

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 501 193 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92101903.0**

(51) Int. Cl.⁵: **G08G 1/08**

(22) Anmeldetag: **05.02.92**

(30) Priorität: **26.02.91 DE 4106024**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.09.92 Patentblatt 92/36

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL

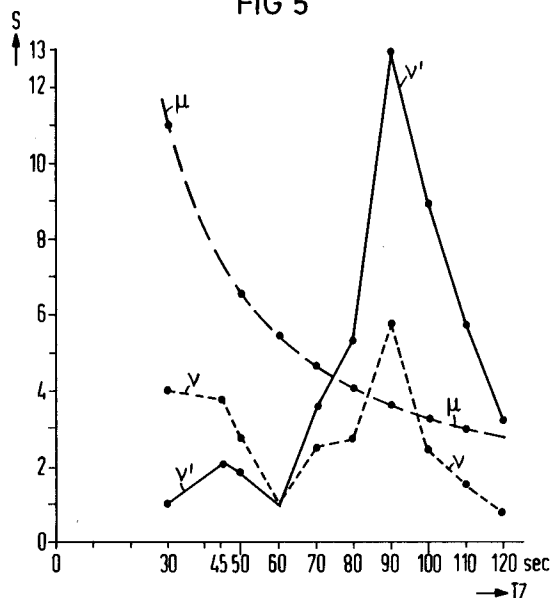
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Böttger, Rolf, Dr.-Ing.**
Karlstrasse 45
W-8122 Penzberg(DE)

(54) **Verfahren für eine selbsttätige verkehrstechnische Koordinierung eines unabhängigen Knotenpunkt-Steuergeräts einer Strassenverkehrs-Lichtsignalanlage mit einem oder mehreren Nachbarknoten.**

(57) Verfahren für eine selbsttätige verkehrstechnische Koordinierung eines unabhängigen Knotenpunkt-Steuergeräts einer Straßenverkehrs-Lichtsignalanlage mit Nachbarknoten. Der von dort zufließende Verkehr wird erfaßt und analysiert, wobei für einen vorgebbaren Meßzeitraum (MZ) mit einer Vielzahl (I) von Zeitintervallen (t_i) die Anzahl (Z) der Fahrzeuge pro Zeitintervall ermittelt und gespeichert wird. Der Meßzeitraum wird in Testzyklen (Zy) mit gleichlanger Zykluszeit (TZ) unterteilt. Innerhalb der Testzyklen wird die Fahrzeuganzahl je zugehörigem Zeitintervall aufsummiert. Eine derartige Abbildung des gesamten Meßzeitraums auf einen Testzyklus erlaubt hierfür eine Mittelwert- und Varianzbildung. Für weitere Testzyklen mit jeweils anderen Zykluszeiten werden derartige Abbildungen und Varianzberechnungen vorgenommen. Da die Größe der Varianz ein Maß für die zyklische Eigenschaft des zufließenden Verkehrs ist, wird aus den berechneten Varianzen ein vorhandener Fahrzeugzyklus und dessen Zykluszeit für die koordinierte Steuerung der Signalanlage festgestellt.

FIG 5



EP 0 501 193 A1

Verfahren für eine selbsttätige verkehrstechnische Koordinierung eines unabhängigen Knotenpunkt-Steuergeräts einer Straßenverkehrs-Lichtsignalanlage mit einem oder mehreren Nachbarknoten.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren für eine selbsttätige verkehrstechnische Koordinierung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5 In den Außenbereichen von Städten, wo die koordinierte Steuerung des Straßennetzes aufhört und die unabhängigen Signalanlagen der Straßenbauämter in den Vororten beginnen, gibt es immer größere Probleme mit der Verkehrsabwicklung. Die fehlende Koordinierung und die meist unterschiedlichen Signalumläufe führen zu einem sehr unbefriedigenden Verkehrsablauf. Im allgemeinen stehen weder eine Funkuhr in den Geräten noch Leitungen für eine Abstimmung zur Verfügung, so daß eine Koordinierung nicht
10 möglich ist.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Verbesserung der Steuerung eines unabhängigen Knotens anzugeben, welche selbsttätig zu einem gut angepaßten Betrieb der Lichtsignalanlage führt.

