



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl. 3: G 01 D 5/244  
G 01 B 21/02  
G 01 B 21/22



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**PATENTSCHRIFT A5**

**636 700**

① Gesuchsnummer: 11629/78

② Anmeldungsdatum: 13.11.1978

③ Priorität(en): 28.12.1977 DE 2758525

④ Patent erteilt: 15.06.1983

⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.06.1983

⑥ Inhaber:  
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut (DE)

⑦ Erfinder:  
Dipl.-Phys. Ernst Schwefel, Traunreut (DE)  
Alfons Baumgartner, Grassau (DE)

⑧ Vertreter:  
Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

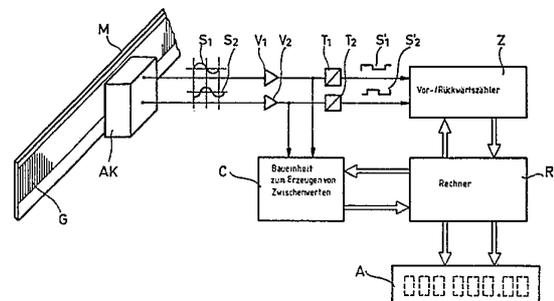
**⑤4 Digitale elektrische Längen- oder Winkelmesseinrichtung.**

⑤7 Bei dieser Messeinrichtung sind die durch Abtastung eines Massstabes (M) mit verhältnismässig grosser Gitterkonstante (G) von einem Abtastkopf (AK) erzeugten 90°-phasenverschobenen analogen Messsignale (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>) zum einen an eine Baueinheit (C) zum Erzeugen von ein Masstabinkrement unterteilenden Zwischenwerten und zum anderen über Trigger (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>) als Zählsignale (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>') für die Zählung durch Einfachauswertung an einen Vor-Rückwärts-Zähler (Z) angelegt. Die Zwischenwerte sind über Amplitude und Vorzeichen der Messsignale (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>) von der Position des Messsystems abhängig und damit codiert.

Von einem Rechner (R) werden laufend der momentane Zwischenwert und der Zählerstand abgefragt und jeweils zum Zählerstand eine +1 zuaddiert, wenn der Zwischenwert bei einem Amplitudenwert «O» des 90°-Zählsignals (S<sub>2</sub>') weniger als die Hälfte der vorgesehenen Unterteilung beträgt.

An den Rechner ist eine Auswerte-Anzeigebaueinheit (A) angeschlossen.

Diese Massnahmen gestatten bei Maximal-Zählfrequenz des Zählers eine beliebige Unterteilung sowie eine erhöhte Messgeschwindigkeit.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Digitale elektrische Längen- oder Winkelmesseinrichtung zur Bestimmung der Lage zweier relativ zueinander verschiebbarer Objekte, mit einem Massstab und diesen abtastenden Abtasteinrichtungen zum Erzeugen von mindestens zwei zueinander phasenverschobenen Messsignalen ( $S_1, S_2$ ), die in mindestens zwei binäre Messsignale ( $S_1', S_2'$ ) umgewandelt werden und einer Baueinheit zum Erzeugen von ein Massstabinkrement unterteilenden Zwischenwerten, wobei eine Auswertebaueinheit für die binären Messsignale, die Baueinheit zum Erzeugen der Zwischenwerte und eine Auswerte-Anzeigebaueinheit an einen Rechner angeschlossen sind, der die Auswerte-Anzeigebaueinheit steuert, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem vorgegebenen binären Zustand der Signalkombination der von den Abtasteinrichtungen (AK) erzeugten, zueinander phasenverschobenen umgewandelten, binären Messsignale ( $S_1', S_2'$ ) mit Hilfe des Rechners (R) ein Korrekturwert an der Auswerte-Anzeigebaueinheit (A) anliegt, wenn der in der Baueinheit (C) zum Erzeugen der Zwischenwerte gebildete momentane Zwischenwert in einem vorgegebenen Teilbereich der möglichen Zwischenwerte liegt.

2. Messeinrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

a) die Auswertebaueinheit für die binären Messsignale umfasst einen Vor-Rückwärts-Zähler (Z) und die von den Abtasteinrichtungen (AK) erzeugten phasenverschobenen Messsignale ( $S_1, S_2$ ) sind zum einen an die Baueinheit (C) zur Erzeugung der Zwischenwerte und zum anderen über Triggerstufen ( $T_1, T_2$ ) umgewandelt und an den Vor- Rückwärts-Zähler (Z) angeschlossen;

b) der Rechner (R) ist zur Zuordnung der in der Baueinheit (C) zum Erzeugen der Zwischenwerte codierten Zwischenwerte zum Zählerstand eingerichtet, wobei an den Ausgängen des Rechners (R) die Auswerte-Anzeigebaueinheit (A) angeschlossen ist.

3. Messeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der vom Rechner (R) in die Auswerte-Anzeigebaueinheit (A) einspeisbare Korrekturwert den Wert +1 hat.

4. Messeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die phasenverschobenen binären Messsignale ( $S_1', S_2'$ ) ein  $90^\circ$  phasenverschobenes ( $S_2'$ )-Signal enthalten und dass der Korrekturwert an der Auswerte-Anzeigebaueinheit (A) anliegt, falls das  $90^\circ$ -Signal ( $S_2'$ ) den binären Wert 0 hat, und falls der codierte Zwischenwert kleiner ist, als die Hälfte der Anzahl der möglichen Zwischenwerte.

5. Messeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Rechner (R) ein Microcomputer ist.

Die Erfindung bezieht sich auf eine digitale elektrische Längen- oder Winkelmesseinrichtung zur Bestimmung der Lage zweier relativ zueinander verschiebbarer Objekte, mit einem Massstab und diesen abtastenden Abtasteinrichtungen zum Erzeugen von mindestens zwei zueinander phasenverschobenen Messsignalen, die in mindestens zwei binäre Messsignale umgewandelt werden und einer Baueinheit zum Erzeugen von ein Massstabinkrement unterteilenden Zwischenwerten, wobei eine Auswertebaueinheit für die binären Messsignale, die Baueinheit zum Erzeugen der Zwischenwerte und eine Auswerte-Anzeigebaueinheit an einen Rechner angeschlossen sind, der die Auswerte-Anzeigebaueinheit steuert.

Lichtelektrische digitale Längen- oder Winkelmesseinrichtungen zur Bestimmung der Lage zweier relativ zueinander verschiebbarer Objekte, wie Bett und Schlitten einer Mess- oder Bearbeitungsmaschine sind in den unterschiedlichsten Bauarten bekannt. Gemäss der Forderung nach grosser Genauigkeit sind

die Teilungsintervalle möglichst klein zu wählen. Dieser Forderung steht jedoch die im gleichen Masse zunehmende Zählgeschwindigkeit der Zähler entgegen. Das Auflösungsvermögen derartiger Messeinrichtungen ist also durch die Gitterkonstante der benutzten Präzisionsmassstäbe bzw. durch die Zählfrequenz der Zähler begrenzt. Es sind Massnahmen bekannt, bei denen mit Hilfe von elektrischen Unterteilungen das Auflösungsvermögen gesteigert wird.

Mit zunehmender Unterteilung wird jedoch der Schaltungsaufwand zum Anschluss der feinen Zwischenwerte an die gröbere Grundteilung immer grösser, so dass die Anzahl der Teilungsschritte praktisch sehr begrenzt ist.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Messeinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die die Nachteile der bekannten Anordnungen nicht aufweist, und die es ermöglicht, bei gegebener Zählfrequenz des Zählers die Messgeschwindigkeit zu erhöhen und eine nahezu beliebige Unterteilung zu realisieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Auf der Zeichnung zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels der Längen- oder Winkelmesseinrichtung nach der Erfindung und

Fig. 2 ein der Erläuterung dienendes Diagramm mit zwei phasenverschobenen binären Messsignalen.

