

**EUR 2268 . d**

**REPRINT**

**EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT — EURATOM**

**DRUCKMESSGERÄT FÜR MEDIEN MIT HOHEN  
TEMPERATUREN UND FÜR FLÜSSIGMETALLE**

von

**B. SCHELTEN-PETERSEN und W. SCHULZE**

**1965**



Gemeinsame Kernforschungsstelle  
Forschungsanstalt Ispra - Italien

Hauptabteilung „Engineering“  
Abteilung Wärmeübertragung

Sonderdruck aus  
ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN  
Lieferung 345 - 1964

## HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und alle in deren Namen handelnden Personen :

- 1° — keine Gewähr dafür übernehmen, daß die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder daß die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;
- 2° — keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

*This reprint is intended for restricted distribution only. It reproduces, by kind permission of the publisher, an article from "ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN", Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230. For further copies please apply to R. Oldenburg Verlag, Rosenheimer Strasse 145, München 8 (Deutschland).*

*Dieser Sonderdruck ist für eine beschränkte Verteilung bestimmt. Die Wiedergabe des vorliegenden in „ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN“, Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230 erschienenen Aufsatzes erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers. Bestellungen weiterer Exemplare sind an R. Oldenburg Verlag, Rosenheimer Strasse 145, München 8 (Deutschland) zu richten.*

*Ce tiré-à-part est exclusivement destiné à une diffusion restreinte. Il reprend, avec l'aimable autorisation de l'éditeur, un article publié dans « ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN », Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230. Tout autre exemplaire de cet article doit être demandé à R. Oldenburg Verlag, Rosenheimer Strasse 145, München 8 (Deutschland).*

*Questo estratto è destinato esclusivamente ad una diffusione limitata. Esso è stato riprodotto, per gentile concessione dell'Editore, da « ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN », Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230. Ulteriori copie dell'articolo debbono essere richieste a R. Oldenburg Verlag, Rosenheimer Strasse 145, München 8 (Deutschland).*

*Deze overdruk is slechts voor beperkte verspreiding bestemd. Het artikel is met welwillende toestemming van de uitgever overgenomen uit „ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN“, Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230. Meer exemplaren kunnen besteld worden bij R. Oldenburg Verlag, Rosenheimer Strasse 145, München 8 (Deutschland).*

**REPRINT**

**MEASUREMENT OF PRESSURE FOR LIQUIDS AT HIGH TEMPERATURES AND LIQUID METALS** by B. SCHELLEN-PETERSSEN and W. SCHULZE

European Atomic Energy Community - EURATOM  
Joint Nuclear Research Center  
Ispra Establishment (Italy)  
Engineering Department, Heat Transfer Service  
Reprinted from "Archiv für Technisches Messen"  
Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230.

As the normal methods of measuring pressure, that are used for water, oil and gases, can not be applied upon liquid metals, special techniques have been developed for this purpose.

In this report these already known methods and measuring equipments as well as our own developments are described. The pressure of liquid metals is measured by the following systems :

1. An inert gas atmosphere by means of a manometer.
2. Pneumatic or hydraulic transmission through bellows or diaphragms, hereby compressing another liquid, thus rendering possible a manometer indication.

**EUR 2268 . d****REPRINT**

**MEASUREMENT OF PRESSURE FOR LIQUIDS AT HIGH TEMPERATURES AND LIQUID METALS** by B. SCHELLEN-PETERSSEN and W. SCHULZE

European Atomic Energy Community - EURATOM  
Joint Nuclear Research Center  
Ispra Establishment (Italy)  
Engineering Department, Heat Transfer Service  
Reprinted from "Archiv für Technisches Messen"  
Lieferung 345 - Oktober 1964, S. 229-230.

As the normal methods of measuring pressure, that are used for water, oil and gases, can not be applied upon liquid metals, special techniques have been developed for this purpose.

In this report these already known methods and measuring equipments as well as our own developments are described. The pressure of liquid metals is measured by the following systems :

1. An inert gas atmosphere by means of a manometer.
2. Pneumatic or hydraulic transmission through bellows or diaphragms, hereby compressing another liquid, thus rendering possible a manometer indication.



