



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

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪ 642 168

<p>⑲ Gesuchsnummer: 3692/79</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 19.04.1979</p> <p>㉓ Priorität(en): 20.04.1978 US 898120</p> <p>㉔ Patent erteilt: 30.03.1984</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.03.1984</p>	<p>⑦③ Inhaber: Micro-Sensors, Incorporated, Holliston/MA (US)</p> <p>⑦② Erfinder: John S. Piso, Framingham/MA (US)</p> <p>⑦④ Vertreter: Kirker & Cie SA, Genève</p>
--	---

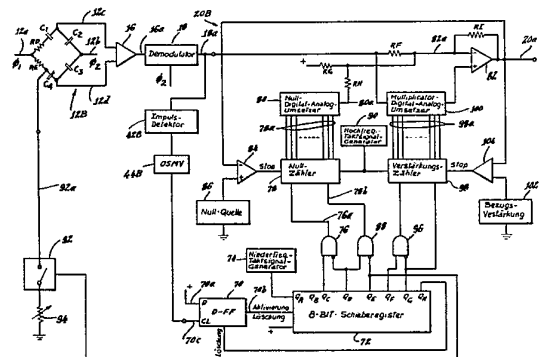
⑤④ **Verfahren zur kontinuierlichen Ueberwachung der Kennwerte eines sich bewegenden Fadens und Vorrichtung dazu.**

⑤⑦ Der Faden wird durch einen kapazitiven Fühler (12 B) durchgeführt. Zur Erzeugung eines elektrischen Faden-Messwert-Signals, in welchem die Schwankungen der Verstärkung eliminiert sind, wird wie folgt vorgegangen:

Simulierung (92) eines vorbestimmten Fadenkennwertes in dem kapazitiven Fühler (12 B);

während der Simulierung des Fadenkennwertes Erzeugung und Speicherung in einer Signal-Speichervorrichtung (98) eines Verstärkung kompensierenden Signals (98 a), welches die erforderliche, an das Messwertsignal anzulegende Verstärkung (100) zur Erzeugung eines vorbestimmten Signals (102) wiedergibt;

Beenden (92) der Fadenkennwert-Simulierung und Abstimmen der Verstärkung (100) des Fadenmesswert-Signals (18 a) entsprechend dem gespeicherten Verstärkung kompensierenden Signal (98 a) zur Erzeugung eines gegen Verstärkungsdrift kompensierten Signals (20 a).



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung der Kennwerte eines sich bewegenden Fadens (F) durch Hindurchführen des Fadens durch einen kapazitiven Fühler (12) und Erzeugung eines elektrischen Faden-Messwert-Signals zur Darstellung eines Messwerts des Fadens, bezogen auf einen vorbestimmten Bezugswert oder Nullpunkt, gekennzeichnet durch:

Simulierung eines vorbestimmten Fadenkennwertes in dem kapazitiven Fühler;

während der Simulierung des Fadenkennwertes Erzeugung und Speicherung in einer Signal-Speichervorrichtung eines die Verstärkung kompensierenden Signals, welches die erforderliche, an das Messwertsignal anzulegende Verstärkung zur Erzeugung eines vorbestimmten Signals wiedergibt;

Beenden der Fadenkennwert-Simulierung und

Abstimmen der Verstärkung des Fadenmesswert-Signals entsprechend dem gespeicherten die Verstärkung kompensierenden Signal zur Erzeugung eines gegen Verstärkungsdrift kompensierten Signals.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das die Verstärkung kompensierende Signal ein Digital-Signal ist und dass es in einer digitalen Signal-Speichervorrichtung (98) gespeichert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der simulierte Fadenkennwert in dem kapazitiven Fühler durch Einschaltung eines Schaltkreiselements (94) in einem Schenkel der kapazitiven Brücke (12 B Fig. 6) simuliert wird.

4. Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende vorgängige Schritte:

Entfernen des Fadens (F) aus dem kapazitiven Fühler (12 B); während des Entfernens des Fadens Erzeugung eines digitalen Nullwert-Kompensations-Signals, welches den Ausgang des kapazitiven Fühlers wiedergibt und Speicherung des digitalen Nullwert-Kompensations-Signals in einer digitalen Signalspeichervorrichtung (78);

Kombinierung des Fadenmesswert-Signals mit dem digital gespeicherten Nullwert-Kompensations-Signal und dem digital gespeicherten Verstärkung kompensierenden Signal zur Erzeugung eines korrigierten Signals, das sowohl für die Nullpunkt-Wanderung als auch für die Verstärkungs-Drift kompensiert ist, die sich aus den Änderungen im kapazitiven Fühler ergeben, wobei die digitale Speicherung der Kompensations-Signale ihre Abwanderung ausschliesst.

5. Vorrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch erste Mittel (92, 94) zur Simulierung eines bestimmten Fadenkennwertes in dem kapazitiven Fühler (12), durch zweite Mittel (42 B, 72, 74, 90, 98), welche, wenn im Fühler (12) die Simuliermittel eingesetzt sind, auf den Fühler ansprechen, ein Verstärkung kompensierendes Signal erzeugen und es in einer Signalspeichervorrichtung (98) speichern, wobei das die Verstärkung kompensierende Signal die notwendige Verstärkung des Faden-Mess-Signals darstellt, um eine genaue Messangabe zu liefern, und durch dritte Mittel (100, 102, 104) zur Abstimmung der Verstärkung des Fadenmesswert-Signals entsprechend dem gespeicherten Verstärkung kompensierenden Signal zur Erzeugung eines gegen den Verstärkungsdrift kompensierten Signals.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkung kompensierende Signal ein Digital-Signal und die Signal-Speichervorrichtung (98) eine Digital-Signal-Speichervorrichtung ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Mittel ein Messwert-Signal vom kapazitiven Fühler (12 B) empfangen und folgende Mittel enthalten: vierte Mittel (90) zur Erzeugung einer Taktimpulsfolge, fünfte

Mittel (98) zur digitalen Zählung der Taktimpulse und zur Erzeugung eines digitalen Ausgangs zur Darstellung derselben, sechste Mittel (82, 100) mit einem Digital/Analog-Umsetzer (100) zur Abstimmung der Verstärkung des Messwertsignals auf die digitale Zählung, siebente Mittel (102, 104) zum Nachweis, dass ein bestimmter Vergleich zwischen dem mit korrigierter Verstärkung erhaltenen Messwertsignal (20 a) und einem standardisierten Signal erreicht ist, und achte Mittel (104 + 98) zur Unterbrechung der Taktimpulszählung bei Lieferung des Nachweises, dass der bestimmte Vergleich erreicht ist, wodurch das digitale Verstärkung kompensierende Signal auf einem Pegel, bezogen auf den Betrag der angesammelten Verstärkungs-Drift in dem kapazitiven Fühler (12 B), fixiert wird und mit dem Fadenmesswert-Signal kombiniert wird, um einen präzisen korrigierten Messwert zu erhalten.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die sechsten Mittel (82, 100) zur Abstimmung der Verstärkung des Messwertsignals einen Operationsverstärker (82) mit einem zwischen einem Ausgang und einem Eingang liegenden Rückkopplungs-Widerstand (RI) aufweisen, dass das Mess-Signal über einen Eingangs-Widerstand (RF) an den einen Eingang des Operationsverstärkers angelegt ist, und dass der Digital/Analog-Umsetzer (100) ein Multiplikator ist und das Messwert-Signal über den Multiplikator-Digital/Analog-Umsetzer an den anderen Eingang des Operationsverstärkers (82) angelegt wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten Mittel (42 B, 72, 74, 90, 98) mit dem kapazitiven Fühler zur kontinuierlichen Aufnahme des Messwert-Signals aus diesem verbunden sind und des weiteren ein Impuls-Erfassungsmittel (42 B) zum Nachweis von Änderungen in dem Messwertsignal entsprechend dem Entfernen des Fadens aus dem kapazitiven Fühler aufweisen, und dass die vierten Mittel (90) zur Erzeugung einer Taktimpulsfolge, und dass die fünften Mittel (98) zur digitalen Zählung der Taktimpulse so ausgelegt sind, dass der Ablauf der Selbstabstimmung beim Nachweis des Entfernen des Fadens aus dem kapazitiven Fühler durch den Impuls-Detektor (42 B) beginnt, wodurch bei Entfernen des Fadens jeweils ein neues die Verstärkung kompensierendes Signal automatisch erzeugt wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Simulierung eines vorbestimmten Fadenkennwertes in dem kapazitiven Fühler (12 B) abgegliche Schaltkreiselemente ($C_1 - C_4$, RD, RE) in gegenüberliegenden Schenkeln der kapazitiven Brücke (12) sowie Mittel (92, 94) zum Anschluss eines zusätzlichen Schaltkreiselements (94) nur an einem der Schenkel umfassen, um die kapazitive Brücke (12 B) aus dem Gleichgewicht zu bringen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 6 zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch Mittel (42 B, 44 B, 70, 72, 74, 76, 88, 96) zur Steuerung der zugehörigen Null- und Verstärkungs-Selbstabstimmverfahren, wenn der Faden aus dem kapazitiven Fühler (12 B) entfernt wird, Mittel (78, 80, 84, 86) zur Erzeugung während dem Nullabstimmungsverfahren eines digitalen Kompensations-Signals, das den Ausgang des kapazitiven Fühlers wiedergibt, wenn der Faden entfernt ist, sowie zur Speicherung des digitalen Nullwert-Kompensations-Signals in einer digitalen Signal-Speichervorrichtung (78), und Mittel (RG, RH, RF, RI) zur Kombination, nach Einsatz des Fadens in den Fühler, des Fadenmesswert-Signals mit dem digital gespeicherten Nullwert-Kompensations-Signal und dem digital gespeicherten, die Verstärkung kompensierenden Signal zur Erzeugung eines korrigierten Signals, das sowohl für die Nullpunkt-Wanderung als auch für die Verstärkungs-Drift kompensiert ist, die sich aus den Änderungen im kapazitiven Fühler ergeben, wo-