Auf einem Massstab M ist eine Teilung mit relativ grosser Gitterkonstante G aufgetragen. Ein Abtasteinrichtungen enthaltender Abtastkopf AK tastet diese Teilung ab und liefert Signale  $S_1, S_2$  mit einer Phasenverschiebung von  $90^\circ$ . Die beiden Signale  $S_1, S_2$  werden in Verstärkern  $V_1, V_2$  verstärkt und zum einen einer Baueinheit C zum Erzeugen von das Massstabinkrement unterteilenden Zwischenwerten, zum andern nach Triggerung in Triggerstufen  $T_1, T_2$  einem als Auswertebaueinheit für die vollen Intervalle verwendeten Vor-/Rückwärtszähler Z zugeführt, der auch einen Richtungsdiskriminator enthält. Im Vor-/Rückwärtszähler Z werden die getriggerten Signale  $S_1', S_2'$  nach dem Prinzip der Einfachauswertung gezählt (nur aus dem Wechsel des  $90^\circ$ -Signals  $S_2'$ , während das  $0^\circ$ -Signal  $S_1' = 1$  ist, werden Zählimpulse abgeleitet). In der Baueinheit C zum Erzeugen der Zwischenwerte wird aus den analogen Signalen  $S_1, S_2$  eine Unterteilung des Massstabinkrements in eine nahezu beliebige Anzahl von codierten Zwischenwerten (z.B. 100) vorgenommen. Diese codierten Zwischenwerte sind von der Amplitude und vom Vorzeichen der  $0^\circ$ - und  $90^\circ$ -Signale  $S_1, S_2$  und damit von der Position des Messsystems abhängig.

Der Aufbau einer solchen Baueinheit C zum Erzeugen von Zwischenwerten kann beliebig sein, sofern nur an ihrem Ausgang eine vorgegebende Anzahl von Zwischenwerten pro Massstabinkrement darstellende Signale anstehen.

So sind z.B.

bei einer bekannten Anordnung zur Interpolation – wie sie am häufigsten eingesetzt wird – die zueinander phasenverschobenen Analogsignale (Primärsignale) an eine Widerstandskette gelegt, die eine Reihe einstellbarer Potentiometer aufweist. Durch Abgriff der Potentiometer können eine Vielzahl von Sekundärsignalen erzeugt werden, die zwischen den Primärsignalen liegen und somit eine Interpolation ermöglichen (z.B. CH-PS 407 569).

Anordnungen mit Widerstandsnetzwerken zum Erzeugen von Sekundärsignalen lassen bei der praktischen Anwendung keinen hohen Unterteilungsfaktor zu. Der hierfür erforderliche Schaltungsaufwand, der mit zunehmendem Unterteilungsfaktor enorm ansteigt, setzt einer breiten Anwendung insbesondere in konstruktiver, fertigungstechnischer und kostenmässiger Hinsicht Grenzen. Da die die Zwischenwerte darstellenden Sekundärsignale direkt aus den analogen, phasenverschobenen Messsignalen abgeleitet werden, gehen deren momentane Amplitudenwerte und Vorzeichen direkt in die Zwischenwerte ein. Die Zwischenwerte können auch mit Hilfe eines Rechners aus den

bereits digitalisierten Messsignalen gebildet werden, wie dies in der nicht vorveröffentlichten CH-PS 628 426 beschrieben ist.

Die Impulszählung ist dadurch nur in grösseren Schritten (z.B. entsprechend alle 100) notwendig. Dies ermöglicht die hohe Auswertegeschwindigkeit.

Nachdem – wie vorbeschrieben – im Vor-/Rückwärtszähler Z die vollen Intervalle, also die einzelnen Inkremente als Messwert für die Verschiebung gezählt werden, wird dieser Messwert, der die Summe der Inkremente darstellt, in den Rechner R eingespeist. Der Rechner R fragt ständig den Vor-/Rückwärtszähler Z ab, welche Signalkombination bei den binären phasenverschobenen Messsignalen  $S_1'$  und  $S_2'$  momentan vorliegt. Ferner fragt der Rechner R ständig die Baueinheit C zum Erzeugen der Zwischenwerte ab, welche Zwischenwerte ebenfalls in den Rechner R eingespeist werden. Der Rechner R vergleicht ständig den momentanen Zustand der Signalkombinationen der binären Messsignale  $S_1'$ ,  $S_2'$  und die momentane Lage der Zwischenwerte. Der Rechner R speist den gezählten Messwert in die Auswerte-Anzeigebaueinheit A ein. Wenn die Lagebeziehung der Zwischenwerte zu den binären Messsignalen  $S_1'$ ,  $S_2'$  fehlerhaft ist – wie nachstehend zur Figur 2 beschrieben wird –, erkennt der Rechner R aus der momentanen Signalkombination der binären Messsignale  $S_1'$ ,  $S_2'$  und der momentanen Lage des Zwischenwertes, dass er einen Korrekturwert in die Auswerte-Anzeigebaueinheit A zur Korrektur des gezählten Messwertes einspeisen muss. Diese Zustände liegen vor, wenn das binäre 90°-Messsignal  $S_2'$  den binären Wert 0 hat, und der momentane Zwischenwert kleiner ist, als die Hälfte der Anzahl der möglichen Zwischenwerte.

