



(10) **DE 10 2011 005 317 B4** 2017.08.17

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 005 317.4**
(22) Anmeldetag: **09.03.2011**
(43) Offenlegungstag: **13.09.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.08.2017**

(51) Int Cl.: **G01B 7/28** (2006.01)
A01F 29/00 (2006.01)
G01N 3/58 (2006.01)
G01M 13/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**John Deere GmbH & Co. KG, 68163 Mannheim,
DE**

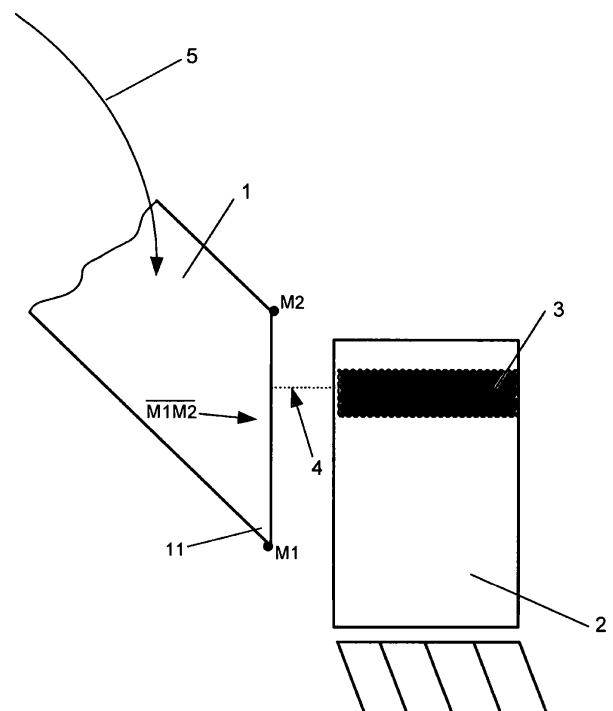
(72) Erfinder:
**Teichmann, Jens, 01920 Panschwitz-Kuckau, DE;
Pietsch, Thomas, 02627 Kubschütz, DE; Günther,
Andi, 01187 Dresden, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	198 12 271	A1
DE	10 2009 029 675	A1
DE	10 2009 047 584	A1
DD	2 86 735	A5
DD	2 86 737	A5
EP	2 225 931	A1

(54) Bezeichnung: **Messsystem zur Ermittlung des Verschleißzustandes von Häckselmessern**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bestimmung des Abnutzungsgrades eines rotierenden Messers (1) und der Veränderung des Abstandes vom Messer (1) zur Gegenschneide (2) einer Häckselmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass beim Durchgang des Messers (1) durch das Feld (4) mindestens eines analogen induktiven Sensors (3) oder mindestens zweier bivalenter induktiver Sensoren (7) die Sensorwerte an eine Auswerteeinheit (20) übertragen werden, wo diese Signale in mindestens eine Kurve umgewandelt werden und die Schärfe der Schneide (11) und der Abstand der Schneide (11) zur Gegenschneide (2) gleichzeitig aus mindestens zwei kennzeichnenden Parametern der mindestens einen Kurve ermittelt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Häckselmaschine, insbesondere einen Feldhäcksler und dient der Ermittlung des Verschleißzustandes, insbesondere der Abstumpfung der Schneide der Häckselmesser, und der Justierung des Abstandes von Schneide und Gegenschneide. Häckselmaschinen dienen in der Landwirtschaft vorzugsweise zur Zerkleinerung von Erntegut. Typischerweise weisen Häcksler mindestens ein rotierendes Messer mit einer Schneide und eine feststehende Gegenschneide auf. Die Bewegung der rotierenden Messer erfolgt auf der Mantelfläche eines Zylinders. Die Schneide der rotierenden Messer passiert die Gegenschneide in regelmäßigen Abständen in unmittelbarer Nähe und bewirkt so gemeinsam mit der Form der Schneiden den Schnittvorgang.

[0002] Die im landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzten Häcksler weisen mehrere rotierende Messer auf, die auf einer gemeinsamen zylindrischen Mantelfläche angeordnet sind und bei ihrer Bewegung an einer oder mehreren Gegenschneiden vorbeigeführt werden.

[0003] Durch die Vielzahl der Schnittvorgänge kommt es zu einer Abrasion der Messer und zu einem Abstumpfen der Schneiden. Im Produktionseinsatz müssen daher die rotierenden Häckselmesser regelmäßig nachgeschliffen werden. Darüber hinaus verändert sich durch die Abrasion der Messer beim Schnitt und beim Nachschleifen der Abstand zwischen Schneide und Gegenschneide, so dass auch aus diesem Grund eine Nachjustierung des Abstandes erfolgen muss.

[0004] Da das Schnittgut sehr stark in Härte, Fasrigkeit und Verschmutzung, insbesondere mit abrasiven mineralischen Stoffen, variiert, ist es schwierig, ohne Außerbetriebnahme der Häckselmaschine zu bestimmen, wann ein Nachschärfen und Justieren der Häckselmesser notwendig ist.

[0005] Zur Lösung dieses Problems wurden verschiedene Ansätze verfolgt. Die EP 2 225 931 A1 stellt eine selbstfahrende Erntemaschine vor, die einen integrierten Häcksler aufweist. Es wird vorgeschlagen, anhand mindestens eines, während des Erntebetriebs ermittelten Erntegut- oder Maschinenparameters, eine Prognose über den zu erwartenden Verschleiß der Häckselmesser abzuleiten. Die Ermittlung der Prognose erfolgt im Wesentlichen gestützt auf ein Expertensystem, das aus der Kombination von Art und Zustand des Erntegutes und im System abgelegten vorherbestimmten spezifischen Messwerten eine Prognose für den Verlauf der Abnutzung der Häckselmesser bestimmt. Ein Abgleich der Prognose mit dem tatsächlichen Abnutzungsverhalten findet nicht statt. Es ist unmittelbar einsichtig, dass die Prognose aufgrund der unvermeidlichen Abweichungen vom tatsächlichen Abnutzungsverhalten im Laufe der Erntekampagne immer weniger zutreffen wird. Es ist somit anzunehmen, dass der tatsächliche Schärfegrad der Häckselmesser überwiegend außerhalb des optimalen Bereiches liegen wird.

[0006] Diesem Problem lässt sich nur begegnen, wenn der tatsächliche Schärfeverlust durch Verschleiß der Messerschneide möglichst unmittelbar bestimmt wird.

