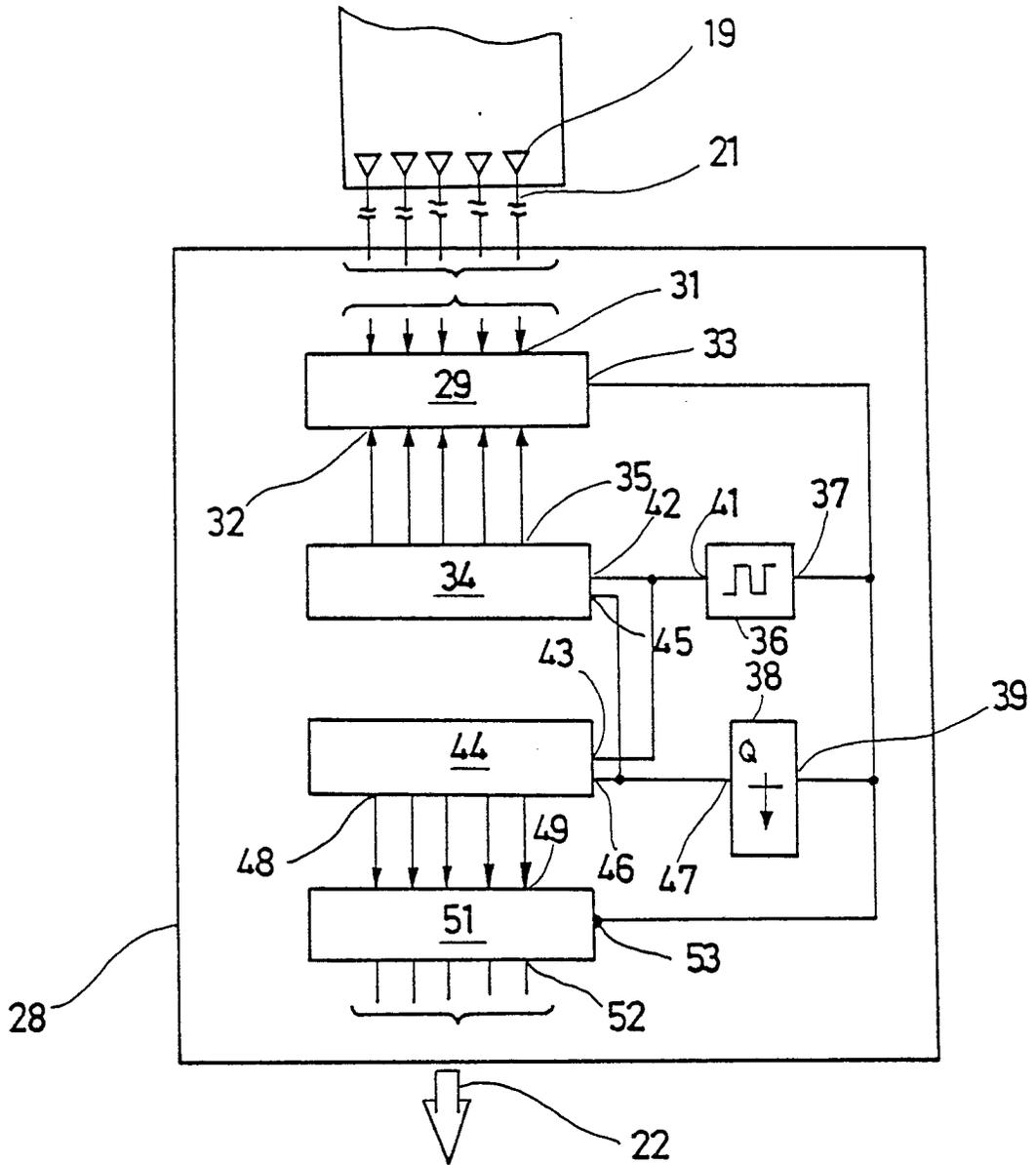


Fig. 6

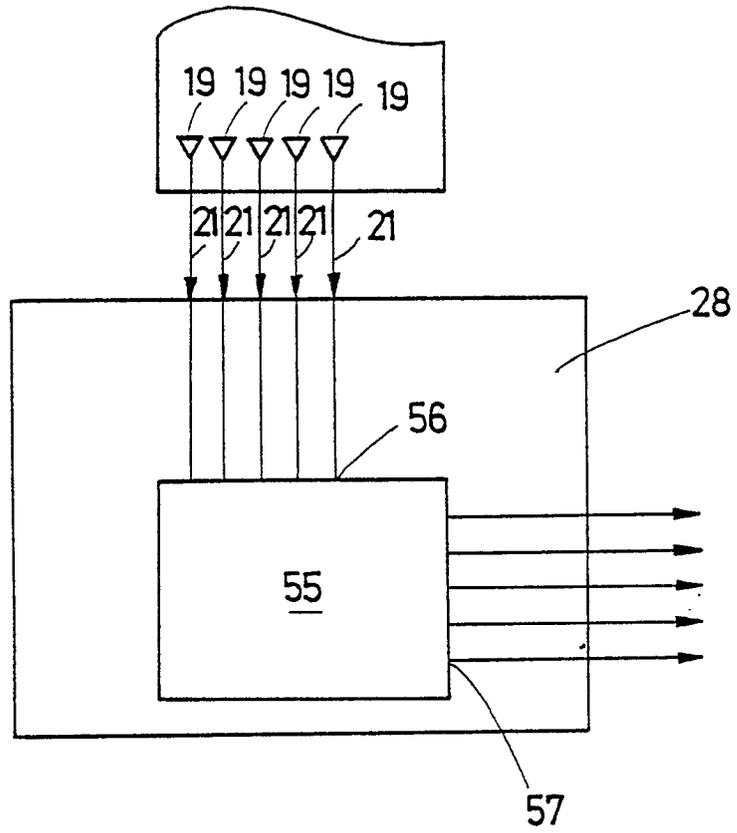


Fig. 7

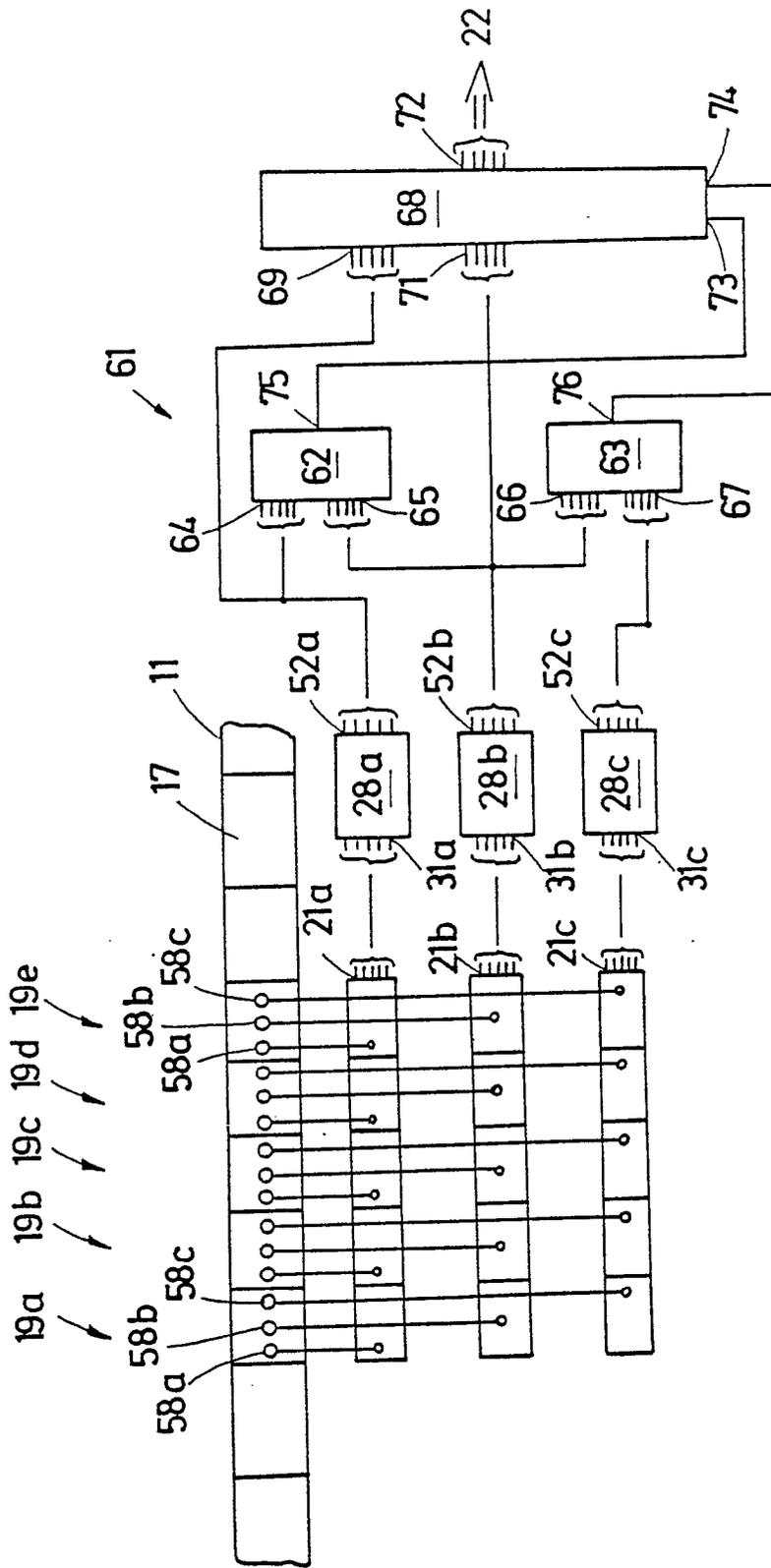


Fig. 8

