

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 564 062 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93250102.6**

(51) Int. Cl.⁵: **G08G 1/07**

(22) Anmeldetag: **02.04.93**

(30) Priorität: **02.04.92 EP 92105771**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.10.93 Patentblatt 93/40

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL PT SE

(71) Anmelder: **TEWICON ELEKTRONISCHE
STEUERUNGEN GmbH**
Ludwig-Konrad-Strasse 10
D-34537 Bad Wildungen(DE)

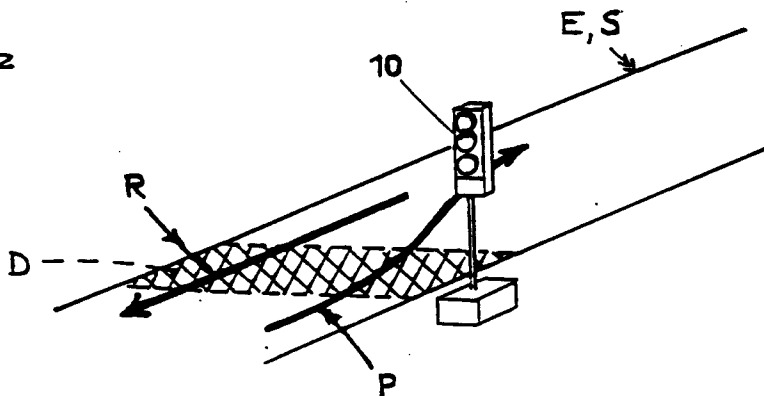
(72) Erfinder: **Heckerroth Rüdiger, Dipl.-Ing.**
Ludwig-Konrad-Strasse 10
W-3590 Bad Wildungen(DE)
Erfinder: **Petzold, Bernd, Dr.-Ing.**
Wilhelm-Pieck-Strasse 72
O-1278 Müncheberg(DE)

(74) Vertreter: **Christiansen, Henning, Dipl.-Ing.**
Patentanwalt
Pacelliallee 43/45
D-14195 Berlin (DE)

(54) **Verfahren und Anlage zur Verkehrsregulierung.**

(57) Verfahren zur Verkehrsregulierung mittels ortsveränderlicher Lichtsignalanlagen (mobiler Ampeln; A, B), insbesondere an Engstellen (E), unter Verwendung von Sensorsteuerungen, die im zu sichernden Bereich, d.h. an einer Sperrstrecke (S), Freigabezeiten (Grün-Phasen, T_F) und Räumzeiten (Rot-Phasen, T_R) vorgeben, wobei die Durchfahrzeit (T_D) von Fahrzeugen (F) auf einer sich im wesentlichen entlang der Sperrstrecke (S) erstreckenden Meßstrecke (M) gemessen und die Räumzeit (T_R) in Abhängigkeit von ermittelten Durchfahrzeit-Meßwerten (T_D) nachgeführt wird.

Fig. 2



EP 0 564 062 A1

Die Erfindung betrifft ein verfahren und eine Anlage zur Verkehrsregulierung gemäß den Oberbegriffen von Anspruch 1 bzw. 12.

Es sind bereits transportable Lichtsignalanlagen bekannt, die zur verkehrsregulierung an Engstellen oder als Ersatz defekter stationärer Anlagen dienen. Man muß häufig beobachten, daß derartige ortsveränderliche Ampeln - die beispielsweise bei Baustellen notwendig sind - oft aus Zeitgründen nicht optimal an den Verkehr angepaßt werden und dadurch vor allem bei schwankendem Verkehrsaufkommen unnötige Behinderungen für viele Verkehrsteilnehmer verursachen.

Unter den herkömmlichen transportablen Lichtsignalanlagen gibt es solche ohne Rückmeldungs-Sicherung, die mit möglichst genauen Quarzoszillatoren als Zeitbasis arbeiten. Die Sperr-, Freigabe- und Räumzeiten sind hierbei starr programmiert und meist nur sehr grob an das tatsächliche Verkehrsgeschehen angepaßt und unveränderlich im Tagesablauf.

Zentral gesteuerte und überwachte Anlagen mit passiven Lichtsignaigebnern erlauben eine Signalsicherung durch Rückmeldung. Allerdings erfordern sie eine aufwendige und auf zu übertragende Leistung (einschließlich des Lampen-Strombedarfs) dimensionierte Verkabelung.

Aus der DE-A-1 813 336 ist bereits eine Vorrichtung zum Steuern zweier Verkehrsampeln bekannt, bei der Achszähler vorgesehen sind, welche eine Umschaltung der Anlage durch Zähler stets dann vornehmen, wenn zwischen zwei Zählschaltungen Koinzidenz besteht, daß heißt, wenn die Anzahl der gezählten, aus der Engstelle ausfahrenden Fahrzeuge die Zahl der dort eingefahrenen Fahrzeug wieder erreicht hat. Hierbei besteht jedoch das Problem, daß diese Zahlen dann unterschiedlich sind, wenn Fahrzeuge im Engstellenbereich verbleiben oder von dort in die Engstelle einfahren. In diesem Fall muß die Anlage abgeschaltet werden. Im übrigen werden bei dieser Anlage nicht Freigabe- und Räumzeiten getrennt vorgegeben.

Bei einem Verfahren zur Anpassung der Funktion von Verkehrsampeln an das Verkehrsaufkommen, wie es aus der FR-A-2 359 451 bekannt ist, werden die Grünphasen einer Ampelanlage an die Zahl der passierenden Fahrzeuge angepaßt, wobei eine Verlängerung der Phasen mit der Zahl der die Anlage in einer Phase passierenden Fahrzeuge erfolgt. Hierbei wird aber ebenfalls nicht zwischen Freigabe- und Räumzeiten unterschieden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren der eingangs genannten Gattung die Möglichkeit zu schaffen, den Verkehrsdurchsatz insbesondere an Engstellen noch besser zu regeln. Dabei sollen vor allem optimale Räumzeiten angestrebt und in kurzer Zeit erzielt werden. Die Lichtsignalanlagen sollen möglichst einfach auch von ungelerntem Personal sicher bedienbar sein.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 1 bzw. 12 gelöst.

Die Erfindung schließt die Erkenntnis ein, daß bei einem derartigen Verfahren die Räumzeit getrennt von der Dauer der Freigabezeiten ermittelt werden sollte, da diese - im Gegensatz zur letztgenannten - nicht unmittelbar vom Verkehrsaufkommen, sondern in erster Linie von der geometrischen Länge des als Engstelle zu durchfahrenden Bereichs und der Fahrgeschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer abhängig ist. Im Gegenteil kann ein erhöhtes Verkehrsaufkommen sogar mit verkürzten Räumzeiten einhergehen. (Bei der "Räumzeit" handelt es sich dabei um diejenige Zeit nach dem Ende einer Grün-Phase, die innerhalb der Engstelle befindliche Fahrzeuge benötigen, um sie zu verlassen.) Nach der Erfindung erfolgt die Bestimmung der tatsächlich benötigten Räumzeit aus der zeitlichen Verschiebung zwischen den Sensorsignalverläufen von Ein- und Ausfahrtstelle bzw. daraus abgeleiteter Verläufe. Die Engstelle wird dabei als mit Störungen beaufschlagtes Totzeitglied aufgefaßt, wobei das Sensorsignal bei der Einfahrt das unverzögerte und das Sensorsignal bei der Ausfahrt das verzögerte Signal darstellen. Die gesuchte Räumzeit wird von der ermittelten Verzögerungszeit des Totzeitglieds abgeleitet, welche der Durchfahrzeit entspricht.

Bevorzugt wird dabei die Durchfahrzeit von Fahrzeugen auf einer Meßstrecke entlang der Sperrstrecke gemessen und die Räumzeit abhängig von den - gespeicherten - Durchfahrzeit-Meßwerten gesteuert und durch wiederholte Nachregelung schrittweise optimiert.

