

# Inhalt

<b>1 Einleitung . . . . .</b>	<b>1</b>
Literatur . . . . .	4
<b>2 Definition und Ziele der Aufladung . . . . .</b>	<b>5</b>
2.1 Zusammenhang zwischen Motorleistung und Aufladung . . . . .	5
2.2 Überblick über die verschiedenen Aufladeverfahren . . . . .	8
2.2.1 Art der Ladedruckerzeugung . . . . .	8
2.2.2 Laderbauart . . . . .	11
2.2.3 Arbeitsverfahren des Motors . . . . .	11
2.3 Resümee . . . . .	11
<b>3 Die Anfänge der Aufladung . . . . .</b>	<b>13</b>
3.1 Ottomotoren . . . . .	13
3.2 Dieselmotoren . . . . .	15
3.3 Flugmotoren . . . . .	18
3.4 Die Anfänge der Abgasturboaufladung . . . . .	19
Literatur . . . . .	24
<b>4 Der theoretische Motorprozess bei Aufladung . . . . .</b>	<b>25</b>
4.1 Allgemeines . . . . .	25
4.2 Mechanische Aufladung . . . . .	26
4.3 Abgasturboaufladung . . . . .	28
<b>5 Laderbauarten und Laderkennfelder . . . . .</b>	<b>33</b>
5.1 Thermodynamik und Verdichtung . . . . .	33
5.2 Laderbauarten . . . . .	39
5.2.1 Allgemeines . . . . .	39
5.2.2 Lader der Verdrängerbauart . . . . .	40
5.2.3 Lader der Strömungsbauart . . . . .	45
Literatur . . . . .	58

<b>6 Druckverhältnis-Volumenstrom-Kennfeld des Motors . . . . .</b>	<b>59</b>
6.1 Allgemeines und Äquivalenter Spülquerschnitt . . . . .	59
6.2 Zweitaktmotor . . . . .	62
6.3 Viertaktmotor . . . . .	64
<b>7 Zusammenwirken von Lader und Motor . . . . .</b>	<b>67</b>
7.1 Dynamische Aufladung . . . . .	67
7.1.1 Abgestimmtes Saugsystem . . . . .	67
7.1.2 Impulsaufladung . . . . .	70
7.2 Mechanische Aufladung . . . . .	72
7.2.1 Viertaktmotor mit Verdrängerläder . . . . .	72
7.2.2 Viertaktmotor mit Strömungslader . . . . .	76
7.2.3 Zweitaktmotor . . . . .	78
7.3 Abgasturboaufladung . . . . .	80
7.3.1 Unterschiede im Betriebsverhalten des abgasturboaufgeladenen Motors im Vergleich zum mechanisch aufgeladenen . . . . .	80
7.3.2 Hauptgleichungen der Abgasturboaufladung . . . . .	83
7.3.3 Berechnung des effektiven Turbinenquerschnitts . . . . .	87
7.3.4 Einfluss der pulsierenden Turbinenbeaufschlagung . . . . .	95
7.3.5 Turbinenkennfelder . . . . .	101
7.4 Einfluss der Ladeluftkühlung . . . . .	106
Literatur . . . . .	110
<b>8 Motorprozess-Simulation . . . . .</b>	<b>113</b>
8.1 Allgemeines . . . . .	113
8.2 Zylinderprozess . . . . .	114
8.3 Zustandsänderungen in den Gaswechselleitungen . . . . .	123
8.3.1 Nulldimensionale und eindimensionale Simulation . . . . .	123
8.3.2 Dreidimensionale Simulation . . . . .	129
8.4 Dynamischer Motorbetrieb . . . . .	131
Literatur . . . . .	133
<b>9 Besonderheiten der Abgasturboaufladung . . . . .</b>	<b>135</b>
9.1 Einfluss der Abgasleitung . . . . .	135
9.1.1 Leitungszusammenfassungen bei verschiedenen Zylinderzahlen und Zündabständen . . . . .	135
9.1.2 Technisch nutzbare Abgasenergie bei Stoß- und Stauaufladung . . . . .	138
9.1.3 Abwandlungen der Stoßaufladung . . . . .	147
9.2 Beschleunigungsverhalten . . . . .	150
9.3 Drehmomentverhalten . . . . .	156
Literatur . . . . .	159