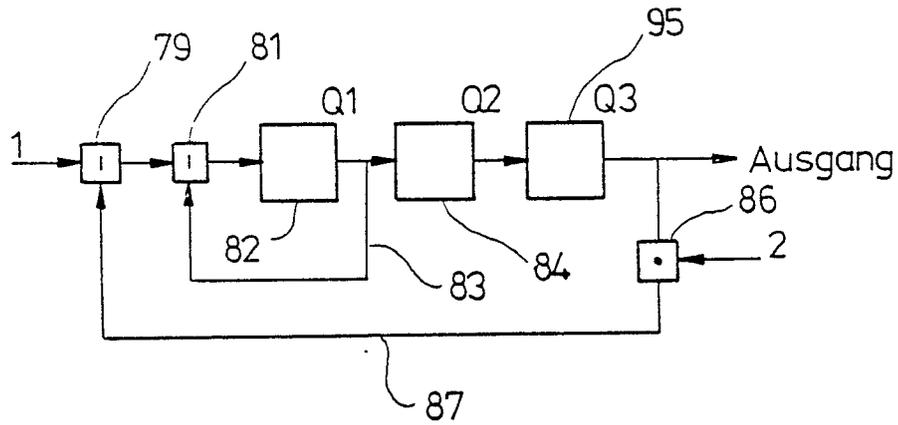


Fig. 9

Fakt-Nr. bzw. Codewortnummer	Q1	Q2	Q3
1	0	0	0
2	1	0	0
3	2	1	0
4	0	2	1
5	0	0	2
6	2	0	0
7	0	2	0
8	1	0	2
9	0	1	0
10	1	0	1
11	1	1	0
12	2	1	1
13	2	2	1
14	2	2	2
15	1	2	2
16	0	1	2
17	2	0	1
18	2	2	0
19	0	2	2
20	2	0	2
21	1	2	0
22	2	1	2
23	1	2	1
24	1	1	2
25	0	1	1
26	0	0	1