bei die digitale Speicherung (78, 98) der Kompensations-Signale ihre Abwanderung ausschliesst.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Überwachung der Kennwerte eines sich bewegenden Fadens durch Hindurchführen des Fadens durch einen kapazitiven Fühler und Erzeugung eines elektrischen Faden-Messwert-Signals zur Darstellung eines Messwerts des Fadens, bezogen auf einen vorbestimmten Bezugswert oder Nullpunkt.

Das sich aus der Verunreinigung des kapazitiven Fühlers ergebende Problem der Messsignaldrift soll durch Entwicklung von mit dem Faden-Mess-Signal zu kombinierenden Ausgleich-Signalen umgangen werden. Die Ausgleich-Signale werden digital gebildet und gespeichert, wodurch die Abwanderung der Ausgleich-Signale selbst ausgeschaltet wird. Die Kompensationssignale werden mittels einer automatischen Eichschaltung gebildet.

Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Vermeidung von Fehlern, die durch langsam auftretende Änderungen in dem kapazitiven Fühler verursacht werden.

Verfahren und Vorrichtungen zur kapazitiven Überwachung der Kennwerte eines sich kontinuierlich bewegenden Fadens sind bekannt. Bei einer derartigen vorteilhaften Vorrichtung gemäss US-Patent 3 879 660 (Piso) wird ein Faden durch einen kapazitiven Fühler hindurchbewegt, um einen absoluten Messwert des Fadens oder Abweichungen gegenüber Grenzwerten zu erzeugen, so dass auf diese Weise die Kennwerte, wie z. B. die Denier-Grösse synthetischer Garnfäden, erfasst werden können, wobei der absolute Denier-Messwert zur Nutzung verfügbar gemacht wird, um z. B. ein Alarmsignal zu erzeugen, wenn die Denier-Messgrösse sich ausserhalb eines vorbestimmten Bereichs akzeptabler Denier-Werte befindet.

Ein Beispiel für die Verwendung einer derartigen Faden-Überwachungsvorrichtung ist schematisch in Fig. 1 dargestellt. Bei dieser Einrichtung wird ein Faden F aus dem Spritzkopf E herausgespritzt und auf eine Spule B aufgewickelt. Der Faden F läuft durch einen Schlitz S in einem kapazitiven Fühlerkopf H hindurch, der so ausgelegt ist, dass er auf der Ausgangsleitung L ein elektrisches Signal erzeugt, das sich mit der Kapazität des Fadens F ändert und auf diese Weise eine Messung des Denierwertes des Fadens vornimmt. Erfahrungsgemäss treten während der Überwachung der Fäden in den Fühlerköpfen H Störgrössen aus verschiedenen Quellen zwischen den Kondensatorplatten in dem Fühlerkopf H auf, welche bewirken, dass das Signal auf der Leitung L driftet, so dass eine genaue Absolutmessung der Kapazität des Fadens F nicht mehr gewährleistet ist.

Bisher wurde Fehlern, die durch das Auftreten von Störgrössen in den Fühlerköpfen H verursacht wurden, durch periodisches Reinigen der Fühlerköpfe entgegengewirkt. Gängige Fäden F begünstigen jedoch eine rasche Störgrössenbildung und machen damit ein häufiges Reinigen erforderlich. Beispielsweise können Fäden mit einem niedrigen Denierwert Zusätze enthalten, die den Fühlerkopf verschmutzen, wodurch dieser zweimal wöchentlich geprüft und gereinigt werden muss. Fäden mit hohen Denier-Werten, wie sie beispielsweise bei Reifenkords verwendet werden, unterliegen beispielsweise Flockenbildung und haben manchmal einen Ölfilm, was zu einer raschen Verschmutzung führt und daher eine häufigere Reinigung erforderlich macht.

Das Reinigen der Fühlerköpfe bedingt notwendigerweise eine längere Unterbrechung des Überwachungsvorgangs und verhindert eine volle Ausnutzung kapazitiver Mess-Systeme

bei der Fadenüberwachung, wenn präzise Absolutmesswerte erhalten werden sollen.

Wesentliches Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes kapazitives Mess- und Überwachungs-System zu schaffen, das präzise Absolutmesswerte liefern kann. Insbesondere soll ein kapazitives Mess- und Überwachungs-System geschaffen werden, bei dem die durch die Veränderungen in dem kapazitiven Fühler verursachte Drift leicht und automatisch ausgeglichen werden kann. Deswegen kann dann das Reinigen der Fühlerköpfe in grösseren Abständen erfolgen oder ganz entfallen. Es werden auch keine Messungenauigkeiten mehr auftreten.

Das Verfahren gemäss Erfindung ist im Anspruch 1 festgelegt, in einem bevorzugten Verfahren werden auch die Nullpunktabweichungen korrigiert, wie dies im Anspruch 4 beschrieben ist.

Die Vorrichtungen zur Ausführung der Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 4 sind in den Ansprüchen 5 bez. 11 festgelegt. In einer bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung empfängt die Vorrichtung zur Erzeugung der Kompensationssignale kontinuierlich das Faden-Messwert-Signal und weist Mittel zur Erfassung von Änderungen im Mess-Signal entsprechend dem Entfernen des Fadens aus dem kapazitiven Fühler auf, so dass jeweils nach Entfernen des Fadens ein neues Kompensations-Signal automatisch entwickelt wird. Mit Hilfe der vorstehenden Anordnung können daher sich aus Verschmutzungen im Fühlerkopf ergebende Signaldriften sehr rasch automatisch kompensiert werden, ohne dass der Fühlerkopf längere Zeit ausser Betrieb genommen oder gereinigt werden müsste; wenn überhaupt, dann nur in grossen Abständen.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich anhand der Beschreibung eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische, perspektivische Darstellung von Teilen eines in Betrieb befindlichen kapazitiven Faden-Überwachungs-Systems,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines kapazitiven Faden-Überwachungs-Systems gemäss der vorliegenden Erfindung,

Fig. 3 ein schematisch dargestelltes Diagramm einer Schaltung zur Erzeugung eines Nullwert-Kompensations-Signals zur Kompensierung der Mess-Signal-Drift,

Fig. 4 eine graphische Darstellung der Signalverläufe an ausgewählten Punkten der Schaltung nach Fig. 3,

Fig. 5 ein schematisches Diagramm, das Einzelheiten der Ausführungsform nach Fig. 3 darstellt,

Fig. 6 ein schematisches Diagramm einer Schaltung zur Erzeugung sowohl eines Null-Kompensations-Signals wie eines Verstärkung kompensierendes Signals zur Kompensierung der Mess-Signal-Drift gemäss der vorliegenden Erfindung,

Fig. 7 eine graphische Darstellung der Signalverläufe an ausgewählten Punkten in der Schaltung nach Fig. 6, und

Fig. 8 ein schematisches Diagramm, welches Einzelheiten der Ausführungsform nach Fig. 6 darstellt.

Fig. 2 veranschaulicht ein erfindungsgemäss ausgelegtes Mess- und Überwachungs-System 10 zur Kompensierung der Mess-Signal-Drift, welche sich aus Veränderungen im kapazitiven Fühler ergibt. Wie diagrammatisch dargestellt, verwendet das System 10 einen Fühlerkopf, der eine kapazitive Brücke 12 bildet, welche von einem Signal-Generator 14 gesteuert wird, um zunächst Signale an einen Differenzverstärker und sodann an einen Demodulator 18 in der im USA-Patent 3 879 660 beschriebenen Weise abzugeben. Bei einer derartigen Anordnung läuft der Faden F zwischen gegenüberlie-

genden Kondensatoren C1 und C3 der kapazitiven Brücke 12 hindurch. Der Signalgenerator 14 legt um 180° phasenverschobene sinusförmige Signale $\emptyset 1$ und $\emptyset 2$ an die Brückeneingangsklemmen 12a und 12b an. An den Brückenausgangsanschlüssen 12c und 12d erscheinen um 180° phasenverschobene Signale, deren Amplituden den Differenzen zwischen den Kondensatoren C1 und C3 zugeordneten Kapazität und der den Kondensatoren C2 und C4 zugeordneten Kapazität proportional sind. Die Signale an den Klemmen 12c und 12d werden an den Plus- und Minus-Eingang des Differenzverstärkers 16 angelegt, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, dessen Amplitude der Differenz in der den Kondensatoren C1, C3 und C2, C4 zugeordneten Kapazität proportional ist (d.h. ein von den kapazitiven Kennwerten des Fadens F moduliertes Signal). Das Ausgangssignal vom Differenzverstärker 16 wird an den Demodulator 18 zusammen mit einem Signal $\emptyset 2$ vom Generator 14 angelegt, um am Anschluss 18a ein demoduliertes Gleichspannungssignal zu erzeugen, welches der Differenz in der den Kondensator-Paaren C1, C3 und C2, C4 zugeordneten Kapazität proportional ist. Da die Kondensatoren C1 bis C4 physikalisch identisch sind, stellt das Signal am Anschluss 18a einen absoluten Messwert einer Kapazität des Fadens F dar. Wenn sich jedoch Verschmutzungen in den Kondensatoren C1 bis C4 ansammeln, verschiebt sich das Fadenmess-Signal am Demodulatorausgang 18a und stellt nicht mehr den präzisen Kennwert, wie z.B. die Denier-Grösse, des Fadens F, welcher zu überwachen ist, dar.