Die genaue Einstellung der Räumzeit ist bei der Absicherung von Engstellen dann von besonderer Bedeutung, wenn diese - wie es oft vorkommt - mehrere hundert Meter lang sind. Wenn im Extremfall bereits Grün gegeben wird, während noch Gegenverkehr abfließt, weil dieser beispielsweise durch querstehende Baufahrzeuge zuvor behindert war, kann das zum völligen Außer-Takt-Geraten der Engstellen-Sicherung führen.

Die Messung der Durchfahrzeit erfolgt bevorzugt durch Fahrzeug-Erfassung quer und/oder schräg zur Fahrtrichtung an beiden Enden der Meßstrecke, d.h. an den Ein- und Ausfahrtstellen des abzusichernden Bereiches. Dort sind Sensoren angebracht, vorzugsweise je ein Sensor an dem zugehörigen Lichtsignalgeber. In Betracht kommt insbesondere auch eine zweistrahlige Abtastung, wobei ein Sensor schräg rückwärts und der andere quer zur Fahrbahn ausgerichtet ist, um nicht nur die durchfahrenden Fahrzeuge als solche, sondern auch ihre momentane Geschwindigkeit sicher zu erfassen. Die zur Anlage gehörigen Lichtsignalge-

ber weisen jeweils eine eigene Steuereinheit auf und sind untereinander durch einen InformationsÜbertrager verbunden, gegebenenfalls zusätzlich mit einer Steuerungs-Zentrale.

Der Einsatz aktiver derartiger Lichtsignalgeber gestattet es, lediglich die Steuer- und Rückmeldesignale über mehradrige Signalleitungen oder über mehrkanalige Funkstrecken zu übertragen, sofern diese einsetz-
 5 bar sind.

Bedingt durch den Einsatz von Prozeßrechentechnik sowohl in der zentralen Steuerung als auch in den dezentralen Steuerungs- und Überwachungseinheiten ist es günstig, einen 2-Draht-Signalbus (Nato-Telefonleitung) zu benutzen, der den geringsten Aufwand an Verkabelung bedeutet.

Zur Wahrnehmung des fließenden Verkehrs werden bevorzugt im Falle der Ausführung als mobile
 10 Lichtsignalanlage passive Infrarot-Bewegungsmelder eingesetzt, die auf den herankommenden Verkehr gerichtet sind. Sofern nicht eine Zeitlücke zwischen aufeinanderfolgenden Fahrzeugen durch Überschreiten einer voreingestellten Zeit eine Unterbrechung im Verkehrsfluß signalisiert, wird die Freigabezeit (Grün-Phase) bis zu einem voreingestellten Maximalwert verlängert. Gegebenenfalls kann dann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren - ohne Einschränkung seiner Tauglichkeit - bei geringem Verkehrsaufkommen auf
 15 sogenannten Anforderungsbetrieb umgeschaltet werden, so daß Freigabesignale auch anderen Zufahrten auf Anforderung zugeteilt werden können, was zur Lärmvermeidung in Wohngebieten mit nächtlichem Verkehr einzelner Fahrzeuge sehr günstig ist.

Die Erfindung bewirkt eine wesentliche Steigerung der Verkehrssicherheit, indem die Bedienung sich auf das Einschalten der Anlage reduzieren kann, was für den Einsatz an Baustellen überaus vorteilhaft ist.
 20 Insbesondere ist ein Anpassen der Parameter der Anlage an die Geometrie der Engstelle nicht erforderlich. Durch das Ausgehen von einer Maximal-Räumzeit regelt sich die Anlage nämlich in wenigen Meßperioden auf das tatsächliche Verkehrsaufkommen ein. Ferner wird ein zügiger Verkehrsfluß dadurch erzielt, daß bei momentanen Behinderungen in der Engstelle das Gegen-Grün bis nach dem Räumen verzögert wird. Dies verhindert zweiseitiges Einfahren und vermeidet damit eine zusätzliche Verkehrsstockung. Außerdem
 25 kommt es nicht mehr dazu, daß - in der Annahme, die Anlage arbeite fehlerhaft - noch oder sogar erst bei Rot in die Sperrstrecke eingefahren wird. Da sich die Räumgeschwindigkeit im Tagesverlauf ändert, gibt es starke Schwankungen in der tatsächlich notwendigen Räumzeit, die erfindungsgemäß erstmals zur Verkehrsfluß-Optimierung als Variable, herangezogen wird.

Das neuartige Verfahren erlaubt es - insbesondere in seinen bevorzugten Weiterbildungen - , extrem
 30 unterschiedliches Verkehrsaufkommen an den Zufahrten noch zu erkennen, so daß einer Zufahrt mit geringem Verkehrsaufkommen eine gerade noch zumutbare Sperrzeit zugewiesen wird, damit sich dort Fahrzeuge sammeln und nach Freigabesignal in einem Block durchfahren können. Beträgt während mehrerer Zyklen die Umlaufzeit jeweils mehr als 300 s, kann das Bedienpersonal zum Abbau der Stauung zu besonderen Maßnahmen aufgefordert werden, beispielsweise zur Bedienung von Hand mit beeinflufßbarer Räumzeit, zum Zulassen einer höheren Räumgeschwindigkeit und zu deren Anzeige. Wird eine Anlage
 35 über längere Zeit quasi-stationär betrieben, so erweist sich die Lernfähigkeit der Anlage als besonders günstig, um auf tägliche oder wöchentliche Rhythmus-Änderungen der Verkehrsparameter mit entsprechendem Vorhalt zu agieren. Auch wenn sich infolge verschmutzter Fahrbahn oder anderer wechselnder Behinderungen Fahrabstand und Geschwindigkeit stark ändern, läßt sich die dann ebenfalls nicht konstante
 40 Zeitlückenvorgabe für den fließenden Verkehr mit dem erfindungsgemäßen Verfahren den Gegebenheiten anpassen.

Wenn gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung als Durchfahrzeit ein mittlerer Wert der Durchfahrzeit mindestens einer ausgewählten Anzahl von Fahrzeugen ermittelt wird, so kann der Meßwert nicht durch einzelne Fahrzeuge verfälscht werden, deren Durchfahrzeit zwar von derjenigen der
 45 gesamten Fahrzeugkolonne abweicht, welche aber zufällig von den Meßaufnehmern erfaßt werden.

Vorzugsweise wird die Durchfahrzeit ermittelt aus der Differenz der zeitlichen Mittelwerte des Passierens der Ein- bzw. Ausfahrt der Engstelle mindestens einer Anzahl von Fahrzeugen, günstigerweise aber der gesamten Kolonne.

Um beispielsweise das Vorhandensein von Steigungen und dergleichen zu berücksichtigen, ist es bei
 50 einer anderen bevorzugten Ausführung der Erfindung günstig, wenn die Erfassung der Durchfahrzeit getrennt nach Fahrtrichtungen erfolgt.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

- 55 Fig. 1 eine schematisierte Draufsicht auf eine Engstelle mit einer Zwei-Stationen-Lichtsignalanlage,
 Fig. 2 eine schematisierte Schrägansicht zur Veranschaulichung einer Lichtsignalstation an einem Engstellen-Ende,
 Fig. 3 eine Vorderansicht eines Lichtsignalgebers,

Fig. 4 einen vergrößerten Ausschnitt aus Fig. 3 entsprechend dem dortigen Kreis IV,

Fig. 5 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung des Verfahrensablaufes

Fig. 6a Zeitdiagramme eines Verfahrens-Abschnittes,

Fig. 6b schematisierte Auswertungs-Verläufe,

5 Fig. 7 weitere Zeitdiagramme einschließlich Auswertungs-Verlauf,

Fig. 8 eine Teil-Vorderansicht eines Lichtsignalgebers mit Bewegungsmelder sowie

Fig. 9 eine schematisierte Draufsicht auf eine Bewegungsmelder-Anordnung an einem Engstellen-Ende.

Ein Ausführungsbeispiel einer Anlage, welche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet, besteht aus mindestens zwei Lichtsignalen (Ampelstationen A, B) mit herkömmlichen Lichtsignalgebern 10 an
10 jedem Ende P, R einer Meßstrecke M in einem Engstellen-Bereich E (Fig.1), durch den ein Fahrzeugfluß F während eines beispielsweise durch Bautätigkeit bestimmten Zeitraums jeweils nur in einer Richtung geleitet werden soll.