[0007] Die DD 286 735 A5 bestimmt die Schärfe von Häckselmessern, indem ermittelt wird, welchen Anteil an der gesamten, in der Rotationsebene des Messers liegenden Fläche das Häckselmesser tatsächlich einnimmt, und wie dieser Anteil sich zeitlich verändert. Es wird dabei so vorgegangen, dass der Eintritt der Klinge in ein induktives Feld erfasst, und auch das Verlassen des Feldes registriert wird. Die beiden Ereignisse dienen als Start- und Stoppsignal für einen Impulzzähler. In einer Vergleichsmessung wird die Zahl der Impulse zwischen zwei gleichen Signalen (bspw. Eintrittssignalen in das induktive Feld) erfasst. Das Verhältnis der beiden Impulsmessungen erlaubt die Bestimmung des Klingenteils an der Gesamtrrotationsfläche. Durch den Vergleich mit zurückliegenden Messungen kann die zeitliche Entwicklung und damit die Veränderung der Schärfe bestimmt werden. Diese Verfahrensweise ermöglicht eine etwas genauere Einschätzung des tatsächlichen Schärfeverlustes. Problematisch ist jedoch, dass nicht erfasst wird, wie sich durch die Klingenabnutzung der Abstand der Schneide zur Gegenschneide verändert. Dies ist von besonderer Bedeutung, da dieser nach einer Schärfung neu justiert werden muss. Darüber hinaus wird durch den Abstand zur Gegenschneide und dem dort angeordneten Sensor der Eintrittspunkt in das Induktionsfeld des Sensors bestimmt. Dieses Feld hat jedoch eine keulenförmige Gestalt und die Durchgangszeit der Klinge durch das keulenförmige Feld ist an dessen größter Ausdehnung natürlich deutlich länger als an der Basis oder dem Scheitelpunkt der Feldlinien. Somit erfolgt auch nach diesem Verfahren die Bestimmung der Schneidenabnutzung nicht mit hinreichender Genauigkeit.

[0008] Die DD 286 737 A5 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Schärfe von Häckselmessern, indem die in einem Geber durch die Schneidkante und die Hinterkante eines vorbeistreichenden Häckselmessers

induzierten positiven und negativen Spannungsimpulse erfasst und miteinander verrechnet werden. Beim Erreichen eines festgelegten Grenzwertes der verrechneten Spannungswerte, insbesondere des Verhältnisses der Spitzenspannungsverhältnisse bei scharfen Häckselmessern und beim aktuellen Häckselmesserzustand, wird ein Signal zur Information des Bedienpersonals oder zur Inbetriebnahme einer Schleifeinrichtung ausgegeben. Problematisch ist auch hier, dass nicht erfasst wird, wie sich durch die Klingenabnutzung der Abstand der Schneide zur Gegenschneide verändert mit dem damit verbundenen Genauigkeitsverlust bei der Bestimmung des Schneidenschleißes.

[0009] Die DE 10 2009 029 675 A1 betrifft eine Einrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung der Schärfe von gegenüber einer Gegenschneide bewegbaren Häckselmessern, mit einem Vibrationssensor zur Erfassung einer schneidkraftabhängigen Größe und einer mit dem Sensor verbundenen Auswertungsseinrichtung. Dabei werden die gemessenen Schneidkräfte mit dem Referenzwert für Schneidkräfte im geschärften Zustand der Häckselmesser verglichen und so der Zeitpunkt für das Nachschleifen bestimmt. Da sich das Schnittgut stark in Härte, Faserstruktur und Verschmutzungsanteil unterscheidet, ist die Genauigkeit dieses Messverfahrens als gering einzuschätzen.

[0010] DE 198 12 271 A1 zeigt eine Einrichtung zum Überwachen des Abstandes zwischen einem ersten und einem zweiten magnetisch leitenden Teil, die relativ zueinander beweglich sind, insbesondere zwischen einem Messer einer rotierenden Schneidtrommel und einer Gegenschneide einer Erntemaschine, mit einem Permanentmagneten und einer Induktionsspule zur Erzeugung eines dem Abstand entsprechenden elektrischen Signals, das einem Auswertekreis zugeführt wird, wobei der Permanentmagnet und die Induktionsspule räumlich voneinander getrennt sind. Diese Lösung ist ausschließlich zur Bestimmung des Abstandes zweier beweglich zueinander angeordneter Teile geeignet.

[0011] DE 10 2009 047 584 A1 offenbart ein Häckselmesser mit einem Messerkörper, der in eine Messerschneide ausläuft und an einer zur Messerschneide benachbarten Fläche mit einer Hartstoffbeschichtung ausgestattet ist. Diese bildet bei einem scharfen Häckselmesser dessen Schneidkante. Dabei enthält die Hartstoffbeschichtung ein vom Messerkörper verschiedenes, sensorisch erfassbares Material oder besteht daraus. Diese Lösung ist aufwändig und schränkt die Möglichkeiten der Ersatzteilbeschaffung für den Anwender ein.

[0012] Es stellt sich somit die Aufgabe, eine Vorrichtung und ein Verfahren vorzuschlagen, um sowohl die Veränderung der Schärfe der Häckselmesser als auch des Abstandes von Schneide zu Gegenschneide gleichzeitig während des Betriebes der Häckselmaschine zu erfassen.

[0013] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit dem Verfahren nach Anspruch 1 bzw. der Vorrichtung nach Anspruch 8 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den rückbezogenen Unteransprüchen dargestellt.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass beim Durchgang des Messers durch das Feld mindestens eines analogen induktiven Sensors oder mindestens zweier bivalenter induktiver Sensoren die Sensorwerte an eine Auswerteeinheit übermittelt werden, wo diese Signale in eine oder mehrere Kurven umgewandelt werden und die Veränderung von Schärfe und Abstand der Schneide zur Gegenschneide gleichzeitig aus mindestens zwei kennzeichnenden Parameter der Kurven ermittelt werden. Unter „Kurve“ wird hier eine Aneinanderreihung von Messwerten hinsichtlich zweier Parameter (bspw. Sensorspannung über der Zeit) verstanden, die die tatsächliche graphische Darstellung zur Durchführung des Verfahrens nicht unmittelbar erfordert. In den Messwerten werden bspw. die beiden Parameter Minimum und Dauer der Unterschreitung eines Wertes bestimmt. Das Minimum entspricht dabei der Kurvenunterkante und die Dauer der Unterschreitung eines Wertes bezeichnet die Zeiten, in welchen die Messwerte einen vorher bestimmten Normalwert unterschreiten (entspricht der Zeit zwischen Absinken und Ansteigen der Kurve unter bzw. über einen Wert).

[0015] Unter bivalent wird im Folgenden verstanden, dass die Ausgangssignale der Sensoren zwei diskrete Werte annehmen können. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um die Zustände „An“ und „Aus“, wobei bei „An“ bevorzugt ein vorgegebener Spannungswert abgegeben wird.

[0016] Aus der Berücksichtigung der Tatsache, dass das Feld der induktiven Sensoren keulenförmig ist, ergibt sich, dass dieses Feld an zwei Stellen mit unterschiedlichem Abstand vom Sensorkopf gleich stark ist. Es ist daher essentiell zu wissen, an welcher Stelle der Keule die Klinge das Feld passiert. Somit kann nur aus Kenntnis von sowohl Durchgangszeit als auch Abstand die Schärfe ermittelt werden kann.

[0017] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform wird mindestens ein analoger induktiver Sensor verwendet. Das Ausgangssignal der Sensoren ist ein Spannungsverlauf über die Zeit. Dieses Ausgangssignal der Sensoren liefert eine U-förmige Spannungs-Zeit-Kurve. Diese Kurve ist durch zwei Parameter gekennzeichnet:

- den Abstand der Schenkel der U-förmigen Kurve voneinander, der ein Maß für die Zeitdauer ist, während der sich das Messer im Sensorfeld befunden hat. Bei einem Schärfeverlust des Messers verkürzt sich diese Zeitdauer. Deren Veränderung ist somit ein Maß für den Schärfeverlust der Schneide.
- die minimale Spannung, die sich aus dem unteren Scheitelpunkt der U-förmigen Kurve ergibt und die ein Maß für den Abstand von Schneide und Gegenschneide ist und deren Veränderung die Veränderung dieses Abstandes angibt.

