

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
	Literatur	4
<b>2</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>Der theoretische Motorprozess bei Aufladung</b>	<b>25</b>
4.1	Allgemeines	25
4.2	Mechanische Aufladung	26
4.3	Abgasturboaufladung	28
<b>5</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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 Verdrängerlader	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</b>	<b>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</b>	<b>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>	<b>161</b>
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>	<b>215</b>
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>	<b>255</b>
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 Schnelllaufende Hochleistungsdieselmotoren .....	342
15.5 Mittelschnelllaufende Viertakt-Dieselmotoren .....	345
15.6 Langsamlaufende Zweitakt-Dieselmotoren .....	350
15.7 Flugmotoren .....	356
Literatur .....	361
<b>Sachverzeichnis</b> .....	363