

**Entwicklung eines Verfahrens  
zur  
Trennung von gemischtem Bauschutt**

Abschlußbericht über ein Entwicklungsprojekt,  
gefördert unter dem Az: 00 700 (23) von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Dipl. Ing. (FH) Manfred Bayer

Mai 1997

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>00700</b>	Referat	<b>?</b>	Fördersumme	<b>39.088,00 DM</b>
<b>Antragstitel</b>	<b>Entwicklung eines Verfahrens zur Trennung von gemischtem Bauschutt</b>				
<b>Stichworte</b>	Bauschutt, Wiederverwertung, Recycling, Dichtbestimmung, Sortentrennung, Verfahren				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>2 Jahre 6 Monate</b>	<b>01.03.1994</b>				
Zwischenberichte					
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Dipl.-Ing. Manfred Bayer			Tel	05482/5989
	Jahnstraße 2 D-49545 Tecklenburg			Fax	05482/300
				Projektleitung	Manfred Bayer
				Bearbeiter	Manfred Bayer
<b>Kooperationspartner</b>	RAHE Siegfried, Konstruktionsbüro Ringstraße 1, D-49191 Belm ----- KEMPKER Maschinenbau und Industriemontagen GmbH Daimlerstraße 8, D-48477 Hörstel ----- HK-Elektronik Ekenhoff 1b, D-49545 Tecklenburg				

**Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens**

Entwicklung eines Verfahrens und einer maschinentechnischen Einrichtung zur Trennung vermischten Bauschutts, basierend auf dem Prinzip der Dichtbestimmung eines jeden Schuttbrockens. Dabei verzichtet das vorgesehene Verfahren zur Volumensbestimmung auf die Verwendung von Flüssigkeiten und vermeidet die daraus resultierenden Nachteile. Der neue Verfahrensgedanke baut auf der Verwendung eines Gases (Luft) zur Volumensbestimmung auf und eliminiert somit die Nachteile des bekannten Verfahrens der Flüssigkeitsverdrängung. Somit würde es möglich eine automatische, wirtschaftlich arbeitende und umweltneutrale Einrichtung zu schaffen und so einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Wiederverwertbarkeit gemischten Bauschutts zu leisten.

**Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden**

Zur Verwirklichung des Projektes ist die Konstruktion einer geeigneten Versuchseinrichtung und deren Funktionsprüfung zunächst im Laborbetrieb erforderlich. Im Anschluß daran ist die Funktion in Feldversuchen zu testen und der verfahrenstechnische Nachweis über die Richtigkeit der theoretischen Annahmen zu erbringen. Parallel dazu sollte die patentrechtliche Absicherung des Verfahrens und der Einrichtung durchgeführt werden. Dazu sind die nachstehend aufgelisteten Einzelmaßnahmen vorgesehen bzw. durchgeführt worden:

*Projektphase 1*

1.1 Die mechanische Konstruktion der Versuchseinrichtung wurde vom Konstruktionsbüro RAHE durchgeführt und abgeschlossen.

1.2 Die Projektierung und Konstruktion der Hydraulikanlage erfolgte durch den Projektleiter und ist beendet.

- 1.3 Mit der Projektierung und Konstruktion der elektrischen Steuerung, der meß- und regelungs technischen Einrichtungen, sowie zur Programmierung der Software zur datenbankmäßigen Erfassung der Versuchsergebnisse wurde die HK-Elektronik, Tecklenburg beauftragt. Dieser Projektschritt ist ebenfalls beendet.
- 1.4 Mit der mechanischen Fertigung und Herstellung der Versuchseinrichtung einschließl. der Hydraulikanlage wurde die Firma Kempker beauftragt. Die Arbeiten sind abgeschlossen.
- 1.5 Herstellung und Test der elektrischen Steuerung, sowie der Meß und Regelungstechnik erfolgte durch die HK-Elektronik, Tecklenburg.
- 1.6 Die patentrechtliche Absicherung der Innovation wurde durch Erteilung des deutschen Patents Nr. 41 07 838 gemäß Erteilungsbeschuß vom 13.9.1996 erwirkt.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

Neuere Entwicklungen der Aufbereitungs- und Brechertechnik nutzen das Schlagzertrümmerungs-Verhalten der verschiedenen Bauschutt-Bestandteile zur Materialselektion und und Konzentration in unterschiedlichen Körnungen.

Als Ergebnis zeigt sich, daß während des Brechvorganges minderwertige Materialien in kleiner und feinsten Körnung entstehen und durch einfache Absiebung von den hochwertigeren Bestandteilen getrennt werden können. Bei dieser Verfahrensweise können vorhandene Zerkleinerungs- und Siebanlagen eingesetzt werden. Diese müssen lediglich auf die besonderen Anforderungen eingestellt und entsprechend betrieben werden. Dadurch kann eine ausreichende Konzentration druck- und schlagfester Materialanteile in den bevorzugten Korngrößen erreicht werden. Die minderwertigen Anteile fallen dabei vorwiegend als Sande und Kleinkörnungen an. Durch die Mehrfach-Nutzung vorhandener Aufbereitungsaggregate für die herkömmlichen Aufgabenstellungen und mit modifizierten Betriebseinstellungen für die Erzeugung hochwertigen Bauschutts ist eine große Wirtschaftlichkeit gewährleistet.

### ***Fazit***

Die im Laufe der Projektbearbeitung bekanntgewordenen neuen Entwicklungen der Aufbereitungs- und Brechertechnik beruhen auf deutlich kostengünstigeren Verfahrensweisen. Die ursprünglich angestellten Kosten- und Ertragsberechnungen sind durch die Marktentwicklung überholt und nichtmehr relevant. Eine Weiterführung des Projektes wäre somit ohne wirtschaftlichen Nutzen und eine entsprechende Sorten-Trennanlage ohne Marktchancen.

## **Inhaltsverzeichnis:**

1. Beiliegende Pläne und Informationen
2. Zusammenfassung
3. Projektbeschreibung
4. Fazit

## 1. Beiliegende Pläne und Informationen

- 1.1 Zeichnung Nr. 250 360 001 501
- 1.2 Zeichnung Nr. 250 360 002 501
- 1.3 Zeichnung Nr. 150 360 002 501
- 1.4 Patenturkunde Nr. 41 07 838
- 1.5 Patentschrift DE 41 07 838 C2
- 1.6 Tabelle: Dichte verschiedener Stoffe

## 2. Zusammenfassung

Ausgehend von den dem Patent Nr. 41 07 838 zugrundeliegenden Gedanken, sollte ein Verfahren zum Trennen von gemischtem Bauschutt entwickelt werden um die Verwertbarkeit von gemischtem Bauschutt zu verbessern.

Zeitgleich wurde das Schutzrechtsverfahren und die Entwicklung einer geeigneten Versuchseinrichtung zum Nachweis der Verfahrensweise in Angriff genommen.

Mit der Erteilung des deutschen Patentes Nr. 41 07 838 am 20.03.1997 wurde das Schutzrechtsverfahren erfolgreich abgeschlossen.

Die Konstruktion und der Bau der Versuchseinrichtung wurde im Laufe der Jahre 1994 und 1995 durchgeführt und abgeschlossen.

Die geplanten Feldversuche wurde nicht ausgeführt und die weitere Bearbeitung des Projektes gestoppt, da durch neue Aufbereitungsverfahren und Marktveränderungen die Voraussetzungen für den wirtschaftliche Anwendung des Trennverfahrens entfielen.

### 3. Projektbeschreibung

#### 3.1 Gegenstand des Entwicklungsprojektes

Unter Aktenzeichen P 41 07 838.1 wurde am 12.03.1991 beim Deutschen Patentamt ein Antrag auf Erteilung eines Patentes für ein "Verfahren und Vorrichtung, sowie Materialsortentrennanlage zum Sortieren eines Haufwerkes" gestellt. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde eine Mischung unterschiedlichster Materialien nach ihrer Sortenzugehörigkeit zu Trennen, um durch die sortenreine Zusammensetzung die Wiederverwertbarkeit zu ermöglichen bzw. zu erleichtern.

Es ist vorgesehen den Erfindungsgedanken auf die technische und wirtschaftliche Verwendungsfähigkeit zu untersuchen und wenn möglich eine marktgerechte Sortentrennanlage für gemischten Bauschutt zu entwickeln.

#### 3.2 Umweltpolitische Ausgangslage

Nach Schätzungen des Statistischen Bundesamtes vom 1. März 1990 betrug das Aufkommen an Bauschutt 22,6 Mio. Mg und an Baustellenabfällen 10,0 Mio. Mg. Der Verwertung wurden im gleichen Jahr 3,7 Mio. Mg Bauschutt d.h. 16 % zugeführt.

Das Bundesumweltministerium strebte für die erste Hälfte der 90er Jahre eine Verwertungsquote von 60 % für Bauschutt und 40% für Baustellenabfälle an. Bei gleichbleibendem Altbaustoff-Aufkommen bedeutet dies eine Steigerung der Bauschutt-Verwertung um ca. 10,9 Mio. Mg und um 4,0 Mio. Mg für Baustellenabfälle.

#### 3.3 Verwertbarkeit der Altbaustoff-Anteile

Neben mineralischen Bestandteilen enthalten Bauschutt und Baustellenabfälle verschiedene Wertstoffe, sowie nichtverwertbare Schadstoffanteile und Abfälle in unterschiedlichen und ständig wechselnden Zusammensetzungen. Die Mengenanteile unterliegen starken und regionalen Schwankungen und werden außerdem maßgeblich vom Fortschritt der jeweiligen Abbruch- bzw. Baumaßnahme beeinflusst.

Voraussetzung für die Verwertbarkeit der Altbaustoffe ist die Übereinstimmung mit den Materialarten, so daß sich die Güte der Altbaustoffe nach den minderwertigsten Materialanteilen richtet.

Große Bedeutung kommt daher der Qualitätsverbesserung der Recyclingbaustoffe zu, die in erster Linie durch Sicherstellung der Sortenreinheit erreichbar ist. Nur so können neue Einsatzbereiche erschlossen und damit die Verwertungsquote entscheidend

verbessert werden.

### **3.4 Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Bauschutt-Anteile**

Die eindeutige Erkennung und Zuordnung der vermischten Bauschutt-Anteile zur jeweiligen Sorte kann nur durch

- a. Optische Erkennung oder
- b. Dichtebestimmung erfolgen.

Die beiliegende Tabelle "Dichte verschiedener Stoffe" gibt einen Überblick über die spezifischen Gewichte verschiedener Bau- und Naturmaterialien.

### **3.5 Stand der Technik**

#### *3.51 Optische Erkennungssysteme*

die eine automatische und mechanische Sortentrennung ermöglichen sind nicht verfügbar. Somit ist eine Sortentrennung auf der Basis optischer Erkennung z.Z. nur durch das menschliche Auge möglich. Dies bedeutet eine begrenzte Durchsatzmenge und hohe Sortierkosten infolge der anteiligen Lohnkosten.

#### *3.52 Dichtebestimmung*

heißt Ermittlung des Gewichtes und des Volumens des jeweiligen Schuttbrockens mit anschließender Berechnung der Dichte. Die dafür erforderliche Wiegetechnik und auch die elektronischen Einrichtungen zur Berechnung der Dichte bei bekanntem Volumen sind bekannt und bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

Die Volumensbestimmung unregelmäßiger Körper erfolgt im allgemeinen nach dem Prinzip der Flüssigkeitsverdrängung, d.h. eintauchen in eine Flüssigkeit. Die entscheidenden Nachteile eines solchen Verfahrens in Verbindung mit Altbaustoffen sind:

- a. Verunreinigung und Verschlammung der Prüfflüssigkeit. Um mögliche Meßfehler auszuschließen muß die Flüssigkeit fortlaufend erneuert bzw. gereinigt werden. Der dabei anfallende Klärschlamm ist unter Verursachung hoher Kosten zu entsorgen und schafft gleichzeitig neue Umweltprobleme.
- b. Die Feuchtigkeitsaufnahme der Bauschuttbrocken während des Eintauchens führt zu Dichteveränderungen und damit zu Verfälschungen des Meßergebnisses.

c. Ebenso führen nur teilweise gefüllte Hohlräume zu Fehlmessungen und somit zu Fehlsortierungen.

### **3.6 Unterschiede zum damaligen Stand der Technik**

Die vorgesehene Einrichtung zur Trennung vermischten Bauschutts basiert auf dem Prinzip der Dichtebestimmung eines jeden Schuttbrockens. Dabei verzichtet das vorgesehene Verfahren zur Volumensbestimmung auf die Verwendung von Flüssigkeiten und vermeidet die daraus resultierenden Nachteile. Der neue Verfahrensgedanke baut auf der Verwendung eines Gases (Luft) zur Volumensbestimmung auf und eliminiert somit die erwähnten Nachteile des bekannten Verfahrens der Flüssigkeitsverdrängung. Somit wird es möglich eine automatisch arbeitende und umweltneutrale Einrichtung zu schaffen und so einen entscheidenden Beitrag zur deutlichen Verbesserung der Wiederverwertbarkeit, zur Schonung natürlicher Rohstoffvorkommen, zur Entlastung knapper Deponieräume und somit zur Verwirklichung der umweltpolitischen Zielvorgaben zu leisten.