Der Rechner R ist zweckmässig ein Mikrocomputer. Die Vorzeichenbildung erfolgt ebenfalls softwaremässig im Rechner R. Selbstverständlich kann über die Ausgänge des Rechners R auch eine andere Datenausgabe erfolgen (Druckeransteuerung, Maximal-Minimalwerterfassung usw.). Die eindeutige Zuordnung des codierten Zwischenwertes an den gezählten Wert geschieht dadurch, dass beim Vorliegen der vorgegebenen Signalkombinationen der zum Zählen verwendeten Rechtecksignale  $S_1'$ ,  $S_2'$  und der codierten Zwischenwerte eine +1 zum Zählerstand addiert wird.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, ist «b» der Bereich der Zwischenwerte, in dem ein Korrekturwert z.B. «+1» in die Anzeige eingegeben wird. Nach dem Überschreiten seines Maximums von z.B. «99» beginnt der Zwischenwert wieder mit «0, 1, 2» usw., ohne dass jedoch der nächste Zählimpuls von der Zählflanke des Messsignals ausgelöst wurde. Wenn in diesem Bereich also der Verlauf der Messwerte beispielsweise 3,97, 3,98, 3,99 lauten würde, dann wären die nächsten Schritte 3,00, 3,01, 3,02 usw. Dieses falsche Ergebnis aufgrund der fehlerhaften Lagebeziehung von Messsignalen und Zwischenwerten wird durch die Addition von «1» in der Anzeige korrigiert, also 4,00, 4,01, 4,02 usw., bis die nächste Zählflanke den Messwert «4» liefert und die Anzeige schaltet. Die Korrektur entfällt ab diesem Moment.

Nach dem Einschalten der Messeinrichtung erscheint z.B. beim einem  $1/10 \mu\text{m}$ -Zähler Z der Codewert an der Anzeigestelle für  $1/10 \mu\text{m}$  und  $\mu\text{m}$ . Der Zähler Z wird beim Einschalten gelöscht. Durch Betätigen einer nicht gezeigten Löschtaste kann der Zähler Z auf Null gestellt und der an dieser Stelle anstehende Codewert einschliesslich der evtl. +1-Addition in einem integrierten Speicher abgespeichert und anschliessend von der Anzeige subtrahiert werden, so dass in der Anzeige Null erscheint. Wird z.B. die Löschtaste an einer Stelle Codewert = 60 betätigt,

so wird in den Codewertspeicher 60 eingespeichert und in der Anzeige erscheint 000 000 00. Eine Bewegung um  $1/10 \mu\text{m}$  auf Codewert 61 führt zur Anzeige 000 000 01 (Ergebnis aus anstehendem Codewert plus Zähler minus gespeichertem Codewert)

5

*Beispiel:*

Codewert:		61
Zähler:	+	000 000
		<u>000 000 61</u>
10 gesp. Codewert:	-	60
Anzeige:		<u>000 000 01</u>

Bei weiterer Bewegung auf Codewert 99 erscheint dementsprechend in der Anzeige 000 000 39.

