



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 668 641 A5

⑤ Int. Cl.: G 01 G 11/08
G 01 G 13/18
G 01 G 13/24

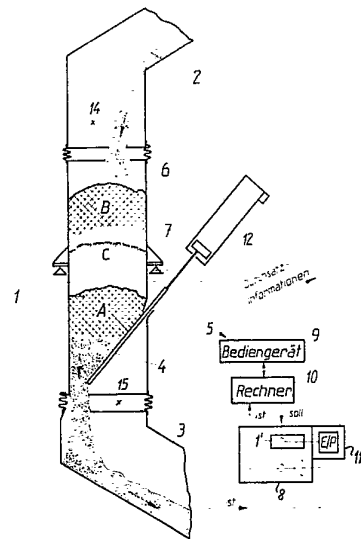
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

<p>⑰ Gesuchsnummer: 1485/85</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 04.04.1985</p> <p>㉔ Patent erteilt: 13.01.1989</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 13.01.1989</p>	<p>⑦③ Inhaber: Gebrüder Bühler AG, Uzwil</p> <p>⑦② Erfinder: Kühnemund, Bernd, Flawil Gmür, Bruno, St. Gallen</p>
---	---

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Erfassung des Durchsatzes eines Schüttgutstromes, z.B. Getreide.**

⑤⑦ Die neue Erfindung schlägt ein neues Wägev erfahren sowie eine Vorrichtung für die exakte Gewichtserfassung eines kontinuierlichen Schüttgutstromes vor. Der Schüttgutstrom wird im normalen Betrieb ohne Unterbrechung in eine Rohrwaage (1) geleitet. Ein Regelschieber (4) wird in einem normalen Betriebszustand in eine Mittelstellung gebracht, bei dem der Produktaustrag und Eintrag gleich gross sind und durch durch ständiges Überwachen der Gewichtsänderung entsprechend der Stellung des Schiebers die Menge des Schüttgutstromes errechnet. Zu Beginn und während dem Betrieb können je nach Anwendungsfall periodisch die Gewichts minderung pro Zeiteinheit (bei gestopptem Produktzulauf) oder die Gewichtszunahme pro Zeiteinheit (bei geschlossenem Waagebehälter) zur exakten Erfassung und Kontrolle des momentanen Produktdurchsatzes festgestellt und durch beliebig häufiges Erfassen eines oder der beiden Kontrollwerten, den mittleren Durchsatz mit einer Genauigkeit unter $\pm 0,2\%$ festgestellt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur automatischen Erfassung des Durchsatzes eines Schüttgutstromes mit einem Durchlaufwägegefäss, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Wägegefäss ein frei austretender Massenfluss erzeugt und die Gewichtsänderung pro Zeiteinheit des Waageninhaltes festgestellt, und die Messwerte zur Regelung des Schüttgutstromes verwendet werden.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte in einem Bereich von teilweiser und ganzer Füllung des Durchlaufwägegefässes ermittelt werden.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die in das Wägegefäss zulaufende Schüttgutmenge aufgrund der Messwerte des Wägegefässes grob geregelt wird, und der Durchsatz im Bereich des frei austretenden Massestromes exakt geregelt wird.

4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die in das Wägegefäss zulaufende Schüttgutmenge zu Kontrollzwecken in Zeitabständen unterbrochen wird, und die Gewichtsabnahme pro Zeiteinheit des Waageninhaltes festgestellt wird, zur Feststellung der pro Zeiteinheit ausfliessenden Schüttgutmenge.

5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die kurzfristigen Schwankungen der in das Wägegefäss zulaufenden Schüttgutmenge durch Regelung der ausfliessenden Schüttgutmenge derart geregelt wird, dass das Wägegefäss durch mehr oder weniger Füllung als Ausgleichsgefäss und Brecher der momentanen Spitzen wirksam ist.

6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte zur Regelung eines zweiten Schüttgutes oder einer mit dem ersten Schüttgut zu mischenden Flüssigkomponente verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte zur Steuerung einer nachfolgenden Verarbeitungsmaschine verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass kurzzeitig der Massenfluss in dem Wägegefäss gestoppt, bzw. die Austrittsöffnung des Wägegefässes geschlossen wird, und dabei die Gewichtszunahme pro Zeiteinheit der in das Wägegefäss zulaufenden Schüttgutmenge festgestellt wird.

9. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass kurzzeitig der Massefluss des Wägegefässes in einem zweiten Wägegefäss aufgefangen und in dem zweiten Wägegefäss die Gewichtszunahme pro Zeiteinheit festgestellt, und aus den Messwerten des ersten und des zweiten Wägegefässes die der in das erste Wägegefäss zulaufende Schüttgutmenge festgestellt wird.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, mit einer Durchlaufwaage, sowie Mitteln zur Einstellung des Austrittsquerschnittes der Durchlaufwaage und elektronischen Gewichts-differenzmessmitteln, dadurch gekennzeichnet, dass das Wägegefäss eine Klappe oder einen Schieber aufweist, und der Auslassbereich des Wägegefässes so ausgebildet ist, dass in der offenen Stellung ein frei austretender Massenfluss sich einstellt.

11. Vorrichtung nach Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Schieber oder Klappe und den gegenüberliegenden Wandteilen für den Betrieb ein Öffnungswinkel zwischen 0° und 40°, bevorzugt von 20° bis 35° einstellbar ist.

12. Vorrichtung nach Patentanspruch 10 oder 11, dadurch

gekennzeichnet, dass der Klappe Verstellmittel sowie Positionsanzeigemittel zugeordnet sind.

13. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Durchlaufwaage ein Grobdosierorgan, das von der Durchlaufwaage steuerbar ist, angeordnet ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum automatischen Erfassen des Durchsatzes eines Schüttgutstromes mit einem Durchlaufwägegefäss.

In der CH-PS 557 060 der Inhaberin sind ein Verfahren sowie eine Vorrichtung beschrieben für die automatische Erfassung eines Schüttgutstromes. Der Kerngedanke baut im wesentlichen auf der Ablenkung einer Stoss- oder Ablenkplatte auf. Wird ein fallender Schüttgutstrom von einer in die Falllinie eingesetzte Stossplatte abgelenkt, so wirkt auf die Platte ein Impuls. Die Impulskraft ist abhängig von der Fallhöhe und des jeweils momentanen Schüttgutdurchsatzes und wird beeinflusst durch die Form und Lage sowie Reibverhalten der Platte, insbesondere auch dem Schüttgutverhalten. Weitere Einflussparameter sind Produktgranulation, Fliessverhalten, Luft- und Produktfeuchtigkeit, Temperatur usw. Bereits aus dieser Aufzählung ist ersichtlich, dass für die kontinuierliche Erfassung des Massestromes, so einfach die Stossplatte an sich ist, sehr komplexe Zusammenhänge mitspielen. Praktisch lösbar war diese Aufgabenstellung nur dadurch, dass gewisse Rahmenbedingungen als unveränderliche Grössen angenommen werden mussten. Eine erste Einschränkung lag darin, dass das Ablenk-Platten-System nur für wirklich frei fliessfähiges Gut wie Getreidekörner einsetzbar ist. Der Produktstrom muss durch geometrisch konstante Verhältnisse geführt sein.

Theoretisch wäre es denkbar, die von der Messplatte festgestellte Impulskraft für die Ermittlung des Schüttgutdurchsatzes zu verwenden.

Als ein sehr guter, praktischer Weg hat sich jedoch die alleinige Verwendung der Horizontalkomponente der Impulskraft herausgeschält, wie z.B. auch in der DE-PS 2 609 167 als eine Weiterentwicklung der erstgenannten CH-PS 557 060 dargestellt ist.

Die Vertikalkomponente, also die Gewichtskomponente, wird bei dieser Art Messplattensystem durch entsprechende gelenkige Abstützungen für die Messwerterfassung ausgeschaltet. Die horizontale Auslenkung bzw. die entsprechende Horizontalkomponente aus dem Zusammenspiel des fallenden Schüttgutstromes und der Ablenkplatte kann auf diese Weise als Messwert für die automatische Erfassung des Durchsatzes des Schüttgutstromes verwendet werden.

Unter Laborbedingungen kann mit dieser Methode ohne weiteres eine Messgenauigkeit von $\pm 0,5\%$, in sehr vielen Praxisfällen von $\pm 1\%$ realisiert werden. Bei schwierigen Bedingungen sind aber vereinzelt doch auch grössere Abweichungen festgestellt worden. Demgegenüber ist es üblich, dass entsprechende Schüttwaagen Genauigkeiten von $\pm 0,1\%$ regelmässig garantieren.