[0018] Dem Fachmann ist bekannt, dass die Ausgangssignale induktiver Sensoren sowohl Spannung als auch Strom sein können und dass eine Umsetzung dieser Signale ineinander ohne weiteres möglich ist.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kommen zwei bivalente induktive Sensoren zum Einsatz. Diese Sensoren liefern ein digitales Messsignal, d. h. die Ausgangssignale der Sensoren wechseln zwischen den Zuständen „An“ und „Aus“. Wenn die Störung des Magnetfeldes eines bivalenten Sensors einen bestimmten Wert passiert, wird in den anderen Wert umgeschaltet. Um die Abnahme der Schärfe und die Veränderung des Abstandes zwischen Schneide und Gegenschneide gleichzeitig messen zu können, werden die Sensoren mit definiertem, unterschiedlichem Abstand zur Schneide (Versatz) angeordnet, jedoch so, dass die Schneide die Magnetfelder beider Sensoren passiert. Auch hier werden wieder zwei Parameter bestimmt; die Durchlaufzeit des Messers durch das Feld eines Sensors, sowie die Differenz der Durchlaufzeiten durch die Felder der beiden Sensoren. Die Abnahme der Schärfe spiegelt sich hier in der verkürzten Zeit des Durchlaufs des Messers durch das Sensorfeld wieder, wobei der Zeitpunkt des Verlassens des Feldes (obere, nicht schneidende Kante des Messers) konstant bleibt und lediglich der Eintritt der Schneide durch deren Abtrag später erfolgt. Die Vergrößerung des Abstandes bildet sich in einem späteren Eintritt des Messers in das Feld und einem früheren Verlassen des Feldes wieder. Aus den unterschiedlichen Durchlaufzeiten des Messers durch die beiden Sensorfelder lässt sich nunmehr unter Zugrundelegung des bekannten Abstandsunterschiedes der beiden Sensoren zur Schneide über ein Gleichungssystem mindestens eine Kurve gewinnen, die die Bestimmung der Veränderung der beiden Größen „Schärfe“ und „Abstand von Schneide und Gegenschneide“ ermöglicht.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, den tatsächlichen Schärfezustand der Schneide der Klinge der Häckselmaschine während des Betriebes zu bestimmen. Der Maschinenführer kann somit ein Nachschleifen der Schneide zum optimalen Zeitpunkt vornehmen. In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Veränderungen der kennzeichnenden Parameter der Kurve mit vordefinierten Grenzwerten verglichen. Beim Überschreiten dieser Grenzwerte kann der Maschinenführer informiert werden, dass eine Schärfung vorzunehmen ist oder, im Falle eines zu großen oder zu kleinen Abstandes von Schneide und Gegenschneide, kann eine automatische Korrektur oder ebenfalls eine Information veranlasst werden. In einer vorteilhaften Weiterbildung werden sowohl Schärfung als auch Justierung von Schneide und Gegenschneide automatisch veranlasst und durchgeführt. In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt vorteilhaft ein Überwachen der Position einzelner Messer bzgl. des Abstandes zur Gegenschneide und die Erkennung fehlender, verrutschter oder auch ausgebrochener Messer.

[0021] Die Erfassung des Eintrittssignals in das Feld eines induktiven Sensors wird in einer bevorzugten Ausführungsform unter Zugrundelegung der bekannten Häckseltrommeldrehzahl dazu verwendet, die Messeranzahl auf dem Umfang der Trommel zu bestimmen. Dieser Wert wird der Häckslerelektronik zur Verfügung gestellt, was im Zusammenhang mit der gemessenen bzw. berechneten Drehzahl auf die einstellbaren tatsächlichen Schnittlängen schließen lässt. Die tatsächliche Schnittlänge ist dabei die Länge des Häckselgutes, die aber noch abhängig von der Zuführgeschwindigkeit des Gutes ist. Um den möglichen einstellbaren Schnittlängenbereich zusätzlich zu variieren, werden je nach Hersteller Messer am Umfang der Trommel aus oder zusätzlich eingebaut.

[0022] Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist mindestens einen analogen induktiven Sensor oder zwei bivalente induktive Sensoren auf, deren Magnetfelder mindestens ein, bevorzugt jedes Messer der Häckselmaschine, welches in der Sensorebene liegt, während seiner Rotation durchläuft. Vorteilhaft sind mehrere analoge und/oder bivalente Sensoren nebeneinander angeordnet. Der Sensor oder die Sensoren sind eingerichtet, beim Durchgang des Messers durch das Feld des Sensors oder der Sensoren die Sensorwerte an eine Auswerteeinheit zu übertragen, welche eingerichtet ist, diese Signale in mindestens eine Kurve umzuwandeln und die Schärfe der Schneide und der Abstand der Schneide zur Gegenschneide gleichzeitig aus mindestens zwei kennzeichnenden Parametern der mindestens einen Kurve zu ermitteln.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform sind der oder die Sensoren direkt in der Gegenschneide angeordnet. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht vor, die Sensoren in der Nähe der Gegenschneide anzuordnen. Wenn mehrere Sensoren zum Einsatz kommen, sind diese bevorzugt parallel zur Gegenschneide bzw. in dieser angeordnet. Mittels mehrerer Sensoren lässt sich ein größerer Schneidenbereich überwachen.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind analoge oder bivalente induktive Sensoren entlang der gesamten Breite der Gegenschneide angeordnet, so dass eine größere Messerarbeitsbreite bewertet werden kann. Ein Sensor deckt bei der Messung in etwa die Breite seines Sensorkopfes ab. Wenn diese bspw. 10 mm beträgt, wird aus 10 mm Messerbreite der Wert ermittelt, der das Sensorsignal darstellt. Ist an dieser Stelle das Messer durch z. B. Kerben, Ausbruchstellen und dergleichen nicht mehr repräsentativ, können Fehlinterpretationen entstehen. Durch die bevorzugte Anordnung mehrerer Sensoren kann vorteilhaft ein größerer Breitenbereich gemessen werden, der dann einzelne Fehlstellen besser mittelt. Die erste Mittelung erfolgt bevorzugt dadurch, dass ein Sensor alle Messer auf dem Umfang erfasst. Als bevorzugtes Mittelungsverfahren wird das arithmetische Mittel eingesetzt. Durch mehrere Sensoren nebeneinander wird die Ermittlung der Schneidenkante (Mittelwert) noch genauer, was zur Ermittlung eines repräsentativen Wertes für die Schärfe der gesamten Messer auf der Trommel führt.

[0025] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Sensoren auf einer, die gesamte Trommelbreite überfahrenden, Einheit platziert. Diese Einheit ist bevorzugt ein über die gesamte Trommelbreite verschiebbarer Sensorträger. Diese Einheit kann in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Schleifmechanismus sein bzw. direkt mit diesem mechanisch verbunden sein. Dies ermöglicht die Erkennung der Messerschärfe über die gesamte Trommelbreite und nicht nur in der Sensorebene. Vorteilhaft wird die Kopplung von Sensoren an die Schleifeinheit genutzt, um den Schleifvorgang zu überwachen.