Gemäss der vorliegenden Erfindung wird das Fadenmess-Signal vom Demodulator 18 an einen automatischen Eichkreis 20 angelegt, welcher gemäss nachfolgender Beschreibung zumindest ein mit dem Fadenmesssignal kombiniertes Kompensationssignal erzeugt, um die sich aus der Anhäufung von Verunreinigungen im kapazitiven Fühler ergebende Mess-Signal-Drift auszugleichen. Das kompensierte Fadenmesssignal am Ausgangsanschluss 20a des automatischen Eichkreises 20, das eine präzise Absolutmessung darstellt, wird dann über einen Tiefpassfilter 22 an einen Anwendungskreis 24, wie z.B. der veranschaulichte Bezugsvergleicher, angelegt, welcher mit den Vergleichern 26, 28 und den Flip-Flops 30, 32 so ausgelegt ist, dass er immer dann Ausgangssignale erzeugt, wenn das kompensierte Fadenmess-Signal unter einen bestimmten unteren Grenzwert abfällt oder über einen bestimmten oberen Grenzwert ansteigt, welche Signale an Vergleichern 26 bzw. 28 angelegt werden. Andere typische Verwendungskreise können Messgeräte, Streifenschreiber, Aufzeichnungsgeräte oder Prozesssteuereinrichtungen sein.

Der automatische Eichschaltkreis 20 nach Fig. 2 zur Lieferung von automatischer Null-Kompensation ist in grösseren Einzelheiten in Fig. 3 bis 5 dargestellt. Der Kreis nimmt ein Eingangssignal an der Klemme 18a vom Demodulator 18 auf, bei dem es sich um ein Gleichspannungsmess-Signal handelt, das sich mit der erfassten Kapazität ändert und einer Nullpunktwanderung unterliegt, die sich aus einer Verunreinigung der kapazitiven Elemente ergibt. Das Eingangsfadenmess-Signal wird in einem Addierer 40 mit einem Kompensationssignal V_c kombiniert, das gemäss nachfolgender Beschreibung zur Erzeugung eines Messsignals an der Ausgangsklemme 20a erzeugt wird, welches einen absoluten Messwert des Fadens vorgibt, der sich ungeachtet von Abweichungen in dem kapazitiven Fühler präzise auf einen vorbestimmten Wert bezieht.

Der automatische Null-Kreis 20 ist so ausgelegt, dass er ein neues Kompensationssignal V_c erzeugt, sobald der Faden F aus einem Schlitz S in einem Fühlerkopf H entweder von Hand oder mechanisch mit Hilfe einer Spule J herausgehoben wird. Wie sich aus nachfolgender Erläuterung ergibt, wird das Kompensationssignal rasch erzeugt, da es demgemäss nicht

notwendig ist, dass der Faden-Extrusions-Prozess für die Kompensation unterbrochen wird.

Das Eingangsmess-Signal am Eingang 18a wird an einen Impulsdetektor 42 angelegt, welcher die stärkere Abweichung im Messsignal am Anschluss 18a erfasst, welche dem Entfernen des Fadens aus dem kapazitiven Fühler entspricht. Die Feststellung des Vorhandenseins eines derartigen Impulses löst einen monostabilen Monovibrator 44 aus, um einen Ausgangs-Torimpuls zu erzeugen, der gleichzeitig einen Taktimpulsgenerator 46 einschaltet und einen digitalen Zähler 48 neu einstellt. Das Ausgangssignal des Taktimpulses, d.h. eine Folge von Taktimpulsen, beginnend an der ansteigenden Flanke des Torimpulses vom Multivibrator 44, steuert einen digitalen Zähler 48, um auf den Ausgangsleitungen 48a ein digitales Null-Ausgleichs-Ausgangssignal zu erzeugen, das dem aufgelaufenen zunehmenden Zählstand der Taktimpulse entspricht. Das digitale Zählstandssignal auf den Ausgangsleitungen 48a wird an einen Digital/Analog-Umsetzer 50 angelegt, der so ausgelegt ist, dass er an den Klemmen 50a, 50b ein sich mit dem digitalen Zählstand im Zähler 48 änderndes Analog-Signal liefert. Den Ausgang des dargestellten Digital/Analog-Umsetzers 50 bildet ein Widerstand R_{DAC} , dessen Wert sich mit fortschreitender Taktimpulsfolge verringert. Der sich verringende Widerstand liegt in Reihe mit Widerständen R_A und R_B , welche jeweils an einer positiven bzw. negativen Spannung von beispielsweise $+15$ bzw. -15 Volt liegen. Diese Widerstände und Spannungsquellen bilden einen Spannungsteiler, der am Anschluss 50a das Kompensations-Signal V_c erzeugt, das als ein Eingang an den Addierer 40 angelegt ist. Wenn sich der Widerstand R_{DAC} vermindert, vermindert sich auch das ein Analog-Signal darstellende Kompensationssignal V_c .

Das im Fühlerkopf H in Abwesenheit des Fadens F erzeugte Mess-Signal am Eingang 18a wird in dem Addierer 40 mit dem abfallenden Kompensations-Signal V_c kombiniert. Das abfallende Addiererausgangssignal wird an einen Eingang des Vergleichers 52 angelegt. Der andere Eingang des Vergleichers 52 liegt an einem Bezugs-Null-Kreis 54, der den Bezugswert oder Nullpunkt definiert, auf welchen das Ausgangssignal an den Anschlüssen 20a zu beziehen ist. Wenn das Ausgangssignal des Addierers 40 dem von dem Bezugs-Null-Kreis 54 definierten Bezugswert-Signal entspricht, erzeugt der Vergleichers 52 ein Ausgangssignal, das die weitere Erzeugung von Taktimpulsen durch den Taktimpuls-Oszillator 46 verhindert. Der Zähler 48 behält seinen digitalen Zählstand, und der Digital-Analog-Umsetzer behält seinen Ausgangswiderstand R_{DAC} , so dass das entsprechende Null-Kompensations-Signal V_c weiterhin an den Addierer 40 angelegt bleibt. Wenn der Faden F wieder in den Schlitz S in dem kapazitiven Fühlerkopf H eingeführt ist, wird das Fadenmess-Signal am Eingang 10a durch das feste Kompensations-Signal V_c um den Betrag der angesammelten sich aus Verunreinigungen in dem kapazitiven Fühler ergebenden Signal-Drift versetzt. Das Ausgangssignal am Anschluss 20a ist dann ein Mess-Signal, das entsprechend auf den Nullwert bezogen ist.

Die Arbeitsweise des automatischen Null-Abstimm-Kreises 20 ist graphisch in Fig. 4 dargestellt. Wie sich aus Fig. 4 ergibt, existiert ein Kompensations-Signal V_{cl} vor der Zeit t_0 und wird Faden F vom Fühlerkopf H entfernt. Die an die Eingangsklemme 18a angelegte Mess-Spannung misst sodann die akkumulierte Nullpunktwanderung und hat einen Wert V_{drift} . Wird der Faden zum Zeitpunkt t_0 entfernt, erzeugt der Multivibrator 44 einen Torimpuls G, dessen aufsteigende Flanke bewirkt, dass der Taktimpuls-Oszillator 46 mit der Erzeugung von Taktimpulsen und der Zähler 48 mit dem Zählen der Impulse aus einem Rückstellzustand beginnt. Das

Kompensations-Signal V_c springt auf einen Wert $+V$ und beginnt stetig abzufallen. Das Ausgangssignal des Addierers hat den Wert $V_c - V_{\text{drift}}$, der bis zum Zeitpunkt t_1 abfällt, wenn das Kompensations-Signal einen Wert V_{c2} erreicht, der in Kombination mit V_{drift} dem Bezugs-Nullwert-Signal aus Schaltung 54 entspricht; zu diesem Zeitpunkt stoppt der Vergleicher 52 den Taktimpuls-Oszillator 46. Das Kompensations-Signal bleibt danach konstant auf dem Wert V_{c2} , und zu einem Zeitpunkt t_2 , wenn der Faden auf den Fühlerkopf H zurückgeführt wird, stellt die Ausgangsspannung am Anschluss 20a das Eingangsmess-Signal (mit der Nullpunktwanderung) minus V_{c2} dar, das ein in geeigneter Weise auf Null bezogenes Mess-Signal ist.