In allen Fällen, in denen Waagegenauigkeit verlangt wird, werden nach wie vor Waagen eingesetzt, obwohl diese gerade nicht einen kontinuierlichen Schüttgutstrom messen können, sondern für die Verwägung den Produktstrom unterbrechen müssen. Waagen sind nicht nur teurer als die Systeme mit Ablenkplatten, sondern bedingen häufig auch Ausgleichselemente, um nach der Behälterwaage wieder einen kontinuierlichen Fluss zu erhalten. Bandwaagen mit hoher Genauigkeit sind noch teurer als die Behälterwaagen

und erreichen regelmässig die Genauigkeit der Behälterwaagen nicht.

Bei den gegenwärtigen, intensiven Automatisierungsbestrebungen, insbesondere in Mühlenbetrieben, stellten sich mehr und mehr zwei Sachverhalte in den Vordergrund:

- Der Produktfluss soll eine möglichst grosse Kontinuität, nur mit minimalen Schwankungen, aufweisen.
- Der Durchsatz des kontinuierlichen Produktflusses soll mit angenäherter Waagengenauigkeit erfasst werden.

In neuer Zeit werden häufig sogenannte Differenzwaagen verwendet, wie z.B. in der FR-PS 2 456 344 gezeigt ist. Die Differenzwaage besteht aus einem Wägebehälter mit gesteuerter Produktaustragung, sowie einer vom Wägebehälter gesteuerten Dosiereinrichtung. Der Wägebehälter misst in erster Linie das von der Produktaustragung abgeförderte Gut, bzw. den laufenden Gewichtsverlust in den Behälter. Die Messresultate sind an sich sehr genau. Der einzige Nachteil bei der Differenzwaage besteht darin, dass ein regelmässiges Spiel zwischen Füllung und Leerung eingehalten werden muss, wobei auch während der Füllung austragen werden kann, jedoch mit dem Nachteil, dass während der Füllperiode die Messwerte der Waage durch den einfallenden Produktstrom gestört und unbrauchbar sind. Hierzu schlägt die französische Druckschrift vor, während der Füllphase das Austragorgan nach einem volumetrischen Durchsatz zu steuern. Der entsprechende Fehler muss in Kauf genommen werden. Praktische Versuche zeigen allerdings, dass die Messgenauigkeit sehr stark von der Art des Schüttgutes abhängt und Waagengenauigkeit häufig nicht erreicht werden kann. Bei der Brennstoffspeisung von Feuerungsanlagen spielt die Genauigkeit eine weniger grosse Rolle als bei der Verarbeitung von Nahrungsmitteln in Mühlenanlagen, insbesondere bei der Erfassung des Durchsatzes eines Getreidestromes zum Beispiel zum gleichzeitigen genauen Zudosieren der fehlenden Wassermenge, oder für die Speisung und teilweisen Regelung von Verarbeitungsmaschinen. Ein weiteres Problem in einer Mühle ist die Mischung von verschiedenen Getreidesorten. Hierfür wurden bisher keine besonders hohen Anforderungen gestellt. Bei der Verwendung von Computern zur Steuerung des ganzen Produktflusses hat sich dies geändert. Die verarbeitete Produktmenge muss exakt erfasst werden, da sonst über grössere Zeiträume grosse Abweichungen zwischen den tatsächlich vorhandenen Getreidemengen in den einzelnen Lagerzellen und der durch ungenaue Messungen aufaddierten falschen Daten entstehen. Entsprechend der Anzahl Speicherzellen bzw. Produktläufe werden eine grosse Anzahl Durchsatz-Messstellen benötigt, so dass die Verwendung von teureren Wägesystemen wegen der grossen Anzahl wirtschaftlich nicht tragbar ist.

Der Erfindung wurde deshalb die Aufgabe zugrunde gelegt, eine möglichst kontinuierliche Schüttgut-Messmethode mit Waagengenauigkeit zu entwickeln, wobei die baulichen Aufwendungen in den Bereich der bekannten Ablenplatten-Systeme liegen sollen.

Die erfindungsgemässe Lösung ist dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Wägegefäss ein frei austretender Massefluss erzeugt und die Gewichtsänderung pro Zeiteinheit des Waageninhaltes festgestellt, und die Messwerte zur Regelung des Schüttgutstromes verwendet werden.

Die Erfindung nützt die bei Siloanlagen seit einiger Zeit bekannte und auch praktizierte Technik der Auslaufdimensionierung. In der Silotechnik unterscheidet man zwei grundsätzlich verschiedene Ausfliessverhalten:

- der Kernfluss sowie
- der Massefluss

Beim Kernfluss strömt effektiv nur das Schüttgut, das sich in der Kernzone befindet, aus, so dass bei schlechter fließfähigen Schüttgütern z.B. wie Mehl in der Mitte des Siloquerschnittes ein zylindrisches Loch, das sich über die ganze Silofüllung erstreckt, entsteht. Das Produkt strömt bei diesem Fall unregelmässig nach, trotzdem wird regelmässig beim Kernfluss eine grössere Austragungsleistung festgestellt als beim Massefluss. Beim Massefluss bewegt sich beim Austragen die ganze Schüttgutmasse in dem Silo nach unten.

Mit der neuen Erfindung ist nun erkannt worden, dass für das Fliessverhalten der meisten frei fließfähigen Schüttgütern dann optimale Bedingungen erreicht werden können, wenn ein Massefluss erzeugt, und dieser frei aus dem Wägegefäss austreten kann. Dadurch bleibt der Massestrom in dem Wägegefäss im Normalbetrieb immer in Bewegung. Es muss nicht ständig die Zone der Ruhe- und Bewegungsreibung durchfahren werden. Auch Beschleunigungen und Verzögerungen im Bereich des austretenden Massestromes stören nicht mehr.

Unter freiem Massefluss versteht man eine geschlossene, frei fließende Schüttgutsäule, sei es in einem Rohr oder in einem Silo- bzw. Siloausslass. Dies setzt begrifflich einen minimalen Aufstau in dem Wägegefäss voraus, der jedoch durch keine mechanische Zwangsmittel, etwa Schnecken oder Schleusenaustragung verzögert wird. Zudem wird durch jedes mechanische Zwangsfördermittel der Wert der Gewichtsanzeige gestört, weshalb bei jeder traditionellen Waage sowohl mechanische Eintrag- wie Austragförderer während dem Verwägungsvorgang gestoppt, und eine Beruhigung der Waage abgewartet werden muss.

Selbst einfachste Versuchseinrichtungen haben gezeigt, dass der Durchsatz des Schüttgutes bei frei austretendem Massefluss eine sehr hohe Konstanz aufweist, so dass die am Wägegefäss gewogene Gewichtsänderung pro Zeiteinheit eine sehr exakte Wiedergabe im Bereich der Waagegenauigkeit ergibt.

Damit ist es nun aber gelungen mit sehr einfachen Mitteln den Durchsatz eines Schüttungsstromes mit Waagegenauigkeit zu ermitteln und regelnd auf den Schüttungsstrom Einfluss zu nehmen.

Je nach besonderen Anforderungen erlaubt die Erfindung eine ganze Reihe von besonders vorteilhaften weiteren Ausgestaltungsgedanken, je nachdem ob nur der Durchsatz registriert, ein bestimmter Durchsatz geregelt, ob bereits ein relativ konstanter Zulauf vorhanden ist, oder der Durchsatz selbst geregelt werden muss. Es ist ferner möglich, den erfindungsgemässen Gedanken selbst dann zu verwenden, wenn das Schüttgut nicht eine einheitliche Dichte, Feuchtigkeit usw. aufweist. Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die Messwerte in einem Bereich von teilweiser und ganzer Füllung des Durchlaufwägegefässes ermittelt werden.

Versuche haben gezeigt, dass der letzte Auslaufvorgang (wenn die letzten Reste ausfliessen) keinen sauberen Massefluss mehr ergibt, so dass bevorzugt ein Drittel bis ein Viertel Füllung des Wägegefässes für die Messwertgewinnung nicht unterschritten werden soll.

In der grösseren Zahl der Anwendungsfälle ist es vorteilhaft, wenn die in das Wägegefäss zulaufende Schüttgutmenge aufgrund der Messwerte des Wägegefässes grob geregelt wird, und der Durchsatz im Bereich des frei austretenden Massestromes exakt geregelt wird. Dies ist immer dann der Fall, wenn ein bestimmter Durchsatz entweder exakt erfasst, und/oder auf einen bestimmten vorgegebenen Sollwert geregelt werden muss. Mit den Messwerten des Wägegefässes kann z.B. ein einfacher Zulaufschieber so gesteuert werden, dass die Schüttgutmenge in dem Wägegefäss innerhalb eines optimalen Mindest- und Höchststand schwankt.

Sind beim Schüttgut Variationen der Fliesseigenschaften vorhanden, und zwar solche, die den Massefluss beeinflussen, wie Schüttdichte, Feuchtigkeit, verschiedene

Mischungsanteile usw., so kann die in das Wägegefäß zulaufende Schüttgutmenge zu Kontrollzwecken in Zeitabständen unterbrochen werden, und die Gewichtsabnahme pro Zeiteinheit des Waageinhaltes festgestellt werden, zur Feststellung der pro Zeiteinheit ausfliessenden Schüttgutmenge.