### **3.7 Bisher durchgeführte Projektschritte**

Die mechanische Konstruktion der Versuchseinrichtung wurde durchgeführt und abgeschlossen.

Die Projektierung und Konstruktion der Hydraulikanlage erfolgte und ist beendet.

Die Projektierung und Konstruktion der elektrischen Steuerung, der meß- und regelungstechnischen Einrichtungen, sowie die Programmierung der Software zur datenbankmäßigen Erfassung der Versuchsergebnisse ist beendet.

Die mechanische Fertigung und die Herstellung der Versuchseinrichtung einschließlich der Hydraulikanlage ist ebenfalls abgeschlossen.

Die patentrechtliche Absicherung der Innovation wurde durch Erteilung des deutschen Patents Nr. 41 07 838 gemäß Erteilungsbeschluß vom 13.9.1996 erwirkt.

### **3.8 Neuere Entwicklungen und Markttendenzen**

Neuere Entwicklungen der Aufbereitungs- und Brechertechnik nutzen das Schlagzertrümmerungs-Verhalten der verschiedenen Bauschutt-Bestandteile zur Materialselektion und Konzentration in unterschiedlichen Körnungen.

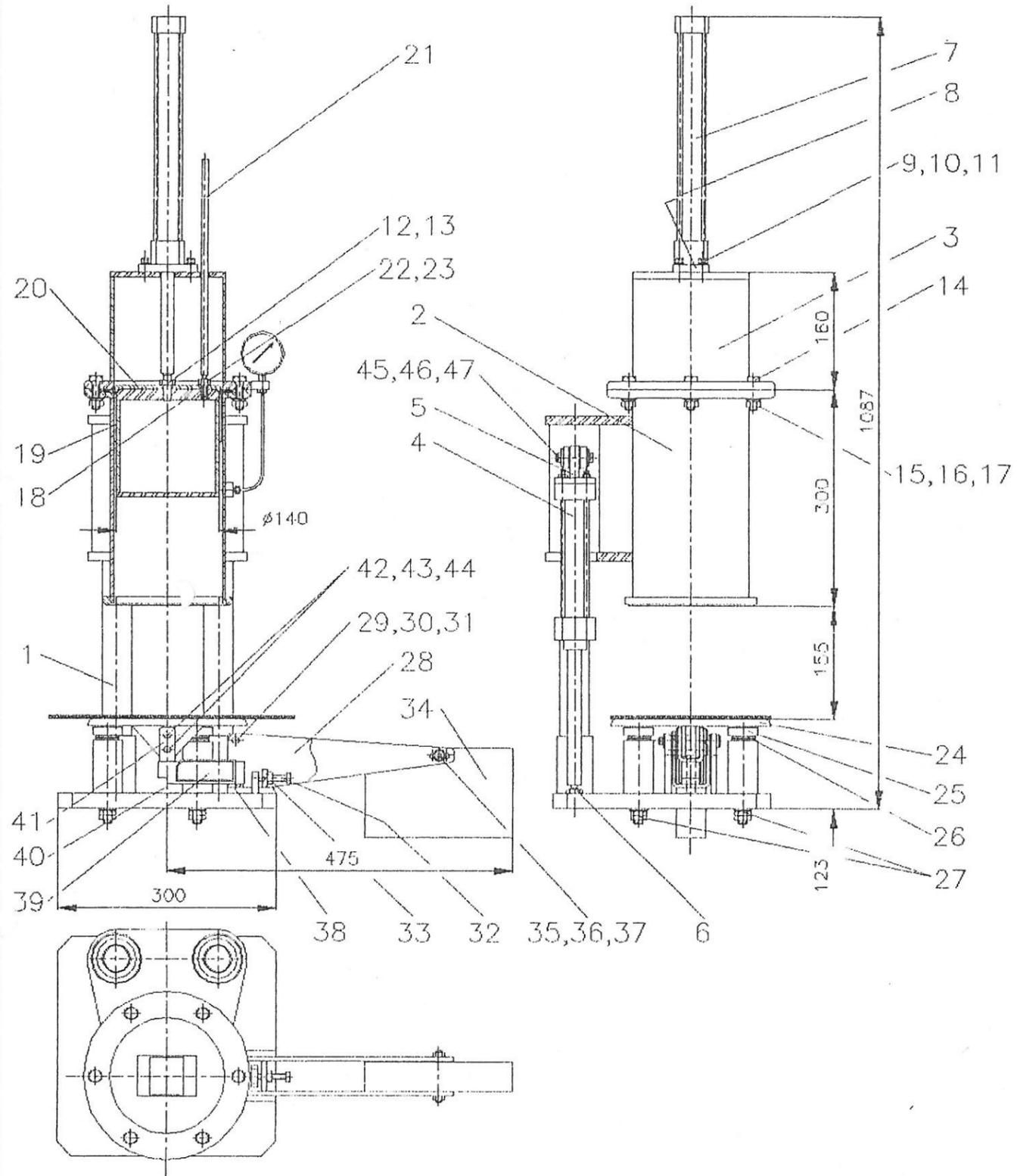
Als Ergebnis zeigt sich, daß während des Brechvorganges minderwertige Materialien in kleiner und feinsten Körnung entstehen und durch einfache Absiebung von den hochwertigen Bestandteilen getrennt werden können. Bei dieser Verfahrensweise können vorhandene Zerkleinerungs- und Siebanlagen eingesetzt werden. Diese müssen lediglich auf die besonderen Anforderungen eingestellt und entsprechend betrieben werden. Dadurch kann eine ausreichende Konzentration druck- und schlagfester Materialanteile in den bevorzugten Korngrößen erreicht werden. Die minderwertigen Anteile fallen dabei vorwiegend als Sande und Feinkörnungen an.

Durch die Mehrfachnutzung vorhandener Aufbereitungsaggregate für die herkömmlichen Aufgabenstellungen und mit modifizierten Betriebseinstellungen für die Erzeugung hochwertigen Bauschutts ist eine große Wirtschaftlichkeit gewährleistet.

#### 4. Fazit

Die im Laufe der Projektbearbeitung bekanntgewordenen neuen Entwicklungen der Aufbereitungs- und Brechertechnik beruhen auf deutlich kostengünstigeren Verfahrensweisen. Die ursprünglich angestellten Kosten- und Ertragsberechnungen sind durch die Marktentwicklung überholt und nicht mehr relevant.

Eine Weiterführung des Projektes wäre somit ohne wirtschaftlichen Nutzen und eine entsprechende Sortentrennanlage ohne Marktchancen.



1991	Tag	Name	
Gez.	21.03	Rahe	
Gepr.			
Norm			
Maßstab:	Benennung:		Zeichnungs Nr.
1:10	Vakuumkammer		150 360 002 501
Masse n. Toleranz- ang. n. DIN ISO 2768-mK			Ersatz fuer:
			Entstanden aus:

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## URKUNDE über die Erteilung des **Patents** Nr. 41 07 838

Bezeichnung:  
Verfahren und Vorrichtung zum Sortieren eines Haufwerkes

Patentinhaber:  
Schmitt, Hans, 97535 Wasserlosen, DE

Erfinder:  
gleich Inhaber

Tag der Anmeldung: 12.03.1991

München, den 20.03.1997



Der Präsident des Deutschen Patentamts

Dipl.-Ing. N. Haugg



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 41 07 838 C 2

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 07 C 5/34

B 07 C 5/16  
B 07 C 5/02  
B 65 G 47/46  
B 09 B 3/00  
B 03 B 9/06  
B 07 C 5/04

21 Aktenzeichen: P 41 07 838.1-53  
22 Anmeldetag: 12. 3. 91  
43 Offenlegungstag: 17. 9. 92  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 3. 97

DE 41 07 838 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Schmitt, Hans, 97535 Wasserlosen, DE

72 Erfinder:  
gleich Patentinhaber

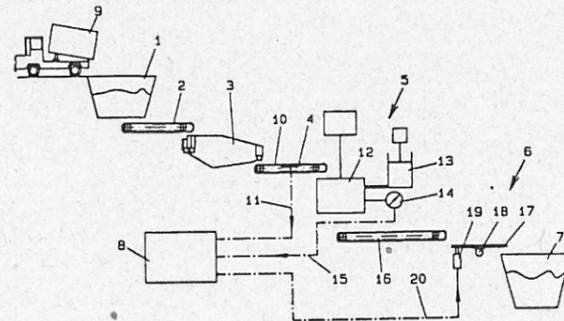
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 29 00 666 C2  
DE 29 00 666 C2  
DE 42 38 684 A1  
DE-OS 39 03 325 A1  
DE 39 03 325 A1  
DE-OS 38 00 204 A1  
DE 38 00 204 A1  
DE 37 25 218 A1  
DE-OS 35 20 486 A1  
DE 35 20 486 A1  
DE 35 01 777 A1  
DE-OS 33 29 883  
DD 2 63 010 A1

ABC Technik und Naturwissenschaft, Bd. 1, Verlag  
Harri Deutsch, Frankfurt/Main und Zürich, 1970,  
S. 170;

54 Verfahren und Vorrichtung zum Sortieren eines Haufwerkes

57 Verfahren zum Sortieren eines Haufwerkes verschiedener, miteinander vermischter Materialien nach den einzelnen Sorten, wobei die Materialien mittels Volumen- und Dichtebestimmung ihrer Sorte nach bestimmt und anschließend sortiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß zur Volumen- und Dichtebestimmung der zu sortierenden Materialien das Material gewogen und das Volumen mittels Gasvolumen- und/oder Gasdruckveränderung bestimmt und so das spezifische Gewicht ermittelt wird.



DE 41 07 838 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Sortieren eines Haufwerkes gemäß der Oberbegriffe der Ansprüche 1 und 4.

Es fallen jährlich allein in der Bundesrepublik Deutschland mehrere Millionen Tonnen unsortierter Müll und Bauschutt an. Der Müll und die Baustellenabfälle werden derzeit auf Müllhalden und anderen Halden abgeladen und aufgeschüttet. Viele Stoffe könnten wiederverwertet werden, doch scheitert dieses derzeit an geeigneten Verfahren und Vorrichtungen und Sortentrennanlagen. Derzeit müssen, wenn einzelne Komponenten wieder verwertet werden sollen, die einzelnen Bestandteile von Hand von vielen Personen, falls dies überhaupt durchführbar ist, sortiert werden. Derzeit ist dieses unwirtschaftlich.

In der DD 2 63 015 A5 ist ein Verfahren zum Sortieren eines Haufwerkes verschiedener, miteinander vermischter Materialien nach den einzelnen Sorten bekannt. Bei diesem Verfahren geschieht das Bestimmen des Volumens mit einer optischen Sortiereinheit.

Das Nachschlagewerk ABC Technik und Naturwissenschaft, S. 170 (Bd. 1, Verlag Harri Deutsch), beschreibt die Bestimmung des Volumens eines festen Körpers durch Flüssigkeitsvolumenveränderung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Voraussetzung für eine automatische Material-Sortentrennanlage zu schaffen und hierfür ein Verfahren sowie eine Vorrichtung vorzuschlagen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 4 gelöst. Infolge dieser grundlegend neuen Maßnahme auf dem Sektor der Müll- und Bauschutt-sortierung wird auf überraschend und unvorhersehbare Weise die grundsätzliche Voraussetzung geschaffen, eine automatische Anlage nach dem neuen Verfahren zu betreiben. Eine derartige Anlage arbeitet äußerst wirtschaftlich. Es läßt sich somit eine bedarfsorientierte und leistungsfähige Sortier- und Trenneinrichtung, vor allem für Bauschutt erstmals in äußerst einfacher Weise kostengünstig und effektiv realisieren.

