

Dr.-Ing. Andreas Docter  
Dr.-Ing. Hans Wilhelm Lösch  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wagner, Bochum

**Entwicklung und Aufbau  
einer Anlage zur simultanen  
Messung der Viskosität und  
der Dichte fluider Stoffe**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **494**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen</b>	VII
<b>1 Einleitung und Problemstellung</b>	1
<b>2 Viskositätsmeßverfahren - Stand der Forschung</b>	4
2.1 Konventionelle Viskositätsmeßverfahren	5
2.2 Magnetschwebesysteme zur Viskositätsmessung	10
<b>3 Ein neues Verfahren zur simultanen Bestimmung der dynamischen Viskosität und der Dichte fluider Stoffe</b>	13
3.1 Funktionsprinzip des Simultan-Meßverfahrens	13
3.2 Spezifikationen und Anwendungsbereich des neuen Meßverfahrens	16
<b>4 Magnetschwebekupplung und Dichtemessung</b>	19
4.1 Funktionsprinzip der Magnetschwebekupplung	19
4.2 Ein-Senkörper-Dichtemeßverfahren	21
4.3 Neue Kompakt-Magnetschwebewaage	27
<b>5 Ein neuartiges Viskositätsmeßverfahren</b>	32
5.1 Funktionsprinzip des Viskositätsmeßverfahrens	32
5.1.1 Prinzipieller Meßaufbau	33
5.1.2 Grundsätzliches physikalisches Modell	34
5.2 Apparative Elemente des Verfahrens	38
5.2.1 Rotationsantrieb	39
5.2.2 Drehzahlerfassung und Bestimmung der Dämpfung	44
5.2.3 Kupplungsdämpfung	50
5.3 Strömungsmechanisches Modell	55
5.3.1 Analyse des Fließfeldes	55
5.3.2 Zylinderströmung	56
5.3.3 Stirnflächenströmung	62
5.3.4 Instationaritätseinfluß	64

<b>6</b>	<b>Konzeption und Aufbau einer Anlage zur simultanen Messung der Viskosität und der Dichte fluider Stoffe</b>	<b>67</b>
6.1	Zielsetzung und technische Daten	67
6.2	Konzipierung und Auslegung	69
6.3	Technische Ausführung der Meßanlage	74
6.3.1	Übersicht über die Gesamtanlage	75
6.3.2	Prinzipieller Aufbau und Konstruktion der Meßapparatur	78
6.3.3	Temperaturmessung und -regelung	92
6.3.4	Meßgassystem	95
6.3.5	Automatisierung	97
<b>7</b>	<b>Inbetriebnahme und Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Meßanlage</b>	<b>101</b>
7.1	Vorbereitende Arbeiten für die Dichtemessung	101
7.1.1	Bestimmung des Senkkörpervolumens	101
7.1.2	Test des Wägesystems	103
7.1.3	Test der Magnetschwebekupplung und Bestimmung des relativen Kraftübertragungsfehlers	104
7.1.4	Bestimmung der temperaturabhängigen Grundlast	105
7.1.5	Abschätzung der Unsicherheit der Dichtemessung	107
7.2	Vorbereitende Arbeiten für die Viskositätsmessung	109
7.2.1	Bestimmung der Kupplungsdämpfung	109
7.2.2	Bestimmung des Bezugsgerätekoeffizienten	110
7.2.3	Abschätzung der Unsicherheit der Viskositätsmessung	113
7.3	Vermessung ausgewählter Zustandspunkte von Stickstoff und Kohlendioxid	115
7.3.1	Planung des Meßprogramms und Versuchsdurchführung	115
7.3.2	Ergebnisse der simultanen Viskositäts- und Dichtemessung	117
7.4	Diskussion der Ergebnisse	121
7.4.1	Meßdatenvergleich	121
7.4.2	Abschließende Bewertung der Güte der neuen Meßanlage	129
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>132</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>134</b>