Der vorstehend beschriebene automatische Null-Abstimm-Kreis 20 liefert ein rasch, beispielsweise innerhalb eines Bruchteils einer Sekunde erzeugbares Kompensations-Signal V_c . Das Kompensationssignal selbst ist relativ frei von Drift-Effekten, da sein Wert in einem Zähler 48 digital gespeichert wird, und wird in einem Digital/Analog-Konverter, einer von Drift-Effekten relativ freien Einrichtung, umgesetzt. Der Impuls-Detektor 42 gestattet die Einleitung des automatischen Betriebs, indem der Faden in einfacher Weise vom Fühlerkopf H abgehoben wird. Ist andererseits der Faden aus dem Schlitz mit einem Solenoid oder dergl. zu entfernen, kann ein separates Startsignal unter Verwendung eines Torimpulses G zur zeitlichen Feststellung der Dauer, in welcher der Faden sich ausserhalb des Schlitzes S befindet, geliefert werden. Es sei bemerkt, dass der automatische Null-Abstimm-Kreis 20 einen Vergleich zwischen dem vorbestimmten Bezugswert und dem Ausgang des Addiererkreises bewirkt, welcher das Fadenmess-Signal mit dem Kompensations-Signal V_c kombiniert und dadurch automatisch jede im Addierer 40 entstehende Nullpunktwanderung kompensiert.

Fig. 5 veranschaulicht im einzelnen den Aufbau einer automatischen Nullabstimmenschaltung 20A des vorstehend beschriebenen Typs. Der Impuls-Detektor 42 weist eingangsseitig ein Hochpassfilter auf, das aus einem Kondensator C2 und einer Diode CR₂ am Eingang eines Verstärkers A1A besteht, der auf grobe Veränderungen im Eingangssignal anspricht, um den Multivibrator 44 auszulösen. Ein Anschluss ZRO am Eingang des Multivibrators 44 ist zur manuellen Anlegung eines Trigger-Signals ausgelegt. Der Multivibrator 44 weist einen Oszillatorteil U1-A auf, der monostabil funktioniert und einen Ausgangstorimpuls aufweist, um den Taktimpuls-Oszillator 46 zu starten. Der Taktimpuls-Oszillator 46 weist einen frei, beispielsweise mit 1 kHz schwingenden Oszillatorteil U1-B auf. Der Zähler 48 besteht aus zwei Vier-Bit-Zählern U3 und U4 und weist acht Ausgangsleitungen 48a auf, die mit dem Digital/Analog-Umsetzer 50 verbunden sind. Die Ausgangsspannung am Zapfen 1 des Umsetzers 50, welcher dem Anschluss 50a des in Fig. 3 veranschaulichten Konverters entspricht, wird an den Eingang des Addierers 40 angelegt, der mit einem Betriebsverstärker A1-B ausgebildet ist. Der Vergleicher 52 enthält einen Verstärker-Abschnitt A1-C, wobei ein Bezugs-Nullkreis 54 mit seinem positiven Eingangsanschluss verbunden ist. Der Bezugs-Nullkreis 54 weist ein zwischen positive und negative Spannungsquelle von +15 Volt und -15 Volt geschaltetes Potentiometer R26 auf, wobei der Potentiometerabgriff über einen Widerstand R₂₂ mit dem positiven Anschluss des Vergleichers 52 verbunden ist. Der Null-Bezugswert kann demgemäss zur Herstellung eines präzisen Eichwerts eingestellt werden.

In Fig. 5 stellen die Zahlen neben den verschiedenen Verstärkern, Oszillatoren, Zählern und Umsetzern die Anschlussnummern von beispielsweise vorgesehenen Vorrichtungen, welche diesen von den Herstellern gegeben wurden, dar. In der Darstellung sind die Verstärkerteile A1-A bis A1-C Teile einer Komponente eines National-Halbleiter-Modells

324, die Oszillator-Teile U1-A und U1-B Komponenten eines National-Halbleiter-Modells 556, die Zähler-Abschnitte U3 und U4 Komponenten des Texas Instruments Modells 74L93 und ist der Digital/Analog-Umsetzer U2 eine Komponente des Analog Devices, Inc.-Modells AD 7520 KN. Die mit A und D bezeichneten Masseanschlüsse werden gemäss Darstellung in der unteren linken Ecke der Fig. 5 entwickelt.

Die Werte der Widerstände und Kondensatoren in der automatischen Null-Schaltung 20A in Fig. 5 können die nachfolgend angegebenen Werte annehmen:

R1, R2	30,9K
R6	100 K
R7	10K
R8	56K
R9	4,7K
R10	10K
R11	1M
R15, R16	22K
R17	47K
R18	150
RA	180K
RB	80,6K
R22	1M
R23	4,99K
R26	5M
C2	3,3 Mikrofarad
C6	4,7 Mikrofarad
C7	0,1 Mikrofarad
C8	0,22 Mikrofarad

Fig. 6 und 7 veranschaulichen eine bevorzugte Ausführungsform der automatischen Eichschaltung 20, in welcher sowohl automatische Null-Wert- als auch automatische Verstärkungs-Abstimmungen vorgesehen sind. Fig. 6 ist eine allgemeine schematische Darstellung der Schaltung, während Fig. 8 diese in grösseren Einzelheiten zeigt. In dieser Ausführungsform ist die kapazitive Brückenschaltung 12b so modifiziert, dass sie identische Widerstände RD und RE in Reihe mit jeweiligen Kondensatoren C1 und C4 aufweist. Im normalen Gebrauch des kapazitiven Fühlers haben die addierten Widerstände eine relativ konstante Wirkung auf die Verstärkung der Brücke. Wie zuvor werden Signale Ø1 und Ø2 an die Anschlüsse 12a und 12b und die Brückenausgänge auf Leitungen 12c und 12d an die jeweiligen Eingänge des Differenzverstärkers 16 angelegt. Der Verstärkerausgang 16a wird an den Demodulator 18, der ebenfalls das Signal Ø2 empfängt, angelegt. Der Demodulatorausgang auf der Leitung 18a wird an die automatische Eichschaltung 20B angelegt.

Wie in der Schaltung 20A wird das Entfernen des Fadens aus dem kapazitiven Fühler durch einen Impuls-Detektor 42B und einen monostabilen Multivibrator 44B erfasst. Der erfasste Impuls leitet eine automatische Selbstbestimmung ein, die aus einer automatischen Nullabstimmung, gefolgt von einer automatischen Verstärkungsabstimmung, besteht. Der automatische Ablauf wird von einem Schieberegister 72 gesteuert.

Der Impuls aus einem monostabilen Multivibrator 44B wird als Takteingangssignal an ein D-Flip-Flop 70 angelegt, an dessen D-Eingang 70a jederzeit ein hohes Eingangssignal angelegt ist. Nach vorheriger Lösung des Flip-Flop geht der Ausgang an Leitung 70b mit dem Taktsignal von dem monostabilen Multivibrator 44B von einem niedrigen zu einem hohen Wert über. Der Ausgang 70b bleibt auf einem hohen Wert, bis ein Löschesignal am Ende eines Ablaufs empfangen wird.

Der hohe Ausgangswert von dem D-Flip-Flop 70 erregt

ein zuvor gelöscht Acht-Bit-Schieberegister 72. Dieses Schieberegister 72 steuert die jeweils automatische Null- bzw. Verstärkungs-Abstimmungs Ablaufs welche nachfolgend beschrieben werden. Ein Takt 74 erzeugt ein Niederfrequenz-Taktsignal, welches an den Takteingang des Schieberegisters 72 angelegt wird. Dieses Niederfrequenz-Signal kann beispielsweise eine Dauer von etwa einer Sekunde haben. Bei einer Taktzeit von einer Sekunde nimmt der Ausgang QC aus dem Schieberegister 72 einen hohen Wert an nach einer Verzögerung von etwa zwei Sekunden nach Entfernen des Fadens aus der Brücke des kapazitiven Fühlers. Diese Verzögerung von zwei Sekunden gestattet es dem Brückenausgang, sich nach dem Entfernen des Fadens aus der Brücke zu stabilisieren.

Ein hohes Eingangssignal wird jederzeit an das Schieberegister angelegt, so dass jeder Ausgang des Registers auf einem hohen Wert verbleibt, sobald der anfängliche Eingang in diese Phase verschoben wird. Wie in Fig. 7 dargestellt, steigt der Ausgang QC der dritten Phase des Registers etwa zwei Sekunden nach dem Erreger-Signal aus dem D-Flip-Flop 70. Der Ausgang bleibt auf einem hohen Wert, bis ein Löschsinal über das D-Flip-Flop 70 aus dem Ausgang QH der Endstufe empfangen wird. In ähnlicher Weise nimmt der Ausgang QD etwa drei Sekunden nach dem Erreger-Signal einen hohen Wert an und verbleibt auf diesem, bis das Löschsinal empfangen wird.