Dazu ist an jedem Lichtsignalgeber 10 wenigstens ein Sensor (Bewegungsmelder 38) so angeordnet, daß er als jeweils Einzelfahrzeuge auf einer Meßstrecke M gesichert erfassender Detektor in einer Zone D
15 wirkt, die im wesentlichen quer zur Fahrbahn verläuft (vergl. Fig. 1 und 2) und sich zwischen durch Balken H angedeuteten Anhalttestellen und dem Beginn bzw. Ende einer Sperrstrecke S befindet. Diese Sensoren werden an jeder Ein- und Ausfahrstelle P bzw. R des abzusichernden Bereiches E so angebracht, daß sie alle Fahrzeuge erfassen, die in diesem Bereich hinein- oder herausfahren. Vorzugsweise reicht dazu ein Sensor aus, der direkt am Lichtsignalgeber 10 befestigt ist und entsprechend ausgerichtet wird (Fig. 3).
20 Derselbe Sensor kann auch gleichzeitig zur Realisierung des Zeitlückenverfahrens für die Freigabezeit-Steuerung verwendet werden. Alle zur Anlage gehörigen Lichtsignalgeber 10 besitzen eine eigene Steuereinheit 20, sind aber auch zentral steuerbar und mittels eines Informationsübertragers 24 (Fig. 5) über eine Kabel- oder Funkverbindung untereinander bzw. mit der Zentrale verbunden.

Wie insbesondere aus Fig. 3 und 4 ersichtlich ist, weist jeder Lichtsignalgeber 10 jeweils eine mit
25 Signallampen ausgerüstete, blendgeschützte Leuchteinheit 16 auf und unter dieser in einer Kammer 18 eine Steuereinheit 20 zur Bestimmung des aktuell abzugebenden Verkehrssignals sowie zur Einhaltung der geforderten Signalzeiten, ferner einen Korrelator bzw. Vergleicher 22, einen Informations-Übertrager 24 sowie eine Sicherheitseinrichtung 27 zur Überwachung des Signalablaufs und zur Ausgabe von Fehlersignalen im Störfall. Die Stromversorgung erfolgt mit einem Netzanschluß oder aus einem Batteriekasten 12, der zugleich den Fuß des Lichtsignalgebers 10 bilden kann. Letzterer kann außerdem Anschlüsse 32 für
30 Verbindungskabel zur Informationsübertragung oder für ein (nicht gezeichnetes) Handbedienungsgerät aufweisen.

Der Steuereinheit 20 sind entweder fest angebrachte oder aufsteck- und abnehmbare Bedienelemente 28, 30 zur Einstellung von Zwischenzeiten wie Rot-Gelb-Zeit oder Gelb-Zeit sowie von Vorgabe- und
35 Grenzwerten für die Grün- und Räumzeiten TF bzw. TR in den einzelnen Verkehrs-Phasen zugeordnet. Bei vereinfachten Anlagen, deren Einsatzgebiet fest eingestellte Werte zuläßt, können derartige Bedienelemente entfallen.

Jeder Sensor oder Detektor (Bewegungsmelder 38) erfaßt nur den bewegten Fahrzeugfluß F in beiden Richtungen, und zwar quer zum Verkehr in Zonen D in den Endbereichen der Engstelle E. An die Ampeln
40 A, B heranfahrende bzw. davor wartende Fahrzeuge werden jedoch von diesen Detektoren nicht gemeldet. Als solche eignen sich alle genügend selektiven Bewegungsmelder, welche also die nötige Auflösung gewährleisten, u.a. Druckschlauch-, Infrarot-, Ultraschall- und Radar-Sensoren sowie Induktionsschleifen, Lichtschranken usw. Die erfindungsgemäße Anlage arbeitet um so besser, je genauer der Verkehrsfluß F erfaßt wird.

Beim Start der Anlage benutzt die bzw. jede Steuereinheit 20 zunächst gewählte oder vorschrittmäßig
45 feststehende Vorgabe-Räumzeiten T_i . Im einfachsten Fall kann dazu mittels eines Drehstellers (beispielhaft mit 28 bezeichnet) die Meßstrecken-Länge (in Metern) - im wesentlichen entsprechend dem Abstand zwischen den Ampeln A, B - eingestellt werden, aus der die Steuereinheit 20 eine den Sicherheits-Richtlinien entsprechende Räumzeit T_R ermittelt.

Im folgenden wird das Verfahren zur automatischen Einstellung der Räumzeit anhand des Blockschalt-
50 bildes von Fig. 5 näher beschrieben: Unmittelbar nach dem Aufbau und Einschalten der Anlage arbeitet diese mit über entsprechende Bedienelemente 28 vorgegebenen oder vorzugsweise fest in einer Vorgabewert-Stufe vorhandenen Vorgabe-Räumzeiten T_i . Sobald von der Steuereinheit 20 eine erste Ausgabe des Freigabesignals über die Lichtsignalgeber 10 bewirkt wird, erfaßt der einfahrseitige Sensor
55 diejenigen Fahrzeuge F, die an der Einfahrstelle P in den abzusichernden Bereich hineinfahren.

Ein einfaches Beispiel tatsächlicher Impulsverläufe zeigt Fig. 6a. Hierbei wird bevorzugt bei jedem erfaßten Fahrzeug ein Impuls vorgegebener Zeitdauer abgegeben und integriert. Vielfach ist aber auch die Integration der Auslösezeiten des Bewegungsdetektors ohne Erkennung des Ansprechens auf einzelne

Fahrzeuge ausreichend.

Die zeitlichen Verläufe der zugehörigen Sensorsignale oder - je nach Auswertungsverfahren - ein für die Zeit des Passierens der Einfahrstelle P durch die Fahrzeugkolonne charakteristisches Signal, insbesondere die Zeitangabe selbst, werden mittels des Informations-Übertragers 24 in einem Speicher 26 aufgezeichnet und außerdem der Steuereinheit 20 übergeben. Um ein von einzelnen Fahrzeugen - welche durch vorzeitiges Abbiegen innerhalb der Engstelle oder durch von der übrigen Kolonne stark abweichende Geschwindigkeit Fehlmessungen verursachen können - unabhängiges Zeitsignal für das Einfahren in die Engstelle zu erhalten, bestehen nach der Erfindung grundsätzlich zwei Möglichkeiten: einerseits kann der "Zeitschwerpunkt" der Kolonne gebildet werden, wobei jeweils ein Mittelwert aus den Zeiten gebildet wird, zu denen die einzelnen Fahrzeuge die Ein- und Ausfahrtstellen passieren. Dies kann rechnerisch durch digitale Mittelwertbildung von bei Durchfahrt des Fahrzeugs durch den Meßimpuls ausgelösten Zeitwerten eines Zeitgebers geschehen, so daß für die Weiterverarbeitung nur die Zahlenwerte der Zeitmittel des Passierens der der Ein- und Ausfahrtstellen durch die Fahrzeugkolonne bzw. die daraus resultierende Durchfahrtszeit, zu verarbeiten sind.

Andererseits ergibt sich eine für den durchfahrenden Fahrzeugpulk charakteristische analoge Impulsform, wenn durch Integration von durch jedes einzelne Fahrzeug über den Bewegungsmelder hervorgerufenen Impulsen von unter sich gleicher Zeitdauer, welche einem Integrationsglied (Verzögerungsglied 1. Ordnung) zugeführt werden. Diese Impulse können auch unter Einschaltung eines retriggerbaren Monoflops weiterverarbeitet werden, so daß mehrere Impulse zusammenfallen und sich zu einzelnen Impulsen größerer Zeitdauer ergänzen können, wie es aus Figur 6a hervorgeht. Durch die in unregelmäßiger Folge einlaufenden Impulse ergibt sich eine integrierte Impulsform, wie sie weiter unten anhand von Figur 6b dargestellt ist. Dabei geht der Wert mit abnehmender Fahrzeugzahl gegen Ende des Pulks wieder auf Null zurück. Damit wird neben der mittleren Zeit des Passierens des Sensors eine charakteristische Information über die Verteilung der Fahrzeuge während des Passierens der Einfahrt der Engstelle erhalten, welche später zu einem Formvergleich herangezogen werden kann.