3. Measuring of the change of position of the bellows due to the liquid pressure by means of a differential transformer.

In these methods errors may arise from deposits of oxide as well as from change of spring constants at higher temperatures and change of length due to temperature.

In the instrument, that has been further developed by us, these sources of errors have been avoided as far as possible. The zero mark remains constant at all ranges of temperature and pressure and can be controlled in operation. The results of experiments with this instrument have been very satisfactory.

3. Measuring of the change of position of the bellows due to the liquid pressure by means of a differential transformer.

In these methods errors may arise from deposits of oxide as well as from change of spring constants at higher temperatures and change of length due to temperature.

In the instrument, that has been further developed by us, these sources of errors have been avoided as far as possible. The zero mark remains constant at all ranges of temperature and pressure and can be controlled in operation. The results of experiments with this instrument have been very satisfactory.

# Druckmeßgerät für Medien mit hohen Temperaturen und für Flüssigmetalle

J 132—2

Oktober 1964

Verfasser: B. Schelten-Peterssen und W. Schulze,  
Euratom, Ispra, Abt. Wärmeübertragung

DK 531.787

## 1. Beschreibung der bekannten Druckmeßgeräte

Normale Bourdon-Manometer sind für Messungen mit Flüssigmetallen ungeeignet, da Rohre und Manometer beheizt werden müssen, wobei sich dann an kalten Stellen Oxyd absetzt. Ebenso entstehen häufig Fehlmessungen, wenn man mit einem Manometer den Druck des Schutzgases messen will, da Flüssigmetalldämpfe in den Kapillaren kondensieren. Eine weitere Methode der Druckmessung ist die pneumatische Übertragung des Druckes durch Membrane oder Faltenbalg. Bei der Membranübertragung wirkt der Druck des Flüssigmetalles auf der einen Seite der Membrane und überträgt sich auf Gas oder Öl auf der anderen Seite. Der proportionale Gas- oder Öldruck wird zur Fernanzeige benutzt. Um Meßbereichänderungen zu erreichen, muß der Gasdruck verändert werden. Bei diesem System ist die Anzeigegeschwindigkeit nicht sehr groß. Sie hängt ab von der Entfernung zwischen Druckgeber und Anzeigegerät. Sie hat ferner den Nachteil, daß bei schnelleren Druckänderungen nicht der wahre, sondern ein aus Trägheit des Systems und der Druckschwankung resultierender Druck angezeigt wird. An der Membrane kann sich Oxyd absetzen und außerdem wird die Federkonstante bei höheren Temperaturen verändert, woraus große Meßfehler resultieren können.

Bei der Druckübertragung mittels Faltenbalg wirkt der Flüssigmetalldruck auf den mit einer Druckplatte dichtgeschweißten unteren Faltenbalg. Die Stellungsänderung wird durch einen Druckstab auf den oberen Faltenbalg übertragen und dadurch das über diesem befindliche Medium in der oberen Kammer zusammengedrückt. Der hierbei entstehende Druck wird mit einem normalen Manometer gemessen und ist proportional dem Systemdruck. Fehlerquellen dieser Anordnung sind folgende: Durch den Temperatureinfluß ändert sich die Länge des Druckstabes sowie das Volumen des Mediums in der oberen Kammer gegenüber der des oberen Faltenbalges. Diese Änderungen haben eine Nullpunktverschiebung der Anordnung zur Folge. Um dieser Änderung entgegenzuwirken, wurde in einer Weiterentwicklung des Gerätes der Flüssigmetalldruck durch den Druckstab auf eine Kombination von Feder und Faltenbalg übertragen. Wird die Federkonstante des Druckbalges weit geringer gewählt als die der Feder-Faltenbalgkombination, haben die thermische Ausdehnung des Druckstabes und die Änderung der Federkonstanten des Druckbalges keinen sehr großen Einfluß mehr auf die Nullpunktconstanz des Gerätes. Der Druckstab trägt an seinem oberen Ende einen Weicheisenkern, der in einem Differentialtransformator bewegt wird. Die Anzeige des Transformators ist dann proportional dem Systemdruck. Diese Anordnung hat jedoch immer noch den großen Nachteil, daß während des Betriebes keine Nachprüfung des Nullpunktes erfolgen und damit ein evtl. Nachlassen der Federkonstanten oder die Funktion des Gerätes geprüft werden kann.

