

Ing. Ernst Greuter
Prof. Dr. Stefan Zima

Motorschäden

Schäden an Verbrennungsmotoren
und deren Ursachen

2., völlig neu bearbeitete Auflage

Vogel Buchverlag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	13
2 Der Motor	19
2.1 Eigenschaften und Besonderheiten	19
2.2 Betriebsbedingungen	21
2.2.1 Motorkonzeptionen	21
2.2.2 Motorleistung und Leistungsreduktion	25
2.3 Betriebsverhalten von Motoren	30
3 Schaden: Definitionen, Begriffe	51
4 Schadenursachen	57
4.1 Abnutzung	57
4.2 Technische Mängel (Produktfehler)	59
4.2.1 Auslegungsfehler (Planungsfehler)	59
4.2.2 Werkstofffehler	61
4.2.3 Herstellungsfehler	62
4.3 Betriebsfehler	62
4.3.1 Überlastung	62
4.3.2 Veränderungen der Betriebsbedingungen	63
4.3.3 Bedienungsfehler	64
4.3.3.1 Einlauf	64
4.3.3.2 Kaltstart	65
4.3.3.3 Lange Leerlaufzeiten	66
4.3.3.4 Mangel an Betriebsstoffen und Verwendung ungeeigneter Betriebsstoffe	66
4.3.3.5 Einwirkungen von außen	67
4.3.3.6 Technischer Fortschritt	67
4.4 Der Mensch als Schadenverursacher	68
5 Schadenerklärung	71
5.1 Schadenart	71
5.1.1 Schäden durch mechanische Beanspruchung	71
5.1.2 Gewaltbrüche	73
5.1.3 Schwingbrüche	75
5.1.4 Schäden durch thermische Beanspruchung	79
5.1.5 Schäden durch Korrosion in wässrigen Medien	83
5.1.6 Schäden durch tribologische Beanspruchung	85
5.2 Schadenanalyse	95
5.2.1 Besichtigung vor Ort	95

5.2.2	Sicherung der Schachteile	95
5.2.3	Ermittlung der schadenrelevanten Daten der Maschinenanlage	96
5.2.4	Schadenhergang	96
5.2.5	Genauere Beschreibung des Schadens	98
Motorschäden		
6.1	Überblick	101
6.2	Schäden am Triebwerk	110
6.2.1	Kolben	110
6.2.1.1	Schäden im Schaftbereich	127
6.2.1.2	Schäden im Ring- und Feuerstegbereich	142
6.2.1.3	Schäden im Bodenbereich	155
6.2.1.4	Schäden im Bereich der Kraftübertragung und der Bolzenlagerung	177
6.2.2	Kolbenringe	191
6.2.2.1	Montagefehler	196
6.2.2.2	Brandspurbildung	198
6.2.2.3	Ringflattern	201
6.2.2.4	Ringbrüche	201
6.2.2.5	Ringstecken	201
6.2.2.6	Hoher Ölverbrauch	202
6.2.3	Peuelstangen	202
6.2.3.1	Fertigungsfehler	209
6.2.3.2	Reibkorrosion	211
6.2.3.3	Montagefehler	213
6.2.3.4	Motorbetrieblich bedingte Schäden	214
6.2.4	Kurbelwellen	215
6.2.4.1	Schadenursachen	220
6.2.4.2	Schäden an Kurbelwellen	220
6.2.5	Triebwerkslager	229
6.2.5.1	Lagerschäden	246
6.2.5.2	Verschleiß	247
6.2.5.3	Verschmutzung	253
6.2.5.4	Ermüdung (Schwingbruch bzw. Dauerbruch)	258
6.2.5.5	Kavitation	261
6.2.5.6	Erosion	266
6.2.5.7	Korrosion	266
6.2.5.8	Stromübergang	267
6.2.5.9	Fertigungsfehler	269
6.2.5.10	Unregelmäßigkeiten in der Lagergeometrie	273
6.2.5.11	Kantenverschleiß	275
6.2.5.12	Kammverschleiß	281
6.2.5.13	Flächenhafter Verschleiß	282
6.2.5.14	Unzureichender Festsitz der Schalen	286
6.2.6	Motorenöl	292
6.3	Kurbelgehäuse mit An- und Einbauteilen	300
6.3.1	Kurbelgehäuse	300
6.3.2	Schäden am Kurbelgehäuse	305
6.3.2.1	Anrisse, Risse und Dauerbrüche	305
6.3.2.2	Bruch durch Gewalteinwirkung	305
6.3.2.3	Verschleiß, Materialabtrag	307
6.3.3	Zylinder, Zylinderbuchsen und -mäntel	308
6.3.4	Schäden an Zylindern	316
6.3.4.1	Verschleiß	316
6.3.4.2	Zwickelverschleiß	316