Wenn der QC-Ausgang einen hohen Wert annimmt und der QD-Ausgang auf einem niedrigen Wert verbleibt, wird von dem UND-Gatter 76 ein hohes Ausgangssignal erzeugt und ein Rückstell-Signal 76a wird an den Nullzähler 78 angelegt. Zu diesem Zeitpunkt werden die verschiedenen Ausgänge 78a vom Null-Zähler 78 auf Null zurückgestellt, und der Null-Digital/Analog-Umsetzer 80 hat einen Ausgang 80a von Null.

Das demodulierte Mess-Signal, das selbst ohne Faden im Fühler einer Nullpunktwanderung unterliegt, wird über den Widerstand RF an den Umkehreingang 82a des Betriebsverstärkers 82 angelegt. Die vom Spannungsabfall von der Bezugsquelle von 15 Volt an Widerständen RG und RH am Ausgang des Umsetzers 80 gelieferte Spannung liegt auch am Eingang 82a des Betriebsverstärkers und wird daher mit dem Mess-Signal summiert. Die Schaltungsparameter werden derart ausgewählt, dass, während der Ausgang des Umsetzers 80 sich auf Null befindet, eine positive Nullwert-Kompensationsverschiebung von etwa einem Volt durch den Spannungsteiler RG, RH an den Betriebsverstärker 82 angelegt wird. Diese Verschiebung kann bis zu -1 Volt Nullwert-Fehler vom Fühler korrigieren.

Zum Zwecke einer weiteren Erörterung sei angenommen, dass der Nullwert-Fehler des Fühlers geringer als die -1 Volt-Verschiebung ist, welche von dem Nullwert-Kompensations-Signal korrigiert wurde. Liegt ein derartiges Fühlersignal am Eingang des Betriebsverstärkers, ist der Ausgang an Leitung 82b negativ. Dieses Signal wird an den Umkehreingang eines Vergleichers 84 angelegt, an den ein Bezugs-Null-Signal von der Bezugs-Nullquelle 86 an dem sich nicht umkehrenden Eingang angelegt ist. Liegt der negative Eingang am Umkehreingang des Vergleichers 84, kann der Zähler in einen Zählzyklus eintreten, wenn ein Startsignal an den Eingang 78b angelegt ist.

Wie in Fig. 7 dargestellt, wird das Startsignal für den Nullwert-Zähler etwa eine Sekunde nach dem Rückstellsignal empfangen. Nimmt der Registerausgang QD einen hohen Wert an und bleibt der Ausgang QE auf einem niedrigen Wert, erzeugt das UND-Tor 88 das Startsignal. Der Nullzähler 78 beginnt sodann mit der Zählung der vom Takt-Oszillator 90 erzeugten Taktimpulse hoher Frequenz. Die Frequenz dieser Taktimpulse ist ausreichend hoch, so dass der Zähler

78 über einen vollständigen Zyklus innerhalb des vom Register 72 gelieferten Zeitintervalls von einer Sekunde zählen kann.

Da der Null-Zähler 78 von Null an zählt, läuft der Ausgang 80a vom Null-Umsetzer 80 durch negative Inkremente, um einen zunehmend negativen Ausgang 80a zu erzeugen. Während der Ausgang 80a negativer wird, nimmt die an den Betriebsverstärker 82 vom Spannungsteiler RG, RH angelegte Spannung in ähnlicher Weise wie bei V_c nach Fig. 4 ab. An einem bestimmten Punkt in der fortschreitenden Zählung des Zählers 78 versetzt das Analog-Kompensations-Signal vom Spannungsteiler des Messwert-Eingangssignal am Betriebsverstärker 82 direkt und der Ausgang 82b nimmt einen Nullwert an. Dieser Punkt der Zählerfolge wird vom Vergleicherschaltkreis 84 erfasst, welcher ein Signal an den Zähler 78 zur Unterbrechung der Zählung anlegt. Dieses Signal übersteuert das Startsignal auf der Leitung 78b und der Zähler hält seinen letzten Zählstand und speichert auf diese Weise ein digitales Null-Ausgleichssignal auf Leitungen 78a. Dieses digitale Kompensations-Signal hält das auf der Leitung 82a summierte Analog-Kompensations-Signal während der gesamten nachfolgenden Verwendung des kapazitiven Fühlers konstant, bis eine spätere automatische Abstimmung eingeleitet wird.

Im verbleibenden Teil des Abstimmungsablaufs schliesst ein Signal vom Register-Ausgang QE einen Analogschalter 92. Durch Schliessung dieses Schalters wird ein variabler Widerstand 94 an einen Schenkel der Brücke 12b angeschlossen, um die Brücke aus dem Gleichgewicht zu bringen. Obgleich der Faden bereits aus dem Fühler entfernt ist, wird ein vorbestimmter Fadenkennwert in der kapazitiven Fühlerbrücke simuliert. Nach Fertigstellung der automatischen Null Abstimmung ist der Demodulator-Ausgang auf Leitung 18a ausschliesslich von dem simulierten Kennwert und der Verstärkung der Schaltung der Brücke durch den Demodulator abhängig, wobei diese Verstärkung der Nullpunktwanderung unterliegt.

Ist der Widerstand 94 in den Brückenkreis geschaltet, liefert das Schieberegister 72 ein Zeitintervall von einer Sekunde, so dass das Messwert-Signal sich stabilisieren kann. Sodann wird ein Rückstell-Signal an den Verstärkungszähler 98 über das UND-Gatter 96 angelegt, wenn der Ausgang QF einen hohen Wert annimmt und der Ausgang QG auf einem niedrigen Wert verbleibt. Mit diesem Rückstell-Signal nimmt das digitale Verstärkung Kompensierende Signal auf Leitung 98a den Nullwert ab.

Der Verstärkungszähler-Ausgang 98a wird an den Digital/Analog-Umsetzer 100 vom Multiplikator-Typ angelegt. Dieser Umsetzer erzeugt einen Analog-Ausgang auf der Leitung 100a proportional dem Produkt des Analogeingangs auf der Leitung 100b und dem Digitaleingang auf den Leitungen 98a. Der Analogeingang auf der Leitung 100b wird dem Mess-Signal auf der Leitung 18a entnommen und der Analogausgang 100a wird an den nicht invertierenden Eingang des Betriebsverstärkers 82 angelegt.

Rückkopplung vom Betriebsverstärker-Ausgang 82b wird nur über den Verstärker RI an den Umkehreingang 82a angelegt. Bei dieser Schaltkreisgestaltung und bei der Nulleinstellung des Digitaleingangs an den Multiplikator-Umsetzer 100 wird die an das Messwert-Signal zwischen Leitung 18a und Leitung 20a angelegte Verstärkung ausschliesslich von den Widerständen RF und RI bestimmt. Diese Widerstände werden so ausgewählt, dass ein Verstärkungswert von etwa 8 eingestellt ist.

Etwa eine Sekunde, nachdem der Zähler 98 auf Null zurückgestellt ist, wird ein Signal vom Registerausgang QG empfangen, um mit der Zählung von Hochfrequenz-Impulsen vom Takt 90 zu beginnen. Wenn das digitale Verstärkungs

Kompensierende Signal auf Leitungen 98a zunimmt, multipliziert der Umsetzer 100 das Messwert-Signal auf der Leitung 100b mit einem zunehmend negativen Betrag. Die Schaltelemente werden derart ausgewählt, dass während der fortschreitenden Zählung des Zählers 98 die Gesamtverstärkung auf dem Messwert-Signal zwischen Leitung 18a und Leitung 20a zunehmend negativ wird, beispielsweise in Richtung auf -1.2 . Der Ausgang auf Leitung 20a wird mit der an das Signal auf Leitung 18a angelegten zunehmend negativen Verstärkung zunehmend negativ. Wenn dieser Ausgang auf der Leitung 20a einen vorbestimmten von einer standardisierten Bezugsverstärkung abhängigen Wert erreicht, unterbricht ein Vergleichler 104 die Zählung der Taktimpulse durch Zähler 98. Der Zählerausgang auf Leitung 98a wird sodann im Zähler gehalten, um das auf diese Weise bestimmte digitale Verstärkungs-Kompensations-Signal zu speichern, welches mit künftigen Messwert-Signalen zur Kompensierung der Verstärkungs-Drift in dem kapazitiven Fühler kombiniert wird.

Etwa sieben Sekunden nach Erregung des Schieberegisters 72 nimmt der Ausgang auf Leitung QH einen hohen Wert an und ein Löscher-Signal wird an das D-Flip-Flop 70 angelegt. Das Signal auf der Leitung 70b löscht sodann das Schieberegister, und das Schieberegister bleibt bis zur Einleitung eines späteren Abstimmablaufs durch den Impuls-Detektor 42B, den monostabilen Multivibrator 44B und das D-Flip-Flop 70 gelöscht. Während das Register gelöscht ist, behalten der Null-Zähler 78 und der Verstärkungszähler 98 ihre digitalen Kompensations-Signal-Ausgänge bei und der Schalter 92 wird in seine offene Stellung zurückgeführt, so dass die Brücke 12b des kapazitiven Fühlers in ihren ausgeglichenen Zustand zurückkehrt.