Eine erneute Bewegung um  $1/10 \mu\text{m}$  in gleicher Richtung führt zum Codewert 00 und damit an den Anfang des Bereiches, in dem die +1-Additionsbedingung gegeben ist. In diesem Bereich wird zum Zählerstand 1 addiert. Damit ergibt sich nun folgender Zustand:

Codewert:		00
Zähler:	+	000 000
15 Add.-Wert:	+	1
		<u>000 001 00</u>
20 gesp. Codewert:	-	60
Anzeige:		<u>000 000 40</u>

Diese Addition von +1 zum Zählerstand bleibt bei weiterer Bewegung in gleicher Richtung bis zum Wechsel des 90°-Signals  $S_2'$  nach binär 1 erhalten. Dieser Wechsel führt gemäss der Einfachauswertung zu einem Vorwärts-Zählimpuls, so dass in der Anzeige das Aufheben der Addition von +1 nicht erscheint (kontinuierliche Anzeige).

*Beispiel:*

Vor dem Wechsel des 90°-Signals nach dem Wechsel des 90°-Signals

Codewert:		30		31
Zähler:	+	000 000	+	000 001
15 Add.-Wert:	+	1	+	0
		<u>000 001 30</u>		<u>000 001 31</u>
20 gesp. Codewert:	-	60	-	60
		<u>000 000 70</u>		<u>000 000 71</u>

In analoger Weise lassen sich auch sogenannte Setzwerte verarbeiten, wie das bei herkömmlichen Zählern üblich ist. Der in einem Speicher auf bekannte Weise eingelesene Setzwert wird laufend auf das aus der Zuordnung von Codewert und Zählerstand entstehende Messergebnis addiert.

Die Erfindung ist auch nicht auf lichtelektrische Messeinrichtungen beschränkt, sondern lässt sich ebenso vorteilhaft auch in Verbindung mit induktiven, magnetischen, kapazitiven Messeinrichtungen einsetzen.

Ebenfalls lässt sich die Erfindung auch vorteilhaft bei numerisch gesteuerten Maschinen anwenden.

Die Erfindung ist auch nicht darauf beschränkt, dass die Analogsignale etwa sinusförmig sind, sondern sie ist auch z.B. bei dreieckförmigen Signalen anwendbar.

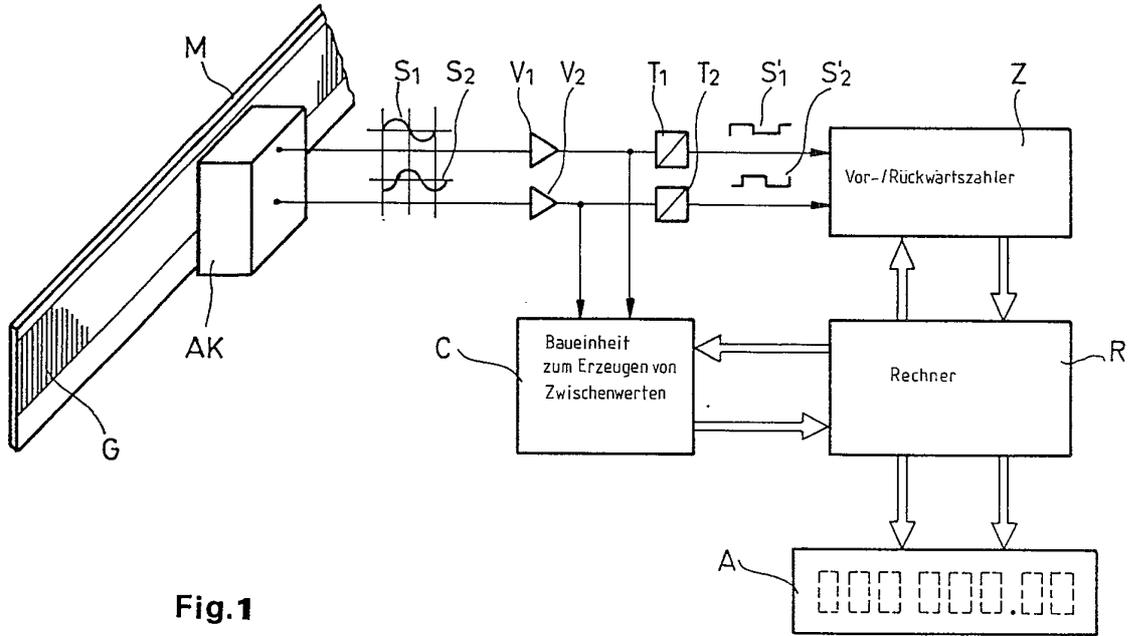


Fig.1

Fig.2

