

Untersuchungen zur Wirkungsweise der Tauchschmierung

Von der Fakultät Konstruktions- und Fertigungstechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Antonius Sax
geboren in Albstadt-Tailfingen

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. K. Langenbeck
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. W. Schinköthe

Tag der Einreichung: 01. April 1996
Tag der mündlichen Prüfung: 05. Juli 1996

Institut für Maschinenkonstruktion und Getriebebau
Universität Stuttgart

1996

Inhaltsverzeichnis

Seite		
0	Bezeichnungen	7
1	Einleitung	9
2	Ziel der Arbeit	10
3	Stand der Technik	11
4	Versuchsausstattung	13
4.1	Grundaufbau des Prüfstandes	13
4.2	Versuchsgetriebe	18
4.3	Rechner und Softwareausstattung	19
5	Untersuchung der Ölverteilung im Getriebegehäuse	19
5.1	Meßmittel zur Messung der Ölkonzentration im Getriebegehäuse	19
5.1.1	Kapazitive Messung	20
5.1.2	Absaugen mittels Spritze	22
5.1.3	Absaugen über einen Zyklonabscheider	23
5.1.4	Einschließen mittels Ölfalle	25
5.1.5	Optische Sonde der Firma Photonetics	30
5.2	Auswahl des Meßverfahrens	31
5.3	Versuchsdurchführung	36
5.4	Darstellung und Betrachtung der Meßergebnisse	37
5.4.1	Umfangsgeschwindigkeit 20m/s, Drehrichtung links	40
5.4.2	Umfangsgeschwindigkeit 40m/s, Drehrichtung links	40
5.4.3	Umfangsgeschwindigkeit 60m/s, Drehrichtung links	40
5.4.4	Umfangsgeschwindigkeit 80m/s, Drehrichtung links	44
5.4.5	Umfangsgeschwindigkeit 20m/s, Drehrichtung rechts	44
5.4.6	Umfangsgeschwindigkeit 40m/s, Drehrichtung rechts	44
5.4.7	Umfangsgeschwindigkeit 60m/s, Drehrichtung rechts	48
5.4.8	Umfangsgeschwindigkeit 80m/s, Drehrichtung rechts	48
5.5	Ölanteil am Zahnrad	51
5.5.1	Linke Drehrichtung	52

5.5.1.1	Ölanteil über dem Ritzel	52
5.5.1.2	Ölanteil unter dem Ritzel	53
5.5.1.3	Ölanteil über dem Rad	54
5.5.1.4	Ölanteil unter dem Rad	55
5.5.1.5	Ölanteil am oberen Eingriff (einlaufender Eingriff)	56
5.5.1.6	Ölanteil am unteren Eingriff (auslaufender Eingriff)	57
5.5.1.7	Ölanteil zwischen linker Seitenwand und Ritzel	58
5.5.1.8	Ölanteil zwischen Rad und rechter Seitenwand	59
5.5.2	Rechte Drehrichtung	60
5.5.2.1	Ölanteil über dem Ritzel	60
5.5.2.2	Ölanteil unter dem Ritzel	61
5.5.2.3	Ölanteil über dem Rad	62
5.5.2.4	Ölanteil unter dem Rad	63
5.5.2.5	Ölanteil am oberen Eingriff (auslaufender Eingriff)	64
5.5.2.6	Ölanteil am unteren Eingriff (einlaufender Eingriff)	65
5.5.2.7	Ölanteil zwischen linker Seitenwand und Ritzel	66
5.5.2.8	Ölanteil zwischen Rad und rechter Seitenwand	67
6	Schlußfolgerungen aus der Ölverteilung	68
6.1	Ergebnisse aus der Ölverteilung	68
6.2	Vergleich der Ergebnisse mit denen an Fahrzeuggetrieben	69
6.3	Konsequenzen aus der Ölverteilung	70
7	Messung der Wanddrücke	71
7.1	Versuchsdurchführung	72
7.2	Darstellung und Betrachtung der Meßergebnisse	75
7.2.1	Drehrichtung rechts bei Umfangsgeschwindigkeiten von 60 bis 90 m/s	76
7.2.1.1	Vorderwand	76
7.2.1.2	Oberseite	77
7.2.1.3	Rechte Seitenwand	77
7.2.1.4	Linke Seitenwand	78
7.2.2	Drehrichtung links bei Umfangsgeschwindigkeiten von 60 bis 100 m/s	85
7.2.2.1	Vorderwand	85

7.2.2.2	Oberseite	86
7.2.2.3	Rechte Seitenwand	87
7.2.2.4	Linke Seitenwand	87
7.3	Druckverläufe im Bereich des Eingriffes	94
8	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen aus den Wanddrücken	97
8.1	Erkenntnisse aus den Wanddrücken	97
8.2	Vergleich der Ergebnisse mit ähnlich gestalteten Untersuchungen	98
9	Messung der Strömungsrichtungen und -geschwindigkeiten	100
9.1	Meßmittel zur Strömungsmessung	100
9.2	Versuchsdurchführung	104
9.3	Darstellung der Meßergebnisse	107
9.4	Betrachtung der Strömungsverhältnisse	109
9.4.1	Drehrichtung links, $v = 80$ m/s, schmale Verzahnung	110
9.4.1.1	Ansichten von vorn	110
9.4.1.2	Ansichten von oben	112
9.4.1.3	Ansichten von rechts	114
9.4.2	Drehrichtung links, $v = 80$ m/s, breite Verzahnung	119
9.4.2.1	Ansichten von vorn	119
9.4.2.2	Ansichten von oben	120
9.4.2.3	Ansichten von rechts	121
10	Schlußfolgerungen aus den Strömungsuntersuchungen	126
10.1	Erkenntnisse aus den Strömungsuntersuchungen	126
10.2	Vergleich der Strömung mit theoretisch gewonnenen Erkenntnissen	127
11	Zusammenfassung	129
12	Ausblick	131
13	Literaturverzeichnis	132