Obzwar ein Impuls-Detektor und ein monostabiler Monovibrator als Vorrichtungen zur Einleitung des automatischen Abstimmablaufs dargestellt sind, muss dies nicht notwendigerweise so sein. Beispielsweise kann der Faden aus dem kapazitiven Fühler vermittels eines Solenoids entfernt werden, das auf ein Steuersignal aus einem zentralen Steuer-Processor anspricht, und das D-Flip-Flop 70 könnte auf das gleiche Steuer-Signal ansprechen. Der Register-Ausgang QH könnte sodann auch ein Endfolge-Signal an den Steuer-Processor übermitteln, welches das Solenoid entregen und den Faden in seine Position innerhalb der kapazitiven Brücke zurückführen würde.

Eine detailliertere Schaltung zur Implementierung der Ausführungsform nach Fig. 6 ist in Fig. 8 dargestellt. In dieser Schaltung wird ein Signal eines hohen Wertes an den D-Eingang des Flip-Flop 70 über den Widerstand R30 angelegt. Wenn ein Signal am Takteingang auf der Leitung 70c empfangen wird, nimmt der Ausgang Q des Flip-Flop 70 einen hohen Wert an und entfernt damit das Löscher-Signal an dem invertierten Löscheingang des Registers. Wenn das Löscher-Signal entfernt ist, wird der Eingang mit hohem Wert an den Anschlüssen A und B des Schieberegisters über das Register vom Nieder-Frequenz-Taktgeber 74 im Zeittakt eingestellt. Nach etwa zwei Sekunden sind beide Eingänge des NAND-Gatters G2 (UND-Gatter 76) hochwertig, und die invertierten Löscheingänge des Zählers 78 nehmen einen niedrigen Wert an. Der aus drei Vier-Bit-Zählern U6, U7 und U8 bestehende Nullwert-Zähler 78 wird auf einen Nullwert-Ausgang gelöscht. Die verschiedenen Zähler-Ausgangsleitungen sind mit den Eingängen eines Multiplikator-Digital/Analog-Umsetzers U9 verbunden.

Nach etwa drei Sekunden werden der QD-Ausgang des Registers und der invertierte QE-Ausgang an ein NAND-Gatter G4 angelegt. Das NAND-Gatter G4 hat einen dritten Eingang vom Null-Vergleichler 84, so dass sein Ausgang sowohl als Zähler-Start-Signal und als Zähler-Stop-Signal

dient. An diesem Punkt ist der dritte Eingang des NAND-Gatters G4 hochwertig, und während die ersten beiden Eingänge vom Register 72 einen hohen Wert annehmen, nimmt der Ausgang einen niedrigen Wert an. Dieser niedrige Ausgang wird über ein D-Flip-Flop U10 im Zeittakt eingestellt, um einen hohen Ausgang am \bar{Q} -Flip-Flop-Ausgang zu liefern. Während der \bar{Q} -Ausgang des Flip-Flop U10 hoch ist, wird jeder Zähler U6, U7, U8 über seinen P-Eingang erregt, und der erste Zähler U6 wird an seinem T-Eingang zur Auslösung eines Zählsignals getriggert. Der Taktgeber beginnt daher mit den Takt-Signalen zu wachsen, welche vom Hochfrequenz-Taktgeber 90 angelegt werden.

Während der Zähler 78 wächst und sein Ausgang an den Digital/Analog-Umsetzer U9 angelegt ist, nimmt der Analog-Ausgang U9 ebenfalls zu, und dieses positive Signal wird an den Umkehr-Eingang des Verstärkers A2 angelegt. Der Ausgang des Verstärkers A2, welcher über einen Rückkopplungs-Widerstand im Umsetzer U9 rückgekoppelt wird, ist ein an ein Ende des Spannungsteiler-Kreises RG, RH angelegtes negativ anwachsendes Signal. Das entgegengesetzte Ende des Spannungsteilers ist mit einem Zener-Diodenkreis mit einer Diode Z2 verbunden, welche eine konstante positive Bezugs-Spannung liefert. Der Ausgang des Spannungsteilers wird mit dem Messwertsignal am Eingang des Betriebsverstärkers 82 summiert und mit einem Null-Bezugswert in dem Vergleichler 84 verglichen, dessen Ausgang das NAND-Gatter G4 steuert, um über Flip-Flop U10 ein Zählstopp-Signal zu erzeugen. Dieses Signal wird an die P-Eingänge des Nullwert-Zählers 78 angelegt. Aufgrund des Unterschieds in den Taktgeschwindigkeiten wird dieses Zähl-Stopp-Signal von dem Zähler 78 aufgenommen, bevor der QE-Ausgang des Steuerregisters 72 einen hohen Wert annimmt.

Wenn der Ausgang QE des Steuer-Registers 72 einen hohen Wert annimmt, behält der Zähler 78 seinen digitalen Nullwert-Kompensations-Signal-Ausgang bei und der Analog-Schalter 92 wird geschlossen, um Register R56 und R58 an die kapazitive Brückenschaltung über die Leitung 92a anzuschließen. Danach nimmt der QF-Register-Ausgang einen hohen Wert an. Dieser Ausgang wird zusammen mit dem invertierten QC-Ausgang über ein NAND-Gatter G6 angelegt und bewirkt, dass der invertierte Löscheingang jedes der Vier-Bit-Zähler U11, U12 und U13 des Verstärkungszählers 98 einen niedrigeren Wert annimmt. Damit wird das digitale Verstärkungs-Kompensations-Signal auf den Ausgangsleitungen des Zählers 98 gelöscht, um auf Null zu gehen. Diese Ausgangsleitungen sind mit den Eingängen des Multiplikator-Digital/Analog-Konverters U15 des Verstärkungsumsetzers 100 verbunden.

Wenn der Ausgang QG des Steuer-Schieberegisters schliesslich einen hohen Wert annimmt, bewirkt er, dass der Ausgang des NAND-Gatters G8 einen niedrigen Wert annimmt, wodurch ein hoher \bar{Q} -Ausgang vom D-Flip-Flop U14 geliefert wird. Der hohe Ausgang vom D-Flip-Flop erregt jede Stufe des Verstärkungszählers 98 und löst eine Zählfolge über den Eingang T des Zählers U11 aus.

Der verstärkte Ausgang vom Zähler 98 wird mit dem Analog-Messwert-Signal in dem Multiplikator-Digital/Analog-Umsetzer U15 multipliziert und liefert ein anwachsendes Ausgangssignal. Dieses Ausgangssignal wird an den invertierenden Eingang eines Verstärkers A4 angelegt, dessen Ausgang an den spannungsteilenden Widerständen R66 und R68 angelegt wird. Die geteilte Spannung, welche das Produkt des Messwert-Signals ist, und ein vorbestimmter konstanter Wert wird an den nicht invertierenden Eingang des Betriebsverstärkers 82 angelegt. In dem Masse wie der Ausgang des Verstärkungszählers 98 wächst, nimmt die an das negative Mess-Signal auf der Leitung 18a angelegte negative Verstärkung zu.

Schliesslich entspricht der positive Ausgang auf Leitung 20a dem an den nicht-invertierenden Eingang des Vergleichers 104 von der Zener-Diode 22 angelegten positiven Signal. Der Ausgang des Vergleichers 104 nimmt sodann einen niedrigen Wert an und bewirkt, dass der D-Eingang des Flip-Flop U14 einen hohen Wert annimmt und das die Zählung auslösende Signal vom Flip-Flop U14 zum Zähler 98 einen niedrigen Wert annimmt, wodurch die Zählung beendet wird. An diesem Punkt ist die an das Messwert-Signal auf Leitung 18a aufgrund des digitalen Verstärkungs-Kompensations-Signals am Ausgang des Zählers 98 angelegte Verstärkung derart, dass das bekannte Brückenungleichgewicht zu einem standardisierten Ausgang auf Leitung 20a führt.

In Fig. 8 sind die Multiplikator-Digital/Analog-Umsetzer U9 und U15 Komponenten des Modells AD7521 der Firma Analog Devices, Inc. Die Werte der Widerstände und Kondensatoren in dem automatischen Eichkreis 20b nach Fig. 8 können die nachfolgend aufgeführten Werte sein:

R30	1K
R32, R34	470K
R36, R38	1K
R40, R42	4,7K
R44	1K
R46	1M
R48	10K
R50	1M
R52	1K
R54	1K
R56	4,99K
R58	10K
R60	1K
R62	1M
R64	1K
R66	8,06K
R68	3,01K

R70, R72, R74	1K
RF	10K
RG	60,4K
RH	30,1K
RI	8,06K
C12	1 μ F
C14	0,01 μ F

Die Widerstände RD und RE in der Brückenschaltung haben jeweils 499 Ohm.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich, dass durch die Erfindung ein kapazitives Mess- und Überwachungs-System geschaffen wird, das der durch Verunreinigung des kapazitiven Fühlers hervorgerufenen Signal-Drift mit Mitteln unter Verwendung von Standard-Komponenten und Vorrichtungen in einer Schaltung entgegenwirkt, die sich leicht aufbauen lässt, bei einem Kostenaufwand, der im Vergleich mit den Kosten gering ist, die zur Entfernung der Verschmutzungen durch häufiges Reinigen eines Fühlerkopfes aufgewendet werden müssen.