[0026] Die Sensoren sind bevorzugt mit einer oder mehreren Auswerteeinheiten verbunden oder beinhalten diese. Die Verbindung erfolgt drahtgebunden oder drahtlos. In einer bevorzugten Ausführungsform wird auch die Stromversorgung des Sensors mit von der Auswerteeinheit übernommen. In der Auswerteeinheit erfolgt bevorzugt die Umsetzung des Signals in eine für nachgeschaltete Verarbeitung geeignete Form. Dies beinhaltet bevorzugt die Signalformung, Glättung und Analog-Digital-Umsetzung. Die Weiterleitung zur weiteren Verarbeitung kann ebenfalls drahtgebunden oder drahtlos erfolgen. Die nachgeschaltete Verarbeitung erfolgt bevorzugt durch eine Computereinheit.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Weiterverarbeitung ebenfalls in der Auswerteeinheit. Dazu ist in der Auswerteeinheit dieser Ausführungsform vorteilhaft auch eine Computereinheit enthalten.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Computereinheit mit der Steuerung der Häckselmaschine verbunden, so dass in Abhängigkeit von dem Schärfegrad der Schneiden der Häckselmesser eine Schärfung und in Abhängigkeit vom Abstand der Schneiden von der Gegenschneide eine Justierung dieses Abstandes vorgenommen wird.

[0029] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird durch die Computereinheit die Veränderung von Schärfe und Abstand der Schneiden zur Anzeige gebracht. Zustände, die ein Eingreifen des Maschinenführers erfordern, werden vorteilhaft hervorgehoben dargestellt oder es wird auf sie durch einen optischen und/oder akustischen Alarm aufmerksam gemacht.

Ausführungsbeispiel

[0030] Es wird das Häckselaggregat eines Feldhäckslers eingesetzt. Betriebsdrehzahlen der Häckseltrommel bis $n = 1200 \text{ min}^{-1}$ werden damit realisiert. Der Sensor wird in der Gegenschneide des Häckselaggregates positioniert und erfasst die auf der Häckseltrommel eingespannten Messer.

[0031] Es kommt die folgende Technik zum Einsatz:

Sensor:	CONTRINEX DW-AD-509-M8 390, induktiver Näherungssensor mit Messbereich 0 bis 4 mm und Grenzfrequenzen bis 1,6 kHz,
Messkarte:	ADU, Auflösung 16 Bit, Abtastrate 200 kHz, Dateiaufzeichnung über Programmoberfläche,

Zeitabstand der Messpunkte (Abtastrate) = 5 μs .

[0032] Die elektronische Verschaltung der Sensoren ist in **Fig. 8** dargestellt.

[0033] Mit größer werdender Antriebsdrehzahl der Antriebsvorrichtung n_M steigt die minimale Signalspannung. Die minimalen Spannungen driften im Bereich von $s_{SMR} = 3$ mm stärker ab als bei geringeren Abständen. Der Abstand von 3 mm stellt im Versuch das Ende des Messbereichs des Sensors dar. Größere Abstände werden vom Sensor nicht erfasst. Die Eignung des Sensors besteht somit nur bis zu einem Abstand von ca. 3 mm zwischen Messerschneide und Sensor. Gemessen wurde eine lineare Zunahme der Ausgangsspannung des analogen induktiven Sensors mit der Zunahme des Abstandes zwischen Sensoroberfläche und Messer. Die Ergebnisse zur Veränderung der Verweilzeit des Messers über die Veränderung des Schneidenradius sind in **Fig. 9** dargestellt. Im Umkehrschluss lässt sich aus der Veränderung der Verweilzeit des Messers im Messfeld des analogen induktiven Sensors auf die Veränderung des Schneidenradius und damit die Veränderung der Schärfe der Schneide des Messers schließen.

Figuren

[0034] **Fig. 1** und **Fig. 2** zeigen das Messprinzip beim Einsatz eines analogen induktiven Sensors (**3**). Der Sensor (**3**) ist in der Gegenschneide (**4**) angeordnet. Das Messer (**1**) bewegt sich auf seiner Kreisbahn (**5**). In **Fig. 1** tritt das Messer (**1**) in das Sensorfeld (**4**) ein. Es bewegt sich auf einer Strecke $\overline{M1M2}$ vom Eintrittspunkt (M1) bis zum Austrittspunkt (M2) durch das Sensorfeld (**4**). In **Fig. 2** ist dargestellt, wie sich die Strecke $\overline{M1M2}$ aufgrund der Abnutzung im Bereich der Schneide (**11**) zur Strecke $\overline{M1'M2'}$ verkürzt.

[0035] **Fig. 3** zeigt einen schematischen Überblick über das Messprinzip. Das Messer **1** bewegt sich auf der Kreisbahn (**5**) mit dem Durchmesser d_K mit der Drehzahl n_M . Die Messerschneide passiert das Feld (**4**) des Sensors (**3**) im Abstand s_{SMR} zu dem Sensor (**3**). Die Schneide des Messers (**1**) weist dabei einen Radius r_S auf, der sich im Zuge der Abstumpfung der Schneide weiter vergrößert.

[0036] **Fig. 4** zeigt das Messprinzip zur Erfassung der gesuchten Größen „Abstand zwischen Schneide und Gegenschneide“ sowie „Verkürzung des Messers durch Abstumpfung der Schneide mittels zweier bivalenter induktiver Sensoren (**7**). Die Messdaten der beiden Sensoren (**7**) gehen gemeinsam mit der bekannten Abstandsdifferenz $S_{Versatz}$ der Sensoroberflächen zueinander in ein Gleichungssystem zur Berechnung der gesuchten Größen ein. Im dargestellten Beispiel tritt das Messer (**1**) nacheinander in die Felder (**4**) der Sensoren (**7**) ein. Die Sensoren weisen dabei einen Abstand S_{S1-S2} auf. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform tritt das Messer gleichzeitig bzw. annähernd gleichzeitig in beide Felder ein.

[0037] **Fig. 5** zeigt den Verlauf des Ausgangssignals (U-förmige Kurve) eines analogen induktiven Sensors (**3**) beim Durchgang des Messers (**1**) durch dessen Feld (**4**). Die Schneide tritt zum Zeitpunkt KE in das Messfeld ein. Die Ausgangsspannung des Sensors fällt mit zunehmendem Eintritt des Messers in das Feld weiter ab. Wenn das Messer das Feld in seiner gesamten Breite durchdringt, ist der Punkt KMA erreicht. Solange das Messer das Feld in seiner gesamten Breite durchläuft, wird die Ausgangsspannung beibehalten. Mit dem Ende der vollständigen Durchdringung (Punkt KME) beginnt der Anstieg der Ausgangsspannung des Sensors, die mit dem vollständigen Austritt des Messers aus dem Sensorfeld zum Zeitpunkt KA ihren ursprünglichen Wert für das ungestörte Messfeld wieder erreicht. Aus der Veränderung des Zeitabstandes, in dem gleiche Ausgangsspannungswerte in der U-förmigen Kurve beim Ein- und Austritt des Messers erreicht werden, lässt sich die Veränderung der Breite der Messerschneide und damit die Abstumpfung ermitteln. Aus dem Wert der Ausgangsspannung im Sohlenbereich der U-förmigen Kurve (zwischen KME und KMA) lässt sich der Abstand des Messers bzw. aus der Veränderung dieses Wertes die Abstandsänderung ermitteln.