Damit erhält man exakte Messwerte, für den tatsächlichen Durchsatz bzw. die Schüttgutmenge, die ausfliesst und weiter in den Produktionsprozess gegeben wird, ungestört durch das in das Wägegefäß einfliessende Produkt. Z.B. erhält man so die Istwerte in Kg/sec des ausfliessenden Schüttgutes oder entsprechend gewünschte Zeitspanne für die durchgeströmte Produktmenge.

Für die Speisung von nachfolgenden Verarbeitungsmaschinen ist es vorteilhaft, wenn die kurzfristigen Schwankungen der in das Wägegefäß zulaufenden Schüttgutmenge durch Regelung der ausfliessenden Schüttgutmenge derart geregelt wird, dass das Wägegefäß durch mehr oder weniger Füllung als Ausgleichsgefäß und «Brecher» der momentanen Spitzen wirksam ist. Auf diese Weise können z.B. die Messwerte zur prozentualen Zudosierung eines zweiten Schüttgutes oder einer mit dem ersten Schüttgut zu mischendem Flüssigkomponente verwendet werden.

Sofern das Produkt zur Bildung eines freien Massestromes geeignet ist, kann auf die selbe Weise auch die von einer Verarbeitungsmaschine abgegebene Durchsatzleistung ermittelt werden.

Bei einem weiteren grundsätzlichen Ausgestaltungsgedanken der Erfindung wird kurzzeitig der Massefluss in dem Wägegefäß gestoppt, oder die Austrittsöffnung des Wägegefäßes geschlossen und dabei die Gewichtszunahme pro Zeiteinheit der in das Wägegefäß zulaufenden Schüttgutmenge festgestellt. Hier sind zwei Fälle möglich. Beim Beginn des Produktflusses kann auf diese Weise sehr exakt die in dem Wägegefäß gespiesene, momentane Schüttgutmenge sofort ermittelt werden, um z.B. eine Grobdosierung zu steuern. Der zweite Fall besteht darin, dass bei Bedarf oder in bestimmten Zeitabständen die genaue in das Wägegefäß geförderte Produktmenge festgestellt wird. Vorteilhaft wird dabei ein Teil des Inhaltes des Wägegefäßes kurzfristig abgelassen, der Massenfluss gestoppt bzw. die Austrittsöffnung des Wägegefäßes verschlossen und wie im ersten Fall aufgrund des Gewichtsanstiegs pro Zeiteinheit der Produktzufluss exakt ermittelt.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass jede beliebige Kombination innerhalb der verschiedenen Ausgestaltungsgedanken möglich sind, je nach den besonderen Bedingungen, die erfüllt werden sollen. Als solche können z.B. die bestmögliche Vergleichsmässigung des Flusses, eine exakte Regelung des Durchsatzes aufgrund eines vorgegebenen Sollwertes, das Erfassen von jeweils exakten Momentanwerten für die proportionale Beimischung einer anderen Komponente (Netzung von Getreide), eine exakte Erfassung eines Schüttgutmenge über einen grösseren Zeitraum, usw. mit dem neuen Gedanken überraschend einfach und genau gelöst werden.

Es können auch weitere Kombinationen vorgenommen werden: so kann eine erste grobe Regelung des Produktstromes durch ein Prallplattensystem und die Exaktmessung durch die neue Erfindung erfolgen.

Bei einer weiteren bevorzugten Lösung wird kurzzeitig der Massefluss des Wägegefäßes in einem zweiten Wägegefäß aufgefangen und in dem zweiten Wägegefäß die Gewichtszunahme pro Zeiteinheit festgestellt, und aus den Messwerten des ersten und des zweiten Wägegefäßes die der in das erste Wägegefäß zulaufende Schüttgutmenge festgestellt. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur automatischen Erfassung des Durchsatzes eines Schüttgutstromes mit einer Durchlaufwaage, sowie Mitteln zur Einstellung des

Austrittsquerschnittes der Durchlaufwaage und elektronischen Gewichts-differenzmessmitteln.

Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Wägegefäß eine Klappe oder einen Schieber aufweist, und der Auslassbereich des Wägegefäßes so ausgebildet ist, dass in der offenen Stellung ein frei austretender Massenfluss sich einstellt.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist wenigstens ein Wandteil im Auslassbereich des Wägegefäßes als Klappe oder Schieber ausgebildet. Bei einem weiteren bevorzugten Gedanken werden Schieber bzw. Klappe so angeordnet, dass zu den gegenüberliegenden Wandteilen für den Betrieb ein Öffnungswinkel von 0° bis 40° bevorzugt von 20° bis 35° einstellbar ist.

Ganz besonders bevorzugt werden der Klappe bzw. dem Schieber steuerbare Verstellmittel sowie Positionsanzeigemittel zugeordnet. Für zahlreiche Anwendungsfälle wird vorgeschlagen, der Durchlaufwaage ein Grobdosierorgan, das von der Durchlaufwaage steuerbar ist, zuzuordnen. Ganz besonders bevorzugt weist das Grobdosierorgan zumindest in einem Produktauslassbereich einen freien Massenfluss auf. Dies hat den Vorteil, dass auch der Zulauf zu dem Durchlaufwägegefäß gleichmässig erfolgt. Bei weniger leicht fließfähigen Gütern kann die Grobdosierung auch z.B. aus einem Schleusen- oder Schneckendosierer bestehen.

In der Folge wird nun die Erfindung anhand von drei Ausführungsvarianten mit weiteren Einzelheiten erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Durchsatzmessgerät;

Fig. 2 ein Beispiel des Verlaufs des Waagensignales gemäss Fig. 1;

Fig. 3 ein Durchsatzmessgerät mit Grobsteuerung des zufließenden Gutes;

Fig. 4 ein Beispiel des Verlaufs des Waagensignales gemäss Fig. 3;

Fig. 5 ein Durchsatzmess- und Regelgerät

In Fig. 1 ist im Prinzip eine Verwägevorrichtung gezeigt, die in ihrem oberen Bereich eine Zuführleitung 2, in ihrem mittleren Bereich eine Rohrwaage 1 und in ihrem unteren Bereich eine Abführleitung 3 aufweist. Die Rohrwaage 1 ist mit einem Abschlusschieber 4 versehen, mittels dessen der Auslauf der Rohrwaage 1 verschlossen oder geöffnet werden kann. Des weiteren ist auch noch eine Rechner-Einheit 5 zur Verwertung der von der Verwägeeinrichtung angelieferten Messsignale vorgesehen.

Der Hauptteil der Waage 1 wird durch einen Waagenbehälter 6 gebildet, der auf Druckmessdosen 7 oder auf anderen, zur raschen Erfassung momentaner Gewichtswerte geeigneten Elementen abgestützt ist. Der Waagenbehälter 6 ist bei der gezeichneten Prinzipdarstellung so angeordnet und ausgebildet, dass er als Teil der Förderleistung selbst angeordnet ist, d.h. er ist mit einem Durchlaufraum versehen, dessen Querschnitt dem der Zuführleitung 2 bzw. der Abführleitung 3 entspricht. Hierdurch ist gewährleistet, dass das aus der Zuführleitung 2 ankommende Produkt ohne eine durch den Innenquerschnitt des Waagenbehälters 6 gebildete Störung in die Abführleitung 3 weiterströmen kann.

Die Druckmessdosen 7 geben das von ihnen erzeugte, dem gemessenen Gewicht entsprechende Signal an einem Umsetzer 8 weiter, der über ein Bedienungsgerät 9 mit einem Rechner 10 verbunden ist. Dabei ist der Umsetzer 8 auch an einen elektro-pneumatischen Wandler 11 angeschlossen, der mit einem pneumatischen Zylinder 12 zur Steuerung des Taktspieles der Waage 1 verbunden ist. Die gezeigte Anordnung ermöglicht ein einfaches elektronisches Erfassen der gemessenen Gewichtswerte sowie deren Weiterleitung an

den Rechner 10 zur Berechnung des gewünschten Produktdurchsatzes (Produktmenge pro Zeit). Des weiteren kann ein nichtdargestelltes Druckausgleichsrohr für die Ausschaltung solcher Störfaktoren vorgesehen werden, die dadurch entstehen, dass in der Zuführleitung 2 und der Abführleitung 3 unterschiedliche Druckverhältnisse auftreten können. Hierzu kann ein Druckausgleichsrohr einen Raum 14 direkt oberhalb des Waagenbehälters 6 mit einem Raum 15 direkt unterhalb desselben in freier Verbindung, unabhängig von der Stellung des Abschlusschiebers 4 verbinden.