Neben mineralischen Bestandteilen enthalten Bauschutt- und Baustellenabfälle verschiedene Wertstoffe und nicht verwertbare Schadstoffanteile und Abfälle in unterschiedlichen Mengen und wechselnden Zusammensetzungen. Die Mengenanteile unterliegen starken regionalen Schwankungen und werden außerdem maßgeblich vom Stand der jeweiligen Abbruch- bzw. Baumaßnahme beeinflusst. Voraussetzung für die Verwertbarkeit der Altbaustoffe ist die Übereinstimmung mit den Richtlinien- und Qualitätsnormen für Recycling-Baustoffe. Dabei ist ein wesentliches Merkmal die Einhaltung der Grenzwerte für eventuelle Schadstoffbelastungen. Dadurch, daß durch das erfindungsgemäße Verfahren eine enorme Qualitätsverbesserung der Recycling-Baustoffe erreicht und eine sehr große Sortenreinheit durch das erfindungsgemäße Verfahren erreichbar wird, arbeitet dieses Verfahren äußerst wirtschaftlich. Auch können hier neue Einsatzbereiche sehr einfach erschlossen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht also zur einfachen Voraussetzung der Material-Sortentrennung vor, daß zur Volumens- und Dichtebestimmung der zu sortierenden Materialien das Material gewogen und das Volumen mittels Gasvolumen und/oder Gasdruckveränderung bestimmt und so das spezifische Gewicht ermittelt wird. Hiermit wird auf äußerst umweltschonende

Weise, ohne die Umwelt in irgendeiner Form zu belasten, in überraschender Weise es möglich, die spezifischen Gewichte der Materialien zu erkennen. Denn ein eindeutiges Kriterium zur Sortenerkennung ist, wie sich durch umfangreiche Versuche gezeigt hat, das spezifische Gewicht des jeweiligen Körpers. Durch das umweltschonende Verfahren mittels Gasvolumen oder Gasdruckänderung und der Bestimmung des Gewichtes läßt sich das spezifische Gewicht, wenn diese Werte durch das erfindungsgemäße Verfahren ermittelt sind, leicht errechnen. Weiterhin liegt dem erfindungsgemäßen Verfahren die Erkenntnis zugrunde, daß mittels der allgemein bekannten Volumenbestimmung von unregelmäßigen Körpern durch Eintauchen in Flüssigkeit und der Ermittlung des Verdrängungsvolumens, dieses hier ohne Umweltbelastung nicht eingesetzt werden kann. Denn würde man die Methode zur Bestimmung des Flüssigkeitsvolumens (Eintauchen der Körper in Flüssigkeiten) hier einsetzen, so müßte diese Flüssigkeit anschließend entsorgt werden, was wiederum enorme Umweltbelastungen und Kosten mit sich bringt.

Weiterhin ist vorgesehen, daß nach der Ermittlung des spezifischen Gewichtes des jeweiligen Körpers, das Material nach dem ermittelten spezifischen Gewicht sortiert wird. In vorteilhafter Weise geschieht dieses automatisch in einer Sortieranlage.

Hierbei ist vorgesehen, daß das zu sortierende Material zunächst mittels einer Vereinzelungsanlage vereinzelnd wird, so daß jeweils ein Brocken oder ein Teil der Dichte- und Volumenbestimmungsanlage zugeführt wird, daß nach dem Ermitteln des spezifischen Gewichtes dieses Brockens oder Teiles dieser über eine Verteilungsanlage dem vorgesehenen Abschnitt der aus mehreren Abschnitten bestehenden Sortieranlage zugeführt wird. Somit wird immer für einen einzelnen Brocken das spezifische Gewicht bestimmt, so daß jeder Brocken sicher identifiziert werden und somit entsprechend sortiert wird; es findet also Art-Klassifizierung der einzelnen Brockens eines unsortierten Haufwerkes statt.

Zur Durchführung des Verfahrens ist eine Vorrichtung gemäß der kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 4 vorgesehen. Mittels dieser einfach aufgebauten Vorrichtung kann das Volumen des Körpers, dessen Dichte zu bestimmen ist, in überraschender Weise sehr einfach bestimmt werden. Zusätzlich wird dann über eine Wiegeeinrichtung das Gewicht des jeweiligen Brockens oder Teiles ermittelt. Aufgrund des ermittelten Volumens und des ermittelten Gewichtes wird über eine Auswerteeinrichtung, beispielsweise einem Auswertecomputer oder Rechner das tatsächliche spezifische Gewicht dieses Körpers ermittelt. Hierzu ist die Volumen- und/oder Druckveränderungseinrichtung sowie das Druck- und/oder Volumenmeßgerät sowie die Wiegeeinrichtung an diese Auswerteeinrichtung angeschlossen. Aufgrund des spezifischen Gewichtes wird dieser Brocken dann klassifiziert und anschließend sortiert.

Weiterhin ist vorgesehen, daß diese Vorrichtung Bestandteil einer Material-Sortentrennanlage ist. Mit Hilfe dieser Material-Sortentrennanlage ist es möglich, anhand des von der von der Vorrichtung ermittelten spezifischen Gewichtes die jeweiligen Brockens nach Ihrer Klassifizierung automatisch zu sortieren, so daß sie nach den vorgegebenen Klassen oder Sorten in verschiedene Teilbereiche oder Bunker oder Behälter etc. abgelegt werden können.

Diese Material-Sortentrennanlage besteht aus den folgenden nacheinander angeordneten Elementen:

- Aufgabe- und/oder Zufuhreinrichtung,
- Vereinzelungsanlage,
- Vorrichtung zur Bestimmung der spezifischen Dichte und Verteilanlage.

Das Material wird in der Material-Sortentrennanlage zunächst über die Aufgabe- und Zufuhreinrichtung der Vereinzelungsanlage zugeführt. In dieser Vereinzelungsanlage werden die einzelnen Teile des aus verschiedenen Materialien bestehenden Haufwerkes einzeln, so daß immer nur ein Teil oder nur ein Brocken der Vorrichtung zur Bestimmung der spezifischen Dichte zugeführt wird. Nur so kann jeder Brocken oder jedes Teil exakt bestimmt und klassifiziert werden. Nach der Bestimmung der spezifischen Dichte und der damit verbundenen Klassifizierung des Brockens gelangen diese zu einer Verteilanlage. Die Verteilanlage teilt dann die klassifizierten Brocken entsprechend der Klassifizierung den einzelnen vorgegebenen Plätzen für die verschiedenen Materialien zu.

Weiterhin ist vorgesehen, daß der Aufgabe- und/oder Zufuhreinrichtung eine Sammelanlage, wie beispielsweise Silo, Vorratsbehälter etc. vorgeschaltet ist, von welcher aus das Material der Aufgabe- und/oder Zufuhreinrichtung mittels zumindest eines Transportelementes zugeleitet wird. Hierdurch wird eine kontinuierliche Arbeit der Anlage sichergestellt, da immer aus einem gewissen Vorrat heraus gearbeitet werden kann.

In einfacher Weise läßt sich die Vereinzelungsanlage als Schwingförderer oder als Fördereinrichtung mit auf dem Differenzgeschwindigkeitsprinzip arbeitenden Förderelementen ausbilden.

Die Verteilanlage kann als Weichensteuerungsanlage mit anschließenden Fördereinrichtungen, einer beweglichen Platte mit einer Steuerungsanlage, mit Auswerfern oder Abwerfern oder aber zumindest einer verschwenkbaren Rutsche oder Förderband ausgebildet sein.

Weiterhin ist vorgesehen, um das Durchsatzvolumen der Material-Sortentrennanlage zu steigern, daß die spezifische Dichtebestimmungsanlage ein- und mehrfach vorhanden ist. Hierbei können diese Anlagen parallel oder hintereinander geschaltet sein.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung ergibt sich dadurch, daß die Wiegeeinrichtung in die Volumenbestimmungsanlage integriert ist, weil dann beide Meßvorgänge gleichzeitig durchgeführt werden können.

Weitere Einzelheiten der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen. Es zeigen

Fig. 1 Den Aufbau der Material-Sortentrennanlage in Prinzipdarstellung,

Fig. 2 die Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Ausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 3 die Anlage gemäß Fig. 2 in Meßendposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 4 eine andere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Ausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 5 die Anlage gemäß Fig. 4 in Meßendposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 6 eine weitere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Meßausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 7 die Anlage gemäß Fig. 6 in Meßendposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 8 eine weitere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Meßausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 9 die Anlage gemäß Fig. 8 in Meßendposition in

Prinzipdarstellung,

Fig. 10 eine weitere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Meßausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 11 die Anlage gemäß Fig. 10 in Meßendposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 12 eine weitere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Meßausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 13 die Anlage gemäß Fig. 12 in Meßendposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 14 eine weitere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Meßausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 15 die Anlage gemäß Fig. 14 in Meßendposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 16 eine weitere Dichte- und Volumenbestimmungsanlage in Meßausgangsposition in Prinzipdarstellung,

Fig. 17 die Anlage gemäß Fig. 16 in Meßendposition in Prinzipdarstellung.

Die Material-Sortentrennanlage besteht aus der Sammelanlage 1, der Aufgabe- und Zufuhreinrichtung 2, der Vereinzelungsanlage 3, der Wiegeeinrichtung 4, der Vorrichtung zur Bestimmung der spezifischen Dichte 5 (Dichte- und Volumenbestimmungsanlage), der Verteilanlage 9, den Sammelbehältern 7 für die sortierten Materialien und der Auswerteinrichtung 8.

Über Fahrzeuge, beispielsweise LKWs 9 wird das zu sortierende Material in Form eines Haufwerkes angeliefert und in dem Bunker 1 zwischengelagert. Von dem Bunker 1 wird das Material über die Aufgabe- und Zufuhreinrichtung 2, die als Förderband ausgebildet ist, der als Schwingrinne ausgebildeten Vereinzelungsanlage 3 zugeführt. Hier wird jeder Brocken einzeln und nacheinander einzeln auf das Förderband 10 aufgegeben. Über die Wiegeeinrichtung 4 wird das Gewicht der Brocken nacheinander bestimmt und das ermittelte Gewicht wird dann über die Datenleitung 11 der Auswerteinrichtung 8, die als Auswertecomputer oder Rechner ausgebildet ist, mitgeteilt. Das Förderband 10 fördert dann die Brocken jeweils einzeln in die zu verschließende Kammer 12 der Vorrichtung zur Bestimmung der spezifischen Dichte 5. Über die Pumpe 13 wird eine Druckveränderung in der Kammer 12 hervorgerufen. Diese Druckveränderung wird von dem als Manometer 14 ausgebildeten Druckmeßgerät über die Datenleitung 15 dem als Auswertecomputer 8 ausgebildeten Auswerteeinrichtung mitgeteilt. Aus dem für jeden Brocken ermittelten Gewicht und der zugehörigen Druckveränderung, errechnet der Auswertecomputer das spezifische Gewicht eines jeden Brockens. Anhand dieses spezifischen Gewichtes klassifiziert der Auswertecomputer 8 diesen Brocken und teilt ihm eine Adresse für die Verteilanlage 6 und der Sortensammelstelle 7 zu. Nachdem das Volumen des jeweiligen Brockens bestimmt ist, wird der Brocken aus der Kammer 12 auf das Förderband 16 übergeben. Von hier aus gelangt dann jeder Brocken zu der Verteilanlage 6, die von einer verschwenkbaren Platte 17 gebildet wird. Diese verschwenkbare Platte 17 ist mittels eines Kugelgelenkes 18 in allen Ebenen beweglich aufgehängt. Die Stellung der Platte 17 läßt sich über den Stellzylinder 19 einstellen. Der Stellzylinder 19 ist mit einer Datenleitung 20 mit der Auswerteeinrichtung 8 verbunden. Aufgrund der ermittelten Daten wird über die Datenleitung 20 der Stellzylinder 19 angesteuert und die Platte 17 wird in die entsprechende Position gebracht, so daß der Brocken

über diese Platte dem jeweiligen Auffangplatz der Sortenauffanganlage 7 entsprechend der zugeteilten Adresse zugeteilt wird. Somit wird auf einfache Weise das Material nach Sorten getrennt.

Es werden jetzt die möglichen Funktionsabläufe zur Volumenbestimmung der einzelnen Brocken anhand der in Prinzipdarstellung dargestellten Dichte- und Volumenbestimmungsanlage 5 gemäß den Fig. 2—17 beispielhaft näher erläutert.

Gemäß der Variante nach Fig. 2 und 3 wird der Brocken 21 über das Förderband 10 in die Kammer 12 eingebracht. Anschließend wird die Kammer 12 mittels des Kolbens 22 dicht verschlossen. Anschließend wird das Ausgangskammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  des Kolbens 22, der die Kammer 12 verschließt und der Ausgangsdruck  $P_1$  bestimmt und am Manometer 14 abgelesen und an die Auswerteeinrichtung 8 übermittelt. Jetzt wird das Kammervolumen vergrößert bis der gewünschte Enddruck  $P_2$  erreicht ist, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Dann wird die Vergrößerung des Kammervolumens, d. h. die Differenzhöhe  $H_D$  des Kolbens 22 zu seiner Ausgangsstellung ermittelt. Hieraus wird dann über die Auswerteeinheit 8 das Volumen des Brockens 21 bestimmt. In Verbindung mit dem von der Wiegeeinrichtung ermittelten Gewicht wird dann von der Auswerteeinrichtung 8 das spezifische Gewicht errechnet und der Brocken 21 entsprechend klassifiziert.