[0038] **Fig. 6** zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung über die Zeit, der sich bei einem bivalenten induktiven Sensor (**7**) bei der Veränderung der Messerbreite (Abstumpfung der Schneide) ergibt. Da die Breite des Messers an der Schneide abnimmt, verschiebt sich der Moment des Eintritts des Messers in das Messfeld entsprechend Pfeil A zu einem späteren Zeitpunkt.

[0039] **Fig. 7** zeigt den Verlauf der Ausgangsspannung über die Zeit, der sich bei einem bivalenten induktiven Sensor (**7**) bei der Veränderung des Abstandes zwischen Messer und Sensor ergibt. Aufgrund der Keulenform des Messfeldes ist die Gesamtverweilzeit des Messers im Messfeld mit zunehmendem Abstand geringer, d. h. Eintritts- und Austrittszeitpunkt laufen entsprechend den Pfeilen B aufeinander zu.

[0040] **Fig. 8** zeigt das Messprinzip des Ausführungsbeispiels. Die Signale des analogen induktiven Sensors (**3**) werden an die Auswerteeinheit (**20**) übergeben, zu der hier neben der eigentlichen Einheit (**20**) der Controller (**21**) DT3300 zur Ansteuerung des Sensors, die Anschlussbox (**22**) BNC2110 zur Signalumformung sowie ein

Analog-Digital-Umsetzer (23), die Messkarte DAQ Card 6036E, gehören. Die gemessene U-förmige Kurve wird von der Anzeigeeinheit des Computers visualisiert.

[0041] Fig. 9 zeigt die Ergebnisse der Messungen des Ausführungsbeispiels zur Veränderung des Schneidenradius.

Bezugszeichenliste

1	Klinge
11	Schneide
2	Gegenschneide
3	analoger induktiver Sensor
4	Messfeld
5	Bewegung der Klinge
7	bivalenter induktiver Sensor
20	Auswerteeinheit (Computer)
21	Controller
22	Anschlussbox
23	Analog-Digitalumsetzer
A	Verschiebung des Eintrittszeitpunktes der Klinge in das Messfeld des bivalenten Sensors bei abnehmender Schärfe
B	Verschiebung von Eintritts- und Austrittszeitpunkt der Klinge in das Messfeld des bivalenten Sensors bei zunehmendem Abstand zwischen Sensor und Klinge.
KE	Eintritt der Klinge in das Messfeld
KME	Eintritt des Anfangs der Klinge in das Messfeld
KMA	Austritt des Endes der Klinge in das Messfeld
KA	Austritt der Klinge aus dem Messfeld
M1	Messpunkt 1 an frisch geschliffener Klinge
M2	Messpunkt 2 an frisch geschliffener Klinge
M1'	Messpunkt 1 an abgenutzter Klinge
M2'	Messpunkt 2 an abgenutzter Klinge
r_s	Radius der Schneide
S_{SMR}	Abstand des Sensors zur Klinge
$S_{Versatz}$	Differenz des Abstandes der digitalen Sensoren zur Klinge
S_{S1-S2}	Abstand der Sensoren zueinander
n_M	Drehzahl des Antriebsmotors der Häckselmaschine
d_K	Kreisbahndurchmesser der Klinge

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung des Abnutzungsgrades eines rotierenden Messers (1) und der Veränderung des Abstandes vom Messer (1) zur Gegenschneide (2) einer Häckselmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Durchgang des Messers (1) durch das Feld (4) mindestens eines analogen induktiven Sensors (3) oder mindestens zweier bivalenten induktiven Sensoren (7) die Sensorwerte an eine Auswerteeinheit (20) übertragen werden, wo diese Signale in mindestens eine Kurve umgewandelt werden und die Schärfe der Schneide (11) und der Abstand der Schneide (11) zur Gegenschneide (2) gleichzeitig aus mindestens zwei kennzeichnenden Parametern der mindestens einen Kurve ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Einsatz mindestens eines analogen induktiven Sensors (3) die Kurve eine U-förmige Spannungs-Zeit-Kurve ist, wobei aus dem kennzeichnenden Parameter Veränderung der Durchgangszeit die Schärfe der Schneide (11) und aus dem kennzeichnenden Parameter Veränderung der minimalen Spannung der Abstand der Schneide (11) zur Gegenschneide (2) ermittelt wird, wobei sich die Veränderung der Durchgangszeit aus dem Schenkelabstand der Schenkel der U-förmigen Spannungs-Zeit-Kurve und die Veränderung der minimalen Spannung aus dem unteren Scheitelpunkt der U-förmigen Spannungs-Zeit-Kurve ergibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Einsatz von mindestens zwei bivalenten induktiven Sensoren (7) eine Spannungs-Zeit-Kurve für jeden Sensor (7) gewonnen wird und als kennzeichnende Parameter die Durchlaufzeiten der Messer (1) durch die Sensorfelder (4) ermittelt und daraus die Differenz der Durchlaufzeiten durch die Felder (4) der beiden Sensoren (7) bestimmt werden, wonach unter

Zugrundelegung des bekannten Versatzes der beiden Sensoren (7) zueinander über ein Gleichungssystem die Bestimmung der Messerschärfe und des Abstandes der Schneide (11) von der Gegenschneide (2) erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Überschreiten eines vordefinierten Grenzwertes für die Schärfe der Schneide (11) ein Schärfe der Schneide (11) automatisch ausgelöst wird und/oder dass ein entsprechendes Signal an den Bediener der Häckselmaschine gesandt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Überschreiten eines vordefinierten Grenzwertes für den Abstand der Schneide (11) zur Gegenschneide (2) eine Justierung des Abstands zwischen Schneide (11) und der Gegenschneide (2) automatisch ausgelöst wird und/oder dass ein entsprechendes Signal an den Bediener der Häckselmaschine gesandt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelte Schärfe der Schneide (11) zur Überwachung eines Schleifvorganges genutzt und bei Erreichen eines definierten Schärfeszustandes der Schleifvorgang beendet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Überwachen der Position einzelner Messer (1) bzgl. des Abstandes zur Gegenschneide (2) erfolgt und dass fehlende, verrutschte oder auch ausgebrochene Messer (1) erkannt werden.