Diese Aufgabe wird bei einem eingangs genannten Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Aus der hieraus gewonnenen und bewerteten Verkehrsintensität können periodische
15 Erscheinungen mit bestimmter Zyklusdauer innerhalb des zufließenden Verkehrs erkannt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch systematische Analyse der vom benachbarten Knoten, der im allgemeinen eine koordinierte Steuerung aufweist, zufließende Verkehr festgestellt und dabei vorhandene, zyklisch auftretende Schwankungen in der Verkehrsstärke ermittelt und die Signifikanz dieser Zyklen mit statistischen Methoden untersucht. Dabei wird der ankommende Verkehr über einen längeren
20 Meßzeitraum von beispielsweise mehreren Minuten in einem engen Zeitraster mit einer sehr kurzen Intervalldauer, beispielsweise 5 Sekunden, erfaßt. Dabei wird die Anzahl der Fahrzeuge pro Zeitintervall ermittelt und abgespeichert. Aus diesen Meßwerten erhält man so eine detaillierte Beschreibung des ankommenden Verkehrs über diesen Zeitraum, der anschließend auf zyklische Eigenschaften untersucht wird.

Zu diesem Zweck wird der betrachtete Meßzeitraum in Testzyklen mit gleicher Zykluszeit eingeteilt und die Elementar-Meßintervalle innerhalb eines jeden Testzyklus' von eins beginnend durchnummeriert. Danach werden die Meßwerte mit gleicher Intervallnummer innerhalb der Testzyklen aufsummiert, so daß eine zyklische Abbildung des gesamten Meßzeitraumes auf den gewählten Testzyklus entsteht, deren Mittelwert und Varianz charakteristische Größen für die betrachtete Zykluszeit der Testzyklen sind. Die Größe der
30 Varianz stellt ein Maß für die zyklischen Eigenschaften des gemessenen, zufließenden Verkehrs bezogen auf die betrachtete Zykluszeit der Testzyklen dar. Nacheinander werden systematisch derartige Testzyklen-Abbildungen für verschiedene Zykluszeiten untersucht und die jeweils zugehörigen Mittelwerte und Varianzen bestimmt, so daß man einen Überblick in Form einer Art Spektrum gewinnt, welche zyklischen Eigenschaften und mit welcher Ausprägung im ankommenden Verkehr vorhanden sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, daß unabhängige Straßenkreuzungsgeräte automatisch eine koordinierte Steuerung der Lichtsignalanlage durchführen können, wenn aufgrund der Verkehrsmessung und Auswertung der auf den Knoten zukommenden Fahrzeuge, ein hinreichend signifikanter Zyklus festgestellt wurde. Zweckmäßigerweise wird die Erfassung der Fahrzeuge und die Ermittlung der Verkehrsintensität laufend durchgeführt und die Analyse in bestimmten Zeitabständen mit den neuen
40 Meßwerten wiederholt, um eventuelle Änderungen der Verkehrsintensität bzw. der Fahrzeugzyklen zu erkennen und dementsprechend die Koordinierung anpassen zu können.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird der Varianzwert jedes Testzyklus mit einem Kompensationsfaktor beaufschlagt. Dies hat seinen Grund darin, daß die Anzahl der Testzyklen bei der Einteilung des festen Meßzeitraums in Testzyklen wesentlich von der betrachteten Zykluszeit abhängt. Dementsprechend
45 bestehen die einzelnen Meßwertsummen der Abbildung des Meßzeitraumes auf den jeweiligen Testzyklus aus unterschiedlich vielen Summanden: Bei großer Zykluszeit wenige Summanden, bei kleiner Zykluszeit viele. Dies überträgt sich auch auf die Mittelwerte: Sie sind bei kleinen Zykluszeiten größer als bei großen und dasselbe gilt auch für Varianzen. Um die Varianz-Größen für alle Zykluszeiten wirklich vergleichbar zu machen, führt man daher einen Kompensationsfaktor für die Varianz ein, der sich etwa umgekehrt
50 proportional der Mittelwerte der Testzyklus-Abbildungen für die verschiedenen Zykluszeiten verhält. Die Varianz wird also bewertet, indem der jeweilige Varianzwert auf einen festen Mittelwert normiert wird, der einer bestimmten Zykluszeit, z.B. 60 sec., entspricht.