Gemäß der Fig. 4 und 5 wird der Brocken 21 in die Kammer 12 eingebracht. Anschließend wird die Kammer 12 von dem Kolben 22 dicht verschlossen und das Ausgangskammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  des Kolbens 22 und der Ausgangsdruck  $P_1$  mit dem Manometer 14 werden ermittelt. Dann wird das Kammervolumen durch Verschieben des Kolbens 22 verkleinert bis der gewünschte Enddruck  $P_2$  erreicht ist, wie in Fig. 5 gezeigt ist. Anschließend wird die Verkleinerung des Kammervolumens, d. h. die Differenzhöhe  $H_D$  des Kolbens 22 ermittelt und in geeigneter Weise an die Auswerteeinrichtung 8 übertragen. Hieraus läßt sich über die Auswerteeinrichtung 8 dann einfach das Volumen des Brockens 21 berechnen.

Nach dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 und 7 wird so vorgegangen, daß nach dem Einbringen des Brockens 21 in die Kammer 12, diese verschlossen wird. Das Ausgangsvolumen des Kammer 12 wird entsprechend Fig. 6 minimiert und wiederum das Ausgangskammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  und der Ausgangsdruck  $P_1$  bestimmt und an die Auswerteeinrichtung 8 übermittelt. Anschließend wird das Kammervolumen vergrößert bis der gewünschte Enddruck  $P_2$  erreicht ist. Aus der Vergrößerung des Kammervolumens, d. h. der Differenzhöhe  $H_D$ , wird das Volumen des Brockens 21 berechnet. Nach den errechneten Werten wird der Brocken 21 klassifiziert.

Nach der Variante gemäß Fig. 8 und 9 wird, nach dem die Materialprobe (Brocken 21) in die Kammer 12 eingebracht und diese mittels des verschiebbaren Deckels 23 gemäß Fig. 8 verschlossen ist, durch weitmöglichstes Absenken des Deckels 23 das Ausgangsvolumen minimiert. Anschließend wird das Kammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  bestimmt und das Kammervolumen der Kammer 12 wird um das Zusatzvolumen der Meßkammer 24 durch Verschieben des Kolbens 25 aus der in Fig. 8 gezeigten in die in Fig. 9 dargestellte vergrößert und der Enddruck  $P_2$  wird bestimmt. Aus der Vergrößerung des Kammervolumens, d. h. der Differenzhöhe  $H_D$  wird das Volumen des Brockens 21 berechnet und anschließend klassifiziert.

Gemäß der Variante nach Fig. 10 und 11 wird, nachdem die Materialprobe (Brocken 21) in die Kammer 12 eingebracht und diese mittels des verschiebbaren Deckels 23 verschlossen ist, das Ausgangsvolumen, wie in Fig. 10 gezeigt, durch Verschieben des Deckels 23 minimiert. Das Ausgangskammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  und der Ausgangsdruck  $P_1$  werden bestimmt. Dann wird das Kammervolumen um das Zusatzvolumen der Meßkammer 24 verkleinert und der Enddruck  $P_2$  gemäß Fig. 11 bestimmt. Aus der Verkleinerung des Kammervolumens, d. h. der Differenzhöhe  $H_D$  wird das Volumen des Brockens 21 ermittelt und anschließend klassifiziert.

Nach der Variante gemäß Fig. 12 und 13 wird nach dem Einbringen des Brockens 21 und dem Verschließen der Kammer 12 durch den Kolben 22 das Ausgangskammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  und der Ausgangsdruck  $P_1$  entsprechend Fig. 12 bestimmt. Das Kammervolumen wird durch Verschieben des Kolbens 22, wie Fig. 13 zeigt, vergrößert. Aus der Vergrößerung des Kammervolumens und des Enddruckes  $P_2$  wird das Volumen des Brockens 21 bestimmt und klassifiziert.

Nach der Variante gemäß der Fig. 14 und 15 wird nach dem Einbringen des Brockens 21 und nach dem Verschließen der Kammer 12 durch den Kolben 22 das Ausgangskammervolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  des Kolbens 22 und der Ausgangsdruck  $P_1$  gemäß Fig. 14 ermittelt und an die Auswerteeinrichtung 8 über Datenleitung übermittelt. Das Kammervolumen wird durch Verschieben des Kolbens 22, wie die Fig. 15 im Vergleich zu Fig. 14 zeigt, beliebig verkleinert. Aus der Verkleinerung des Kammervolumens und des Enddruckes  $P_2$  wird das Volumen des Brockens 21 errechnet. In Verbindung mit dem ermittelten Gewicht wird das spezifische Gewicht errechnet, so daß der Brocken 21 eindeutig klassifiziert werden kann.

Nach der Variante gemäß Fig. 16 und 17 wird nach dem Einbringen des Brockens 21 die Kammer 12 durch den Kolben 22 dicht verschlossen. Der Kolben 22 wird entsprechend Fig. 16 soweit verschoben, daß das Kammervolumen minimiert ist. Anschließend wird das Ausgangsvolumen, d. h. die Ausgangshöhe  $H_1$  und der Ausgangsdruck  $P_1$  bestimmt. Dann wird das Kammervolumen durch Verschieben des Kolbens 22 gemäß Fig. 17 beliebig vergrößert. Anschließend wird die Vergrößerung des Kammervolumens, d. h. die Differenzhöhe  $H_D$  und der Enddruck  $P_2$  ermittelt. Aus diesen Werten wird in der Auswerteeinrichtung 8 das Volumen des Brockens 21 errechnet. In Verbindung mit dem ermittelten Gewicht wird der Brocken 21 nach seinem spezifischen Gewicht klassifiziert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Sortieren eines Haufwerkes verschiedener, miteinander vermischter Materialien nach den einzelnen Sorten, wobei die Materialien mittels Volumen- und Dichtebestimmung ihrer Sorte nach bestimmt und anschließend sortiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Volumen- und Dichtebestimmung der zu sortierenden Materialien das Material gewogen und das Volumen mittels Gasvolumen- und/oder Gasdruckveränderung bestimmt und so das spezifische Gewicht ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material nach dem ermittelten spezifischen Gewicht sortiert wird.

3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zu sortierende Material zunächst mittels einer Vereinzlungsanlage (3) vereinzelt wird, so daß jeweils ein Brocken (21) oder ein Teil der Dichte- und Volumenbestimmungsanlage (5) zugeführt wird, daß nach dem Ermitteln des spezifischen Gewichtes dieses Brockens oder Teiles dieser über eine Verteilanlage (6) dem vorgesehenen Abschnitt der aus mehreren Abschnitten bestehenden Sortieranlage zugeführt wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, wobei diese Vorrichtung eine zu verschließende Kammer aufweist, in welcher der zu bestimmende Brocken (21) oder Teil hineingebbar ist, daß an die Kammer (12) ein Druck- und/oder Volumenmeßgerät (14) angeschlossen ist, und daß an die Kammer (12) eine Volumens- und/oder Druckveränderungseinrichtung angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumens- und/oder Druckveränderungseinrichtung als Kolbenpumpe ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumens- und/oder Druckveränderungseinrichtung als Vakuumpumpe ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumens- und/oder Druckveränderungseinrichtung als Druckpumpe ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Druck- und/oder Volumenmeßgerät als Manometer (14) ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Wiegeeinrichtung (4) zur Erfassung des Gewichtes des jeweiligen Brockens (21) und/oder Teiles aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumens- und/oder Druckveränderungseinrichtung sowie das Druck- und/oder Volumenmeßgerät (14) an eine Auswerteinrichtung (8), beispielsweise an einen Auswertecomputer oder Rechner angeschlossen sind.

11. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiegeeinrichtung (4) an die Auswerteinrichtung (8) angeschlossen ist.

12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die spezifische Dichtebestimmungsanlage ein- oder mehrfach vorhanden ist.

13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenbestimmungsanlage (5) mehrfach vorhanden ist.

14. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiegeanlage (4) mehrfach vorhanden ist.

15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Dichtebestimmungsanlage und der Verteilanlage eine Warteanlage (Warteschleife etc.) angeordnet ist.

16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiegeeinrichtung in die Volumenbestimmungsanlage integriert ist.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