Fig. 10

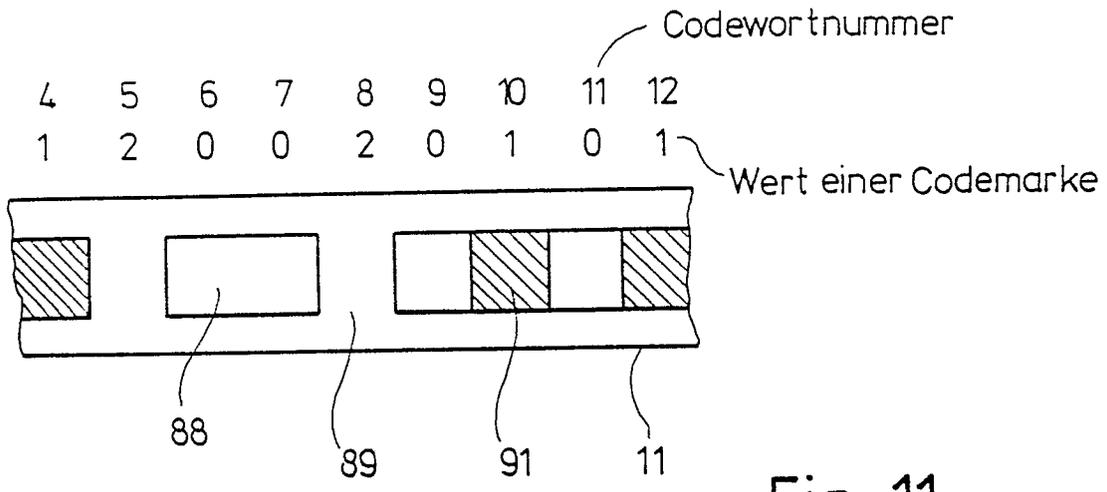


Fig. 11

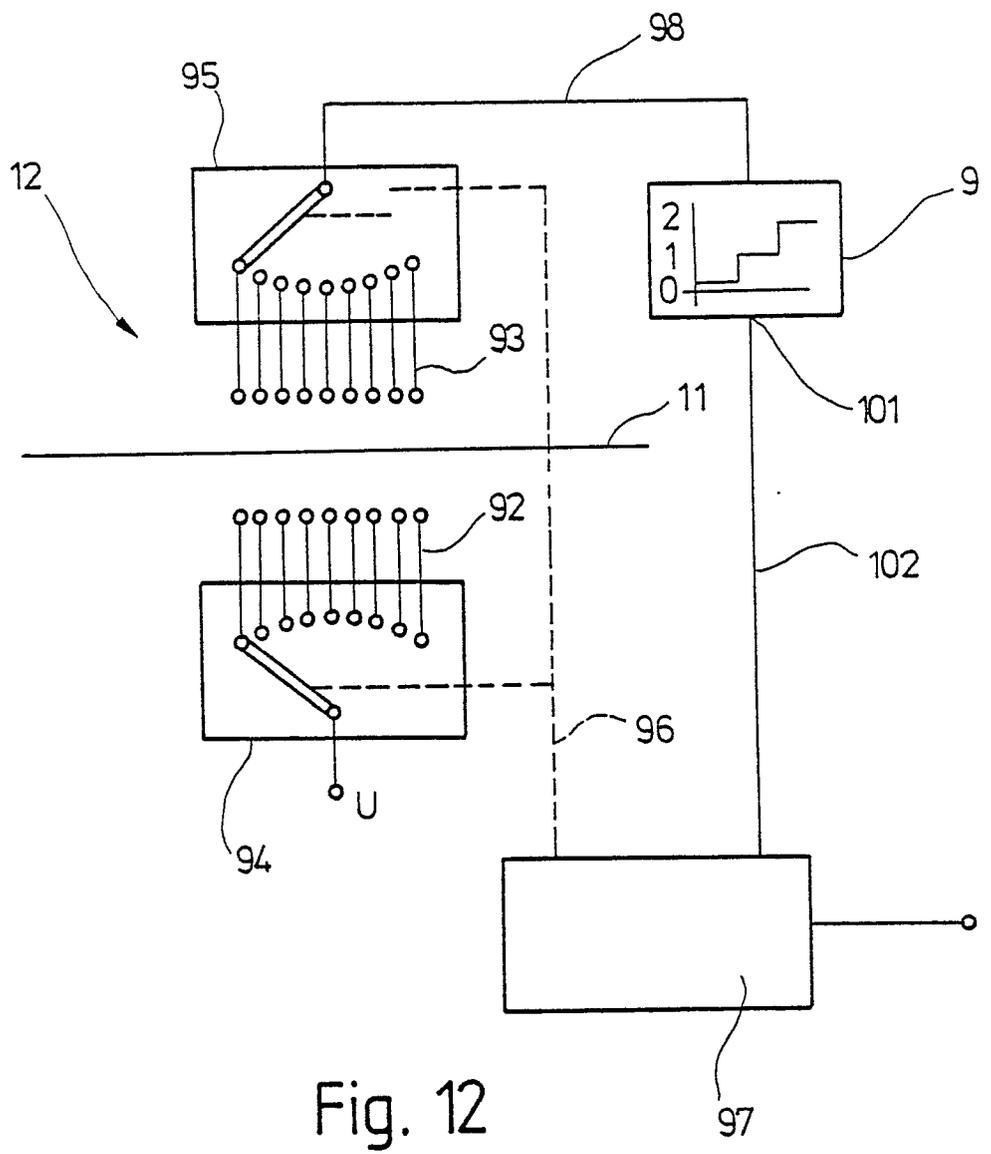