Die Fig. 2 zeigt nun beispielsweise vier mögliche Messzyklen, wie sie bei erstmaligem Produktanlaufen, insbesondere bei Produktsorten, die erstmalig erfasst werden, vorkommen. Weiterhin sind in Fig. 2 vier Messzyklen (erfasster Durchsatz über die Zeit) dargestellt.

Bei Beginn der Messung wird der Schieber 4 in die geschlossene Stellung gefahren. Der Waagebehälter beginnt sich zu füllen und erreicht nacheinander die Füllung A und dann B. Der Messzyklus I zeigt die häufig beobachtete anfängliche Steigerung der Produktspeisung. Im Messzyklus II dagegen ist eine stabile Einspeisung über der ganzen Messzeit dargestellt. Der Waagebehälter wird am Ende des Zyklus II wieder vollständig geleert.

Der Messzyklus III weist zwei Betriebszustände auf. Bis zum Ende der Phase III' wird der Waagenbehälter bis zu einer mittleren Füllung C gefüllt, und der Schieber bei der Füllung C soweit geöffnet, dass die Produktmenge in dem Waagebehälter konstant bleibt, wobei der Schieber in der entsprechenden Stellung festgehalten wird. Von der Waage nicht weiter ermittelte Störfaktoren ergeben ein langsames Sich-Leeren des Waagebehälters, so dass zu Beginn des Messzyklus IV die Schieberstellung etwas mehr geschlossen wird. Im Verlaufe des Messzyklus IV stabilisiert sich die Gutmenge im Waagenbehälter, was bedeutet, dass die einfließende und ausfließende Schüttgutmenge gleich gross ist. Durch entsprechendes, wiederholtes kurzfristiges Festhalten der Position des Schiebers und Regeln des Schiebers auf Einlaufmenge = Ausflussmenge werden allfällige Störungen, die z.B. ausserhalb einer Bandbreite X liegen, angezeigt oder einer nachfolgenden Verarbeitungsmaschine angezeigt.

Es wird nun die Fig. 2 mit weiteren Einzelheiten erläutert, wobei auf den dargestellten Zyklus II Bezug genommen wird. Der Verlauf der gemessenen Gewichtszunahme Q wird in kg über der Zeit t in Sekunden dargestellt. Der Zeitpunkt II bezeichnet dabei den Schliesszeitpunkt des Waagenausganges, d.h. die Vollendung der Schliessbewegung des Abschlusschiebers 4. Mit der Schliessung des Abschlusschiebers 4 (Zeitpunkt II) beginnt sich nun der Waagenbehälter 6 zu füllen, wobei das erzeugte Wägesignal entsprechend der Kurve vom Ausgangspunkt II zunächst sehr unregelmässig und mit erkennbaren Überschwingungen ansteigt, weil hier das gesamte Waagensystem durch den ersten Aufprallimpuls in Schwingungen gebracht wird und deshalb überschwingt.

Bei gut ausgebildeter Dämpfung ist jedoch bereits nach kurzer Zeit, im dargestellten Beispiel etwa 1 Sek., eine Beruhigung eingetreten, die etwa dem Punkt D entspricht. Vom Punkt D an beginnt nun ein linearer Anstieg der gemessenen Werte bishin zum Punkt E, bei welchem der Abschlusschieber geöffnet wird: entsprechend dem nunmehr erfolgenden Auslaufen des Produktes fällt das Gewicht in der Waage I wieder bis zu seinem Nullwert ab, wonach sich bei der Waage infolge der auftretenden Trägheitseffekte sogar kurzzeitig ein negatives Gewichtssignal einstellt. Anschliessend bleibt der Schieber während einer gewissen Zeit geöffnet, bis er wieder geschlossen wird. Nach erfolgter Schliessung (erneuter Schliesszeitpunkt des Waagenausganges bzw. beendete Schliessbewegung des Abschlusschiebers 4)

konnte der Zyklus II beliebig oft wiederholt werden.

Wesentlich für das erstmalige Ermitteln des konstanten Durchsatzes ist hierbei, dass im Bereich des linearen Messwertanstiegs, d.h. im Bereich zwischen dem Beruhigungspunkt D und dem Endpunkt des linearen Gewichtsanstiegs E zu Beginn der Schieberöffnung, die für das erfundungs-gemässe Verfahren erforderlichen Messungen bei gleichzeitiger Zeiterfassung erfolgen, wobei auf diese Weise sehr genau der momentane Durchsatz und der Beginn einer stabilen Speisung erfasst wird. Die allererste Messung weist normalerweise noch keinen linearen Kurvenverlauf auf, entsprechend Zyklus I. Der Punkt A₁ bei Zyklus II sei nun der dem Messpunkt A zugeordnete Zeitpunkt, wobei A_{Gm} der hierbei von der Waage gemessene Gewichtsausschlag sein soll. B_t bezeichnet die Zeit, die dem Messpunkt B zugeordnet ist, und B_{Gm} sei der bei Punkt B festgestellte Messwertauschlag für das Gewicht («Gewichtsausschlag»). Eine Ableseung des Messwertes während des fortgesetzten Zulaufens von Schüttgut erfasst stets sowohl das Gewicht, wie auch den Impuls des fallenden Produktstromes gleichzeitig. Daher kann eine solche Einzelmessung niemals das absolute Gewicht des im Waagenbehälter 6 momentan aufgehäuften Schüttgutes darstellen.

Innerhalb des bereits genannten linearen Bereiches der gemessenen Gewichtszunahme erfolgt nun eine Messung, etwa zwischen den Punkten A und B, die über einen nur sehr kurzen Referenzzeitabschnitt Δt vorgenommen wird.

Alle bisherigen Messungen und Versuche haben bestätigt, dass die Gewichtsfehlanzeige durch den Impuls genau gleich gross ist wie der entsprechende Wert des jeweiligen Nachstromes (beide verändern sich im gleichen Verhältnis bei fortlaufendem Füllen des Behälters bzw. bei Verkleinern der Fallhöhe und entsprechend des Nachlaufes), so dass sich beide Faktoren aufheben und die Anzeige an der Waage des jeweils momentanen Durchsatzes (m = sekundlicher Massestrom) ergibt, wenn zu den jeweiligen Gewichtsänderungen die Zeitänderung berechnet wird. Somit kann auch unter Anforderung grosser Genauigkeit als ausreichend genauer Differenzwert für das Differenzgewicht zwischen dem Zeitpunkt A₁ und B_t verwendet werden.

Bezeichnet man das auf die Zeiteinheit bezogene Gewicht des in die Waage eingeflossenen Schüttgutstromes als «Schüttgutdurchsatz», so ergibt sich dieser aus der Relation zwischen dem ermittelten Differenzwert einerseits und dem Referenzzeitabschnitt andererseits wie folgt, wobei der Ausdruck:

$$\frac{\Delta G}{\Delta t}$$

auch als sekundlicher Massestrom = ṁ oder aber als Steigungswinkel α (β usw.) (bzw. tan α) angegeben werden kann.

$$\frac{B_{Gm} - A_{Gm}}{B_t - A_t} = \frac{\Delta G}{\Delta t}$$

Hierin bezeichnet ΔG das Differenzgewicht und Δt die Dauer des Referenzzeitabschnittes.

Damit ergibt die Vermessung des Kurvenverlaufes innerhalb des Referenzzeitabschnittes Δt eine Kurzzeitmessung, aus welcher sehr schnell und mit grosser Genauigkeit der Wert des momentanen Schüttgutdurchsatzes unschwer festgestellt werden kann. Dabei besteht die Möglichkeit, wie aus Fig. 2 ebenfalls ersichtlich ist, dass im Bereich des linearen Messwertanstiegs zwischen den Punkten D und G nicht nur

während eines Referenzzeitabschnittes (Punkte A–B), sondern auch während eines weiteren Referenzzeitabschnittes zwischen den Punkten A' und B' zusätzlich eine gleiche Messung vorgenommen wird. Wenn dabei der Referenzzeitabschnitt Δt gleich gross wie zwischen den Punkten A und B gewählt wird, kann der Durchsatzwert, der sich aus der zweiten Messung ableiten lässt, mit dem Durchsatzwert aus der Messung während des ersten Referenzzeitabschnittes verglichen und, falls eine Abweichung vorliegt, ein Mittelwert gebildet werden, der dann mit noch grösserer Genauigkeit den gemittelten Durchsatz zwischen Zeitpunkt A₁ und B'₁ wiedergibt. Bei Einsatz geeigneter Verwägungssysteme besteht keine Schwierigkeit, innerhalb des linearen Messwertanstiegs zwischen den Punkten D und E eine Vielzahl solcher Einzelmessungen, jeweils über einen identischen Referenzzeitabschnitt Δt ausgeführt, vorzunehmen und nach jeder neuen Messung den vorher bestimmten Durchsatzwert im Rahmen einer erneuten Mittelung zu korrigieren.