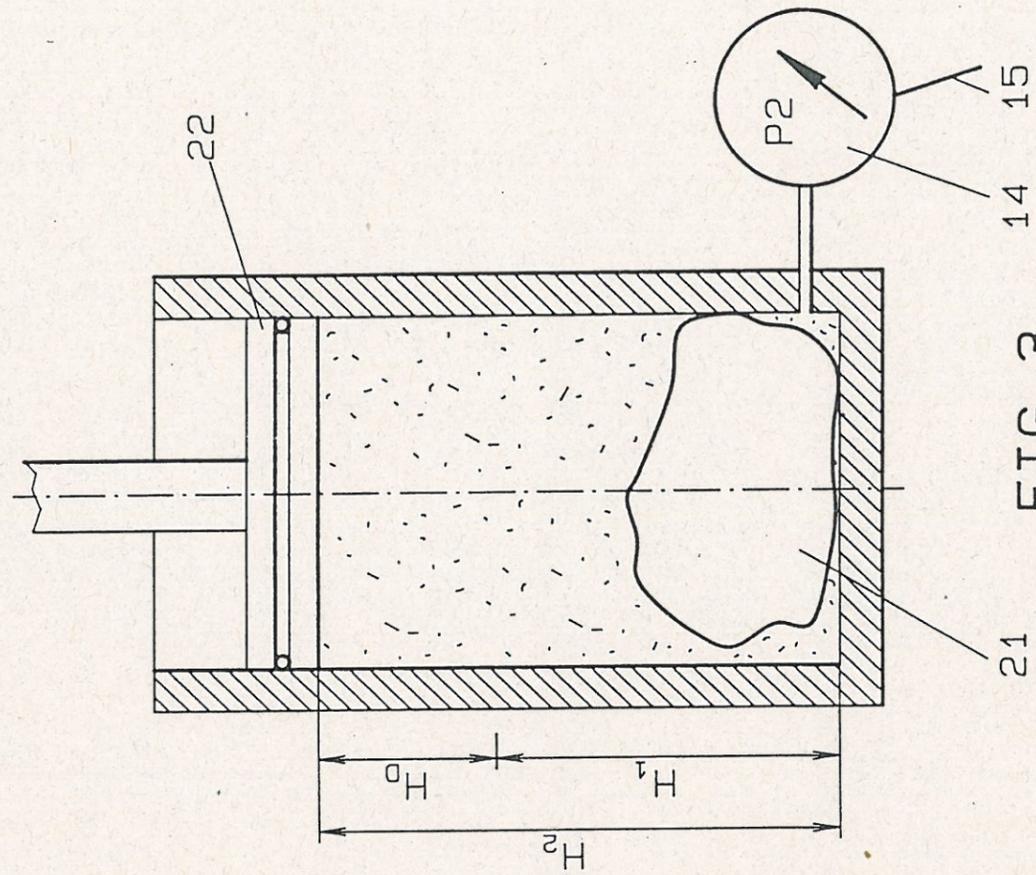


FIG 3

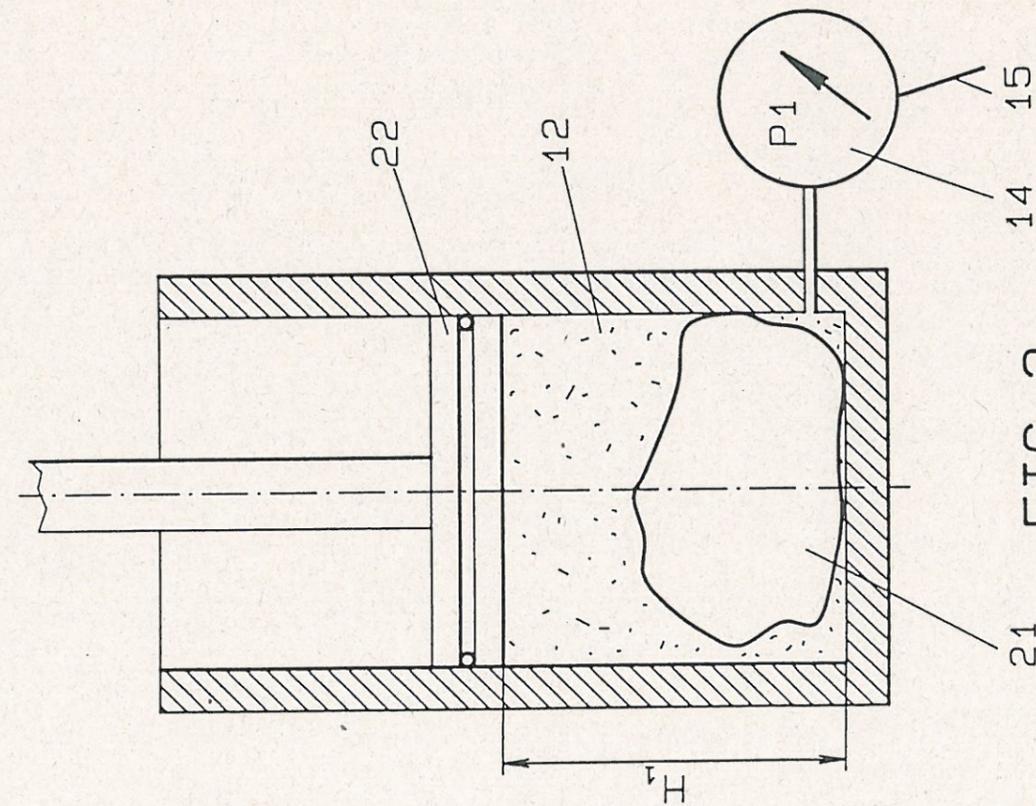


FIG 2

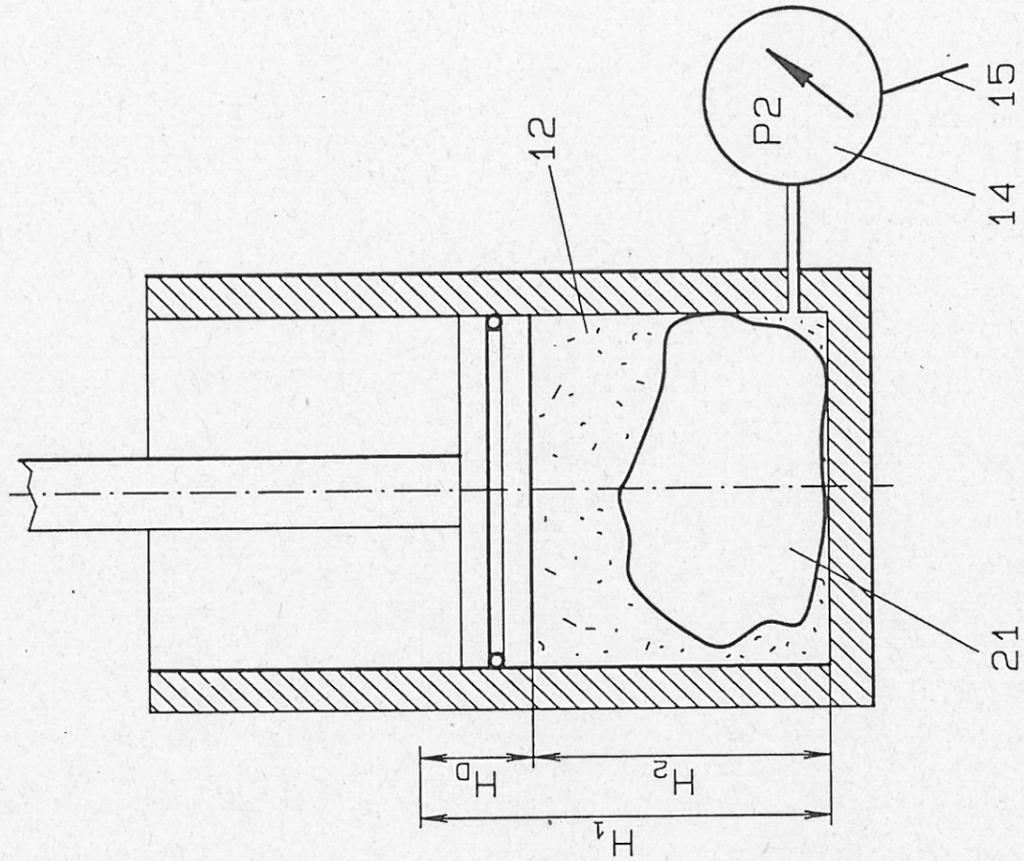


FIG 5

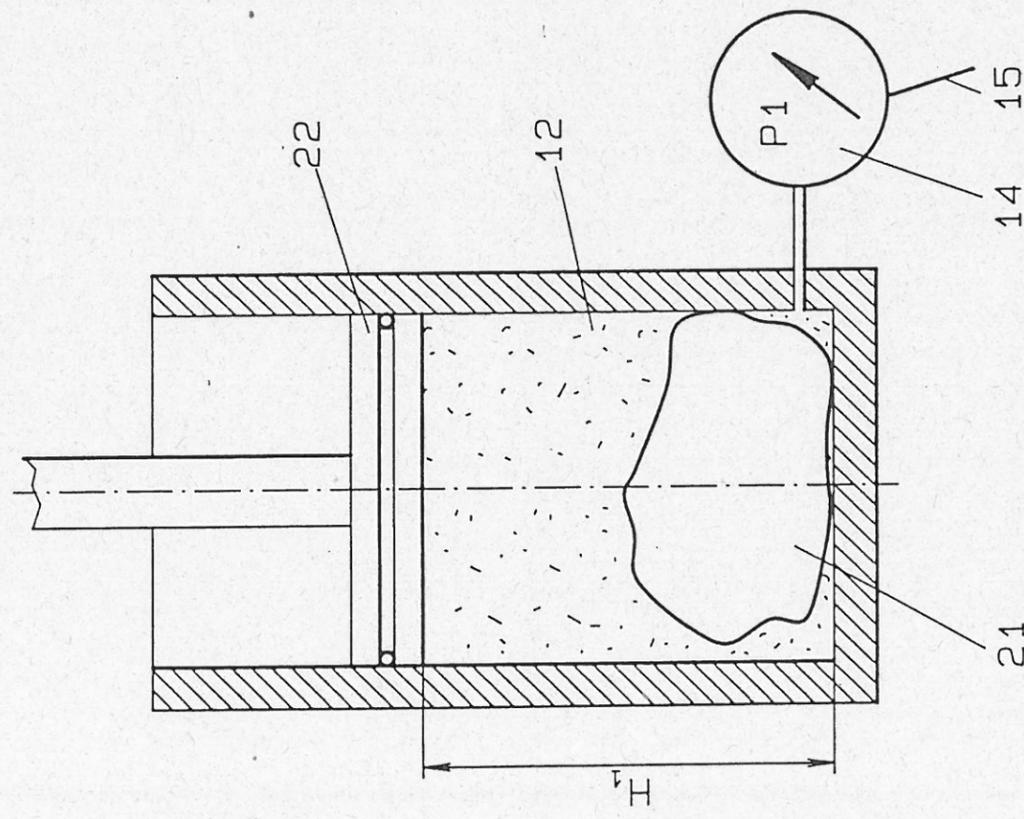


FIG 4

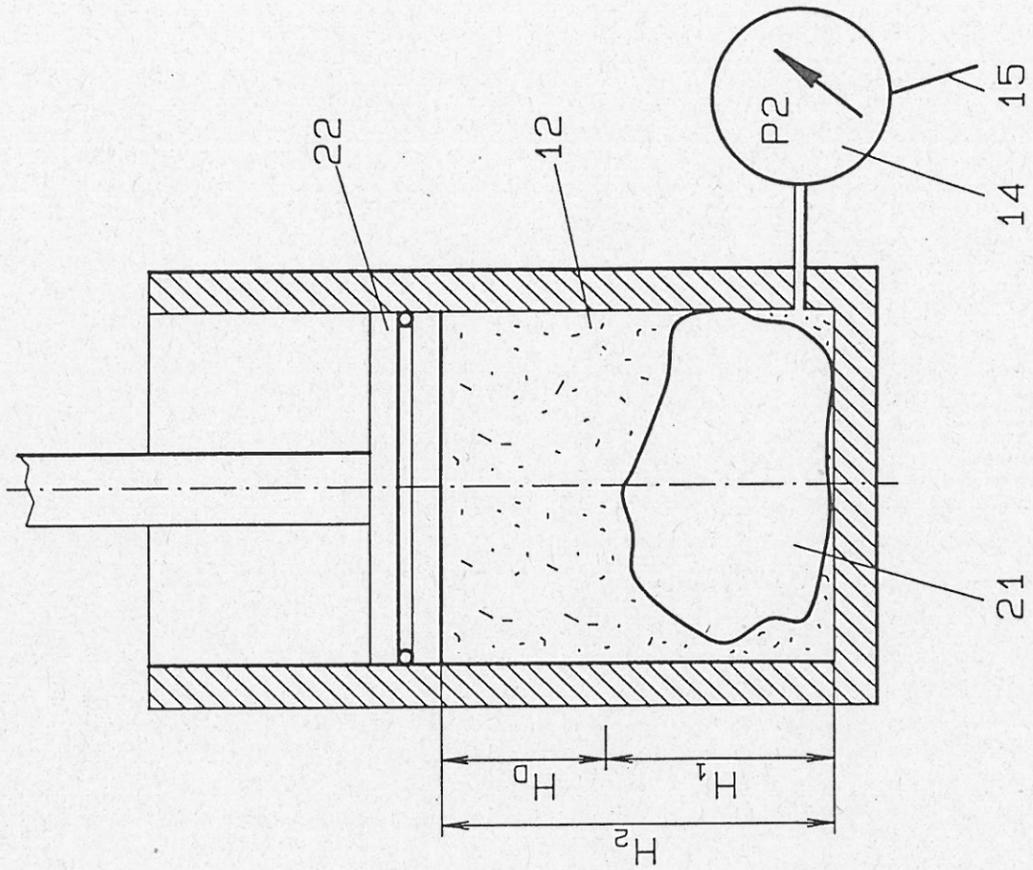


FIG 7

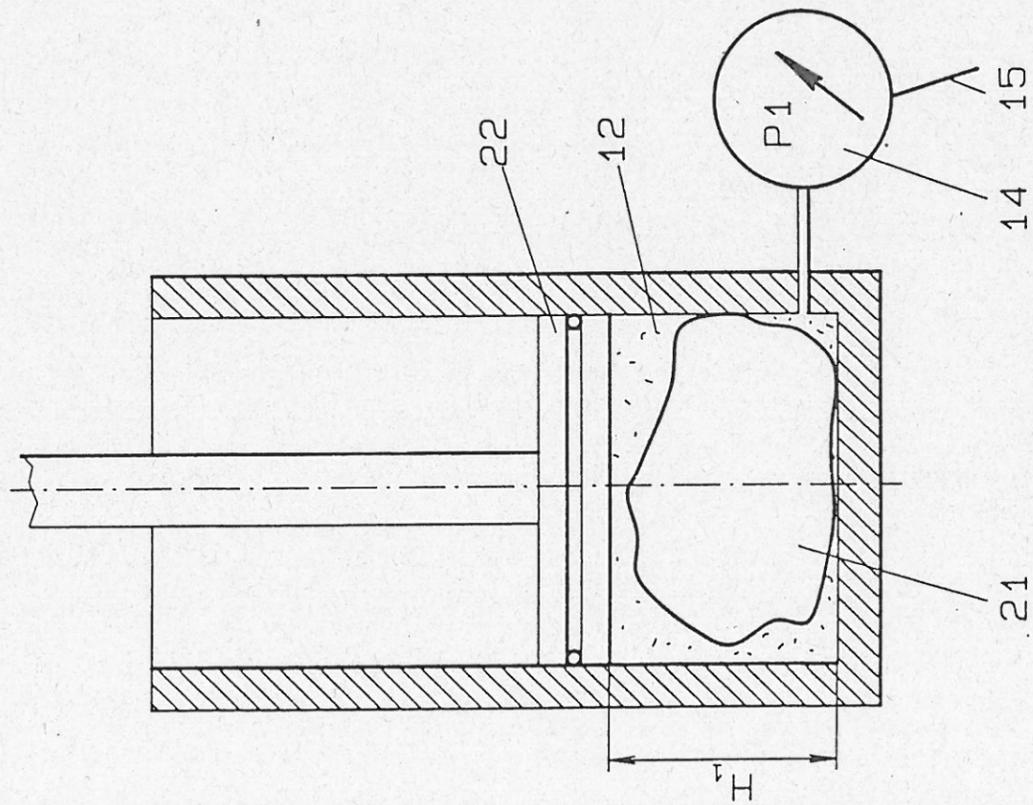


FIG 6

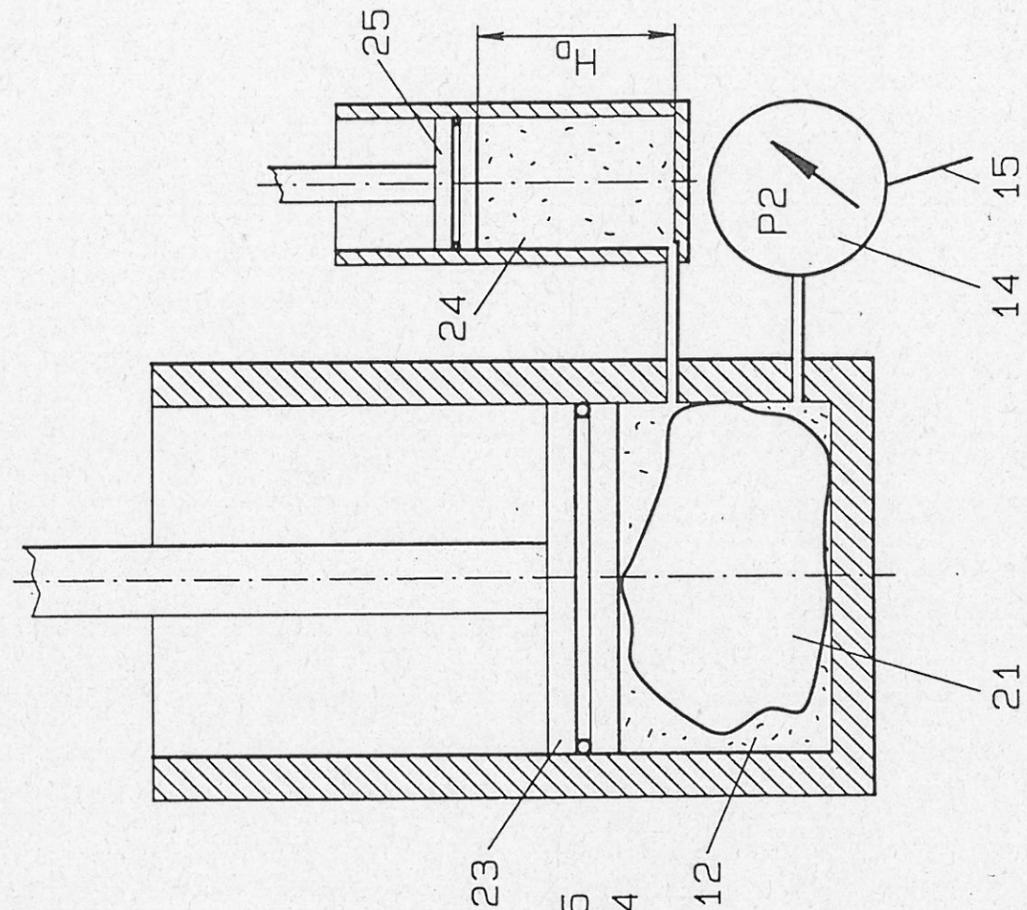


FIG 9

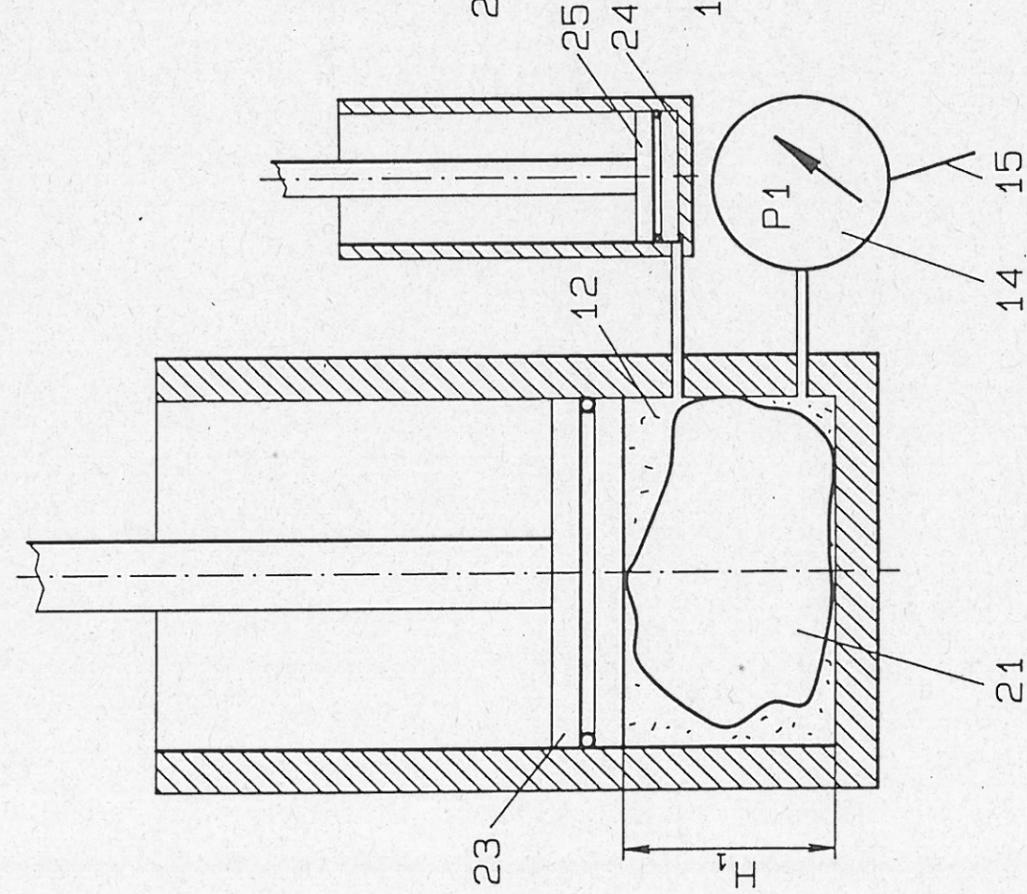


FIG 8

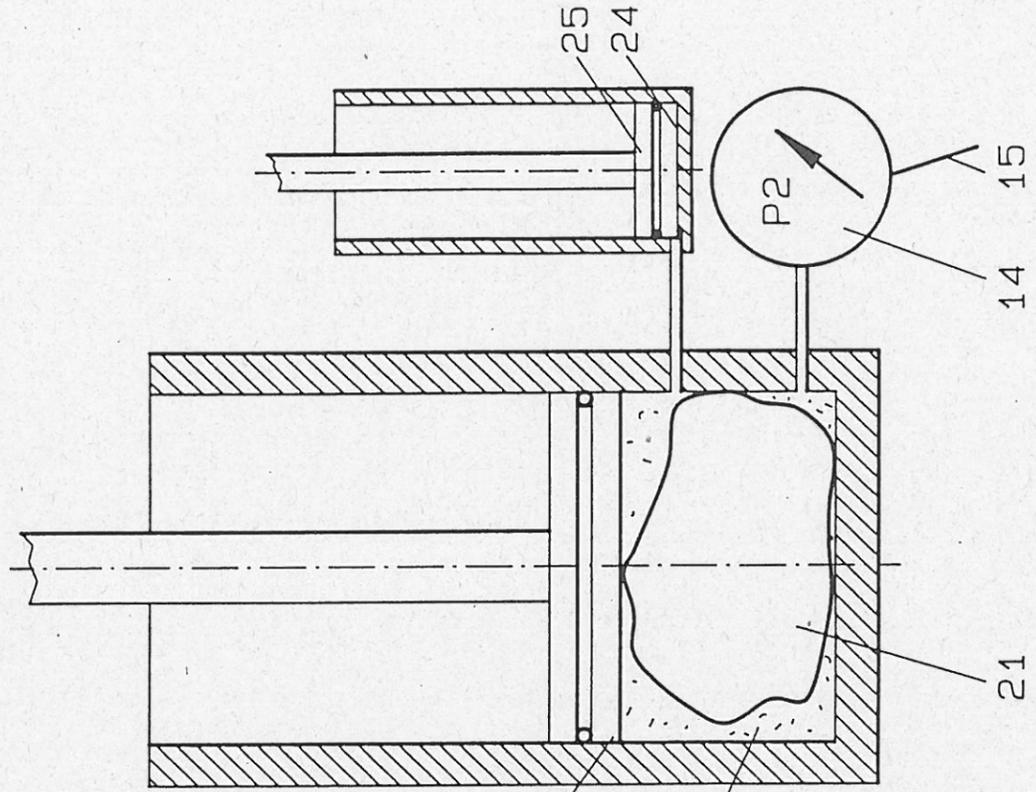


FIG 11

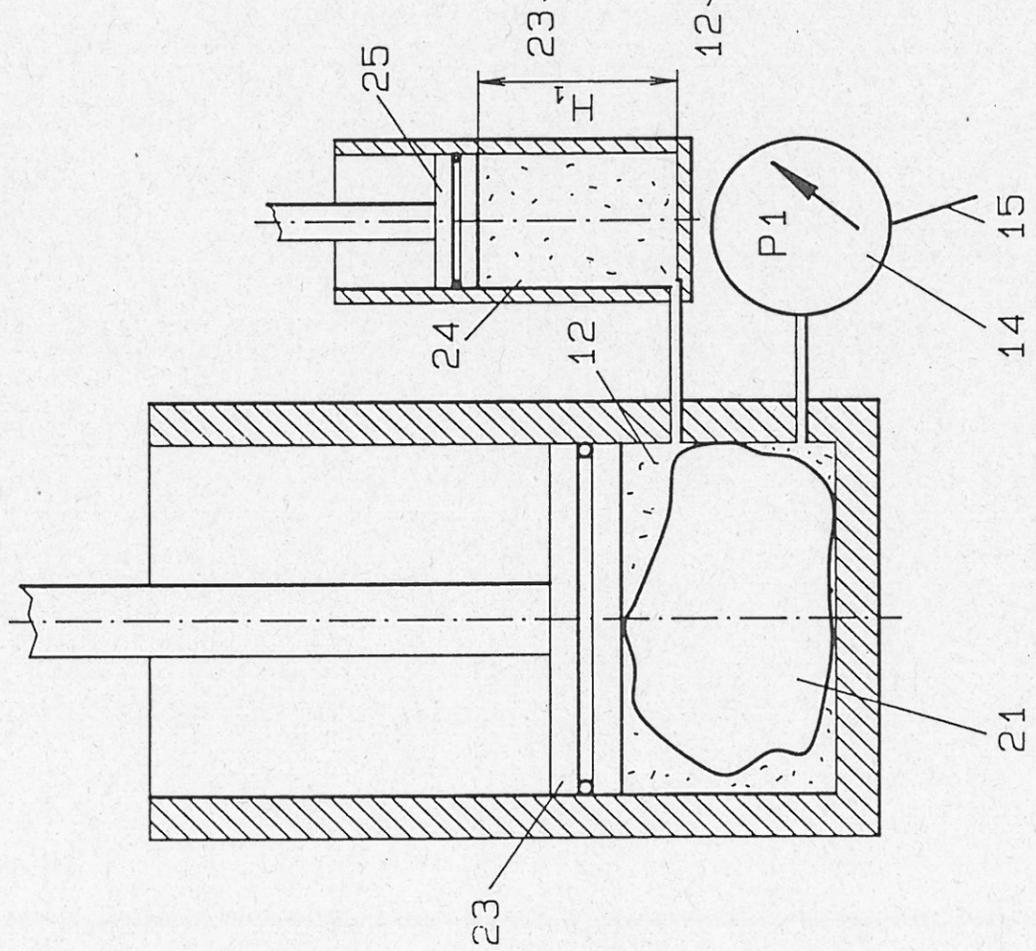


FIG 10

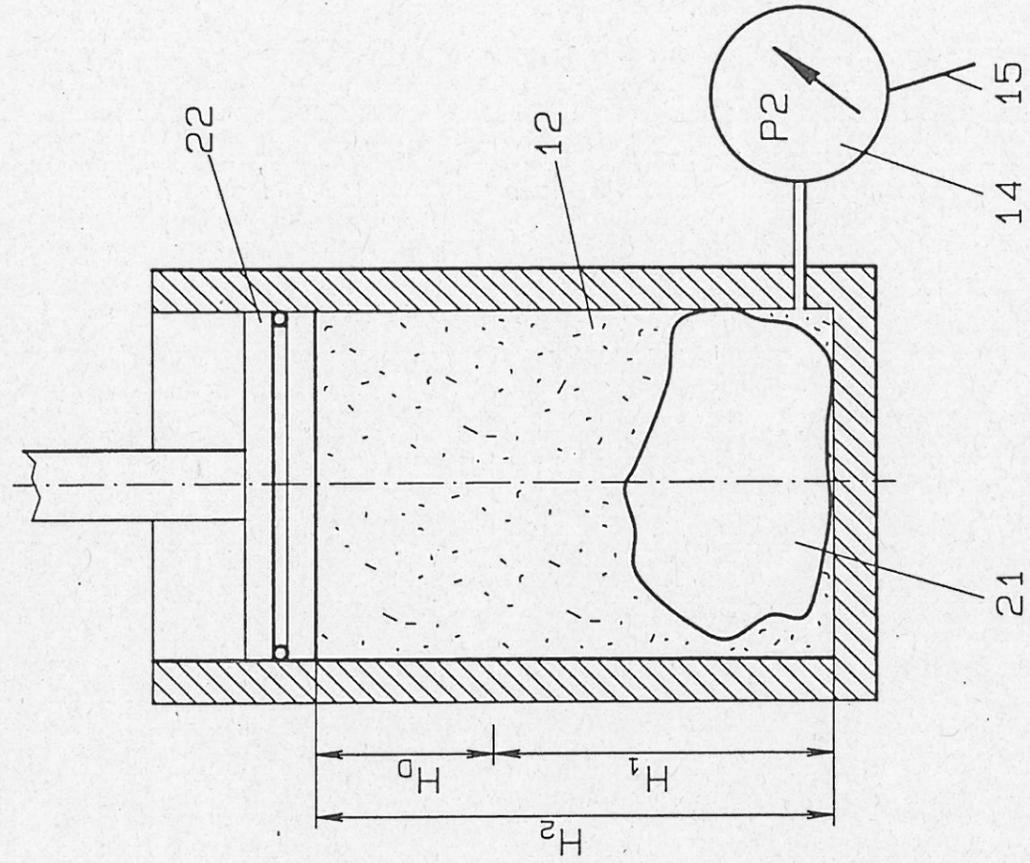


FIG 13

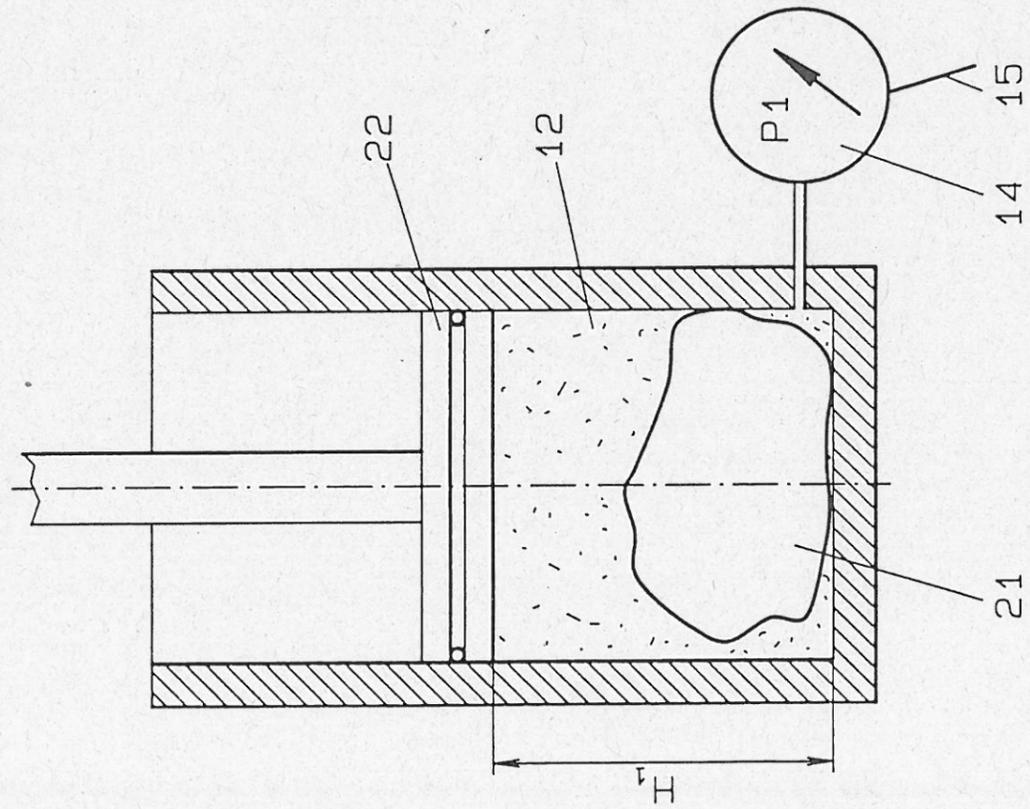


FIG 12

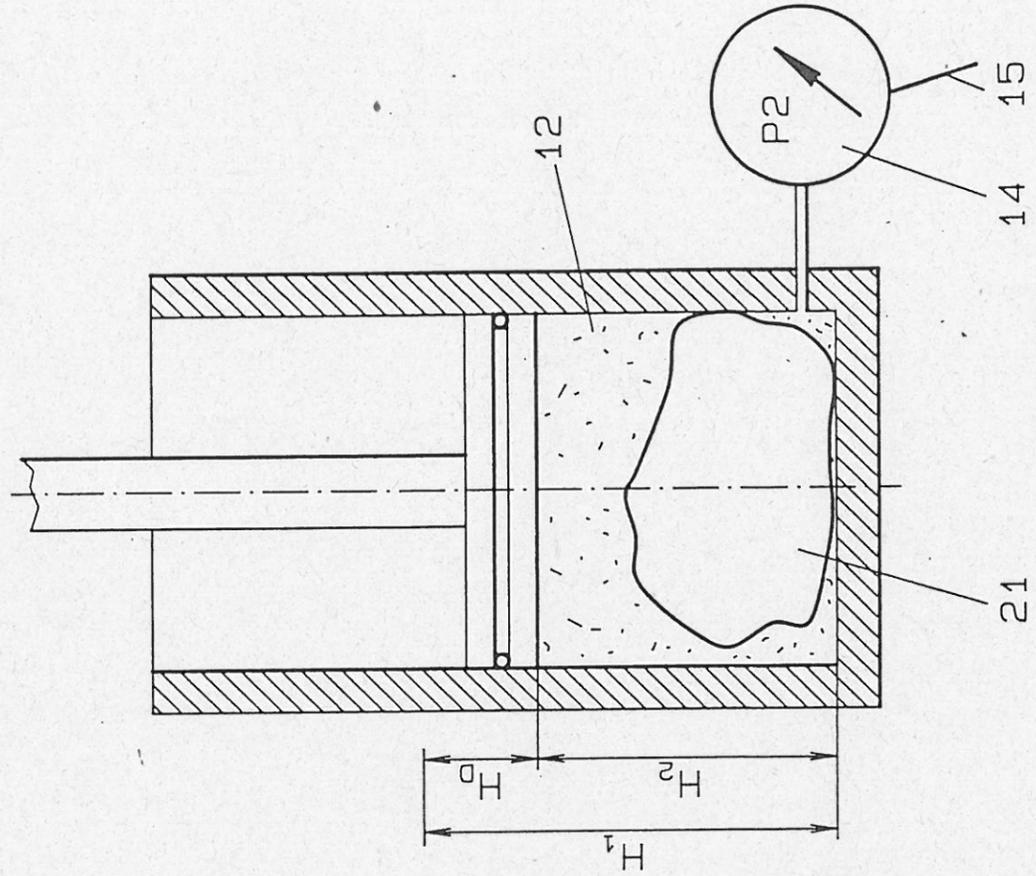


FIG 15

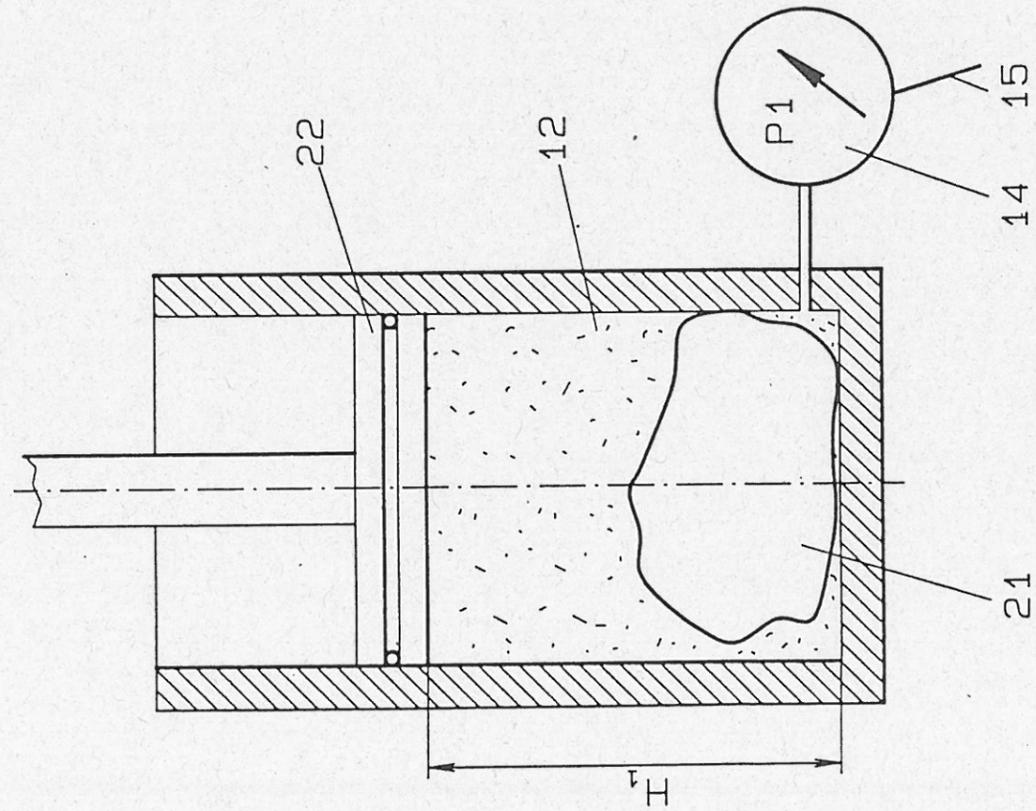


FIG 14

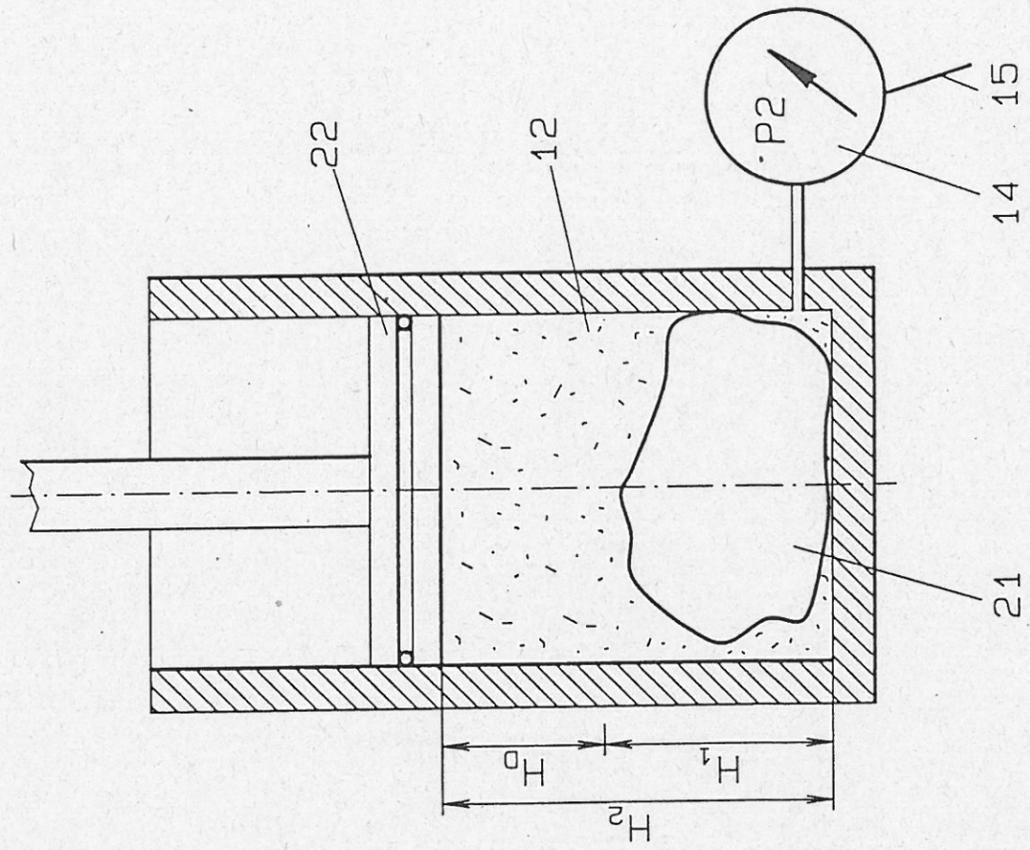


FIG 17

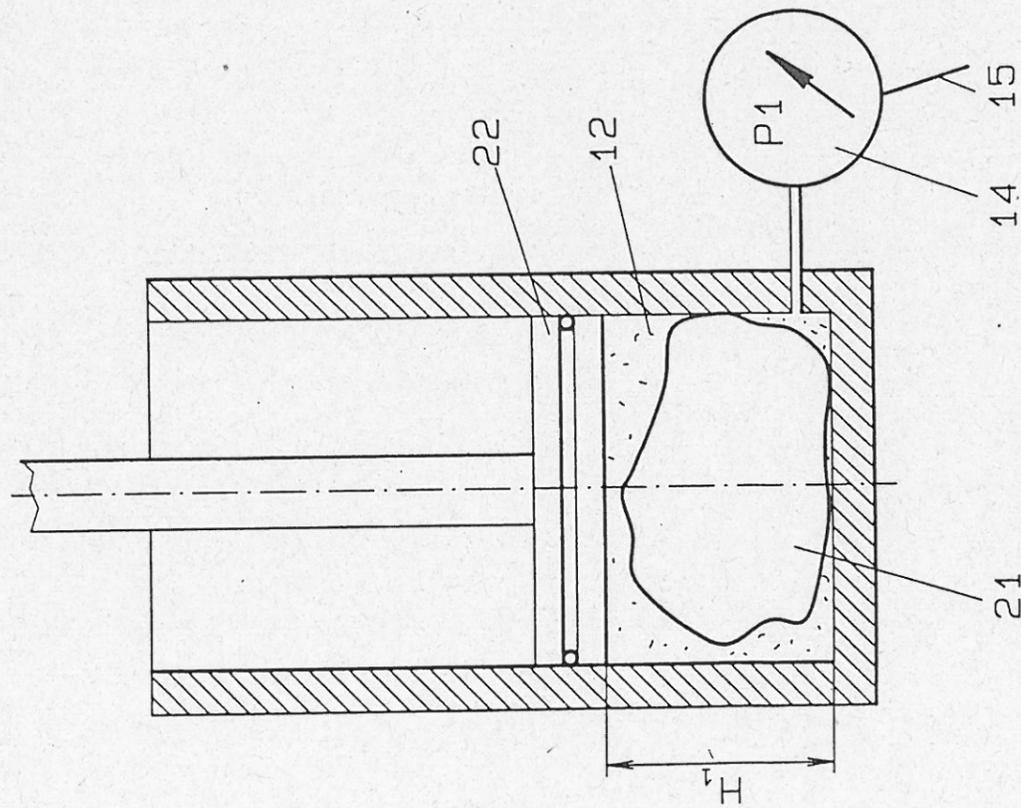


FIG 16

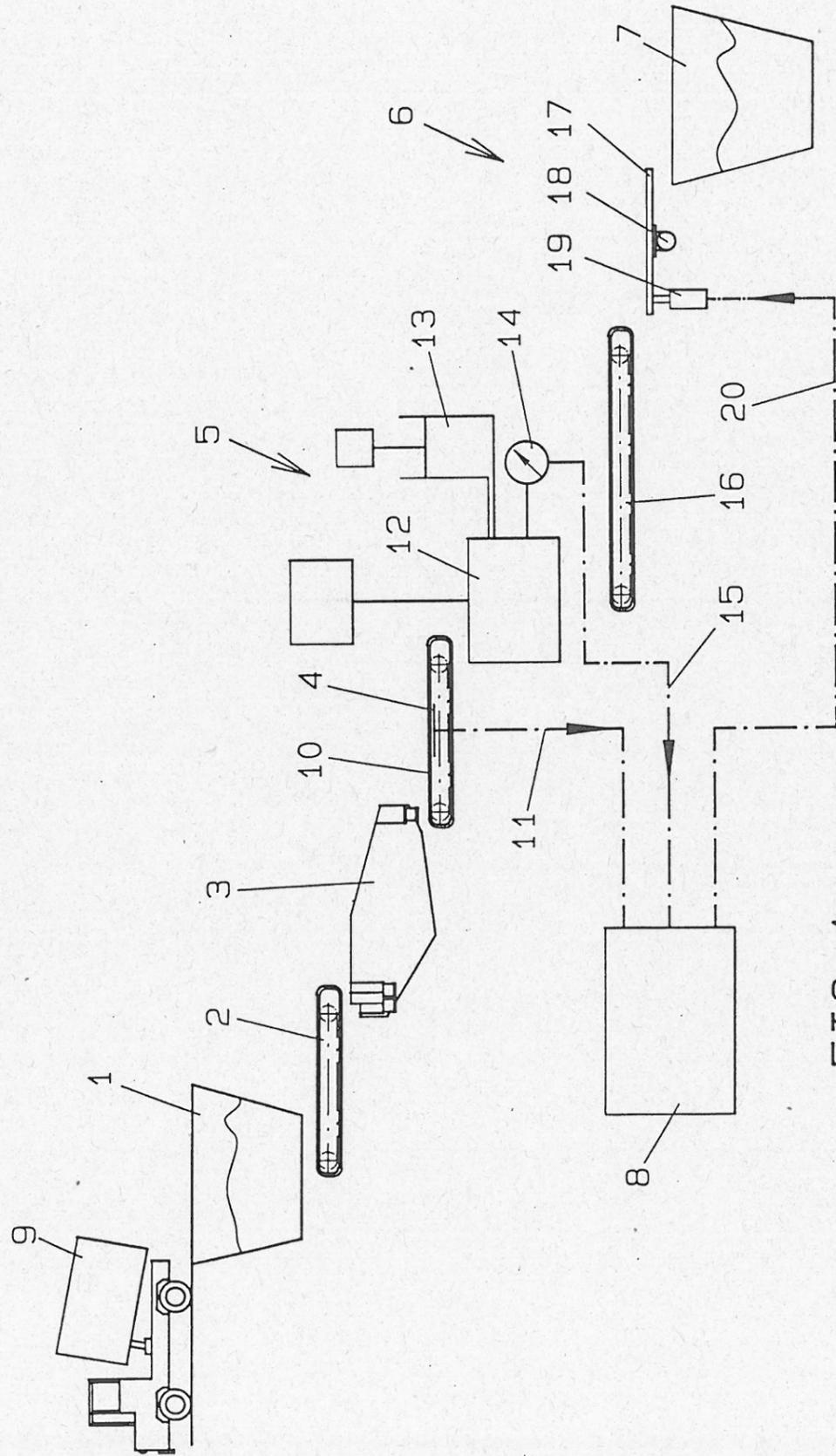


FIG. 1

# Anlage 3

## Reindichte<sup>1)</sup> (-wichte), Rohdichte<sup>2)</sup> (-wichte)

**Merke:** Die Dichte  $\rho$  (Wichte  $\gamma$ ) eines Stoffes ist der Quotient  $m:V$  ( $G:F$ ) aus Masse  $m$  (Gewicht  $G$ ) und Volumen  $V$ ;  $m = V \cdot \rho$  ( $V = G:\gamma$ ). Der Zahlenwert der Dichte und der Wichte ist gleich: der Zahlenwert der Dichte gibt an, welche Masse 1 cm<sup>3</sup> des Körpers in g, 1 dm<sup>3</sup> in kg und 1 m<sup>3</sup> in t hat. — (Wasser: Luft = 1:0,0013.)

1. Feste Körper:		
Aluminium .....	2,7	