Obleich bevorzugte Ausführungsformen der automatischen Abstimmuschaltungen zur Erzielung dieser Ziele unter Bezugnahme auf Figuren 5 und 8 beschrieben wurden, versteht es sich, dass auch andere Schaltungsformen, Komponenten und Element-Werte oder Modelle zur Durchführung der vorliegenden Erfindung vom Fachmann konzipiert werden können.

Obzwar vorliegend spezielle Ausführungsformen der Erfindung im einzelnen beschrieben wurden, geschah dies nur zum Zwecke der Darstellung der Erfindung. Dies versteht sich nicht als Beschränkung des Umfangs der Erfindung, da die vorliegend offenbarten Konstruktionen in vielerlei Hinsicht geändert werden können, ohne vom Sinn und Geltungsbereich der Erfindung abzuweichen.

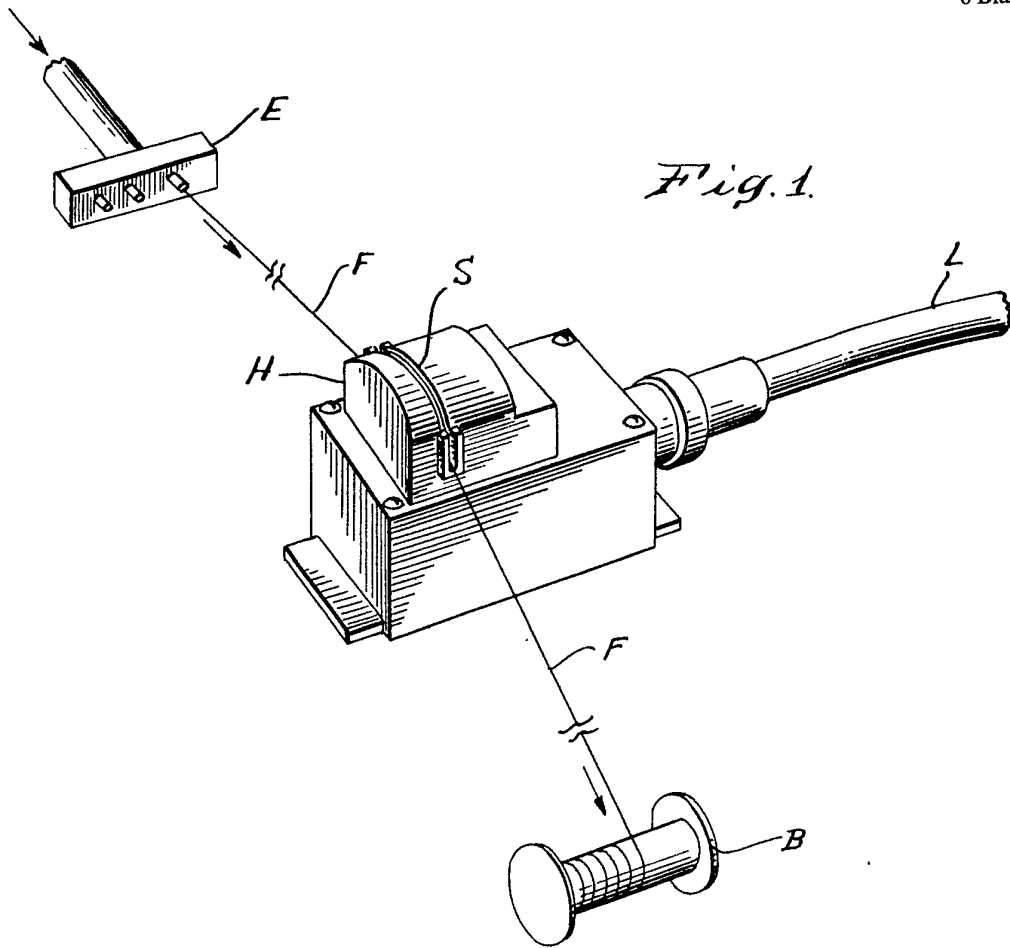


Fig. 2.

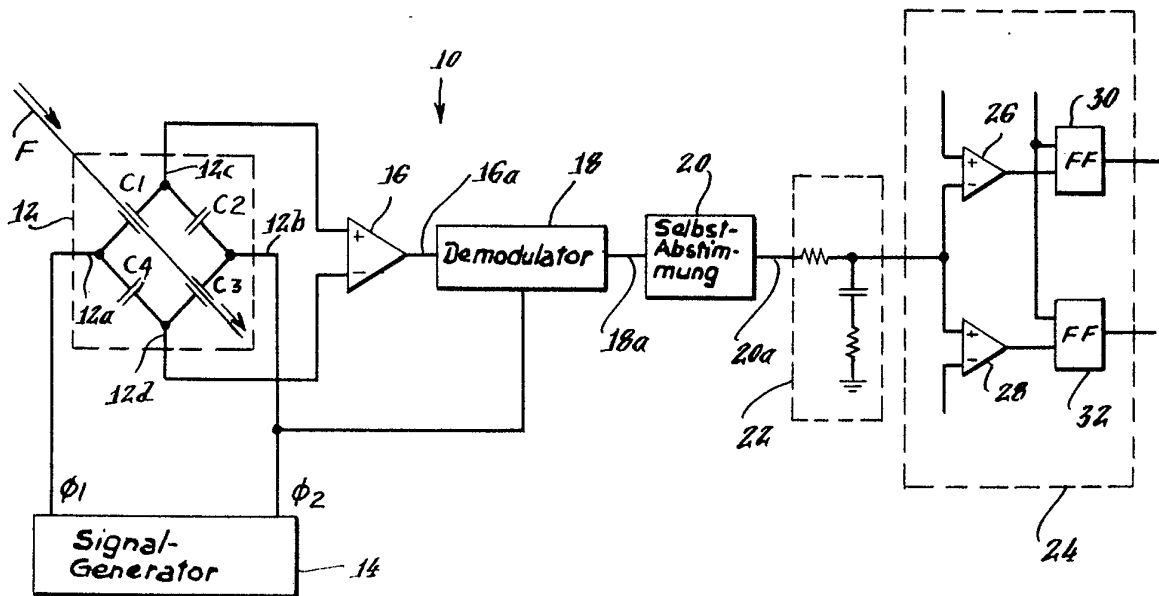
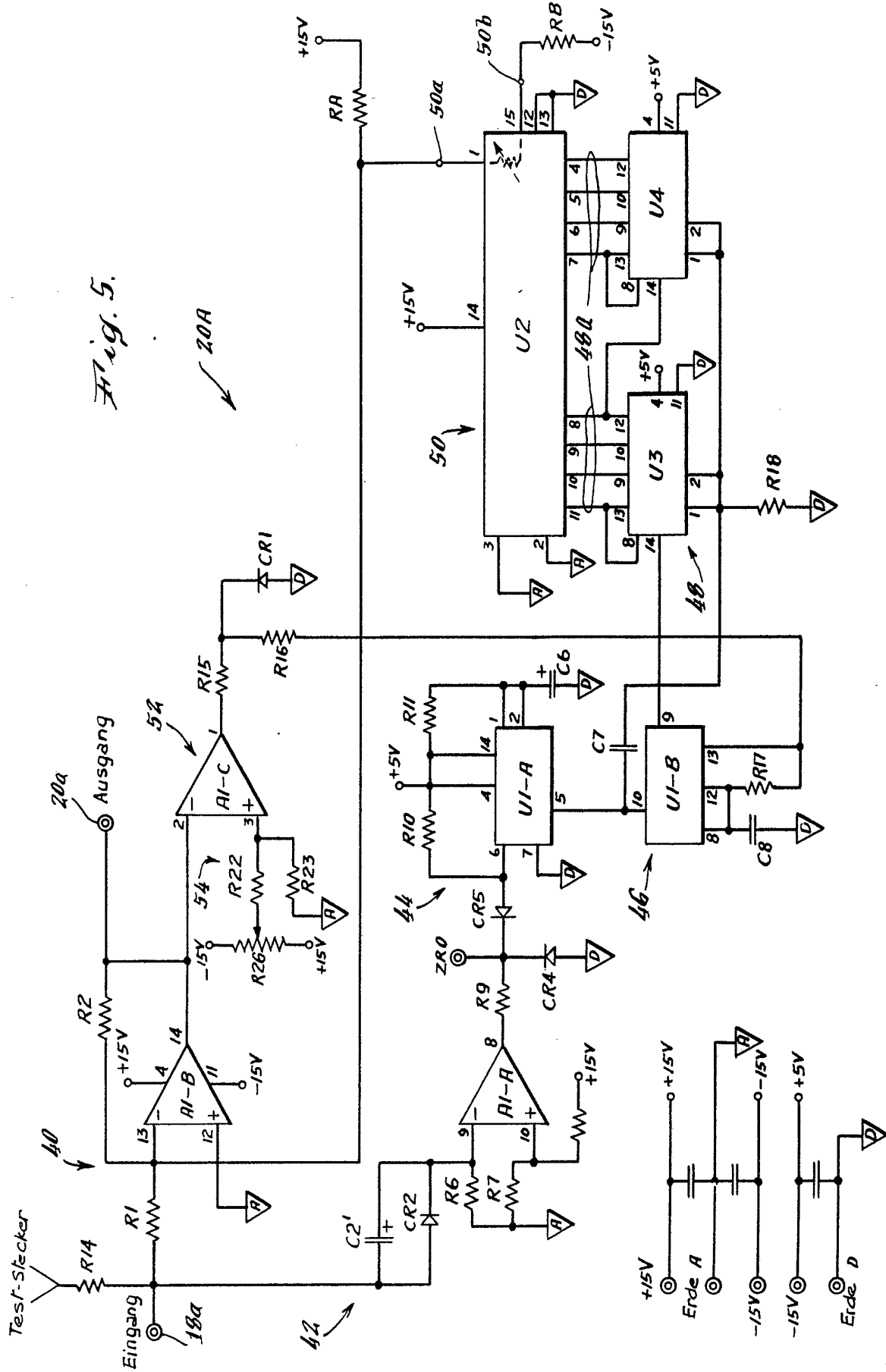