Die oben angegebene Messung des Differenzgewichtes ΔG und der Referenzzeitdauer Δt lässt aber über die Berechnung des momentanen Durchsatzwertes hinaus auch noch, falls gewünscht, die Möglichkeit zu, auch die Gesamtfüllung des Waagenbehälters 6 bis zu dessen Entleerung, somit das insgesamt zwischen dem Zeitpunkt II und dem Punkt E in den Waagebehälter 6 eingespeiste Produktgewicht ebenfalls in grosser Genauigkeit zu ermitteln. Denn dies kann unschwer dadurch erfolgen, dass das innerhalb eines Referenzzeitabschnittes gemessene Differenzgewicht ΔG in geeigneter Weise linear extrapoliert und hochgerechnet wird, so dass die Gewichts-differenz zwischen dem Punkt E einerseits und dem Schnittpunkt II der Geraden des linearen Messwertanstiegs mit der Abzisse (Zeitachse) andererseits berechnet wird: diese Gewichts-differenz ist dann eine sehr genaue Erfassung des Gewichtes des wirklich in den Behälter eingeströmten Schüttgutes, was durch Versuchsergebnisse bestens belegt werden konnte. Im Falle, dass zur Messwertaufnahme eine elektronische Waage eingesetzt wird, mit der gleichzeitig eine integrale Auswertung der Messwertkurve über der Zeit erfolgen kann, besteht sogar die Möglichkeit, dass durch eine geeignete elektronische Schaltung für die Berechnung des Durchsatzes oder des in den Waagenbehälter eingespeisten Schüttgutgewichtes gemessene tatsächliche Kurvenverlauf ersetzt wird durch einen Kurvenverlauf, der aus einer z.B. durch den Punkt E verlaufenden Geraden besteht, bei der das Integral über den Zeitraum, der zwischen ihrem Schnittpunkt mit der Abzisse und dem Punkt E liegt, gleich dem Integral der tatsächlich gemessenen Kurve über den Zeitraum zwischen den Punkten I und E ist.

Selbstverständlich können der Zyklus I und II auch weglassen werden, und direkt mit dem Zyklus III begonnen werden. Dabei besteht aber keine genügende Sicherheit, dass die vom Rechner ermittelten Durchsätze mit Waagengenauigkeit stimmen. Die erstmalige Messung dient gleichzeitig einer Eichung für den jeweiligen Betriebszustand bzw. für ein allenfalls noch nicht bekanntes Produkt. Diese Eichung kann nach Bedarf auch während dem Betrieb wiederholt werden, sofern ein kurzzeitiges Unterbrechen des Produktflusses erlaubt ist.

Die Lösung gemäss Fig. 1 erlaubt ein konstantes Erfassen des Durchsatzes, wobei der Produktfluss dauernd überwacht werden kann. Bei Eingeben einer genügenden Bandbreite kann mit diesem Ausführungsgedanken auch eine Vergleichsmässigung bzw. eine Verbesserung der Konstanz des Durchsatzes erreicht werden. Schwankungen oder ganz kurzfristige Spitzen des in den Waagebehälter eingespiesenen Produktes werden im Waagebehälter aufgefangen. Die unten abgegebene Produktmenge ist über der Zeit stark ausgeglichen, was direkt wieder einen Einfluss hat auf die Genauigkeit der

Erfassung des Durchsatzes. In Fig. 1 wird der Schieber 4 durch Messwerte der Waagensignale gesteuert, wobei aus den Waagensignalen gleichzeitig der Produktdurchsatz ermittelt wird.

In der Folge wird nun auf die Fig. 3 Bezug genommen. In der Fig. 3 weisen die entsprechenden Elemente die gleichen Bezugsziffern wie in Fig. 1 auf. In der Zuführleitung 2 ist ein Produktschieber 20, der über einen Pneumatikzylinder 21 betätigt wird. Der Pneumatikzylinder 21 wird über eine Luftleitung 22 und einen elektro-pneumatischen Wandler 23 gesteuert, welcher von einem Umsetzer 24 die Korrektursignale erhält. Für eine Anzahl Produkte ist es vorteilhaft, anstelle eines Flachschiebers eine Pendelklappe 25 zu verwenden, welche über elektromotorische Mittel, z.B. einem Stellmotor, oder wie in Fig. 3 mit einem Pneumatikzylinder 26 betätigt wird, der mit Druckluft über eine Steuerleitung 27 und einem elektro-pneumatischen Wandler 28 versorgt und gesteuert wird. Mit der Pendelklappe 25 ist auch eine Positionsanzeige 29 verbunden, welche z.B. als Drehpotentiometer ausgebildet sein kann. Das entsprechende elektrische Signal wird über eine Steuerleitung 30, welche die jeweilige Ist-Lage der Pendelklappe 25 feststellt und dem Rechner 10 mitteilt, gegeben.

Die Lösung gemäss Fig. 3 kann nun genau gleich wie die Lösung gemäss Fig. 1 betrieben werden, wobei der Produktschieber als Serviceschieber benützt werden kann.

Der Ausführungsgedanke gemäss Fig. 3 erlaubt aber auch noch eine ganz andere Betriebsweise, indem diese Lösung als eine Art Differenzialwaage betrieben werden kann. Im Gegensatz zu den bekannten Differenzialwaagen wird jedoch in jedem Fall in dem Waagenbehälter 6 ein freier Massenfluss und gleichzeitig ein freier Austritt des Produktes ermöglicht. Damit keine Störfaktoren durch geänderte Reib- und Beschleunigungskräfte das Ergebnis stören, wird die Öffnungsstellung «O» immer so geregelt, dass eine Menge A in dem Waagebehälter nicht unterschritten wird. Versuche haben gezeigt, dass bei richtiger Formgebung des ganzen Waagenbehälters, insbesondere der Auslaufpartie ab der Menge A eine Änderung der Füllhöhe in dem Bereich zwischen A und B auf die Austrittsgeschwindigkeit keinen Einfluss hat, insbesondere wird die Austrittsgeschwindigkeit in diesem Bereich nicht gestört, ob nun Produkt in das Waagengefäss fliesst oder nicht.

Je nach Produkt und besonderer Situation kann z.B. in einem Zyklus von 2 Sekunden eine grosse Menge Produkt, z.B. Menge B – Menge A, in das Waagengefäss geschüttet werden, bei gleichzeitiger Austragung mit einer vorgegebenen Leistung. Nach zwei Sekunden wird der Schieber 20 vollständig geschlossen und die fortlaufende Austragung des Produktes über der Zeit während acht Sekunden überwacht, geregelt und gemessen, und das Spiel wiederholt. Dieser Ausführungsgedanke hat den Vorteil, dass zumindest während dem grösseren Zeitabschnitt die ausfliessende Produktmenge ungestört mit Waagengenauigkeit erfasst wird.

Sofern nun bei der Einspeisung eine gewisse Regelmässigkeit gegeben ist, können, wie aus der Fig. 4 ersichtlich ist, eine ganze Menge an Informationen gewonnen werden.

Der Beginn der Messung kann durch einen Zyklus X durchgeführt werden, entsprechend dem Zyklus II der Fig. 2. Der Rechner kann auf diese Weise die in die Waage fliesende Produktmenge pro Zeiteinheit bzw. den Durchsatz (\dot{m}) erfassen und die Klappe 25 bei Erreichen der Füllhöhe B in eine entsprechende Leistungsstellung öffnen. Gleichzeitig wird der Schieber 20 geschlossen, und nun als Zyklus XI fortlaufend die Austragleistung bzw. das über der Zeit abnehmende Behältergewicht festgestellt, und daraus der Massenfluss (\dot{m}) errechnet. Am Ende der Phase des Zyklusses XI wird der Schieber 20 wieder geöffnet, so dass anfänglich die

darüber aufgestaute Produktmasse in die Waage fällt. An dem Waagesignal ist nach einem ersten steilen Anstieg durch einen flacheren Anstieg das normale Nachfliessen aus der Zuführleitung 2 feststellbar. Nach Erreichen des Füllstandes B wird der Schieber 20 wieder geschlossen und das Spiel des Zyklus XI und XII fortgesetzt.

Anstelle des Schiebers 20 kann auch eine Speiseschnecke oder eine Schleuse verwendet werden, welche eine entsprechende Steuerbarkeit des Produktflusses erlauben. In der Fig. 4 ist nun ferner angenommen, dass der Produktaustrag aus dem Waagebehälter in den zwei Zyklen XI entweder konstant und/oder auf einen konstanten Wert geregelt werden, so dass die zwei Geraden 31 und 32 Parallele sind. Durch Errechnen der idealisierten «Fühlgeraden» 33 und 34 kann nun sehr genau auf die jeweilige Einfüllmenge geschlossen werden, obwohl die entsprechenden Werte von der Waage wegen des einfallenden Produktstromes (Fallimpuls) nicht direkt entnommen werden können. Auf diese Weise kann nach einer Anzahl unveränderter Zyklen XI eine leichte Korrektur für die Austragleistung eingegeben werden, entsprechend den mehr oder weniger der Speiseleistung in die Zuführleitung 2. Dieser Ausführungsgedanke ist besonders für die Erfassung des Durchsatzes in unmittelbar nachfolgenden Verarbeitungsmaschinen vorteilhaft, da sowohl für die Maschine selbst wie für allfällige weitere Beimischungen nur Regelkorrekturen in grösseren Zeitabständen notwendig sind.

