

Inhaltsübersicht

1	Einleitung	1
2	Die Meßsignalbildung	3
2.1	Die Aufstellung der Differentialgleichungen	4
2.2	Lösung der Differentialgleichungen für endliche Magnetfeldausdehnung in Rohrlängsrichtung	6
2.3	Lösung für das inhomogene Magnetfeld in der Elektrodenebene	9
3	Der Einfluß der Störgrößen	12
3.1	Innere Störspannungen	12
3.1.1	Transformatorische Störspannung	12
3.1.2	Kapazitive Störspannung	13
3.1.3	Ohmsche Störspannung	14
3.1.4	Phasenlage der Störspannungen zueinander	14
3.2	Äußere Störspannungen	15
3.2.1	Unsymmetriespannung	15
3.2.2	Polarisationsspannung	15
3.2.3	Störeinfluß von Fluidparametern	16
3.2.4	Störeinflüsse durch elektronisches Rauschen	21
3.2.5	Störspannungen durch Fremdströme	25
4	Derzeit gebräuchliche Verfahren und Geräte zur Meßsignalerzeugung	26
4.1	Verfahren mit geschaltetem oder umgepoltem Gleichfeld	26
4.2	Sinusförmiges Wechselfeld	28
4.3	Sinusförmiges Wechselfeld mit quasikonstanter Spulenstromamplitude	28
4.4	Dreieckförmiger Feldverlauf	30
4.5	Beurteilung der bekannten Verfahren	31
4.6	Leistungsaufnahme handelsüblicher Geräte	31

5	Möglichkeiten der Energieeinsparung bei der magnetisch-induktiven Durchflußmessung	33
5.1	Gestaltung des Meßaufnehmers	33
5.1.1	Optimierungskriterien	33
5.1.1.1	Aus der Literatur bekannte Optimierungskriterien	33
5.1.1.2	Diskussion der bekannten Optimierungskriterien	35
5.1.2	Verlustleistung im Meßaufnehmer	37
5.1.2.1	Verlustleistung des Spuleninnenwiderstandes	37
5.1.2.2	Wirbelstromverluste	39
5.1.2.3	Hystereseverlustleistung	41
5.1.3	Die Verkleinerung des Luftspaltes im Eisenschluß	42
5.1.4	Permanentmagnetkreise	48
5.1.5	Gemischt-magnetische Kreise	49
5.1.6	Die im Magnetfeld der Spule des Meßaufnehmers gespeicherte Energie	49
5.2	Gestaltung der Meßwertverarbeitung	54
5.2.1	Modelle des Meßaufnehmers	54
5.2.2	Am Meßaufnehmer erfaßbare Signalverläufe	57
5.2.3	Auswertung des stochastisch gestörten Nutzsignalverlaufs durch digitale signalangepaßte Auswertalgorithmen	58
5.2.3.1	Der magnetisch-induktive Meßaufnehmer als Nachrichtenübertragungskanal	59
5.2.3.2	Die Kostenfunktion für die Korrektur des Meßsignals	62
5.2.3.3	Filteralgorithmen	63
5.2.3.4	Prozeßidentifikationsverfahren	64
5.2.3.5	Methode der kleinsten Fehlerquadrate für Prozesse erster Ordnung	66
5.2.3.6	Modifizierte Methode der kleinsten Fehlerquadrate	71
5.2.3.7	Kriterien zur Anpassung des Modells an den Prozeß	73
5.3	Die Auswahl geeigneter Spulenstromverläufe	75
6	Beseitigung der Fehlereinflüsse durch die transformatorische Störspannung	78
6.1	Die Auswahl eines geeigneten Signalverlaufs	79
6.2	Der Einsatz einer zusätzlichen Leiterschleife parallel zu den Elektrodenzuleitungen	81
7	Fehler bei der Berechnung des Meßergebnisses für die Strömungsgeschwindigkeit	84
7.1	Fehlereinfluß durch unzureichende Kompensation der transformatorischen Störspannung	84
7.2	Fehlereinfluß der kapazitiven Störspannung	86
7.3	Fehlereinflüsse durch Rauschen	89
7.4	Fehlereinflüsse durch das Abtast- und Halteglied	92

7.5	Fehler durch die digitale Modellbildung	94
7.6	Fehlereinfluß durch Einkopplungen aus dem öffentlichen Stromversorgungsnetz	99
7.7	Fehlereinfluß durch schlechte Anpassung der Modellparameter	101
7.7.1	Fehlereinfluß beim sinusimpulsförmigen Feldverlauf	101
7.7.2	Fehlereinfluß beim e-funktionsförmigen Feldverlauf	104
7.8	Der zu erwartende maximale Fehler im Meßergebnis	107
8	Praktische Erprobung des LSQ-Verfahrens mit einem flexiblen Mikrocomputersystem	109
8.1	Strukturdiagramm der Störsignalunterdrückung und der Meßwertverarbeitung	109
8.2	Versuchsaufbau	113
8.3	Signalverläufe	118
8.3.1	Bei sinusförmigem zeitlichen Feldverlauf	118
8.3.2	Bei e-funktionsförmigem zeitlichen Feldverlauf	128
8.4	Fehlerfunktion in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit	132
8.5	Kanalkapazität beim Versuchsaufbau	135
9	Realisierung eines magnetisch-induktiven Durchflußmeßgerätes mit geringer Leistungsaufnahme nach dem LSQ-Verfahren	138
9.1	Meßwerterzeugungseinheit mit gedämpftem Schwingkreis	140
9.2	Vorverstärker, Signalumschalter und Frequenzbandbegrenzung	141
9.3	Mikrocomputer und A/D-Wandler	143
9.4	Strukturdiagramm der Software	145
9.5	Leistungsbilanz des Meßgerätes	148
10	Zusammenfassung	150
	Schrifttum	152
	Anhang	158
	Stichwortverzeichnis	170