Dieses Verfahren arbeitet mit dem beschriebenen, verhältnismäßig einfachen, statistischen Filter sehr selektiv, solange die Intensität des zufließenden Verkehrs ungleichmäßig über einen Zyklus verteilt ist. Es
55 müssen also feste Zeitbereiche mit großer und kleiner Verkehrsintensität gegeben sein, die sich zyklisch in gleichen Zeitabständen wiederholen, um einen Fahrzeugzyklus erkennen zu können. Dies ist in der Regel bei einem Verkehrsfluß der Fall, der eine signalgesteuerte Kreuzung verläßt, es sei denn, daß Einbieger- und Geradeausverkehr gleich stark sind und zu einem einzigen Verkehrsfluß verschmelzen, dessen

Intensität dann gleichmäßig über einen Signallauf verteilt ist. In diesem Fall kann dann kein Fahrzeugzyklus erkannt werden und eine entsprechend koordinierte Steuerung ist auch nicht nötig. Die Lichtsignalanlage wird dann entweder eine verkehrsabhängige oder eine Festzeitsteuerung solange vornehmen, bis aufgrund der ständig wiederholten Analyse der laufenden Verkehrsintensität wieder ein zyklisches Verhalten ermittelt wird.

Anhand einer Zeichnung mit verschiedenen Diagrammen wird das erfindungsgemäße Verfahren kurz erläutert. Es zeigen

Fig. 1 Anzahl der Fahrzeuge pro Zeitintervall über den gesamten Meßzeitraum mit 7 Testzyklen zu je 50 sec,

Fig. 2 Fahrzeugsummen über diese 7 Testzyklen, Abbildung des Meßzeitraums auf den Testzyklus von 50 sec,

Fig. 3 Anzahl der Fahrzeuge pro Zeitintervall mit 4 Testzyklen zu je 90 sec,

Fig. 4 Fahrzeugsummen über diese 4 Testzyklen, Abbildung des Meßzeitraums auf den Testzyklus von 90 sec., und

Fig. 5 Fahrzeugsummen-Mittelwerte μ , -Varianzen v und kompensierte Varianzen v' für Testzyklen mit unterschiedlichen Zykluszeiten.

In Fig. 1 ist die Anzahl z der gemessenen bzw. ermittelten Fahrzeuge pro Zeitintervall $t_i = 5$ sec über den gesamten Meßzeitraum $MZ = 6$ min = 360 sec aufgetragen. Bei einem Meßzeitraum ME von 360 sec und einer Intervalldauer t_i von 5 sec ergeben sich insgesamt 72 Intervalle. Dieses Diagramm zeigt einen bestimmten Fahrzeugzyklus, der nun nach dem erfindungsgemäßen Verfahren aus den erfaßten und gespeicherten Werten zu ermitteln ist. Dazu werden - wie oben beschrieben - Testzyklen mit verschiedenen Zykluszeiten, bei Fig.1 beispielsweise 50 sec, in der Fig.3 beispielsweise 90 sec, zugrunde gelegt, um das erfaßte Verkehrsgeschehen mathematisch zu analysieren. Bei einer Zykluszeit $TZ = 50$ sec ergeben sich für den Meßzeitraum $ME = 360$ sec 7 Zyklen. Die Anzahl der Fahrzeuge innerhalb eines jeweiligen Zyklus werden nun bezogen auf das Zeitintervall aufsummiert, z.B. die Summe über die Intervalle 1,11,21, ...,61 bildet in Fig.2 den ersten Meßpunkt (für das dortige Intervall 1). Für einen Zyklus mit einer Zykluszeit TZ von 50 sec ergibt das 10 Zeitintervalle. Die ermittelten Fahrzeugsummen S pro Zeitintervall sind in Fig.2 dargestellt. (Abbildung des Meßzeitraums auf den Testzyklus). Für diesen Testzyklus Zy läßt sich dann ein Mittelwert μ errechnen. Der Mittelwert μ beträgt hier 6,5. Um nun eine Aussage dahingehend zu treffen, ob der Testzyklus mit einem etwa vorhandenen Fahrzeugzyklus innerhalb der gespeicherten Meßwerte übereinstimmt, wird die Varianz für diesen Testzyklus ermittelt, denn je größer die Varianz wird, desto besser stimmt der Testzyklus mit dem tatsächlichen Fahrzeugzyklus überein. Die Varianz v beträgt für dieses Ausführungsbeispiel 2,72.

