Das Entwerfen und Berechnen der

Verbrennungskraftmaschinen

und Kraftgas-Anlagen

Das Entwerfen und Berechnen der
Verbrennungskraftmaschinen
und Kraftgas-Anlagen

Von

Hugo Güldner
Maschinenbaudirektor
Vorstand der Güldner-Motoren-Gesellschaft in Aschaffenburg

Dritte, neubearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage

Mit 1282 Textfiguren, 35 Konstruktionstafeln
und 200 Zahlentafeln

Berlin
Verlag von Julius Springer
1914

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1914 by Julius Springer in Berlin.

An die Benutzer dieses Buches, und insbesondere an seine eigentlichen Fachgenossen richtet der Verfasser die ergebene Bitte, ihn auf etwaige Unrichtigkeiten, ergänzungsbedürftige Lücken usw. gefälligst aufmerksam zu machen.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Teil.

Arbeitsverfahren und Arbeitstakte der Verbrennungskraftmaschinen.

Seite

A. Allgemeine Erläuterungen.

I. Maschinengattungen 1
1. Verpuffungs- und Gleichdruckmaschinen 1
2. Kolbenhubmaschinen und Verbrennungsturbinen 1
3. Viertakt- und Zweitaktmotoren . 2
4. Bauliche Stammarten 2

II. Wärmetheoretische Grundlagen 2
1. Wärmeäquivalent 2
2. Spezifische Wärme 2
3. Heizwert und Normalzustand des Brennstoffes 5
4. Wärmearbeit und Wirkungsgrade 6
5. Wärmeinhalt und Leistung von Gemischen 10
6. Wärmenachweis und Wärmepläne 11

B. Beurteilung der Arbeitsverfahren.

I. Der Verpuffungsmotor 14
1. Wärmetheoretische Untersuchung 14
2. Praktische Bemerkungen 16

Seite

II. Der Gleichdruckmotor 20
1. Wärmetheoretische Untersuchung 20
2. Praktische Bemerkungen 22

C. Untersuchung der Arbeitstakte.

I. Viertakthübe 25
1. Saughub 25
2. Verdichtungshub 31
3. Verbrennungs- und Ausdehnungshub 34
4. Ausschubhub 38
5. Wärmebewegung während dieser Arbeitstakte 41

II. Zweitakthübe 43
1. Pumpenvorgänge 43
2. Lade- und Ausspülvorgänge . . . 44

III. Vergleich zwischen Viertakt und Zweitakt 48
1. Wärmetheoretisch 48
2. Die Eigenwiderstände 49
3. In baulicher Hinsicht 50
4. In wirtschaftlicher Hinsicht . . . 51
5. Betriebstechnisch 52

Zweiter Teil.

Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen.

Seite

A. Grundlegende Erwägungen.

I. Weniger erfinden — mehr konstruieren! 53

II. Liegende oder stehende Bauart? 56

III. Mit oder ohne Kreuzkopf? . . 58

Seite

IV. Einfache oder doppeltwirkende Zylinder? 59

V. Mehrzylinderanordnungen . . 61

VI. Verlängerte Ausdehnung und Verbundwirkung 64

VII. Hubverhältnis und Umlaufzahl 65

Seite

VIII. Wirtschaftlichkeit der Maschinenbaustoffe 68

IX. Durchschnittliche Druckdiagramme und deren Sonderformeln für P_z 75

B. Ermittlung der Hauptmaße.

I. Maße D und S nach wärmetheoretischen Gesetzen 77

II. Maße D und S nach dem Bedarf an Verbrennungsluft . . 77
1. Allgemeine Grundgleichungen . 78
2. Sondergleichungen für die Hauptbrennstoffe 81

III. Maße D und S nach praktischen Leistungskoeffizienten . . . 83
1. Mittlerer indizierter Kolbendruck p_i 83
2. Mittlerer nutzbarer Kolbendruck p_n 84
3. Spezifische Leistung L_o 84
4. Spezifisches Hubvolumen V_o . . 86
5. Leistungskonstante k 86

C. Allgemeine Bauteile.

I. Gestelle, Grundplatten und Rahmen 87
1. Gestelle für Bockmaschinen . . 88
2. Gestelle und Grundplatten für Standmaschinen 91
Kastengestelle 92
Doppelbalken-(A-)Gestelle . . 94
3. Rahmen für liegende Maschinen 103
4. Kurbellager und deren Schmierung 113

