

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1.	Problem- und Zielstellung	1
2.	Systemanalyse und tribologische Systeme	13
2.1.	Das Mittel der Systemanalyse	13
2.2.	Tribologisches System	14
2.2.1.	Energiebilanz (Reibung)	17
2.2.2.	Massebilanz (Verschleiß)	19
2.2.3.	Zusammenhang zwischen Reibung und Verschleiß	21
3.	Definitionen und Klassifizierung des Verschleißes	23
3.1.	Klassifizierung des Verschleißes	23
3.2.	Definitionen und Begriffe	24
3.3.	Klassifizierung nach Beanspruchungsbedingungen	26
3.4.	Klassifizierung nach Verschleißmechanismen	27
3.4.1.	Adhäsiver Verschleiß	27
3.4.2.	Abrasiver Verschleiß	28
3.4.3.	Ermüdungsverschleiß	29
3.4.4.	Korrosiver Verschleiß	30
3.5.	Klassifizierung nach Verschleißerscheinungsformen	33
4.	Verschleißtheorien	38
4.1.	Modellvorstellungen zum stationären Verschleiß	39
4.1.1.	IBM-Modell	39
4.1.2.	Adhäsiver Verschleiß	40
4.1.3.	Korrosiver Verschleiß	43
4.2.	Modellvorstellungen zum instationären Verschleiß (Freßkriterien)	45
4.2.1.	Empirische Kriterien	45
4.2.1.1.	Thermische Kriterien	46

4.2.1.2.	Indirekt thermische Kriterien	47
4.2.1.3.	Mechanisch-thermische Kriterien	49
4.2.2.	Mechanistisch begründete Kriterien	51
4.2.2.1.	Adsorptionsschichtversagen	51
4.2.2.2.	Reaktionsschichtversagen	53
4.2.2.3.	Versagen des Werkstoffes	53
5.	Die Temperatur im Reibkontakt	56
5.1.	Berechnung der Oberflächentemperatur	56
5.1.1.	Quadratische Wärmequelle	56
5.1.2.	Kreisförmige Wärmequelle	59
6.	Schmierstoffe	62
6.1.	Allgemeines	62
6.2.	Anforderungen an einen Schmierstoff	63
6.3.	Mineralische Grundöle (Basisöle)	64
6.4.	Additive	65
6.5.	Wechselwirkungen zwischen Grundölen und Additiven	73
6.6.	Zum Wirkungsmechanismus von Additiven	75
7.	Reibwerkstoffe, Schichten und ihr tribologisches Verhalten	80
7.1.	Allgemeines	80
7.2.	Kontakt fester Körper	80
7.3.	Tribologisch relevante physikalisch-chemische Oberflächeneigenschaften	84
7.4.	Beschichtete Metalle	88
7.5.	Neuere Entwicklungen	90
8.	Analysemethoden für die Grenzschicht- und Abriebanalyse	92
8.1.	Oberflächenanalysemethoden	92
8.1.1.	ESCA (Elektronenspektroskopie für die chemische Analyse)	94
8.1.2.	AES (Auger-Elektronenspektroskopie)	95
8.1.3.	SIMS (Sekundärionenmassenspektroskopie)	95
8.1.4.	Vergleich von Oberflächenanalysemethoden	96

8.2.	Abriebanalyse	97
8.3.	Beispiele für Oberflächen- und Abriebanalysen	100
9.	Wechselwirkung Metall — Schmierstoff — Prinzip der grenzflächenchemischen Modifizierung von Reibflächen —	107
9.1.	Allgemeines	107
9.2.	Reaktionsbedingungen in Reibpaarungen	110
9.3.	Metall-Gas-Wechselwirkung	113
9.4.	Wechselwirkungen von Kohlenwasserstoffen mit Metallen	114
9.5.	Entstehung und Beanspruchung von Reaktions- schichten	117
9.6.	Schichtbildende Additive	120
9.6.1.	Organische Schwefelverbindungen	123
9.6.2.	Unterschiedliche ep-Wirksamkeit von Dibenzyl- disulfid (Dbds) und Diphenyldisulfid (Dpds)	125
9.6.3.	Polykondensationsfähige Additive	126
9.7.	Tribologische Modelle	130
10.	Synergistische und antagonistische Wechsel- wirkungen zwischen Schmierstoffbestandteilen	137
10.1.	Synergistische Effekte — Definition und Bedeutung	137
10.2.	Beispiele für synergistische Wirkungen	138
10.2.1.	Reibeigenschaften	138
10.2.2.	aw- und ep-Eigenschaften	140
10.2.3.	Ermüdungslebensdauer	146
10.2.4.	Einlaufeigenschaften	147
10.3.	Bewertung synergistischer Wirkungen	148
11.	Übertragbarkeit Modellversuch — Praxis	152
11.1.	Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit von Laborprüf- ergebnissen	152
11.2.	Beispiele zum Vergleich und zur Übertragung von Laborprüfergebnissen	155
11.2.1.	Beispiele auf der Grundlage von phänomenologischen Betrachtungen	156
11.2.2.	Vergleichende Untersuchungen zum stationären Verschleißverhalten mit unterschiedlichen Laborprüf- maschinen	162

11.2.3. Motorverschleiß	171
11.2.4. Bewertung der Freßtragfähigkeit von Schmierölen	177
Literaturverzeichnis	188
Sachregister	196
Autorenverzeichnis	199