In den Fig.3 und 4 ist die Anzahl z der Fahrzeuge bzw. die Summen S der Fahrzeuge für einen weiteren Testzyklus Zy mit einer Zykluszeit $TZ = 90$ sec dargestellt. Bei der Zykluszeit TZ von 90 sec ergeben sich für den Meßzeitraum $MZ = 360$ sec 4 Testzyklen, wobei jeder Testzyklus 18 Zeitintervalle i umfaßt. Die Fahrzeugsummen für diesen Testzyklus Zy sind in Fig. 4 dargestellt. Ebenso wurde der Mittelwert $\mu = 3,667$ ermittelt und eingezeichnet. Die daraus resultierende Varianz $v = 5,765$.

In Fig. 5 sind von zehn verschiedenen Testzyklen mit unterschiedlichen Zykluszeiten $TZ = 30$ sec bis $TZ = 120$ sec, die Mittelwerte μ , die Varianzen v und die kompensierten Varianzen v' eingezeichnet, so daß sich das dort ersichtliche Diagramm ergibt, wobei die Mittelwerte gewissermaßen Fahrzeugsummen S sind. Hier sieht man deutlich, daß mit der Varianz v schon eine Aussage bezüglich eines Zyklus zu erkennen ist. Diese Aussage wird jedoch zuverlässiger und wesentlich deutlicher sichtbar mit Hilfe der kompensierten Varianz v' . Bei einer Zykluszeit TZ von 50 sec ergibt sich ein Mittelwert μ von 6,5, und eine Varianz $v = 2,8$, wie oben bereits gesagt.

Die dazugehörige kompensierte Varianz ist $v' = 2$. Bei einem Testzyklus mit einer Zykluszeit von 60 sec ergibt sich ein Mittelwert $\mu = 5,5$, die Varianz $v = 1$ und die kompensierte Varianz v' ebenfalls 1, weil die kompensierte Varianz sich auf den Testzyklus mit einer Zykluszeit von 60 sec bezieht. Bei dem Testzyklus mit einer Zykluszeit von 90 sec zeigt sich nun sehr deutlich, daß ein Fahrzeugzyklus mit einer Zykluszeit von 90 sec vorhanden ist. Dabei betragen die Varianz $v = 5,8$ und die kompensierte Varianz $v' = 13$. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann eine zuverlässige Aussage gemacht werden, ob ein Fahrzeugzyklus vorhanden ist und wenn ein Fahrzeugzyklus erkennbar ist, dessen Zyklusdauer.

Patentansprüche

1. Verfahren für eine selbsttätige verkehrstechnische Koordinierung eines unabhängigen Knotenpunkt-Steuergeräts einer Straßenverkehrs-Lichtsignalanlage mit einem oder mehreren Nachbarknoten, wobei der dort zufließende Verkehr erfaßt und analysiert wird,

dadurch gekennzeichnet,

daß für einen vorgebbaren Meßzeitraum (MZ) mit einer Vielzahl (I) von Zeitintervallen bestimmter Intervalldauer (t_i) die Anzahl (z) der Fahrzeuge pro Zeitintervall (i) ermittelt und gespeichert wird, daß der Meßzeitraum (MZ) in k Testzyklen (Zy) mit bestimmter, jeweils gleichlanger Zykluszeit (TZ) eingeteilt wird, daß eine Abbildung (S_i) des gesamten Meßzeitraums (MZ) auf nur einen Testzyklus (Zy) mit der bestimmten Zykluszeit (TZ) vorgenommen wird, indem die Anzahl (z) der Fahrzeuge der jeweils gleichen Zeitintervalle (i) innerhalb der k vorhandenen Testzyklen aufsummiert:

$$S_i = \sum_{j=0}^{k-1} z_{i+j} \cdot \frac{TZ}{t_i} ; \text{ mit } i = 1, 2, \dots, \frac{TZ}{t_i}$$

und gespeichert wird,

daß für die Abbildung (S_i) des Meßzeitraums (MZ) auf einen Testzyklus (Zy) mit der bestimmten Zykluszeit (TZ) der Mittelwert μ und die Varianz v berechnet werden, wobei die Größe der Varianz ein Maß für Periodizität des zufließenden Verkehrs für diese Zykluszeit ist,