II. Zylinder und Zwischenstücke 119
1. Arbeitszylinder 119
2. Zwischenstücke 123
3. Verbindungsbolzen 134

III. Zylinderdeckel, Zylinderköpfe und Stopfbüchsen . . . 135
1. Zweckmäßige Form des Verdichtungsraumes 135
2. Zylinderdeckel 137
3. Deckelliderungen 144
4. Stopfbüchsen 144
5. Deckelschrauben 145

IV. Kolben, Kolbenstangen und Kreuzköpfe 146
1. Einfachwirkende Arbeitskolben . 146
Kolbenbolzen 156
Kolbenschmierung 158
2. Doppeltwirkende Arbeitskolben . 158
3. Kolbenringe 159
Herstellung der Selbstspanner 163
4. Kolbenstangen 165
5. Kreuzköpfe und Tragschuhe . . 170

V. Schubstangen 173
1. Stangenschäfte 173
2. Stangenköpfe 176
3. Schubstangenbolzen 184
4. Ausführungsregeln 187

VI. Kurbelwellen 188
1. Allgemeine Bewegungs- und Kraftverhältnisse 189
2. Reibungsarbeit der Zapfen . . 198
3. Festigkeit einfacher Wellen von liegenden Maschinen 200
4. Desgl. von stehenden Maschinen 213
5. Festigkeit von mehrfach gekröpften Wellen 219
6. Ausgleich der Getriebemassen . 230
7. Schmierung 232

VII. Ventile 233
1. Einlaßventile 234
2. Auslaßventile 235
3. Gas- und Mischventile 236
4. Anlaßventile 237
5. Ventilfedern 247

VIII. Steuerungen 248
1. Steuerungsdiagramme 259
2. Steuerungstriebwerk 262
Einstellung der Steuerung . . . 266
„ der Zündabstände . 271
3. Umsteuerungen 271

IX. Schwungräder 277
1. Ermittlung des Schwunggewichts 277
Berechnete und indizierte Ungleichförmigkeitsgrade 279
2. Ermittlung der Abmessungen . 295

X. Geschwindigkeitsregler . . . 306
1. Regelverfahren 306
2. Reglerkonstruktionen 309
Pendelregler 309
Fliehkraftregler 311
3. Federwagen u. dgl. 316

XI. Fundamente 319
1. Ausführungsarten 320
Für liegende Einzylindermaschinen 321
Für liegende Zwei- und Mehrzylindermaschinen 322
Für stehende Gleichdruckmaschinen 324
2. Baugrund und Belastung . . . 327
3. Isolierung der Fundamente . . 327
4. Fundamentanker 328

Seite

D. Besondere Bauteile.

I. Für Verpuffungsmaschinen . 329
1. Zündvorrichtungen 329
Glühzünder 329
Elektrische Zündvorrichtungen . 331
Einstellung der Zündsteuerungen 336
2. Vergaser und Verdampfer . . . 342
Topfvergaser 343
Einspritzvergaser 343
3. Brennstoffpumpen und Einspritzventile 348
II. Sonderteile für Gleichdruckmaschinen 351
1. Treibölpumpen 352
Berechnung der Hauptmaße . . 352
Förderungsdiagramm 353
Brennstoffpumpen-Diagramm . . 355
2. Luftpumpen und Kühler . . . 362
Berechnung der Hauptmaße . . 362
Ausführungsmaße und Versuchszahlen 364
Zwischen- und Endkühler . . . 365
3. Einblaseventile und offene Düsen 370

E. Ergänzungsteile und Zubehör.

I. Kraftgasanlagen 376
1. Kraftgaserzeuger (Generatoren) . 378
Durchschnittswerte von Kraftgasen 379
Schachtmauerwerk 392
2. Reiniger und Gastöpfe 394
3. Kläreinrichtungen für das Reinigerwasser 397
Reinigerwasser-Analysen 398
II. Anlaßeinrichtungen 401
1. Andrehhandkurbeln 402
2. Mechanische Anlaßvorrichtungen 403
3. Gemischanlassung 403
4. Druckluftanlassung 404
5. Elektrische Anlassung 408
III. Kühleinrichtungen 409
1. Allgemeines über die Wärmeableitung an das Kühlwasser. . 409
2. Frischwasserkühlung 411
3. Rückkühlanlagen 412
4. Reinheit des Kühlwassers . . . 413
IV. Schalldämpfungsmittel . . . 414
1. Saugtöpfe u. dgl. 414
2. Auspufftöpfe u. dgl. 415
V. Einrichtungen für Abwärmeverwertung 416
Betriebsergebnisse von solchen . . 420
VI. Druckluft- und Ölbehälter . . 422
1. Druckluftbehälter 422
2. Brennstoffbehälter 424
VII. Rohrleitungen 427
1. Luftleitungen 427
2. Gasleitungen 428
3. Auspuffleitungen 430
4. Kühlwasserleitungen 431
Rohrleitungstafel für marktgängige Gasmaschinen 432
VIII. Gasmesser, Druckregler und Gummibeutel 432
1. Gasmesser 432
2. Gasdruckregler 432
3. Gummibeutel 433
IX. Einfache allgemeine Maschinenteile 433
1. Befestigungsschrauben 434
2. Nabenkeile 436
3. Bolzen und Splinte 437
4. Gasrohre, Paßstücke, Verschraubungen und Flanschen 437
5. Zylindrische Schraubenfedern . 441
Federdiagramme 442