Fig. 12

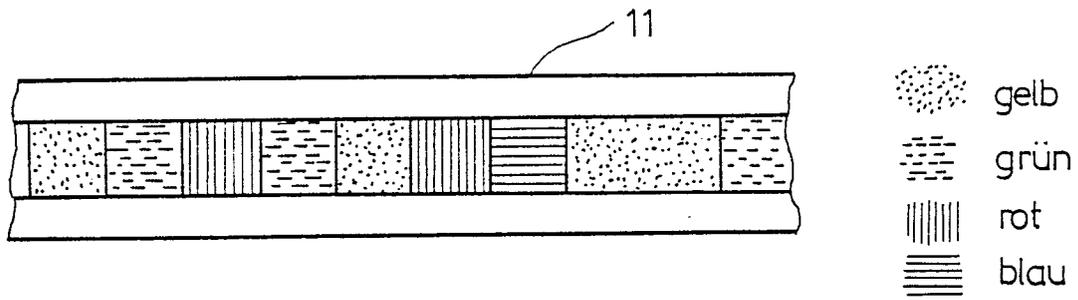


Fig. 13

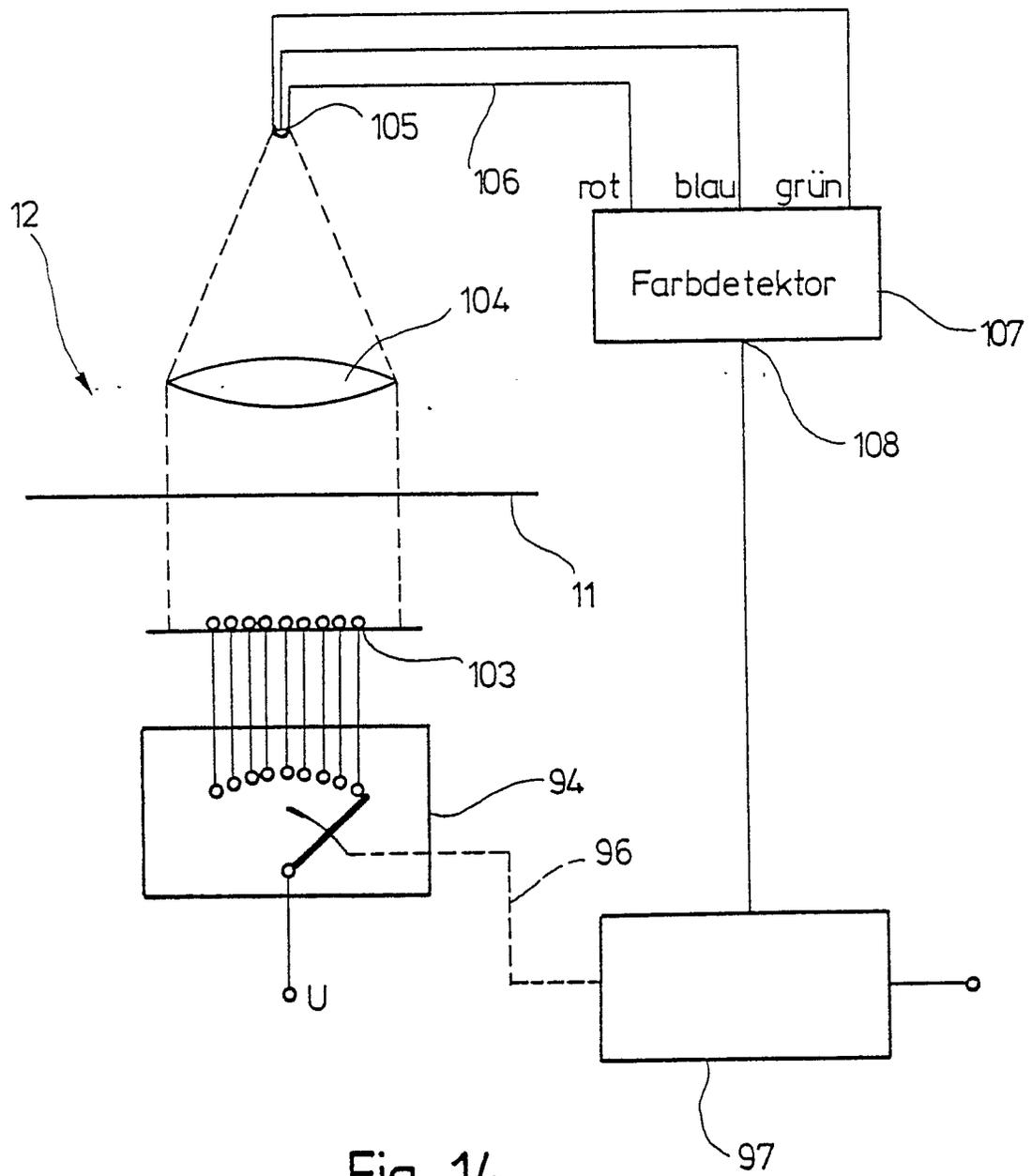


Fig. 14