daß solche Abbildungen und Berechnungen für eine Reihe von Testzyklen mit verschiedenen Zykluszeiten durchgeführt werden, wobei die Werte der Varianz ein Periodizitäten-Spektrum des erfaßten Verkehrs bilden,

und daß aus diesem Spektrum bei hinreichender Signifikanz ein Fahrzeugzyklus und dessen Zykluszeit zur koordinierten Steuerung der Signalanlage mit der entsprechenden Signalumlaufzeit festgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß jeder Varianzwert (v) der verschiedenen Testzyklen (Zy) kompensiert wird, wobei der kompensierte Varianzwert (v') mit einem Kompensationsfaktor beaufschlagt ist, der aus dem Verhältnis vom Mittelwert (μ_0) eines ganz bestimmten Testzyklus zu dem Mittelwert (μ) des jeweiligen Testzyklus (Zy) gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildung des Meßzeitraums (MZ) auf denjenigen Zyklus mit maximaler Varianz bzw. maximal kompensierter Varianz (Maximum des Spektrums) als gemessene Verteilung der ankommenden Verkehrsintensität in der festgestellten Signalumlaufzeit (Zykluszeit mit max. Varianz) dient, die dann für eine anschließende Versatzoptimierung verwendet wird.

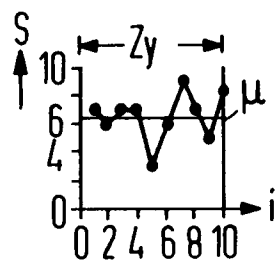
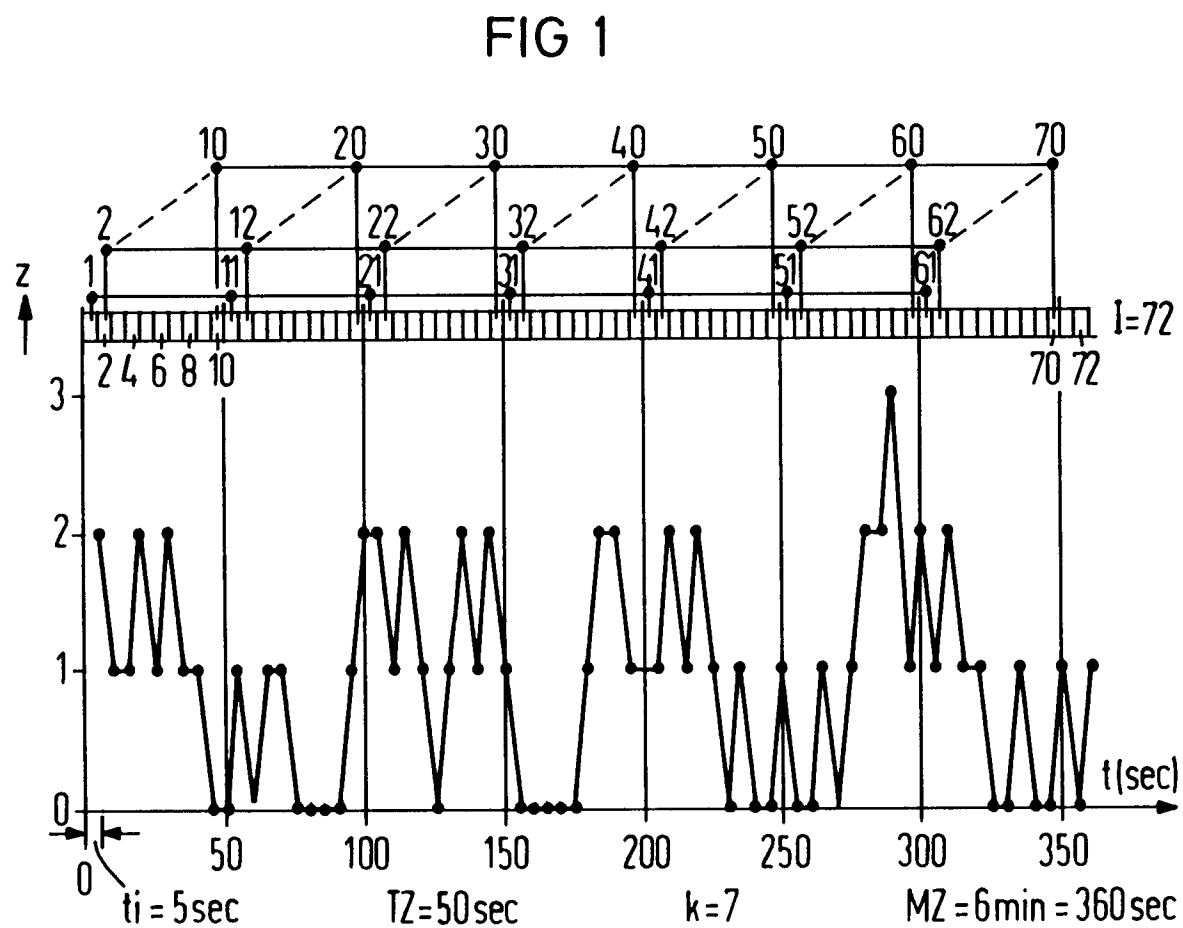