Haben die Fahrzeuge die Meßstrecke M durchfahren, werden sie von den ausfahrseitigen Sensoren an der Stelle R wiederum erfaßt. Die Meßsonden arbeiten entsprechend, so daß - je nach angewandtem Meßverfahren - entweder ein Zeitmeßwert erhalten wird, welcher die mittlere Zeit repräsentiert, zu der die Fahrzeugkolonne die Ausfahrtstelle passiert hat, oder aber ein analoger Impuls mit einem Verlauf, wie er in Figur 6b oben ersichtlich ist. Im erstgenannten Fall ist zur Ermittlung der Durchfahrtszeit lediglich eine Subtraktion der an Ein- und Ausfahrtstelle aufgenommenen Zeitwerte erforderlich. Wird jedoch ein Formimpuls aufgenommen, der dessen charakteristischer Verlauf von der Dichte der Folge der Fahrzeuge abhängig ist, so kann mit einem - beispielsweise durch ein Korrelationsverfahren (wie unten beschrieben) zu bewirkenden Formvergleich - die Durchfahrtszeit auf Grund der in der Impulsform enthaltenen Information zusätzlich qualifiziert werden. Die charakteristische Signalverläufe bei Ein- und Ausfahrt werden dabei möglichst zur Deckung gebracht, wobei die dazu notwendige Zeitverschiebung die (mittlere) Durchfahrtszeit der Fahrzeugkolonne bildet.

Erfolgt die Durchfahrt beispielsweise in einem geschlossenen Hauptpulk, der von einzelnen Vorausfahrenden und wenigen Nachzüglern begleitet ist, so wird bei dem Korrelationsverfahren die charakteristische Form des Hauptpulses für die Durchfahrtszeit bestimmend sein, während die Einzelfahrzeuge demgegenüber weniger berücksichtigt werden. Entsprechend können für ein Korrelationsverfahren auch Sensoren mit noch größerer Informationserfassungsrate verwendet werden. Dies kann über eine Konturenerfassung gehen bis hin zu Videokontrolle, wobei die Ermittlung der Durchfahrtszeit dann über eine Korrelation der aufgenommenen Videoinformationen erfolgen kann, so daß die Durchfahrtszeiten tatsächlich "erkannter" Fahrzeuge in die Mittelwertbildung eingehen.

Ist die Freigabezeit T_F abgelaufen (oder wurde die Freigabe durch eines der obengenannten Verfahren zur Regelung der Freigabezeiten beendet), so erfolgt die Freigabe der nächsten Phase erst, wenn die gerade gültige Räumzeit T_{RA} abgelaufen ist und keiner der ausfahrseitigen Sensoren noch fahrende Fahrzeuge erkennt. Damit wird verhindert, daß Grün gegeben wird, obwohl sich noch Fahrzeuge im abzusichernden Bereich E befinden.

Sobald die nächste Phase freigegeben wurde, wird die Aufzeichnung der Sensorsignale neu gestartet, und die bis dahin ermittelten Sensorsignalverläufe aus der vorhergehenden Phase werden an den Korrelator bzw. Vergleicher 22 übergeben. Hier wird jeweils der Sensorsignalverlauf eines Lichtsignalgebers, der in der aufgezeichneten Phase Freigabesignal hatte, mit allen Sensorsignalverläufen derjenigen Lichtsignalgeber verglichen, die kein Freigabesignal hatten. Da die in den abzusichernden Bereich E eingefahrenen Fahrzeuge beim Herausfahren einen ähnlichen Sensorsignalverlauf erzeugen wie beim Hineinfahren, dieser aber auf der Zeitachse t (Fig. 6a, 7) genau um den Betrag verschoben ist, den die Fahrzeuge zum Durchqueren der Engstelle E benötigen, ist die Zeitverschiebung, bei der die zugehörigen Sensorsignale

die größte Übereinstimmung aufweisen, gleich der tatsächlich notwendigen Räumzeit T_R .

Die so bestimmte Räumzeit T_R wird nach Vorliegen entsprechend vieler Werte als optimierter Wert an die Steuereinheit 20 übermittelt. Im Interesse einer schnellen Angleichung an den optimalen Wert erfolgt bereits nach jeder Messung eine Korrektur der aktuellen Räumzeit um einen angemessenen Betrag τ_{kor} in Richtung des zu erwartenden Optimums. Aus Sicherheitsgründen werden verlängernde Korrekturen meist sofort in vollem Umfang übernommen, wogegen Verkürzungen vorzugsweise über eine Anzahl von Schritten verteilt und daher geringfügig langsamer durchgeführt werden.

Die aktuellen Sensorsignale des einem Lichtsignalgeber 10 zugeordneten Bewegungsmelders 38 einer Station, beispielsweise A, werden in einem Direkt-Teil des Speichers 26 abgelegt, der in Fig. 5 als linke Hälfte veranschaulicht ist. Die von allen anderen Lichtsignalgebern 10 (Stationen B, ...) kommenden Sensorsignale werden in einem Rückmelde-Teil des Speichers 26 (rechte Hälfte) aufgenommen, und zwar in einer mit I bezeichneten Eingangsstufe. An diese schließt mindestens eine Folgestufe II an, welche die zuletzt vorhandenen Sensorsignalverläufe enthält und als nächstes die neueren Werte aus der Stufe I bekommt, sobald dort das Updating durch die aktuelle Verkehrs-Phase erfolgt.

Die Bestimmung und Korrektur der Räumzeit T_R nach der beschriebenen Methode erfolgt während der gesamten Betriebsdauer der Anlage. Die Räumzeit-Meßwerte T_R im Vergleich 22 werden über eine genügend große Anzahl von Meßwerten gleitend gemittelt, so daß die Räumzeit ständig an sich ändernde Verkehrsbedingungen angepaßt wird. Für den Vergleich der Sensorsignalverläufe eignen sich parametrische und nichtparametrische Verfahren der mathematischen Statistik; beispielsweise ist das nachfolgend erläuterte Verfahren der Kreuzkorrelation anwendbar. Bei entsprechenden Sensoren ist der Vergleich auch anhand der Zahl hinein- und herausgefahrener Fahrzeuge möglich. Das erfindungsgemäße Verfahren ist ferner bei mehr als zwei Lichtsignalgebern 10 anwendbar, wenn beispielsweise an der Engstelle E eine Einmündung vorhanden ist.

Die von den Sensoren erzeugten und zwischengespeicherten Sensorsignale ermöglichen in jedem Korrelator bzw. Vergleichern 22 die Bildung von Kreuzkorrelations-Funktionen KKF aus der Sensorreaktion des eigenen Gebers 10 und aus von dem bzw. jedem anderen Geber 10 kommenden Sensorsignalverläufen (Fig. 5). Nun sind bei übereinstimmenden Verläufen, wie erwähnt, die Maxima G dieser Korrelations-Funktionen KKF um genau die Zeit T_D verschoben, welche die Fahrzeuge F zum Durchfahren der Meßstrecke M benötigen. Fig. 6b veranschaulicht eine solche Übereinstimmung der an den Stationen A bzw. B nacheinander registrierten Sensorsignalverläufe einer Grün-Phase. Ist die größte aufgetretene Zeitverschiebung jedoch kleiner als die gerade verwendete Räumzeit T_{RA} , was in der zugeordneten Anpaßstufe festgestellt wird, so verkürzt sich die Räumzeit T_R um einen vorgegebenen Betrag. Ist umgekehrt die Verschiebung größer bzw. meldet der gerade aktive Sensor an der betreffenden Ausfahrstelle R nach Ablauf der Räumzeit T_R noch immer bewegte Fahrzeuge, so wird die Räumzeit T_R um einen vorgegebenen Betrag verlängert, und zwar solange, bis entweder dieser Sensor kein Fahrzeug mehr meldet oder bis eine Maximalzeit erreicht ist, beispielsweise das Zweifache des aktuellen Wertes.