<b>10 Maßnahmen zur Verbesserung von Drehmoment- und Beschleunigungsverhalten bei Abgasturboaufladung</b> .....	161
10.1 Ausgangssituation und Gliederung .....	161
10.2 Waste-Gate .....	164
10.3 Variable Turbinengeometrie .....	167
10.4 Variable Verdichtergeometrie .....	173
10.5 Registeraufladung .....	178
10.6 Zweistufige Aufladung .....	184
10.6.1 Ungeregelte zweistufige Aufladung .....	184
10.6.2 Geregelte zweistufige Aufladung .....	190
10.7 Elektrisch angetriebener Zusatzverdichter .....	197
10.8 Mechanisch angetriebener Zusatzverdichter .....	198
10.9 Elektrisch unterstützter Abgasturbolader (euATL) .....	201
10.10 Umblasen von Ladeluft .....	202
10.11 Zufuhr von fremdverdichteter Luft .....	203
10.11.1 Zufuhr in die Ladeluftleitung .....	203
10.11.2 Jet-Assist .....	206
10.11.3 Zufuhr direkt in den Zylinder .....	207
10.12 Kombinierte Aufladung .....	209
Literatur .....	211
<b>11 Besondere Aufladeverfahren unter Nutzung der Abgasenergie</b> .....	215
11.1 Turbokühlung und Millerverfahren .....	215
11.1.1 Turbokühlung .....	215
11.1.2 Millerverfahren .....	217
11.2 Turbocompound-Verfahren .....	225
11.2.1 Allgemeines .....	225
11.2.2 Mittelschnellläufer .....	228
11.2.3 Langsamläufer .....	233
11.2.4 Nutzfahrzeugmotoren .....	236
11.3 Hyperbar-Verfahren .....	240
11.4 COMPREX-Druckwellenaufladung .....	243
11.5 Turbobrake .....	249
Literatur .....	252
<b>12 Ladeluftkühlung und Ladeluftkühler</b> .....	255
12.1 Grundlagen .....	255
12.2 Ladeluftkühler-Bauarten .....	260
12.2.1 Wassergekühlte Ladeluftkühler .....	260
12.2.2 Luftgekühlte Ladeluftkühler .....	262
12.3 Ladeluftkühlsysteme .....	263
12.4 Taupunktunterschreitung im Ladeluftkühler .....	265
Literatur .....	268

<b>13 Sonderfragen der Aufladung</b> .....	269
13.1 Mechanische und thermische Motorbelastung .....	269
13.2 Motorbetrieb in großer Höhe (Höhenleistung) .....	274
13.3 Einfluss der Aufladung auf die Abgasemission .....	280
13.3.1 Allgemeines .....	280
13.3.2 Abgasrückführung .....	283
13.3.3 Abgasnachbehandlungssysteme .....	285
Literatur .....	286
<b>14 Konstruktionsmerkmale von Aufladeaggregaten</b> .....	287
14.1 Allgemeines und Verdrängerlader .....	287
14.2 Abgasturbolader für Fahrzeugmotoren .....	288
14.2.1 Grundaufbau und Gehäuse .....	288
14.2.2 Laufzeug .....	293
14.2.3 Lagerung und Schmierung .....	299
14.3 Abgasturbolader für Großmotoren .....	304
14.3.1 Allgemeines und Grundaufbau .....	304
14.3.2 Verdichter .....	305
14.3.3 Radialturbine .....	306
14.3.4 Axialturbine .....	308
14.3.5 Lagerung und Schmierung .....	311
14.3.6 Turbolader-Reinigung .....	316
Literatur .....	318
<b>15 Anwendungsbeispiele von aufgeladenen Motoren</b> .....	319
15.1 Motorrad-Motoren .....	319
15.2 Pkw-Motoren .....	322
15.2.1 Pkw-Ottomotoren .....	322
15.2.2 Pkw-Dieselmotoren .....	332
15.3 Nutzfahrzeugmotoren .....	339
15.4 Schnellaufende Hochleistungsdieselmotoren .....	342
15.5 Mittelschnellaufende Viertakt-Dieselmotoren .....	345
15.6 Langsamlaufende Zweitakt-Dieselmotoren .....	350
15.7 Flugmotoren .....	356
Literatur .....	361
<b>Sachverzeichnis</b> .....	363