

Inhaltsverzeichnis

0.1	Formelzeichen	7
0.2	Kurzfassung	13
1.	Einleitung und Aufgabenstellung	17
2.	Zum Stand der Technik	21
2.1	Neutralisationszahlbestimmung	22
2.2	Restaschegehaltbestimmung	23
2.3	Spektroskopische Ölanalyse	25
2.4	Optische Partikelanalyse	27
2.5	Induktive Partikelzähler	28
2.6	Online-ATR-Spektroskopie	28
2.7	Kapazitive Vermessung von Zeolithen	29
2.8	Tuning-Fork-Quarzresonator	30
2.9	Messung mechanischer Schwingungen	33
2.10	Walzölsensor ConduSens®	34
2.11	Ölleitfähigkeitsmessgerät	37
2.12	Zusammenfassende Bewertung des Standes der Technik	39
3.	Sensorentwicklung	41
3.1	Basissensorkonzept	41
3.2	Temperaturabhängigkeit der Zellkonstante	51
3.3	Sensorelektronikkonzept	53
3.4	Sensorelektronik des OilQSens®	56
3.5	Sensorelektronik des CapHSens®	59
3.6	Reduktion von Messabweichungen durch die Sensorelektronik	61
3.7	Temperatursensor	64
3.8	Selbstlernende adaptive Temperaturkompensation	66
4.	Praktische Realisierung	73
4.1	Sensorelektronik	73
4.2	Basissensorrealisierung	75
5.	Realisierung der Laborprüfaufbauten	81
5.1	Laborprüfstand für Öl	81
5.2	Laborprüfstand für Gasfeuchte	82
5.3	Getriebeprüfstand	85
6.	Diskussion der Messergebnisse	89
6.1	Überprüfung des Basissensors und der Auswerteelektronik	89
6.2	Öl-Labormessungen	92

6.3	Messung der Neutralisationszahl oxidativ gealterter Hydrauliköle	96
6.4	Messung der spezifischen Leitfähigkeiten und Dielektrizitätszahlen des Hydrauliköls Energol HM46	97
6.5	Messung der spezifischen Leitfähigkeiten und Dielektrizitätszahlen des Getrieböls Energol GR–XP 220	100
6.6	Viskositätsmessungen	103
6.6.1	Dynamische Viskosität, Leitfähigkeit und Dielektrizitätszahl von HLP HM46	103
6.6.2	Dynamische Viskosität, Leitfähigkeit und Dielektrizitätszahl von GR XP 220	105
6.7	Gasfeuchtemessungen	108
6.8	Praktischer Vorversuch zur Eignung des Sensorsystems als Multi-Fuel-Sensor	109
6.9	Messergebnisse am Lagerprüfstand	111
6.10	Vergleichsmessung mit einem Leitfähigkeitsmessgerät	127
6.11	Praktischer Versuch zur Bestimmung der spezifischen Leitfähigkeit und Dielektrizitätszahl in unadditiviertem Öl FVA03	130
6.11.1	Zudosierung von Wasser	132
6.11.2	Zudosierung von Kupferpulver	132
6.12	Berechnung der Dielektrizitätszahl und der Leitfähigkeit mit anschließendem Vergleich der gemessenen Werte	133
6.12.1	Auswertung der Wasserzudosierung	134
6.12.2	Lineare Approximation der Messergebnisse	136
6.12.3	Zudosierung von Kupferpulver	139
6.12.4	Vergleich der berechneten Werte mit Hilfe der Taylorreihenentwicklung bei der Zudosierung von Kupferpulver	141
7.	Zusammenfassung und Ausblick	145
8.	Anhang	149
8.1	Abbildungsverzeichnis	149
8.2	Berechnung der Taylorreihen	152
8.2.1	Berechnung der Dielektrizitätszahl nach Maxwell-Garnett	152
8.2.2	Berechnung der Dielektrizitätszahl nach Lichtenecker	153
8.2.3	Berechnung der Dielektrizitätszahl nach Piekara	154
8.3	Datenblatt OilQSens®	155
8.4	Datenblatt CapHSens®	156
8.5	Konstruktionszeichnungen	157
8.6	Literaturverzeichnis	158