Die Gegenrichtung kann daher kein Grün erhalten, bevor der Fahrstreifen vollständig geräumt ist. Außerdem wird auf diese Weise eine zu kurze Räumzeit T_R ermittelt und sogleich korrigiert. Die Optimierung kann in beiderlei Zeitsinn und bedarfsweise in unterschiedlichen Ausmaßen solange erfolgen, bis vor dem Anfang der nächsten Grün-Phase eine allgemeine Verkehrsberuhigung - keine bewegten Fahrzeuge mehr - gesichert ist.

Die Sensorsignale der Bewegungsmelder 38 haben entweder den Betrag 1 (Sensor ausgelöst) oder den Betrag 0 (Sensor nicht ausgelöst). Für die aperiodischen Sensorsignale $V_1(t)$ und $V_2(t)$ ergibt sich als Kreuzkorrelations-Funktion

$$KKF(\tau) = \int_0^{\infty} V_1(t) \cdot V_2(t+\tau) dt;$$

sie liefert bei gleichen Sensorsignalen den Höchstwert

$$KKF_{\text{max}} = \int_0^{\infty} V_1^2(t) dt$$

Bei unterschiedlichen Sensor-Datensignalen benutzt man den jeweils kleineren Wert des Integrals über jeden Einzelverlauf zur Steuerung und normiert die KKF zur Auswertung auf diesem Wert.

Für die Räumzeit T_R wird die Zeitverschiebung T_{max} verwendet, bei der die normierte KKF_n ihr Maximum G annimmt. Im Falle mehrerer gleichgroßer Maxima G wird der größte der zugehörigen τ -Werte gewählt. Die Messung wird als unbrauchbar verworfen, wenn die normierte KKF_n nicht mindestens den Betrag von 0,75 erreicht; die letzte Räumzeit T_R bleibt daher bestehen.

Überschreitet τ_{max} die aktuelle Räumzeit T_{RA} , so wird diese aus Sicherheitsgründen direkt um den Differenzbetrag erhöht, andernfalls in zwei oder mehreren Schritten um kleinere Beträge erniedrigt. Der Korrekturbetrag kann um so größer sein, je näher das Maximum G der normierten KKF_n bei 1 liegt. Ein günstiges Vorgehen besteht darin, als Korrekturwert maximal die halbe Differenz zwischen T_{RA} und T_{max} zu wählen gemäß

$$\tau_{korr} = (\tau_{max} - T_{RA})/2 \cdot KKF(\tau_{max}).$$

Schon nach fünf Meßperioden kann auf diese Weise eine Anpassung der Räumzeit T_R bis auf etwa 5% der Anfangsabweichung erzielt werden, wie das folgende Beispiel zeigt.

Meßperiode	T_{korr} (s)	T_{RA} (s)
1	5,0	25,0
2	2,5	22,5
3	1,5	21,3
4	0,6	20,7
5	0,3	20,4

In der Praxis werden die Räumzeiten T_R auf volle Sekunden gerundet. Läßt sich in einer der Korrelations-Funktionen KKF kein eindeutiges Maximum finden, so unterbleibt eine Korrektur. Da eine Vereinigung mehrerer Verkehrsströme innerhalb der Engstelle E als ausgeschlossen gelten muß, kann bei richtig arbeitenden Sensoren keine Korrelations-Funktion mehrere Maxima G aufweisen. Durch die Korrelation und die stufenweise Anpassung der Räumzeit T_R werden Fehlreaktionen der Sensoren bzw. Bewegungsmeider 38 weitestgehend aufgefangen und ausgeglichen, die z.B. infolge mangelhafter Justierung, durch Unzulänglichkeiten der Meßmethode bzw. des Detektorprinzips oder bei vereinzelt "Ausreißer"-Zeiten auftreten können, wie sie durch "Raser" oder "Schleichen" verursacht werden. Die stufenweise Anpassung der Räumzeiten T_R erlaubt es ferner, die Korrelations-Funktion KKF nicht on-line und auch nicht für jede Verkehrs- bzw. Lichtsignalphase bilden zu müssen. Je mehr gültige Korrelationen aber vorliegen, um so besser wird die Räumzeit T_R den gegebenen Verkehrs-Verhältnissen angepaßt.

Anzumerken ist, daß die Sensoren zusätzlich zu etwa schon für die Grünzeit-Regulierung vorhandenen Detektoren eingesetzt, wahlweise aber auch zur Durchführung des Zeitlückenverfahrens benutzt werden können. Die Sensoren bzw. Bewegungsmeider 38 können am bzw. im Boden, bodennah oder in einiger Höhe über der Fahrbahn angeordnet sein. In den Beispielen von Fig. 3, 8, 9 ist am Oberteil eines Lichtsignalgebers 10 oberhalb der Leuchteinheit 16 jeweils ein quer zur Fahrbahn in Richtung Z_D wirksamer Bewegungsmelder 38 vorhanden, der die durchfahrenden Fahrzeuge erfaßt. Zusätzlich kann ein Front-Bewegungsmelder 40 vorgesehen sein, dessen Abtastrichtung Z_K (Fig. 9) die ankommenden Fahrzeuge erfaßt und der z.B. an der Tür 34 der Leuchteinheit 16 abgeschirmt oberhalb eines Leuchtfeldes 36 an einem Winkelarm 42 gehalten ist. Diese Anordnung macht es möglich, die Lichtsignalanlage im Anforderungsbetrieb zu benutzen und im Zeitlückenverfahren laufend etwa benötigte Korrekturen anzubringen. Es ist auch möglich und erfindungsgemäß vorgesehen, zwei solcher Detektoren bzw. Bewegungsmelder 38, 40 gegeneinander drehbar in einer Baueinheit unterzubringen.

Wesentlich für das erfindungsgemäße Verfahren ist die zuverlässige Erfassung des über die Meßstrecke M rollenden Verkehrs durch quer zur Fahrbahn arbeitende Sensoren an allen Ein- und Ausfahrten des Engstellen-Bereichs E . Dabei werden Störeinflüsse aller Art weitestgehend eliminiert, zumal alle Meß- und Regelwerte an sämtlichen Stationen der Lichtsignalanlage gemessen, gespeichert sowie ausgewertet werden, so daß eine ständige wechselseitige Kontrolle gewährleistet ist. Überdies kann damit beurteilt werden, ob die gelieferten Sensorsignale tatsächlich den Verkehr erfassen. In jedem Falle wird die Räumzeit TD automatisch an die jeweils vorliegenden Verhältnisse optimal angepaßt. In Kombination oder parallel mit den obengenannten bekannten Möglichkeiten zur Regulierung der Durchfahrzeiten TD reduziert sich dadurch die Bedienung in den meisten Fällen auf das Einschalten der Anlage.

Je nach Bauform der Anlage kann die Ermittlung der Räumzeiten aus den für beide Fahrtrichtungen gemittelten Signalen - aber auch (durch Verdopplung der dargestellten Schaltungsbaugruppen) für beide Fahrtrichtungen getrennt erfolgen.

Nur in besonders extremen Situationen (beispielsweise im Falle einer sehr langen Engstelle E) ist die Eingabe spezieller Vorgabewerte T_i für die Räumzeiten notwendig. Neben erhöhter Sicherheit wird auch dank des Lernverhaltens der Anlage, die sich gegebenen Tages- oder Wochenrhythmen anpassen kann, ein maximaler Verkehrsdurchsatz erzielt, was volkswirtschaftlich von großer Bedeutung ist. Eine Steigerung des Verkehrsdurchsatzes an den Baustellen allein in der Bundesrepublik Deutschland um 10% bis 20% kann pro Tag durch entsprechende Reduzierung der benötigten Betriebsstoffe und Wartezeiten einen Millionenbetrag einsparen und zudem eine wesentliche ökologische Entlastung bewirken.

Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung hervorgehenden Merkmale und Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten, Verfahrensschritten und räumlicher Anordnungen, können sowohl für sich als auch in den verschiedensten Kombinationen erfindungswesentlich sein.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung daher nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verkehrsregulierung mittels ortsveränderlicher Lichtsignalanlagen (mobiler Ampeln; A, B), insbesondere an Engstellen (E), unter Verwendung von Sensorsteuerungen, die im zu sichernden Bereich, d.h. an einer Sperrstrecke (S), Freigabezeiten (Grün-Phasen, T_F) und Räumzeiten (Rot-Phasen, T_R) vorgeben, **dadurch gekennzeichnet**,
daß die Durchfahrzeit (T_D) von Fahrzeugen (F) auf einer sich im wesentlichen entlang der Sperrstrecke (S) erstreckenden Meßstrecke (M) gemessen und die Räumzeit (T_R) in Abhängigkeit von ermittelten Durchfahrzeit-Meßwerten (T_D) nachgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchfahrzeit aus der Differenz der zeitlichen Mittelwerte der Zeitpunkte des Passierens der Ein- bzw. Ausfahrtstelle der Engstelle mindestens einer ausgewählten Anzahl von Fahrzeugen und/oder der zeitlichen Differenz des Auftretens eines für die die Ein- bzw. Ausfahrtstelle passierenden Fahrzeuge charakteristischen Signals, insbesondere eines sich zeitlich verändernden Signals, welches in seinem Verlauf von der zeitlichen Verteilung der Fahrzeuge beim Passieren der Ein- bzw. Ausfahrtstelle abhängig ist, ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ermittlung der Durchfahrzeit aus dem Ausgangssignal eines Sensors besteht, welcher beim Passieren eines Fahrzeugs jeweils aktiviert wird, wobei dieses Ausgangssignal einem Integrationsglied zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Räumzeit (T_R) den ermittelten Durchfahrzeitwerten durch wiederholte Änderung in Schritten fester oder variabler Länge nachgeführt wird, wobei die schrittweise Änderung bei Inbetriebnahme der Lichtsignalanlage von einer vorgewählten Maximalräumzeit (T_i) aus beginnt.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Erfassung der Durchfahrzeit und Ermittlung der Räumzeit getrennt nach Fahrtrichtungen erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß Änderungsbeträge der Räumzeit (T_R) bei deren Verlängerung größer sind als bei deren Verkürzung, wobei insbesondere diese Änderungsbeträge bei Verlängerung der Räumzeit sofort voll übernommen, bei deren Verkürzung jedoch auf mehrere Anpassungs-Schritte verteilt werden.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Messung der Durchfahrzeit (T_D) durch Fahrzeug-Erfassung quer und/oder schräg zur Richtung der Meßstrecke (M) an ihren beiden Enden (P, R) im Bereich der jeweiligen Ein- und Ausfahrtstelle erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aktuellen Räumzeiten und die Durchfahrzeit-Meßwerte (T_D) jeder Anlage bzw. Station mit parametrischen

und/oder nichtparametrischen Methoden der mathematischen Statistik verglichen und zur Ableitung von Beeinflussungs-Kenngrößen korreliert werden, insbesondere zur Gewinnung von Räumzeit-Änderungsbeträgen.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die von den einzelnen Sensoren erzeugten Signale kreuzkorreliert werden und der zeitliche Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Maxima der erhaltenen Korrelations-Funktionen (KKF) die Durchfahrzeitänderung bildet und dabei insbesondere jeweils zur Gewinnung einer Räumzeit-Verschiebungsgröße (τ) verwendet wird aus der die Räumzeit (T_R) abgeleitet wird.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die jeweils letzte Räumzeit (T_R) um einen vorgebbaren Betrag verkürzt wird, wenn sie den größten ermittelten Maxima-Abstand (Q) überschreitet, und daß umgekehrt eine Verlängerung um einen vorgebbaren Betrag erfolgt, wenn die jeweils letzte Räumzeit (T_R) kleiner als der größte ermittelte Maxima-Abstand (Q) ist.
- 15 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Räumzeit heraufgesetzt wird, wenn in einem zu der ermittelten Räumzeit hinzugefügten Sicherheitsintervall vor der nächsten Freigabezeit (Grün-Phase T_F) auf der Meßstrecke (M) eine Fahrzeugbewegung festgestellt wird.
- 20 12. Anlage zur Verkehrsregulierung mittels ortsveränderlicher Lichtsignalstationen (mobiler Ampeln; A, B) insbesondere an Engstellen (E), unter Verwendung von Sensor-Steuerungen (20, 38), durch die im als Sperrstrecke (S) zu sichernden Bereich, Freigabezeiten (Grün-Phasen T_F) und Räumzeiten (Rot-Phasen, T_R) einstellbar sind,
25 **dadurch gekennzeichnet**,
daß Einrichtungen (38) zum Messen der Durchfahrzeit (T_D) von Fahrzeugen (F) auf einer sich im wesentlichen entlang Engstelle (E) erstreckenden Meßstrecke (M) vorgesehen sind und daß der Steuereinheit (20) von den Durchfahrzeit-Meßwerten (T_D) als Ausgangssignale der Einrichtungen zum Messen der Durchfahrzeit (T_D) abgeleitete elektrische Signale zuführbar sind.
- 30 13. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß an beiden Enden (P, R) der Meßstrecke (M) quer und/oder schräg zu deren Verlauf wirksame Sensoren (38) angeordnet sind.
- 35 14. Anlage nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens an einem Ende (P oder R) der Meßstrecke (M) ein Paar von zueinander in einem rechten oder stumpfen Winkel wirksamen Sensoren (38, 40) vorgesehen ist.
- 40 15. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils zwei Sensoren (38, 40), insbesondere gegeneinander verdrehbar, in einer gemeinsamen Baueinheit vorgesehen sind.
16. Anlage nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sensoren (38) von wenigstens zwei Lichtsignalstationen (A, B) untereinander durch Informations-Übertrager (24) und Verbindungsstrecken, insbesondere Kabel oder Funk, ständig kreuzverbunden oder vernetzt sind.

Fig. 2

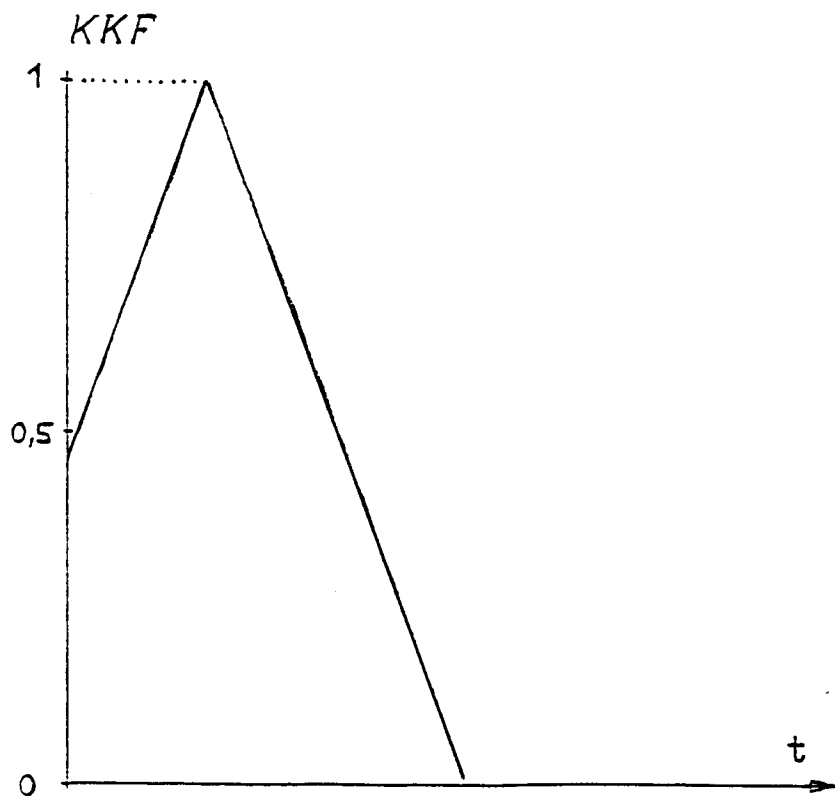
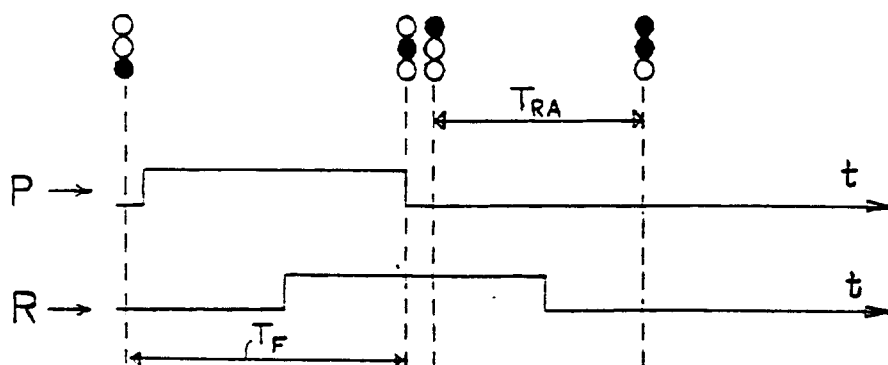
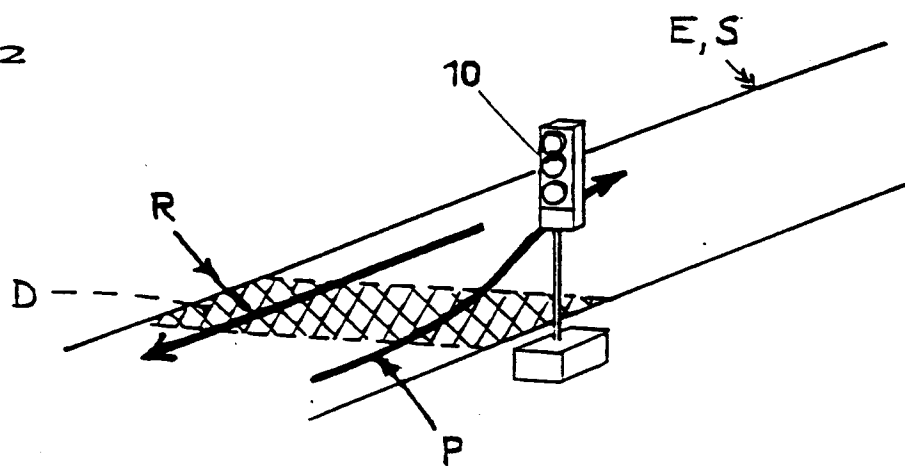