8. Vorrichtung zur Bestimmung des Abnutzungsgrades eines rotierenden Messers (1) und der Veränderung des Abstandes von der Messerschneide zur Gegenschneide (2) einer Häckselmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein analoger induktiver Sensor (3) oder mindestens zwei bivalente induktive Sensoren (7) mit einer Auswerteeinheit (20) verbunden und eingerichtet sind, beim Durchgang des Messers (1) durch das Feld des analogen induktiven Sensors (3) oder der bivalenten induktiven Sensoren (7) die Sensorwerte an eine Auswerteeinheit (20) zu übertragen, welche eingerichtet ist, diese Signale in mindestens eine Kurve umzuwandeln und die Schärfe der Schneide (11) und den Abstand der Schneide (11) zur Gegenschneide (2) gleichzeitig aus mindestens zwei kennzeichnenden Parametern der mindestens einen Kurve zu ermitteln.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoren (3, 7) in der Gegenschneide (2) oder in der Nähe der Gegenschneide (2) bewegungsfest angeordnet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoren (3, 7) drahtlos oder drahtgebunden mit der Auswerteeinheit (20) verbunden sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (20) einen Computer aufweist oder mit einem Computer verbunden ist, der die Daten der Auswerteeinheit weiter verarbeitet.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Computer mit der Steuereinheit der Häckselmaschine verbunden ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Computer eine Anzeige, welche den Schärfeszustand und/oder eine Schleifempfehlung anzeigt, aufweist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Computer durch Berechnung aus dem Schärfeszustand der Messer (1) die notwendige Schleifintensität der Messer (1) ermittelt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere bivalente Sensoren (7) nebeneinander angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensoren (3, 7) mit einer Einheit verbunden sind, welche das Überfahren der gesamten Trommelbreite ermöglicht.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