FIG 2



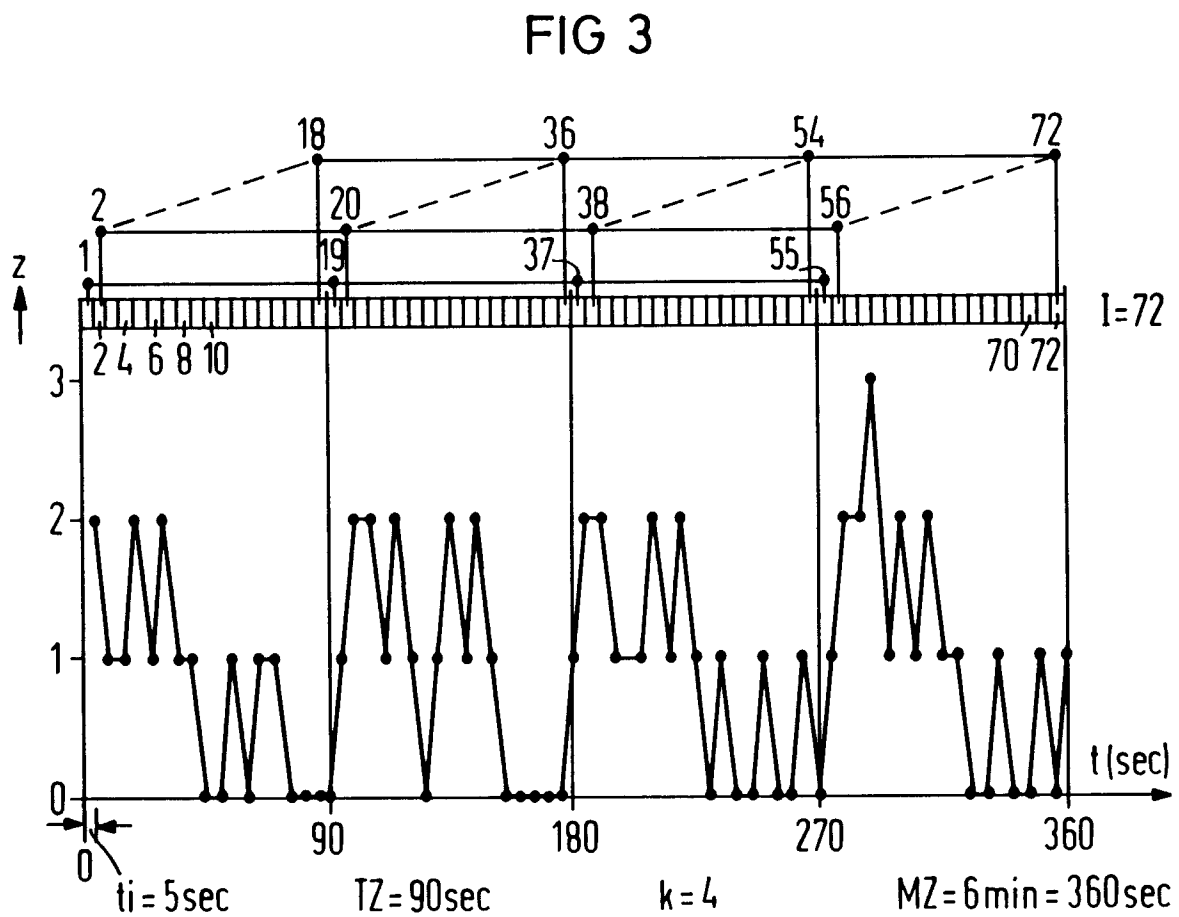
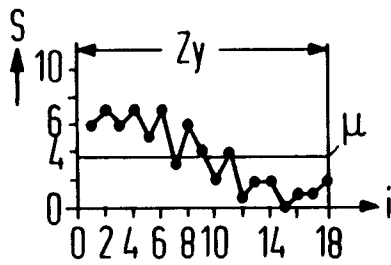
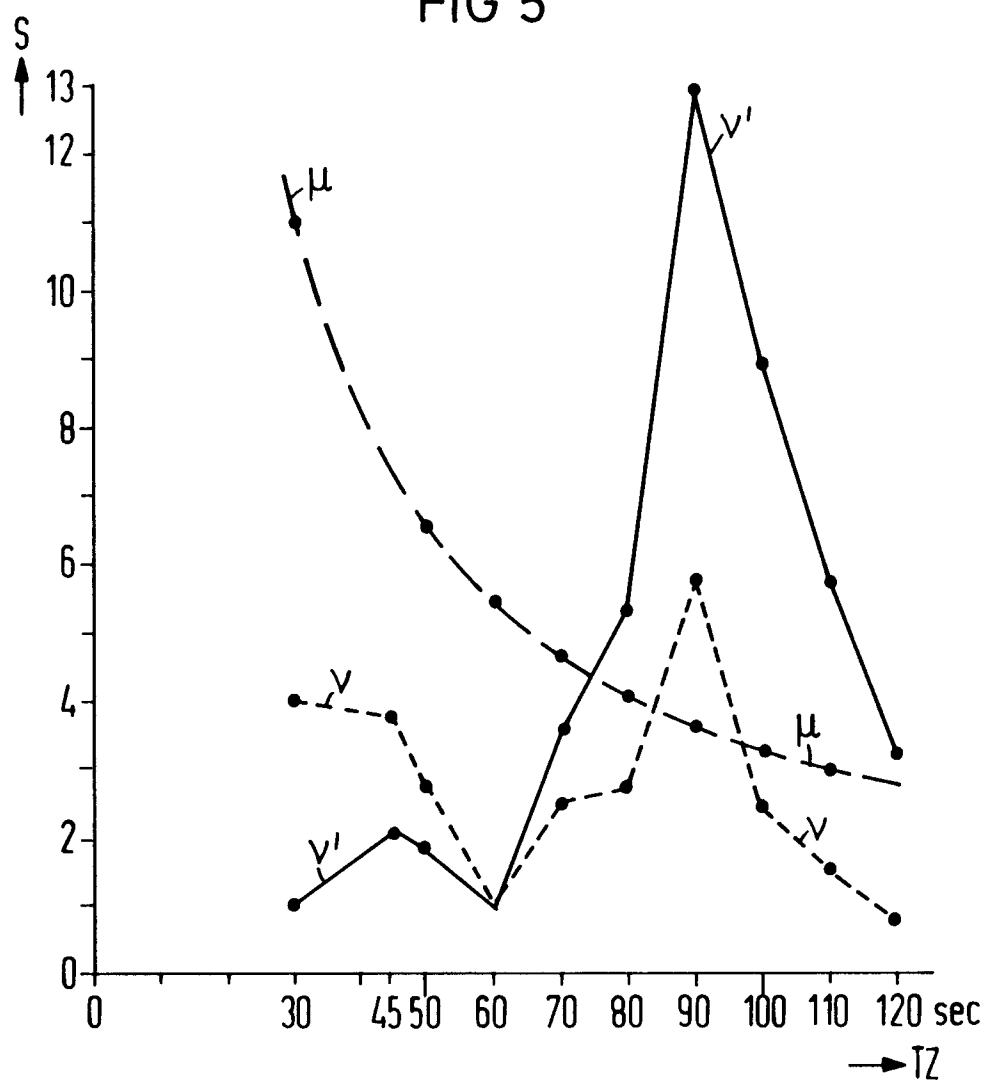


FIG 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 1903

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 293 724 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MÜNCHEN) * das ganze Dokument *	1	G08G1/08
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			G08G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG	Abschlußdatum der Recherche 19 MAI 1992	Prüfer WANZEELE R. J.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			