Fig. 5.



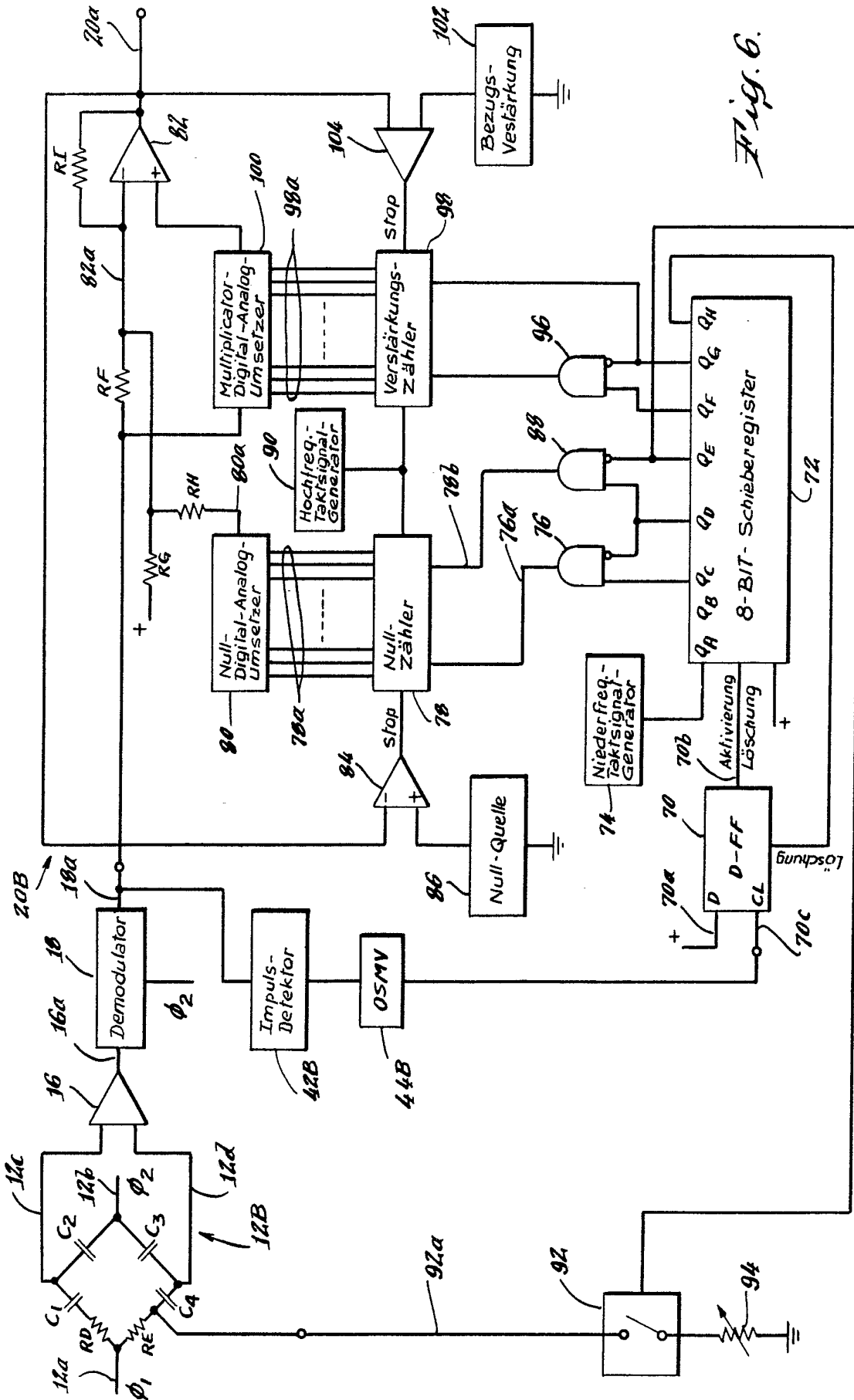


Fig. 6.

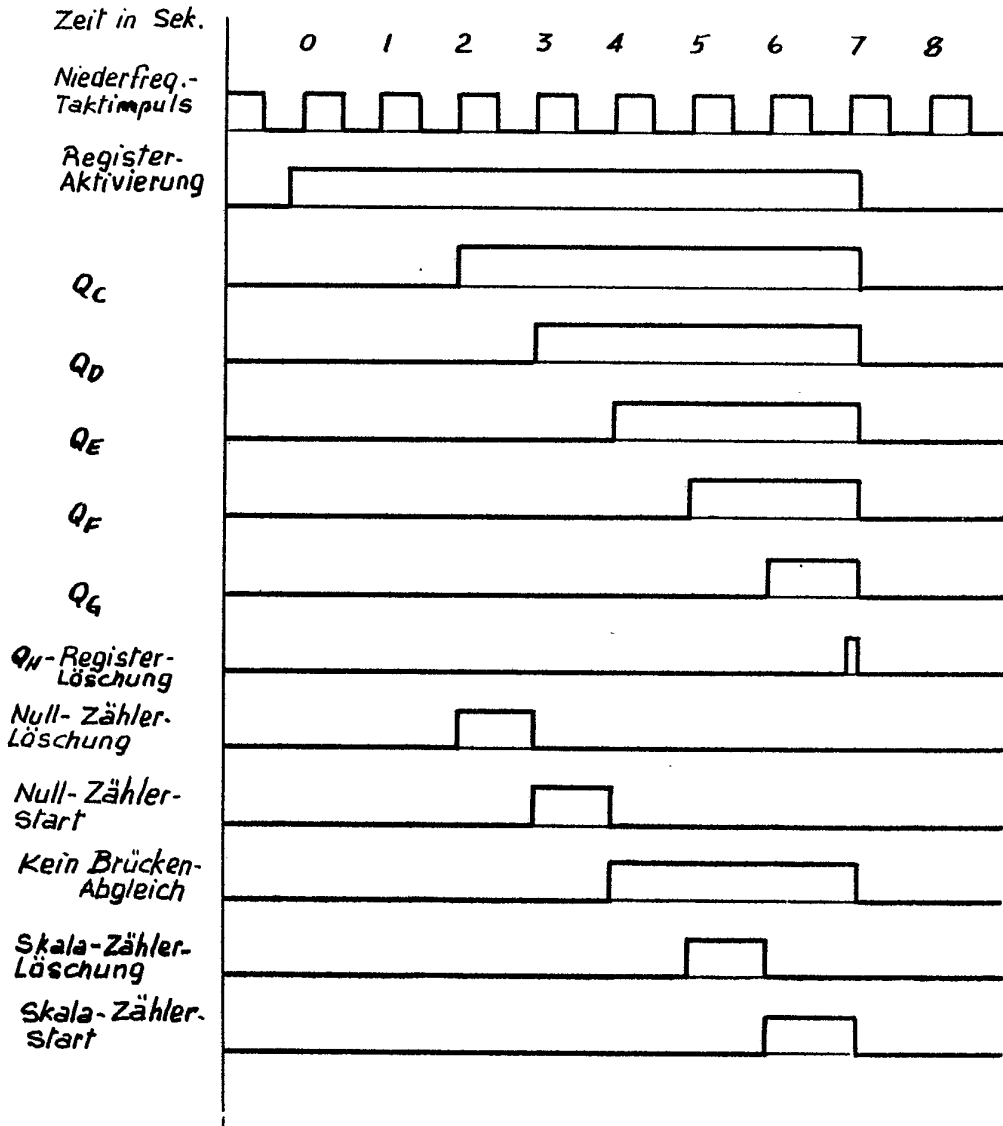


Fig. 7.

Fig. 8.