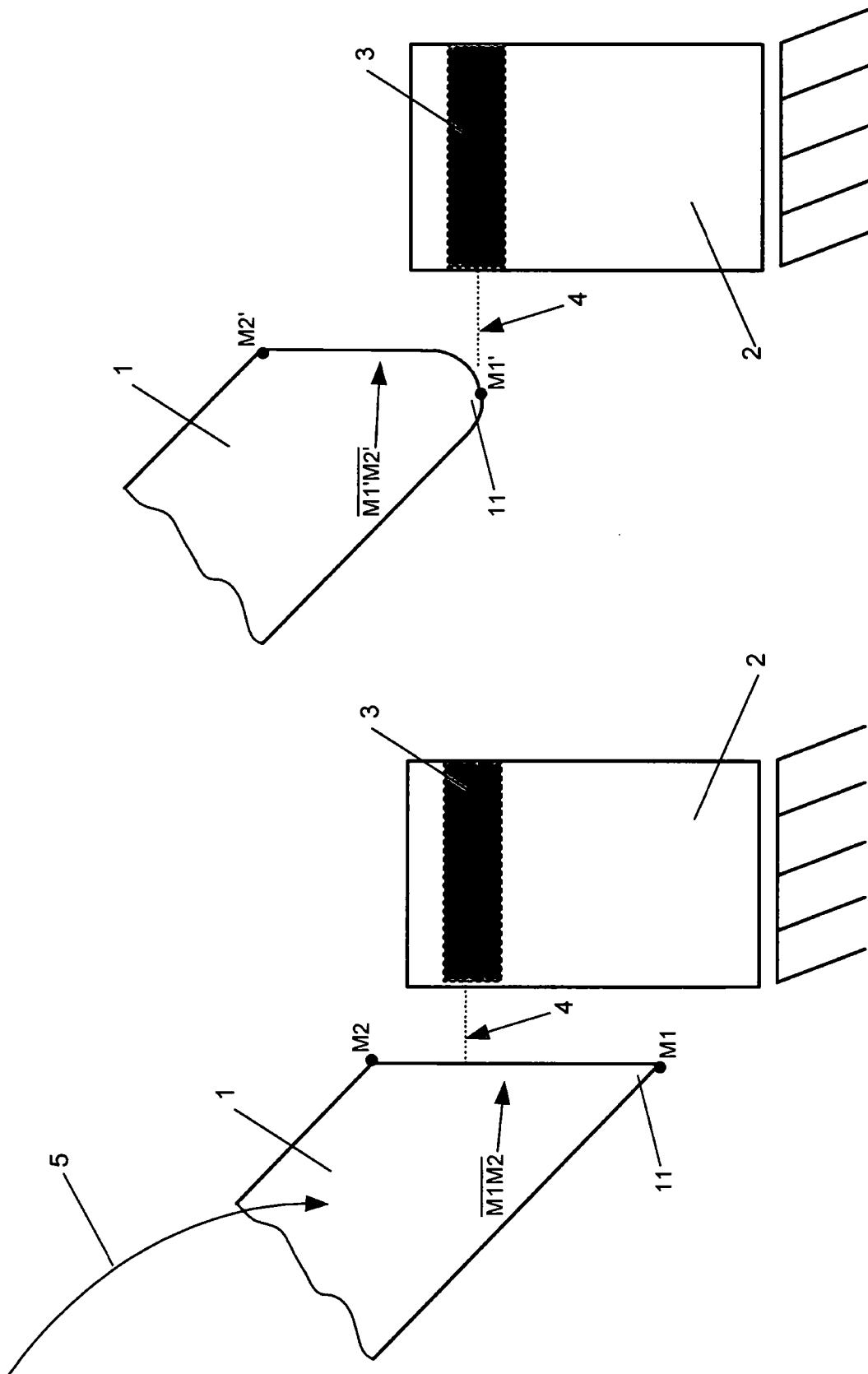


Fig. 2

Fig. 1

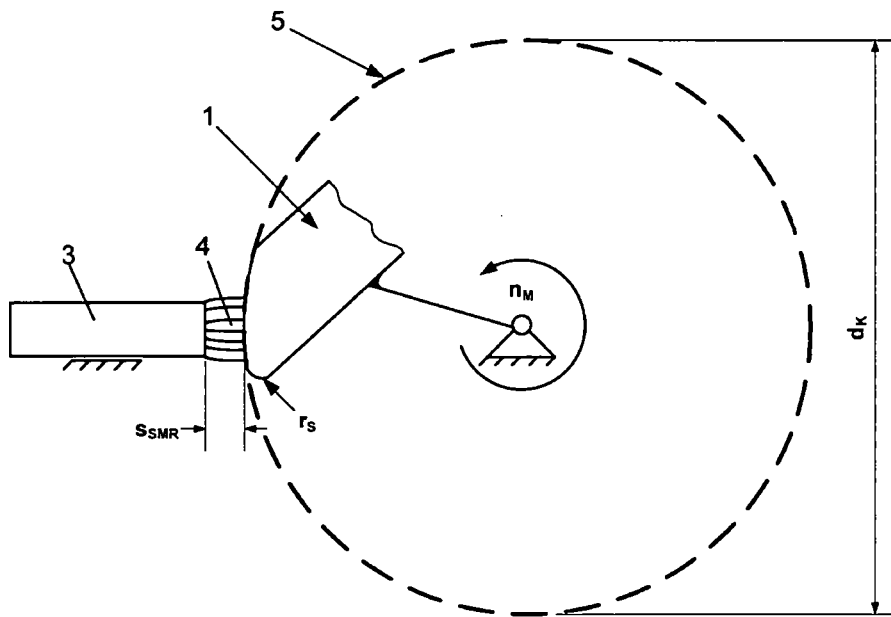


Fig. 3

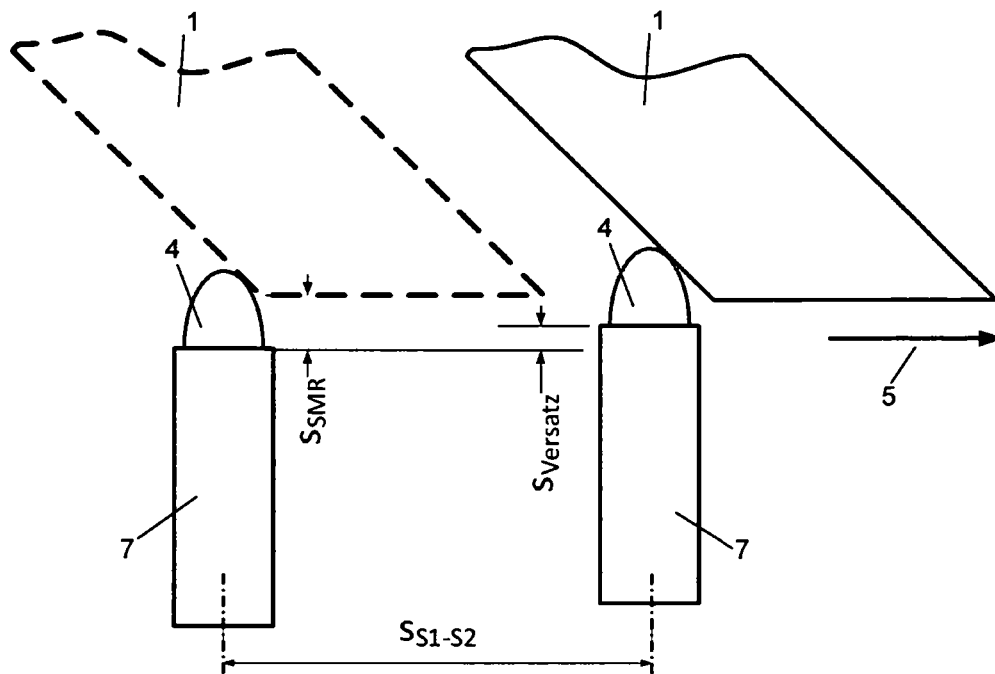


Fig. 4

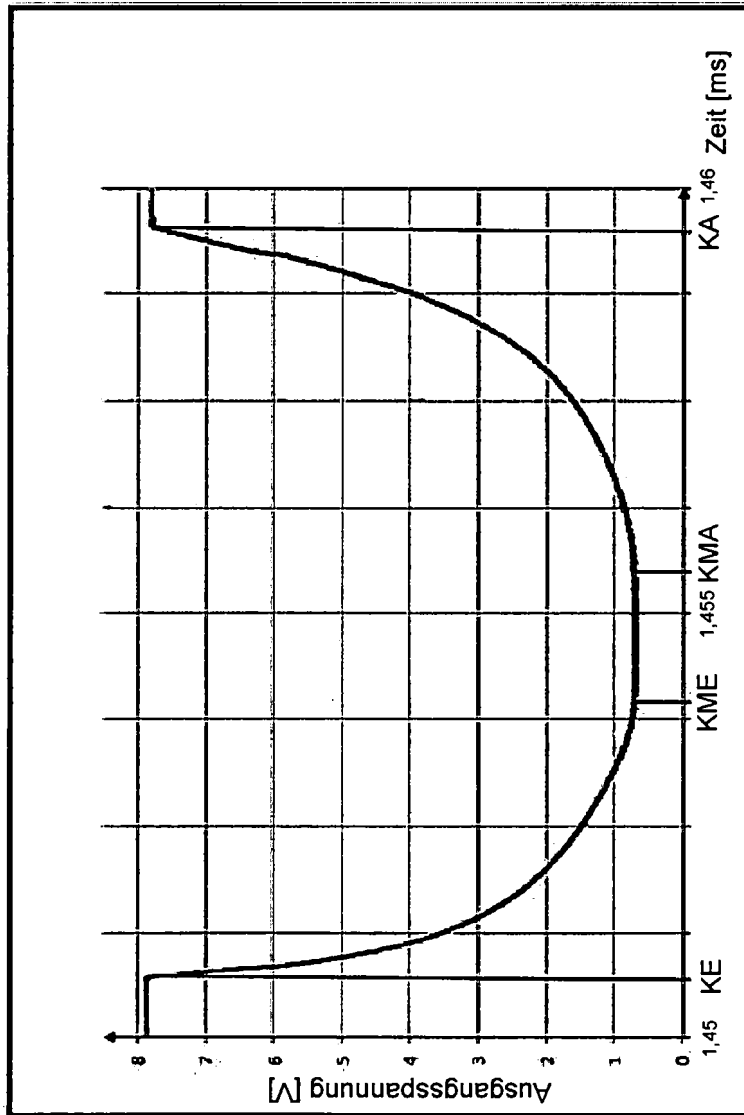