Aluminiumbronze .....	7,7	
Anthrazit .....	1,4-1,7	
Antimon .....	6,7	
Asbest, natürl. ....	2,1-2,8	
Asbestpappe .....	1,2	
Asphalt .....	1,1-1,4	
Bausteine (i. Mittel)		
Basalt .....	3,0	
Beton .....	2,2	
Dolomit .....	2,9	
Feldsteine .....	2,6	
Granit .....	2,8	
Kalksteine .....	2,6	
Sandsteine .....	2,6	
Schamottesteine .....	1,9	
Syenit .....	2,7	
Tuffstein .....	2,0	
Ziegel, Klinker .....	1,9	
„ „ Mauer .....	1,8	
Bimsstein, natürl. ....	0,4-0,9	
Blei .....	11,3	
Bleibronze .....	9,5	
Brauneisenstein .....	3,4-4,0	
Braunkohle .....	1,2-1,5	
Bronze .....	8,5	
Calciumcarbid .....	2,26	
Chrom .....	7,1	
Diamant .....	3,5	
Eis bei 0° .....	0,9	
Erde .....	1,3-2,0	
Flußstahl .....	7,85	
Gips, gebrannt .....	1,81	
Glas, Fenster .....	2,5	
„ Draht .....	2,6	
„ Kristall .....	2,9	
Gold .....	19,3	
Graphit .....	2,2	
Gußeisen .....	7,25	
Gummi (i. Mittel) .....	1,45	
Guttapercha .....	1,02	
Hölzer		
(i.M.) trocken 12% frisch		
Ahorn .....	0,66	0,95
Birke .....	0,65	0,96
Buchsbaum .....	0,95	—
Ebenholz .....	1,26	—
Eiche .....	0,69	1,04
Erle (Else) .....	0,53	0,82
Esche .....	0,69	0,80
Fichte (Rot-tanne) .....	0,45	0,8
Hickory .....	0,81	—
Kiefer .....	0,56	0,8
Linde .....	0,53	0,74
Nußbaum .....	0,68	0,92
Obstbaum .....	0,65	1,0
Pappel .....	0,45	0,85
Pockholz .....	1,23	—
Rotbuche .....	0,72	1,0
Tanne .....	0,45	1,0
Ulme (Rüster) .....	0,68	0,96
Weide .....	0,56	0,85
Weißbuche .....	0,83	1,05