6.3.4.3	Adhäsiiver Verschleiß	317
6.3.4.4	Abriebverschleiß (abrasiver Verschleiß)	318
6.3.4.5	Riefen	321
6.3.4.6	Fresser	321
6.3.5	Kavitation	323
6.3.5.1	Spaltkavitation	325
6.3.5.2	Risse und Brüche	325
6.3.6	Zylinderköpfe	327
6.3.7	Schäden an Zylinderköpfen	330
6.3.7.1	Ventilsitzverschleiß	330
6.3.7.2	Risse und Brüche	330
6.3.7.3	Erosion und Korrosion	334
6.3.7.4	Verziehen des Zylinderkopfbodens	335
6.3.7.5	Verschleiß in den Ventillführungen	335
6.3.7.6	Undichtheit der Zylinderkopfdichtung	336
6.3.7.7	Durchblasen am Zünd- und Glühkerzengewinde sowie der Düsenstockhalterung des Zylinderkopfes	336
6.4	Steuerung	336
6.4.1	Ventilfedern	340
6.4.2	Ventile	345
6.4.2.1	Ventilschäden	350
6.4.3	Nockenwelle und Nockenfolger	361
6.4.4	Riemen-, Ketten- und Rädertriebe	366
6.4.4.1	Keilriemen	367
6.4.4.2	Zahnriemen	369
6.4.4.3	Kettentriebe	373
6.4.4.4	Zahnräder	381
6.5	Einspritzsysteme und Zündung	386
6.5.1	Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor	386
6.5.2	Einspritzsysteme	398
6.5.3	Schäden am Einspritzsystem	408
6.5.3.1	Einspritzpumpen	411
6.5.3.2	Einspritzdüsen	416
6.5.3.3	Einspritzleitungen	423
6.5.4	Glühkerzen	425
6.5.5	Zündung und Verbrennung im Ottomotor	431
6.5.5.1	Verbrennung im Ottomotor	431
6.5.5.2	Zündung und Zündkerzen	434
6.5.5.3	Zündkerzenschäden	440
6.6	Filter	445
6.6.1	Grundlagen der Filterung	445
6.6.2	Luftfilter	449
6.6.2.1	Trockenluftfilter	452
6.6.2.2	Ölbadluftfilter	455
6.6.3	Ölfilter	459
6.6.4	Kraftstofffilter	470
6.7	Wärmeübertrager	474
6.7.1	Rohrwärmeaustauscher	478
6.7.1.1	Flachrohr- oder Scheibenwärmeaustauscher	478
6.7.1.2	Palettenwärmeaustauscher (Stapelscheibenkühler)	479
6.7.2	Schäden an Wärmeübertragern	481
6.7.2.1	Fouling	481
6.7.2.2	Kavitation	482
6.7.2.3	Schäden als Folge von Auslegungs- und Einbaubedingungen	482

6.7.2.4	Werkstoff- und fertigungsbedingte Schäden	483
6.7.2.5	Schäden als Folge ungünstiger Betriebsbedingungen und von Wartungsfehlern	484
6.7.2.6	Schäden durch Änderung der Betriebsbedingungen	489
6.7.2.7	Korrosion	489
6.7.2.8	Mechanische Schäden	493
6.8	Abgasturbolader	496
6.8.1	Turboladerschäden	502
6.8.1.1	Werkstofffehler	502
6.8.1.2	Fremdkörpereinwirkung	503
6.8.1.3	Unwucht	505
6.8.1.4	Erosion	507
6.8.1.5	Brüche	507
6.8.2	Unzulänglichkeiten der Schmiermittel	509
6.8.2.1	Schmutz im Öl	509
6.8.2.2	Ölmangel	509
6.8.2.3	Ölkohlebildung	511
6.8.2.4	Ölundichtigkeiten	512
6.8.3	Gehäuseundichtigkeiten	513
6.8.4	ATL-Betrieb im Nulldruckbereich	513
6.8.5	Geräuschbeanstandungen	514
Anhang		515
Motorleistung		515
Kurbelwinkel - ein Maß für Weg und Zeit		519
Technisches Fachwörterverzeichnis Deutsch - Englisch - Französisch		523
Abkürzungen		547
Quellenverzeichnis		549
Quellenverzeichnis der Bilder		551
Literaturhinweise		553
Stichwortverzeichnis		561