

K. Zinner

Aufladung von Verbrennungsmotoren

Grundlagen · Berechnungen · Ausführungen

2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 248 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin · Heidelberg · New York 1980

Inhaltsverzeichnis

0. <u>Einleitung</u>	1
1. <u>Begriffsbestimmung und Überblick über die verschiedenen Aufladeverfahren</u>	7
2. <u>Die Anfänge der Aufladung</u>	11
2.1 Ottomotoren	11
2.2 Dieselmotoren	13
2.3 Flugmotoren	18
2.4 Die Anfänge der Abgasturbo-Aufladung	20
3. <u>Grundlagen der Laderauslegung</u>	27
3.1 Die Berechnung der Laderleistung	27
3.2 Zusammenhang zwischen Luftdurchsatz und Motorleistung	30
3.3 Zusammenhang zwischen Ladungsmenge im Zylinder und mittlerem indiziertem Druck	34
3.4 Der Liefergrad aufgeladener Viertaktmotoren	40
3.5 Vereinfachte Berechnung der Spülluftmenge	45
3.6 Die schrittweise Berechnung des Ladungswechsellvorganges	48
4. <u>Laderbauart und Ladercharakteristik</u>	56
4.1 Einleitung	56
4.2 Lader nach der Verdrängerbauart	56
4.3 Lader nach der Strömungsbauart	60
5. <u>Das Druck-Volumenstrom-Kennfeld des Motors</u>	67
5.1 Zweitaktmotor	67
5.2 Viertaktmotor	69
6. <u>Das Zusammenwirken des Laders mit dem Motor</u>	72
6.1 Das abgestimmte Saugsystem	72
6.2 Die mechanische Aufladung	76
6.3 Die Abgasturbo-Aufladung	79

6.3.1	Unterschiede im Betriebsverhalten des Motors mit Abgasturbolader im Vergleich zur mechanischen Aufladung	79
6.3.2	Die Ermittlung des Betriebspunktes des Abgasturboladers	82
6.3.3	Die Berechnung des Turbinenersatzquerschnittes	87
6.3.4	Die rechnerische Erfassung der pulsierenden Beaufschlagung (Stoßaufladung)	94
6.3.5	Diagramm zur Bestimmung des Betriebsverhaltens einstufiger Abgasturbolader	102
6.3.6	Die geschlossene Berechnung des Gleichgewichtszustandes des Systems Motor und Abgasturbolader	104
<u>7.</u>	<u>Einige thermodynamische Fragen im Zusammenhang mit der Aufladung</u>	<u>116</u>
7.1	Expansionsendtemperatur im Zylinder und mittlere Auspufftemperatur	116
7.2	Theoretische Möglichkeit zur vollständigen Gewinnung der Arbeit aus der Expansion vom Expansionsenddruck im Zylinder auf den Gegendruck	119
7.3	Der Aufwand für die Laderleistung	123
7.4	Der Einfluß der Ladeluftkühlung	127
7.4.1	Dieselmotoren	127
7.4.2	Ottomotoren	134
7.5	Die Abgasturbo-Aufladung als Mittel zur Steigerung des Wirkungsgrades	135
<u>8.</u>	<u>Besondere Probleme der Abgasturbo-Aufladung</u>	<u>146</u>
8.1	Der Einfluß der Auspuffleitung	146
8.1.1	Fragen der Leitungszusammenfassung bei verschiedenen Zylinderzahlen und Zündabständen	146
8.1.2	Vor- und Nachteile von Stau- und Stoßverfahren	151
8.1.3	Abwandlungen der Stoßaufladung	155
8.2	Das Beschleunigungsverhalten	159
8.3	Das Drehmomentverhalten von Motoren mit Abgasturbolader	170
8.4	Besondere Maßnahmen zur Verbesserung der Beschleunigung und des Drehmomentverhaltens abgasturbo-aufgeladener Motoren	174
8.5	Das Höhenverhalten	186
✕ 8.6	Einfluß der Aufladung auf die Abgasemission	196
8.6.1	Dieselmotoren	196
8.6.2	Ottomotoren	197
✕ 8.7	Der Einfluß der Aufladung auf die mechanische und thermische Beanspruchung	199

<u>9. Abwandlungen von Aufladeverfahren</u>	208
9.1 Die Nachladung	208
9.2 Die Auspuffabtrennung	211
9.3 Die Turbokühlung	211
9.3.1 Die Turbokühlung von Viertakt-Dieselmotoren	211
9.3.2 Die Turbokühlung von Gasmotoren	217
9.4 Das Supairthermal-Verfahren (Miller-Verfahren)	221
9.4.1 Das Miller-Verfahren bei Viertakt-Dieselmotoren	223
9.4.2 Das Miller-Verfahren bei Gasmotoren	225
9.5 Die zweistufige Aufladung	229
9.6 Die Comprex-Aufladung	231
9.7 Das Hyperbar-Verfahren	239
9.8 Die Differential-Verbundaufladung	242
<u>10. Konstruktionsmerkmale von Abgasturboladern</u>	244
10.1 Läufer	244
10.1.1 Stufenzahl	244
10.1.2 Bauarten der Räder	244
10.1.3 Material und Herstellung der Verdichterräder	249
10.1.4 Material und Herstellung der Turbinenräder	251
10.2 Anordnung der Lager	253
10.3 Lagerbauart und Schmierung	255
10.4 Ausführungsbeispiele	257
10.5 Die Gestaltung des Übergangs zum Ladeluftkühler	263
<u>11. Probleme der Aufladung von Automotoren</u>	264
11.1 Ottomotoren	264
11.1.1 Maßnahmen zur Beherrschung des Klopfens	266
11.1.2 Probleme der thermischen Beanspruchung	271
11.1.3 Regelungsprobleme	272
11.2 Dieselmotoren	279
11.3 Die Vorteile der Aufladung bei Automotoren	280
11.4 Ausführungsbeispiele	285
11.4.1 Ottomotoren	285
11.4.2 Dieselmotoren	293

<u>12. Ausführungsbeispiele aufgeladener Dieselmotoren</u>	299
12.1 Lastwagen-Dieselmotoren	299
12.2 Dieselmotoren für Schienenfahrzeuge und Schiffsantrieb	311
12.3 Mittelschnellaufende Dieselmotoren für Schiffsantrieb und stationäre Krafterzeugung	316
12.4 Zweitakt-Großdieselmotoren	322
12.4.1 Besondere Probleme bei der Aufladung von Zweitaktmotoren	322
12.4.2 Typische Ausführungsbeispiele	324
12.5 Verbundverfahren, Treibgasverfahren	332
Literaturverzeichnis	338
Formelzeichen	352
Namensverzeichnis	354
Stichwortverzeichnis	356
Anhang	359