Kalk, gelöscht .....	1,2	
Kalkmörtel (i. Mittel) .....	1,7	
Kautschuk .....	0,94	
Kies, naß .....	2,0	
„ trocken .....	1,8	
Kochsalz .....	2,15	
Koks .....	1,6-1,9	
„ lose i. Stck. ....	0,5	
Kork .....	0,25-0,35	
Kreide .....	1,8-2,6	
Kupfer .....	8,9	
Leder .....	0,86	
Lehm, frisch .....	2,1	
Lehm, trocken .....	1,5	
Magnesium-Gußleg. ....	1,8	
Marmor (i. Mittel) .....	2,8	
Mauerwerk (i. Mittel)		
Bruchstein, Granit .....	2,8	
Klinker .....	1,9	
Mauerziegel .....	1,8	
Sandstein .....	2,6	
Stahlbeton .....	2,4	
Stampfbeton .....	2,2	
Messing (i. Mittel) .....	8,5	
Neusilber .....	8,7	
Nickel .....	8,9	
Phosphorbronze (i.M.) .....	8,6	
Papier .....	0,7-1,2	
Pech .....	1,25-1,33	
Platin .....	21,4	
Porzellan .....	2,45	
Preßkohle (i. Mittel) .....	1,25	
Roh Eisen, weiß (i. M.) .....	7,4	
„ „ grau .....	7,2	
Roteisenstein (i. M.) .....	4,7	
Sand, naß .....	2,0	
„ „ erdfeucht .....	1,8	
Schamotte .....	1,9-2,1	
Schiefer .....	2,8	
Schlacke (Hochofen) .....	2,5-3,0	
Schmirgel .....	4,0	
Schnee, lose, trocken .....	0,125	
„ „ naß bis .....	0,95	
Schweißstahl .....	7,8	
Schwerspat .....	4,25	
Silber .....	10,5	
Spateisenstein .....	3,8	
Stahl (i. Mittel) .....	7,85	
Steinkohle, Stück .....	1,2-1,5	
„ geschichtet (i. M.) .....	0,9	
Ton, trocken .....	1,8	
Ton, naß .....	2,1	
Torf .....	0,6	
Vulkanfaser .....	1,1-1,5	
Weißmetall (i. Mittel) .....	7,1	
Wismut .....	9,8	