Die Fig. 5 ist in bezug auf die Produktzuführung unterschiedlich zu den Ausgestaltungen in Fig. 1 und Fig. 3.

In Fig. 5 wird das Waagegefäss direkt aus einem Vorratsbunker oder einem Silo gespiesen. Die Aufgabe die hier gestellt ist, liegt in einer absoluten Konstanthaltung eines vorgegebenen Sollwertes. Der Produktdurchsatz soll über eine ganze Verarbeitungsperiode auf Waagengenauigkeit (z.B. $\pm 0,2\%$, $\pm 0,1\%$ Genauigkeit) geregelt werden. Die Genauigkeit soll sowohl momentan wie als Summe über die Verarbeitungsperiode eingehalten werden.

Über dem Waagenbehälter 6 ist ein Silo- oder Vorratsbehälter 40 angeordnet, dem ein regelbarer Austragdosierer 41 nachgeschaltet ist. Der Austragdosierer kann entsprechend den Flieseigenschaften des Produktes irgend ein bekanntes Dosierelement sein. Bei frei fließfähigen Gütern wie Getreide hat es sich als ganz besonders vorteilhaft erwiesen, nicht nur die untere Silo- bzw. Behälterpartie 42 wie an sich bekannt, als freien Massenflusssilo zu dimensionieren, sondern auch das Austragdosierelement als freier Massenflusdosierer mit freiem Produktaustritt zu gestalten, wie in der Fig. 5 dargestellt ist. Der Austragdosierer hat hierbei die Funktion eines Grobdosierers und weist auf einer Seite eine Regelklappe 43 auf, welche über einen Pneumatikzylinder 44 oder eine entsprechende Membrane betätigt wird. Die Druckluftsignale werden von einem elektro-pneumatischen Wandler 46 über eine Druckluftleitung 45 übertragen. Der Rechner 10 gibt an einen Umsetzer 47 die erforderlichen Vorgabe-Sollwerte, welche über einen Positionsmelder 48 für eine erste Grobeinstellung verwendet werden. Während des Betriebes können nun die Korrekturbefehle für den Grobdosierer so gewählt werden, dass die Schwankungsbreite zwischen den Füllhöhen A und B in dem Waagebehälter 6 voll ausgenutzt wird.

Der Ausgestaltungsgedanke gemäss Fig. 5 erlaubt ferner eine Direktregelung des Austragdosierers 41, indem das Mass der Gewichtszunahme über der Zeit, von einer Einfüllmenge A beginnend, dauernd festgestellt und ein entsprechendes Stellsignal durch den Rechner 10 sowie über den Umsetzer 47 an den Pneumatikzylinder 44 gegeben wird.

Dabei bildet sich eine Kurve z.B. entsprechend Zyklus I in Fig. 2. Reicht eine Behälterfüllung für die genaue Findung der Soll-dosierleistung nicht, wird auch dieser Vorgang wie in Fig. 2 wiederholt, dabei ergibt sich ein sinngemässer Zyklus III in Sekunden elf bis Sekunden dreizehn. Bei Sekunden dreizehn wird die Klappe 25 soweit geöffnet, bis konstantes Gewicht im Waagenbehälter entsteht. Die entsprechende Schieberstellung wird nun gehalten. Durch den freien Massenfluss bleibt die Austragsleitung aus dem Waagenbehälter mit Waagengenauigkeit konstant, und die Füllmenge in dem Waagenbehälter wird durch die Grobdosierklappe 43 wie weiter oben beschrieben geregelt, durch ein entsprechendes Sollsignal von dem Rechner 10.

Im Rechner 10 können aber auch beliebige Programme für die produktabhängige Öffnungsstellungen in bezug auf einen gewünschten Soll-Durchsatz eingegeben werden, wobei die Leistung über der Zeit vorteilhafterweise einer quadratischen Funktion entspricht. Wird die Durchlaufwaage nicht senkrecht, sondern in leichter Schräglage eingebaut, so können ebenfalls im Rechner 10 entsprechende Istwert-Korrekturprogramme vorgesehen werden.

Aufgrund der vorstehenden Ausführungen ist ersichtlich, dass der Rechner 10 programmiert werden kann, dass je nach Erfordernis folgende Daten eingegeben oder in beliebiger Kombination genommen werden können

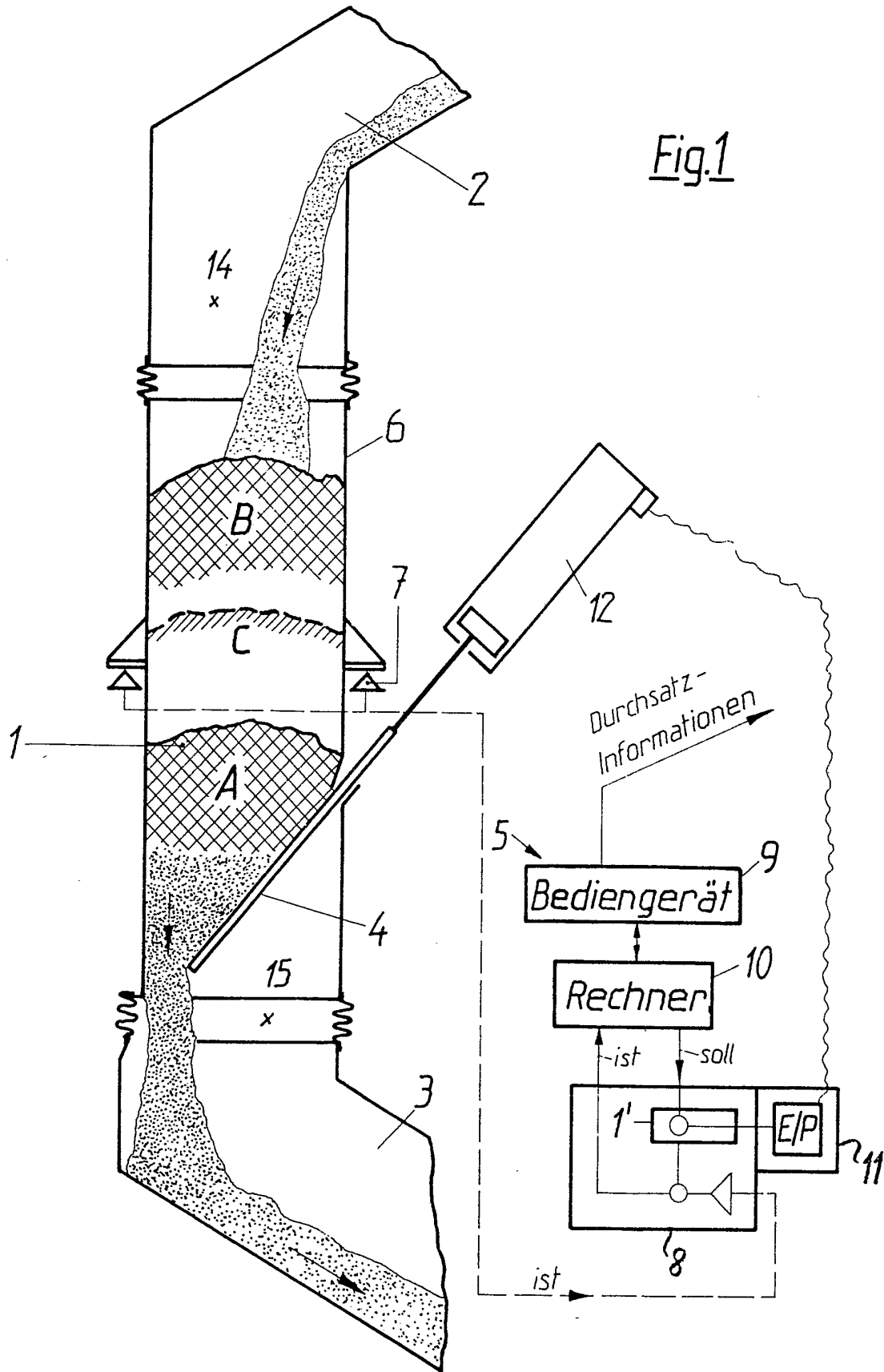
- der momentane Durchsatz
- die Totalisierung der Produktmenge, z.B. auf eine Zyklusdauer von zehn Sekunden
- die Totalisierung der Produktmenge bezogen auf eine/mehrere Stunden
- jeweils ein 50 kg-Impuls, d.h. die effektive (errechnete) Zeitangabe wann 50 kg Produkt durchgeflossen sind
- eine Verarbeitungsmenge von z.B. 50 t

Bis heute war es nicht möglich mit einem System die entsprechenden Daten mit Waagengenauigkeit und bei konstantem Produktfluss zu erhalten, da, wie eingangs erwähnt, Chargenwaagen zwar sehr genau arbeiten, aber jeweils eine Menge von z.B. 50 kg plötzlich ausschütten. Alle Systeme mit Prallplatten erreichen die geforderten Genauigkeiten nicht. Bandwaagen sind wirtschaftlich in sehr vielen Fällen nicht tragbar und erreichen die Genauigkeit nur bei sehr hohen Aufwendungen bezüglich der Wartung.