Dritter Teil.

Die Brennstoffe der Verbrennungskraftanlagen.

Seite

A. Allgemeine Übersicht.

I. Brennstoffarten 444
II. Zusammensetzung, Heizwert und Wärmepreis 445

B. Die Brenngase.

I. Steinkohlen-Leuchtgas 447
Leuchtgas-Analysen 448
II. Kraftgase 448
1. Koksgas 449
2. Anthrazitgas 450
3. Braunkohlenbrikettgas 451
III. Hochofengas 452
Gichtgas-Analysen 452
Sonstige Betriebszahlen 453
IV. Koksofengas 454
V. Braunkohlen-Schwelgas . . . 455
VI. Erdgas oder Naturgas 456

Seite

C. Flüssige Brennstoffe.

Ursprungsgruppen der Treiböle 457
I. Das Erdöl und seine Destillate 457
Welche Treiböle sind in Gleichdruckmotoren verwendbar? 457
1. Rohöl (Rohnaphta, Masut) . . . 458
2. Benzine 460
3. Gasöle 462
II. Die Braunkohlenöle 462
1. Solaröl 462
2. Paraffinöle 463
III. Die Steinkohlenöle 463
1. Benzol 463
2. Koksofenteeröl 464
IV. Roher Steinkohlenteer 465
V. Spiritus und seine Mischungen 466

Vierter Teil.

Die motorische Verbrennung.

Seite

A. Brennstoffluftgemische.

I. Die Verbrennungsluft 470
II. Die Ladungsgemische 471
Explosionsbereiche von verschiedenartigen Gemischen 472
Gewicht und Heizwert von Brenngas-Luftgemischen 475

B. Entzündung und Verbrennung.

I. Ältere Ansichten über die Verbrennungsvorgänge im Viertakt-Verpuffungsmotor 475
1. Schichtung des Gemisches und verlangsamte Verbrennung 476
2. Für und gegen Dissoziation . . . 478
3. Gleichartiges Gemisch und schnelle Verbrennung; für und gegen Schußkanal 479
II. Gegenwärtige Beurteilung der Verbrennungsvorgänge im Verpuffungsmotor 482
1. Reines, gleichartiges Gemisch und schnelle Verbrennung 482
2. Reichlich hohe Verdichtung . . . 482
3. Zweckmäßige Form des Verdichtungsraumes und darin richtige Lage des Zünders 483
Versuchswerte von Entflammungstemperaturen und Zündgeschwindigkeiten 484
Desgl. von Explosions- und Verbrennungszeiten 488
III. Mischungs- und Verbrennungsvorgänge im Gleichdruckmotor 492
1. Zeitdiagramm und verschobene Diagramme der Verbrennungsvorgänge 492
2. Verteilung und Schichtung des Treiböles im Düsenraum 492
3. Einführung und Zerstäubung durch Hilfsluft 493
4. Verdampfen, Mischen und Entzünden in der glühenden Luftladung 493
5. Andere Ansichten 495

Fünfter Teil.

Bauarten und Betriebszahlen von zeitgemäßen Verbrennungskraftanlagen.

Seite

A. Ortfeste Verbrennungskraftanlagen.

I. Anlage- und Betriebskosten . . 496
1. Kosten für den Brennstoff . . . 497
2. Kosten für die Bedienung . . . 499
3. Kosten für Schmier- und Putzstoffe 499
4. Verzinsung und Abschreibung des Maschinen-Anlagekapitals 500
5. Verzinsung und Abschreibung des Gebäude-Anlagekapitals 500
6. Instandhaltungskosten für die Maschinen 501
7. Instandhaltungskosten für das Gebäude 502
8. Durchschnitts-Betriebszahlen von Elektrizitäts- und Wasserwerken . 503
II. Verpuffungsmaschinen.
Ausführungsbeispiele von 12 verschiedenen Werken . . . . . 505—545