Wolfram .....	19,3	
Zementmörtel .....	1,8-2,3	
Zink .....	7,1	
Zinkblende .....	3,9-4,2	
Zinn .....	7,3	
2. Flüssige Körper bei 15°:		
Äther .....	0,73	
Alkohol .....	0,79	
Benzin .....	0,68-0,81	
Benzol .....	0,87-0,89	
Glycerin .....	1,13-1,26	
Leinöl, gekocht .....	0,94	
Meerwasser .....	1,03	
Mineral-schmieröl .....	0,9-0,92	
Petroleum (i. Mittel) .....	0,8	
Quecksilber .....	13,558	
3. Gase und Dämpfe in kg/Nm <sup>3</sup> bei 0° und 760 Torr*):		
Acetylen .....	1,171	
Ammoniak .....	0,771	
Generatorgas .....	1,14	
Gichtgas .....	1,28	
Kohlenoxid .....	1,25	
Kohlensäure .....	1,977	
Luft .....	1,29	
Luftgas .....	1,19	
Propan .....	2,019	
Sauerstoff .....	1,429	
Stadtgas .....	0,549	
Stickoxid .....	1,34	
Stickstoff .....	1,25	
Wasserdampf .....	0,768	
Wasserstoffgas .....	0,09	

1 m<sup>3</sup> geschichtet hat im Mittel eine Masse in kg: Braunkohle = 750, Eis = 900, Erde = 1700, Formsand = 1200, Getreide = 680, Heu und Stroh = 150, Holz = 400-650, Holzkohle = 200, gebrannter Kalk = 1000, Koks = 400-500, Preßkohle = 1000, Steinkohle = 900-950, Torf (lufttrocken) = 325-410, Portlandzement (eingelaufen) ≈ 1200 kg, (eingerüttelt) ≈ 1900 kg.

<sup>1)</sup> Reindichte bezieht sich auf das Volumen des Feststoffes (Dichte = g/cm<sup>3</sup>)  
<sup>2)</sup> Rohdichte bezieht sich auf das Volumen der ganzen Stoffmenge (einschließlich Hohlräume)  
 \*) 1 Torr =  $\frac{1}{760}$  atm