Zur Berechnung und Dimensionierung des Gefässes sowie der Klappe bzw. des Schiebers zur Erzeugung eines freien Massestromes kann man das Jenike-Verfahren benützen.

1954 entwickelte A.W. Jenike (siehe Bulletin No. 64 of the Utah Experiment Station, 1954 sowie Bulletin No. 123 of the Utah Experiment Station, 1964) eine experimentelle Testmethode zur Ermittlung der massgeblichen Stoffgrössen (innere Reibungswinkel der Schüttgüter sowie Reibungswerte der Schüttgüter gegenüber verschiedenen Wandmaterialien etc.), mit deren Kenntnis Auslauformen und Austrittsgrössen ermittelt werden können, die einen störungsfreien Massenfluss unter Schwerkraftwirkung garantieren.

In einem Schergerät werden dazu entsprechende Schüttgutmuster gemessen. Das Kernstück des Gerätes besteht aus einer aus der Bodenmechanik bekannten Scherzelle, in welcher Schüttgutproben mit verschiedenen Normallasten verdichtet werden und unter diesen Verdichtungszuständen abgeschert werden. Die graphische Auswertung der Messresultate zusammen mit von Jenike gegebenen Berechnungen höherer Differenzialgleichungen ermöglichen zu jeder Schüttgut-Wandmaterialpaarung die Angabe der jeweils notwendigen Neigungen der Schräglflächen sowie die minimalen Auslaufabmessungen damit Massenfluss garantiert ist.



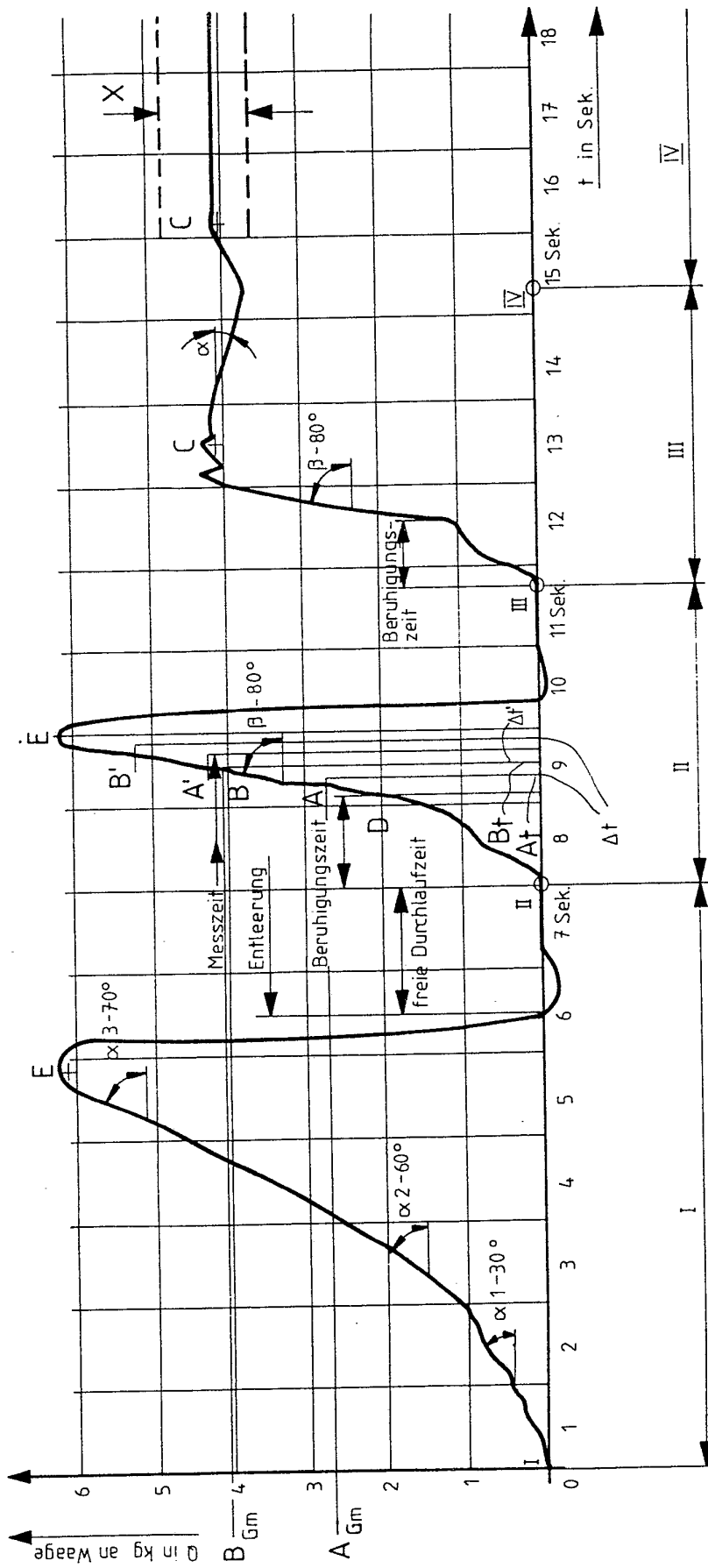
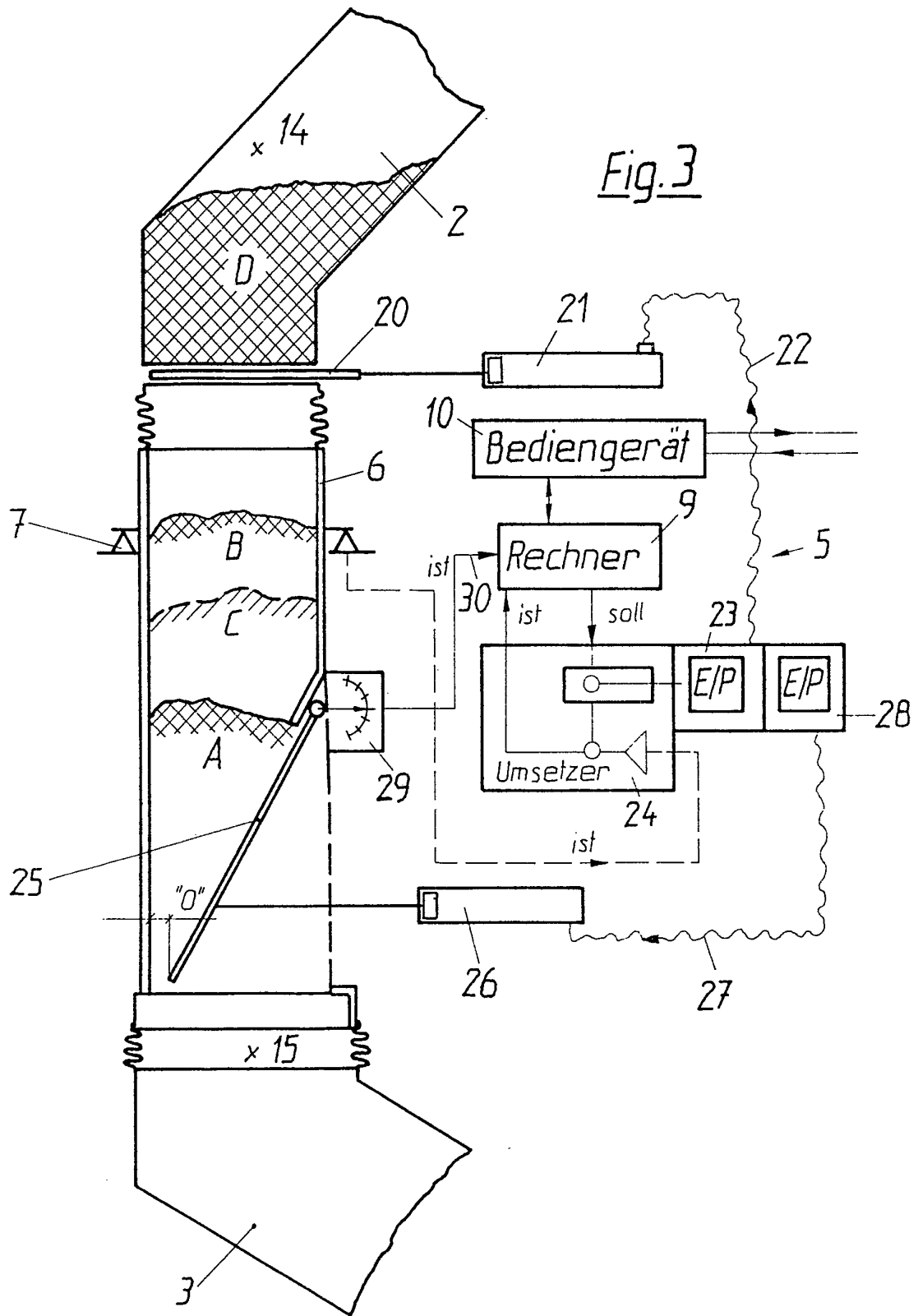
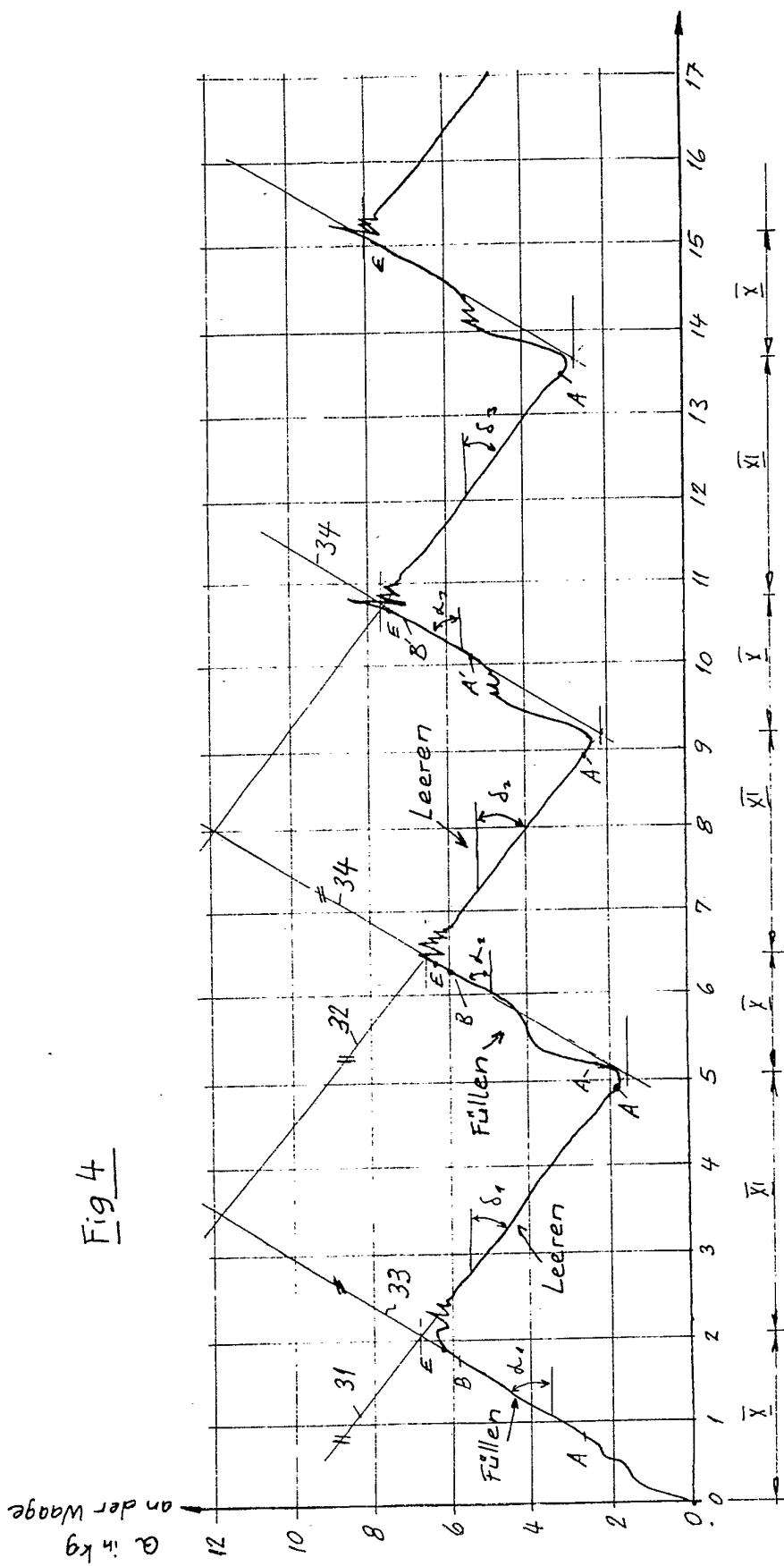