Fig. 5

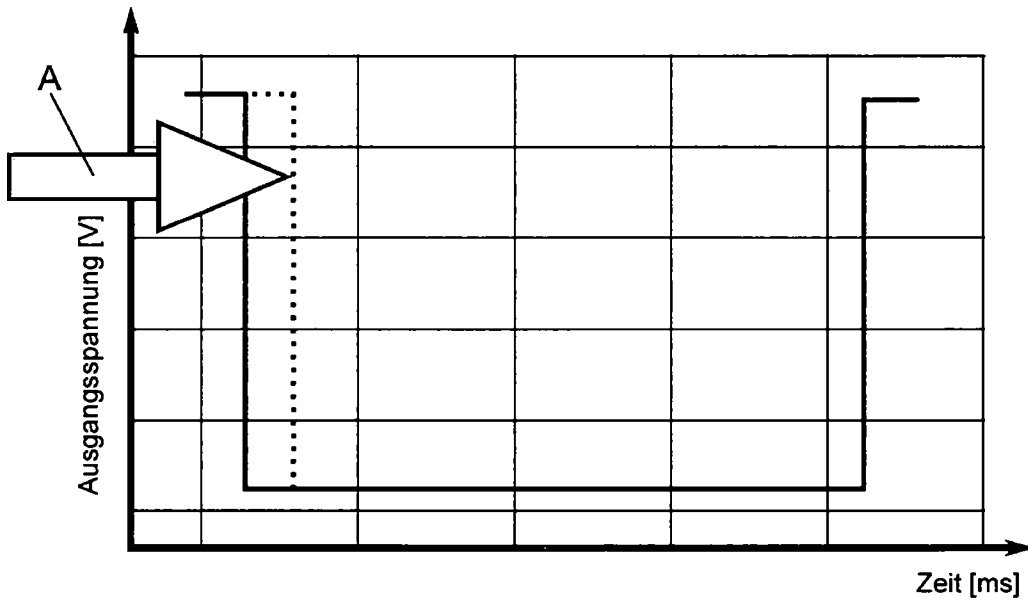


Fig. 6

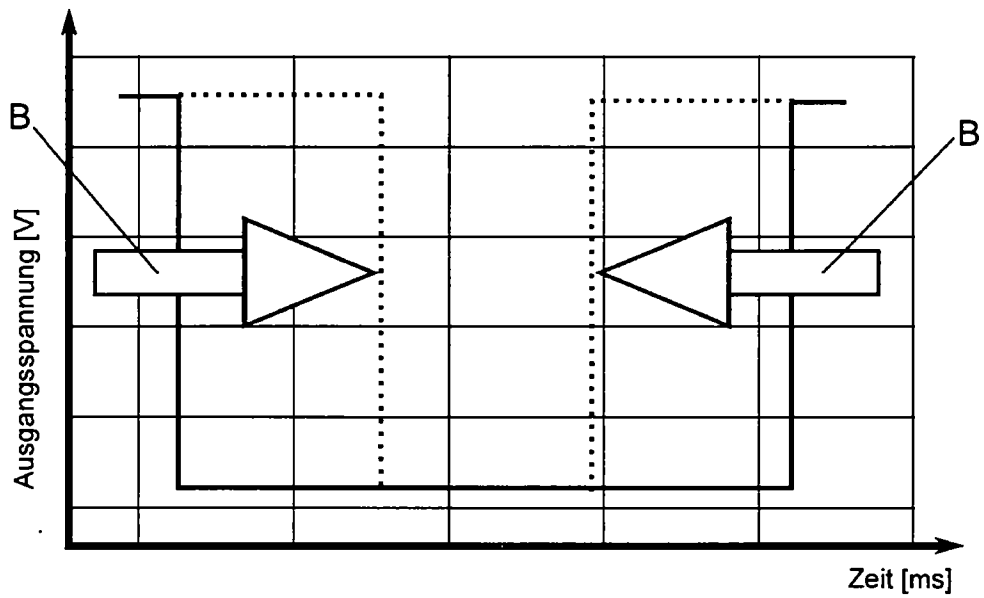


Fig. 7

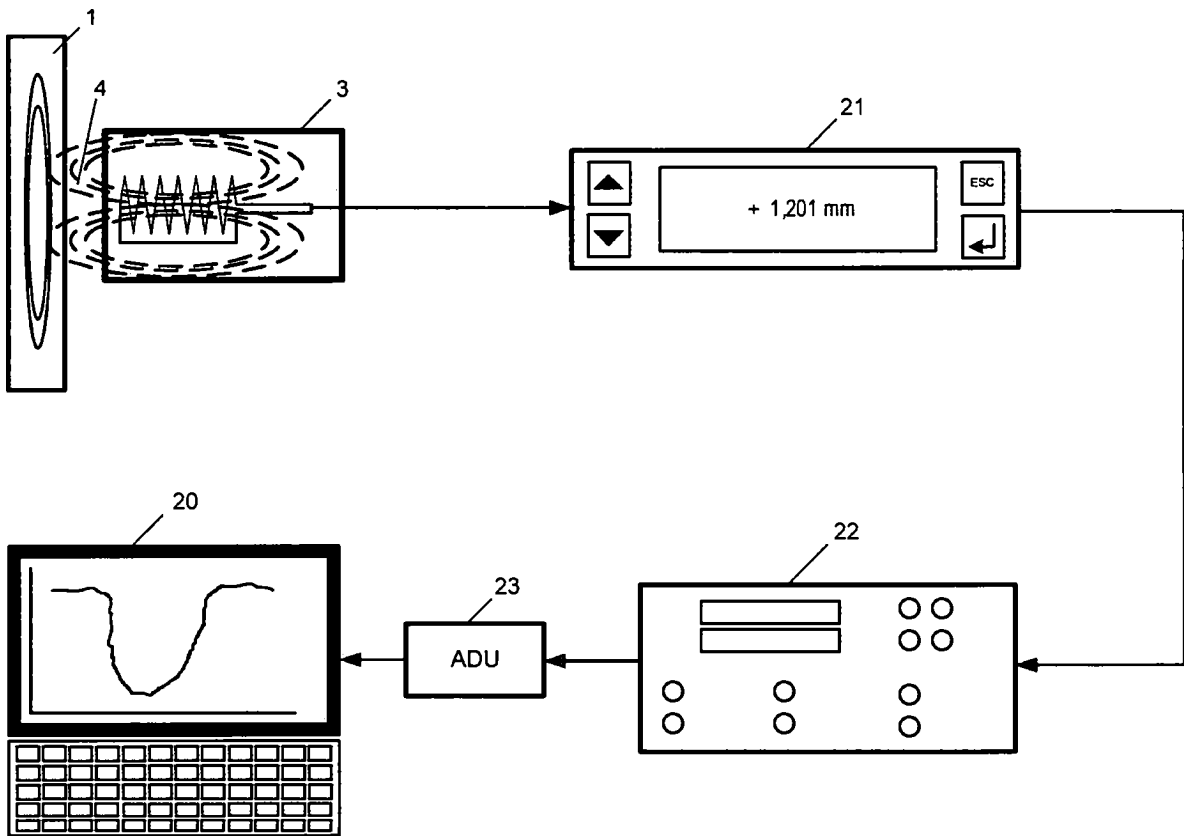


Fig. 8

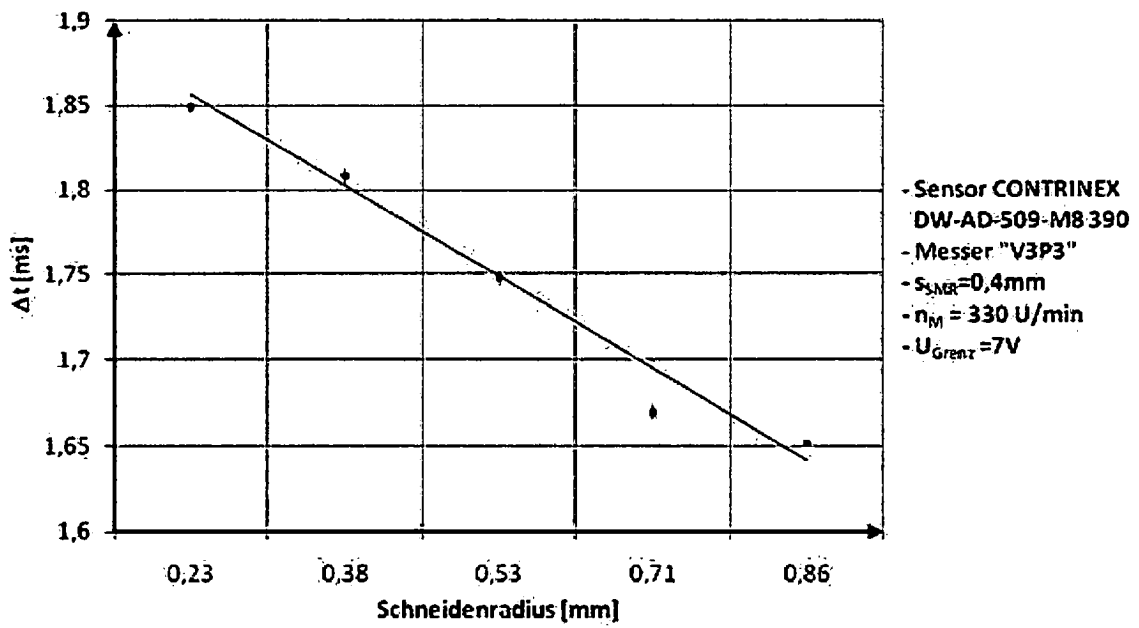


Fig. 9