## 2. Beschreibung des neu konstruierten Druckmeßgerätes

Im Prinzip handelt es sich um eine Weiterentwicklung des zuletzt beschriebenen Typs. Um eine größere Meßgenauigkeit, eine hohe Nullpunktconstanz und vor allen Dingen eine Eichung während des Betriebes zu gewährleisten, wurden die im Folgenden beschriebenen Änderungen getroffen. Der Flüssigmetalldruck wirkt jetzt auf eine zwischen zwei Faltenbälge eingeschweißte Druckplatte, wobei diese Faltenbälge unter Vorspan-

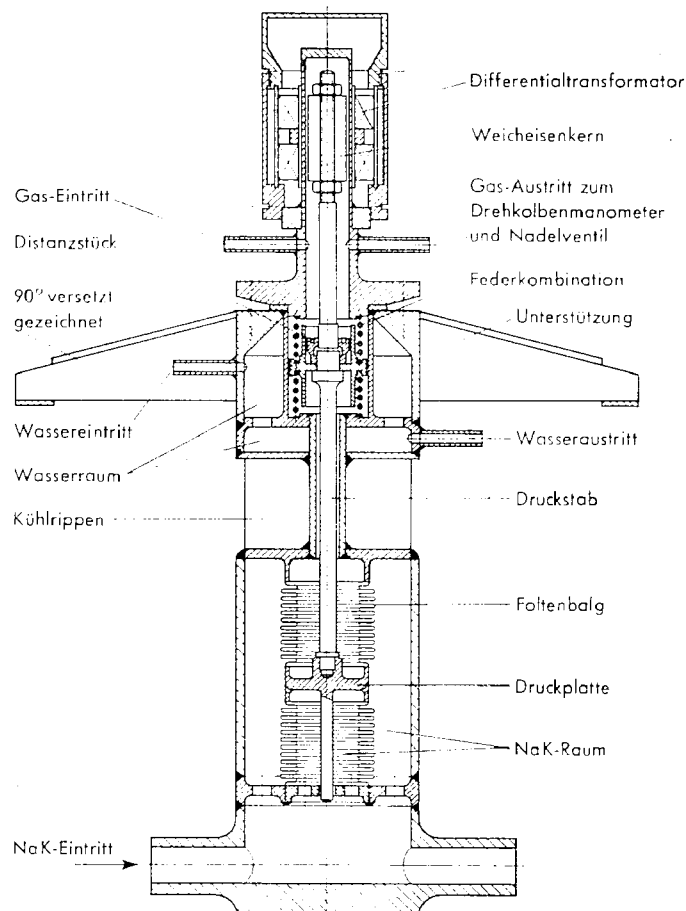


Bild 1. Druckmeßgerät im Schnitt.

nung stehen. Beide Faltenbälge werden vom Flüssigmetall benetzt und somit auf annähernd gleicher Temperatur gehalten, wodurch eine praktisch gleiche Federkonstante erreicht wird (Bild 1).

Durch den Einsatz zweier Faltenbälge mit annähernd gleicher Temperatur wird schon hier eine ungefähre Nullpunkteinstellung erreicht und Änderungen der Federkonstanten durch Temperatureinflüsse ausgeglichen. Die Auslenkung der Druckplatte wird durch den Druckstab auf zwei entgegengesetzt arbeitende Federn (ebenfalls unter Vorspannung eingebaut) und von dort auf den Differentialtransformator übertragen. Die Federn geben den Nullpunkt für das Anzeigegerät und ihre Federkonstante ist um so viel größer gewählt als die der Faltenbälge, daß im ganzen Temperaturbereich (0 bis 700 °C) eine sichere Nullpunktage des Gerätes gewährleistet ist. Die Federn können durch Kühlung auf niedriger Temperatur gehalten werden, um Änderungen ihrer Konstanten zu verhindern. Im oberen Raum des Meßgerätes befindet sich Gas unter etwa dem gleichen Druck wie das Flüssigmetall. Dieser Gasdruck wird ge-