Fig. 2





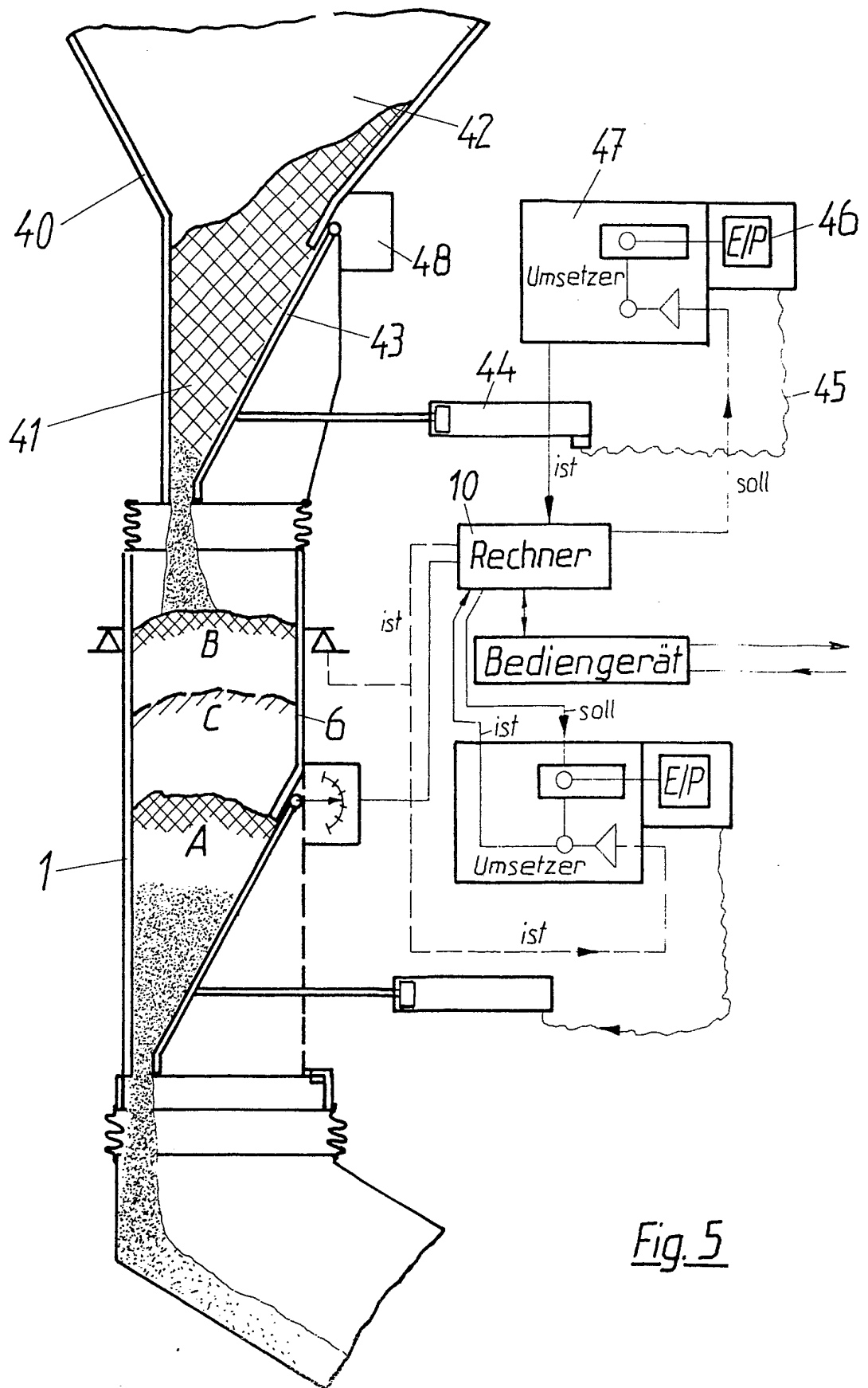


Fig. 5