Seite

III. Gleichdruckölmaschinen.
Ausführungsbeispiele von 10 verschiedenen Werken . . . . . 546—586

B. Fahrbare und selbstfahrende Verbrennungskraftmaschinen.

I. Lokomobilen 587
II. Selbstfahrer und Lokomotiven 591
1. Straßenzugmaschinen (Trakteure). 591
2. Motorpflüge und Landbaumotoren 591
3. Gleislokomotiven 592
III. Kraftwagenmotoren und deren Einbau 596
IV. Boots- und Schiffsmotoren . . 605
V. Flugzeug- und Luftschiffsmotoren 622

Geschichtlicher Anhang.

Stammarten der Verbrennungskraftmaschinen.

Seite

Einführung in die Erfindungsgeschichte von 1678 bis 1860 627

A. Verpuffungsmaschinen.

I. Gasmaschinen ohne Verdichtung 630
II. Gasmaschinen mit Verdichtung 644
1. Viertaktmaschinen 645
2. Sechstaktmaschinen 662
3. Zweitaktmaschinen 664
III. Ölmaschinen ohne Verdichtung 675
IV. Ölmaschinen mit Verdichtung 675
1. Viertaktmaschinen 675
2. Zweitaktmaschinen 687

B. Gleichdruckmaschinen.

I. Gasmaschinen 691
II. Ölmaschinen 695
1. Überschiebmotoren 695
2. Einspritzmotoren 701

C. Verbrennungsturbinen.

I. Verpuffungsturbinen ohne Verdichtung 717
II. Verpuffungsturbinen mit Verdichtung 718
III. Gleichdruckturbinen 721
IV. Aussichten der Verbrennungsturbine 725

Theoretischer Anhang.

Wärmemechanik und Wärmechemie.

Seite

A. Abriß der Wärmemechanik.

I. Spannkraft, Dichte und spezifisches Gewicht 729
II. Absolute Temperatur, Wärmeeinheit und spezifische Wärme 730
III. Abhängigkeit der spezifischen Gaswärme von Spannung und Temperatur 732
IV. Die Gesetze der Zustandsänderungen 734
V. Untersuchung und Konstruktion der Spannungskurven . . 736
VI. Wärmearbeit und Arbeitswärme, mechan. Wärmeäquivalent 738
VII. Kreisprozesse und deren Wirkungsgrade 740
VIII. Wärmegewicht und Entropie . 742

B. Grundbegriffe der Wärmechemie.

I. Atom, Molekül und ihre Gewichte 744
II. Elemente, Verbindungen und ihre Zeichen 745
III. Verbindungsgewichte und -volumen, Atomwärme, Diffusion und Dissoziation 746
IV. Verbrennung 748
V. Entgasung und Vergasung . . 752

Praktischer Anhang.

Prüfungsregeln, Sicherheitsvorschriften u. dgl.

Seite

A. Regeln für Leistungsversuche an Gasmaschinen und Gaserzeugern (1906).

I. Einleitung 757
II. Allgemeine Bestimmungen . . 757
III. Maßeinheiten und Benennungen 759
IV. Ausführung der Untersuchungen 759
Anregungen für eine Neubearbeitung 763

B. Grundsätze für die Aufstellung und Benutzung von Verbrennungskraftanlagen.

I. Allgemeine Erläuterungen . . 765
II. Grundsätze für die Einrichtung und den Betrieb von Sauggas-Kraftanlagen in Preußen (1904) . 766
III. Desgl. in Sachsen (1909) 767
IV. Desgl. in Bayern (1909) 769

Seite

C. Feuersicherheitsvorschriften.

Erlassen von der Vereinigung der in Deutschland arbeitenden Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften (1911) 771
I. Für stationäre Motoren, die mit flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden, deren Entflammungspunkt unter dem des Reichstest-Petroleums liegt 771
II. Für stationäre Motoren, die mit flüssigen Kohlenwasserstoffen betrieben werden, deren Entflammungspunkt über dem des Reichstest-Petroleums liegt . . 774
III. Für bewegliche Explosionsmotoren (Lokomobilen u. dgl.) 774
IV. Für Sauggeneratorgas-Anlagen zum Betriebe von Gasmotoren 776

D. Polizeiverordnung für den Verkehr mit Mineralölen in Preußen (1906) 777

Stichwörterverzeichnis 783

Beigabe: Rechenstabstreifen für Angehörige des Verbrennungsmaschinenbaues 791

Vormerkblätter.