Fig. 7

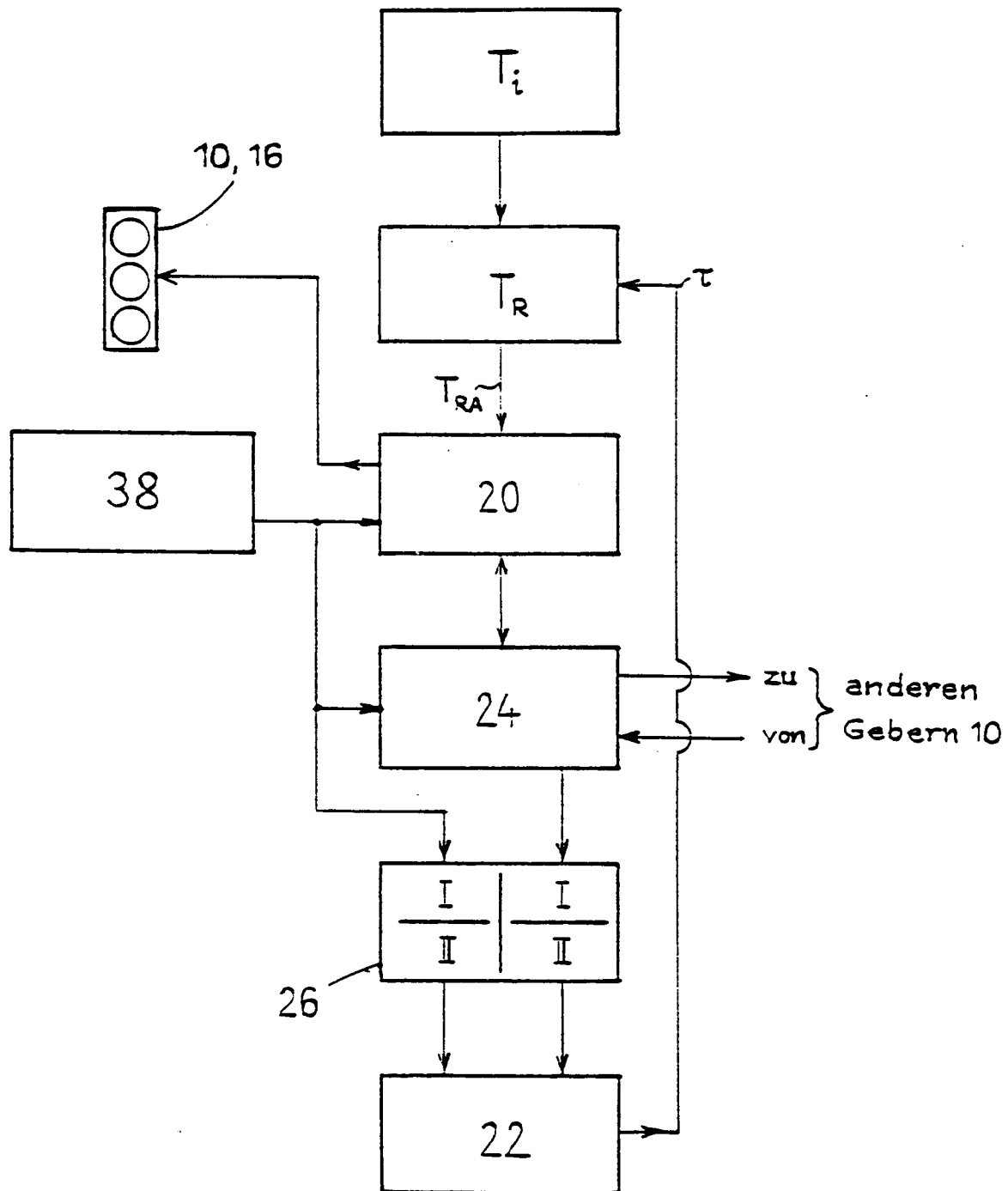


Fig. 5

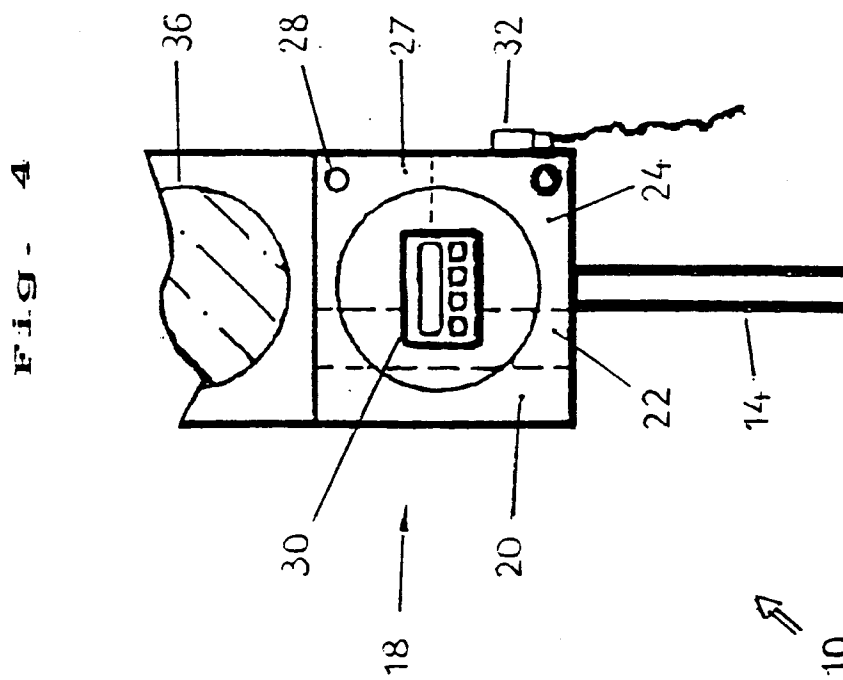
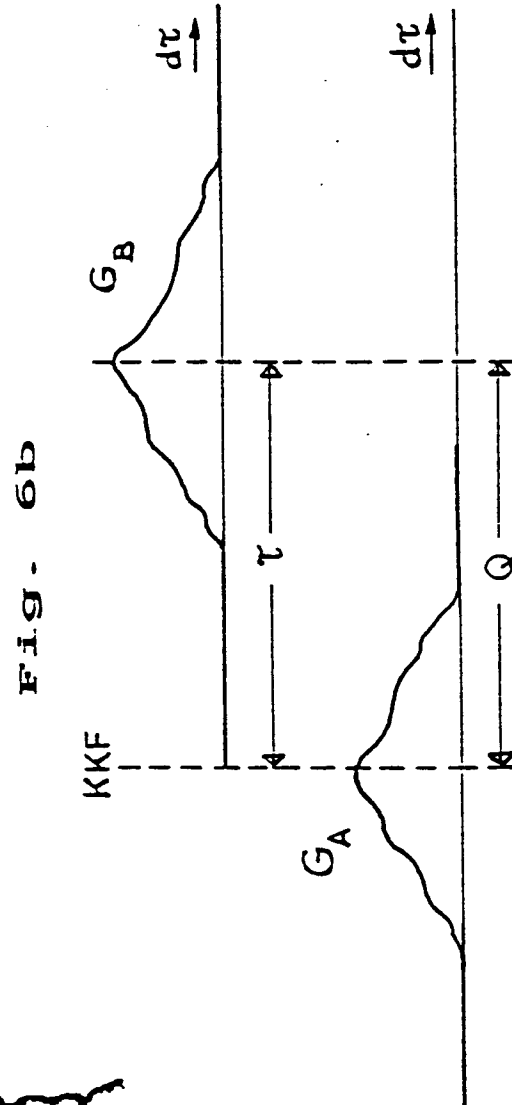
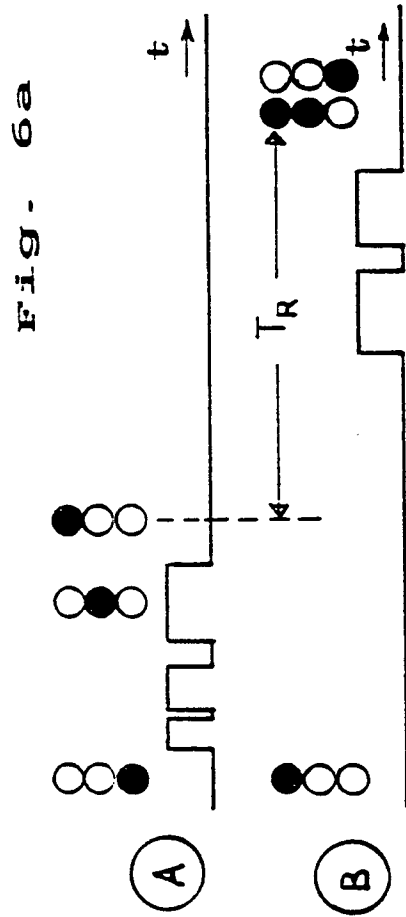


FIG. 8

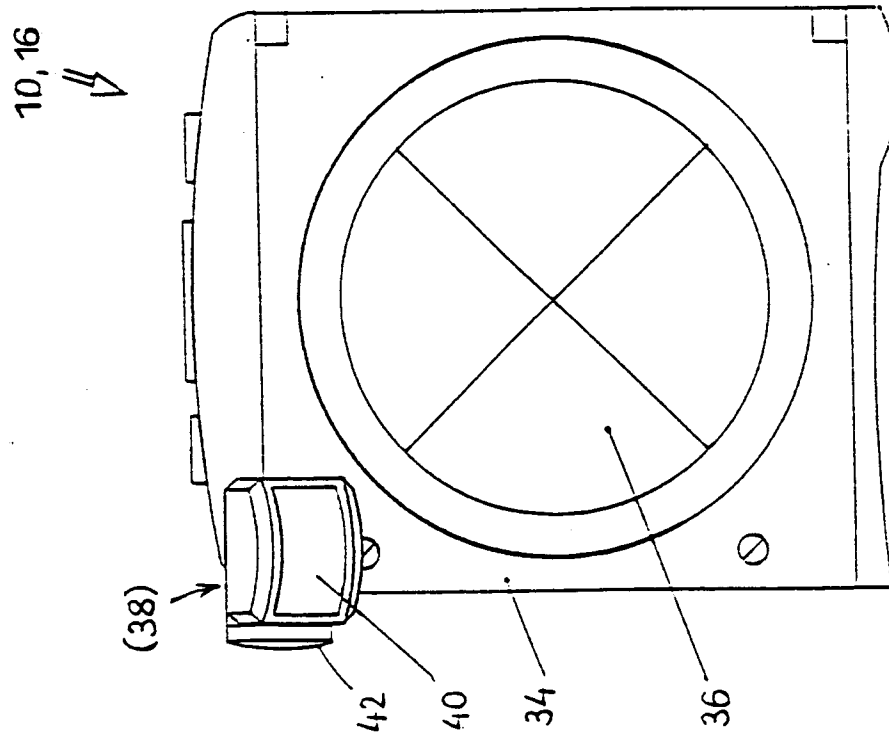
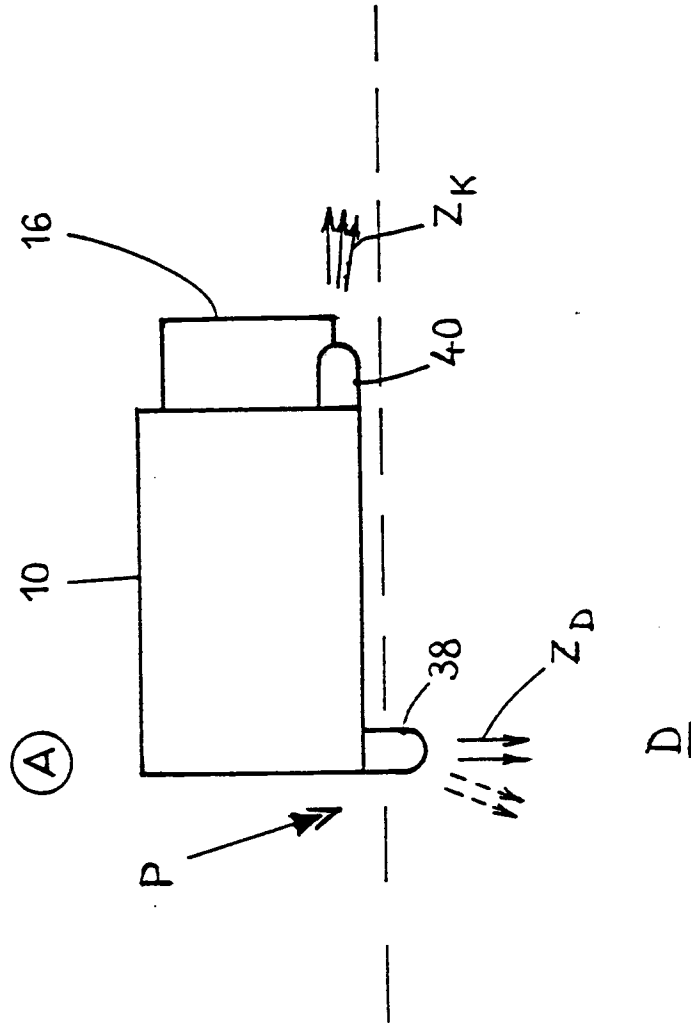


FIG. 9





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 25 0102

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A,D	FR-A-2 359 451 (STEIN HERMANN) * Seite 5, Zeile 10 - Seite 7, Zeile 22 * * Seite 22, Zeile 15 - Seite 24, Zeile 25 * * Abbildungen 1,12,13 * ---	1,12	G08G1/07
A,D	DE-A-1 813 336 (WEIDNER,REINHOLD) * das ganze Dokument * -----	1,12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			G08G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	08 JUNI 1993	WANZEELE R.J.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	