messen und mittels Fernanzeige zur elektrischen Summierung weitergeleitet. Zu dem Gasdruck wird der durch den Differentialtransformator angezeigte Flüssigmetalldruck addiert; und zwar positiv, wenn die Anzeige oberhalb, und negativ, wenn sie unterhalb des Nullpunktes liegt. Die Summe wird geschrieben und angezeigt, so daß man den jeweiligen Flüssigmetalldruck sofort ablesen kann. Für die Eichung während des Betriebes wird im Gasraum des Gerätes der gleiche Druck eingestellt, wie der vom Flüssigmetall angezeigte. Durch die zwei entgegengesetzt arbeitenden Federn muß dann die geschriebene Summe der Drücke gleich dem am Gasmanometer angezeigten Druck sein.

### 3. Versuchsergebnisse

Die mit dem Versuchsgerät erhaltenen Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend. Um eine genügende Anzeigegenauigkeit zu erhalten, wurde die Federkonstante der Federn etwa 5mal so groß wie die der Faltenbälge gehalten. Um die Meßgenauigkeit und Reproduzierbarkeit zu prüfen, wurde die in Bild 2 gezeigte Versuchsanordnung aufgebaut. Anstelle des Flüssigmetalles wurde Öl verwendet, welches mit steigendem und fallendem Druck beaufschlagt wurde. Der Gasdruck wurde konstant gehalten. Hierbei wurden sowohl eine gute Reproduzierbarkeit sowie Linearität (s. Zahlentafel) bei einer mittleren Meßgenauigkeit von 0,8% des Skalenwertes für einen Druckbereich von  $\pm 0,6$  atü erreicht. Will man den Druckbereich vergrößern, muß man entweder stärkere Federn einsetzen oder eine größere Verschiebung der Druckstange zulassen. Im ersten Fall vermindert sich jedoch die Ablesegenauigkeit und beim zweiten Fall ist man begrenzt durch die Linearität des Differentialtransformators und durch die gewählte Länge der Faltenbälge. Man sollte jedoch, um eine genügend genaue Ablesung zu erhalten, die Federn nicht für eine max. Auslenkung größer als  $\pm 2$  atü wählen. Das Optimum liegt jedoch bei etwa  $\pm 1,2$  bis  $\pm 1,5$  atü. Es wird daher besser sein, den Gasdruck für die jeweiligen Druckbereiche zu erhöhen. Es wurde weiterhin geprüft, ob bei verschiedenen Öldrücken die Anzeige durch den Gasdruck mit genügender Genauigkeit auf den Nullpunkt zurückgeholt wurde. Die mittlere Meßgenauigkeit betrug auch hier  $\pm 0,8\%$ .

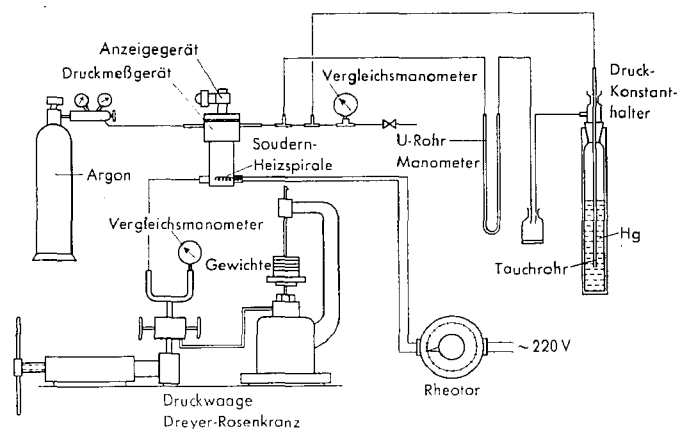


Bild 2. Versuchsanordnung für Druckmeßgerät.

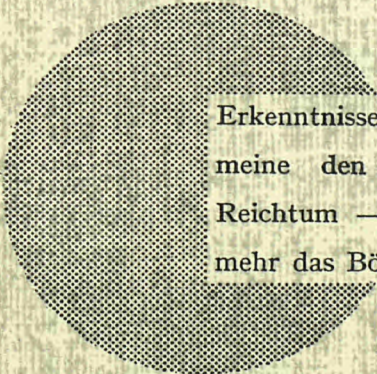
### 4. Zusammenfassung der Verbesserungen

Da beide Faltenbälge auf über 200 °C gehalten werden können, ist die Möglichkeit einer Oxydabsetzung gering. Der Gasdruck kann durch elektrische Fernanzeige leicht abgelesen werden und der Flüssigmetalldruck durch die elektrische algebraische Addition ebenfalls. Es entfallen dadurch Fehlmessungen durch Volumenänderungen des Gases. Änderungen der Federkonstanten der Faltenbälge und Längenänderungen sind durch die doppelte Feder und zwei Faltenbälge auskompensiert. Der Nullpunkt ist für alle Druck- und Temperaturbereiche konstant und kann während des Betriebes nachgeprüft werden. Das Gerät hat inzwischen mehrere 100 Stunden in NaK gearbeitet und es zeigten sich keine Meßungenauigkeiten. Auch bei einer Temperatur von über 500 °C konnten keine Nullpunktverschiebungen festgestellt werden.

#### Schrifttum

- [1] Liquid Metals Handbook. AEC Department of the Navy, Wash. D. C. 1955.
- [2] Sittig. Ethyl Corp., New York, N. Y. 1956.
- [3] Instruments for Measuring the Pressure, Flow and Level of Fused Alkali Metals — Atomnaya Energiya, 9 (1960), Nr. 3.
- [4] Miller, W. R.: High Temperature Pressure Transmitter Evolution. ORNL 2483.

Anzeigegerät (Skalenteile)														
1	3	5	7	9	Mittelwert	2	4	6	8	10	Mittelwert	Gas	Waage (atü)	Bemerkungen
-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	-32	konst. 1125 mm Hg	1,0	23. 8. 1962 Temperatur 125 °C
-26,5	-26	-26	-26	-26	-26,1	-26	-26,5	-26,5	-26,5	-26	-26,3		1,1	
-20,5	-20	-20	-20	-20	-20,1	-20	-20	-20	-20	-20	-20		1,2	
-13,5	-13,5	-13,5	-14	-14	-13,7	-13,5	-13,5	-13,5	-14	-14	-13,7		1,3	
-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-6,5	-7	-7	-6,9		1,4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1,5	
+7	+7	+7	+7	+7	+7	+7,5	+7	+7	+7	+7	+7,1		1,6	
+13,5	+14	+14	+14	+14	+13,9	+14	+14	+14	+14	+14	+14		1,7	
+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21	+21		1,8	
+28	+27,5	+28	+28	+28	+27,9	+28	+28	+27,5	+27,5	+28	+27,8		1,9	
+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	+34,5	2,0		
Abweichung vom Mittelwert (Skalenteile)														
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		1,0	Max. Abweichung vom Mittelwert: ± 0,4 Skalenteile = ± 0,00576 at
+ 0,4	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1		- 0,3	+ 0,2	+ 0,2	+ 0,2	- 0,3			1,1	
+ 0,4	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1		0	0	0	0	0			1,2	
- 0,2	- 0,2	- 0,2	+ 0,3	+ 0,3		- 0,2	- 0,2	- 0,2	+ 0,3	+ 0,3			1,3	
0	0	0	0	0		+ 0,1	+ 0,1	- 0,4	+ 0,1	+ 0,1			1,4	
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			1,5	
0	0	0	0	0		+ 0,4	- 0,1	- 0,1	- 0,1	- 0,1			1,6	
- 0,4	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,1		0	0	0	0	0			1,7	
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			1,8	
+ 0,4	- 0,4	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,1		+ 0,2	+ 0,2	- 0,3	- 0,3	+ 0,2			1,9	
0	0	0	0	0		0	0	0	0	0			2,0	



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich  
meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen  
Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und  
mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

CDNA02268DEC

**EURATOM — C.I.D.**  
51-53, rue Belliard  
Bruxelles (Belgique)