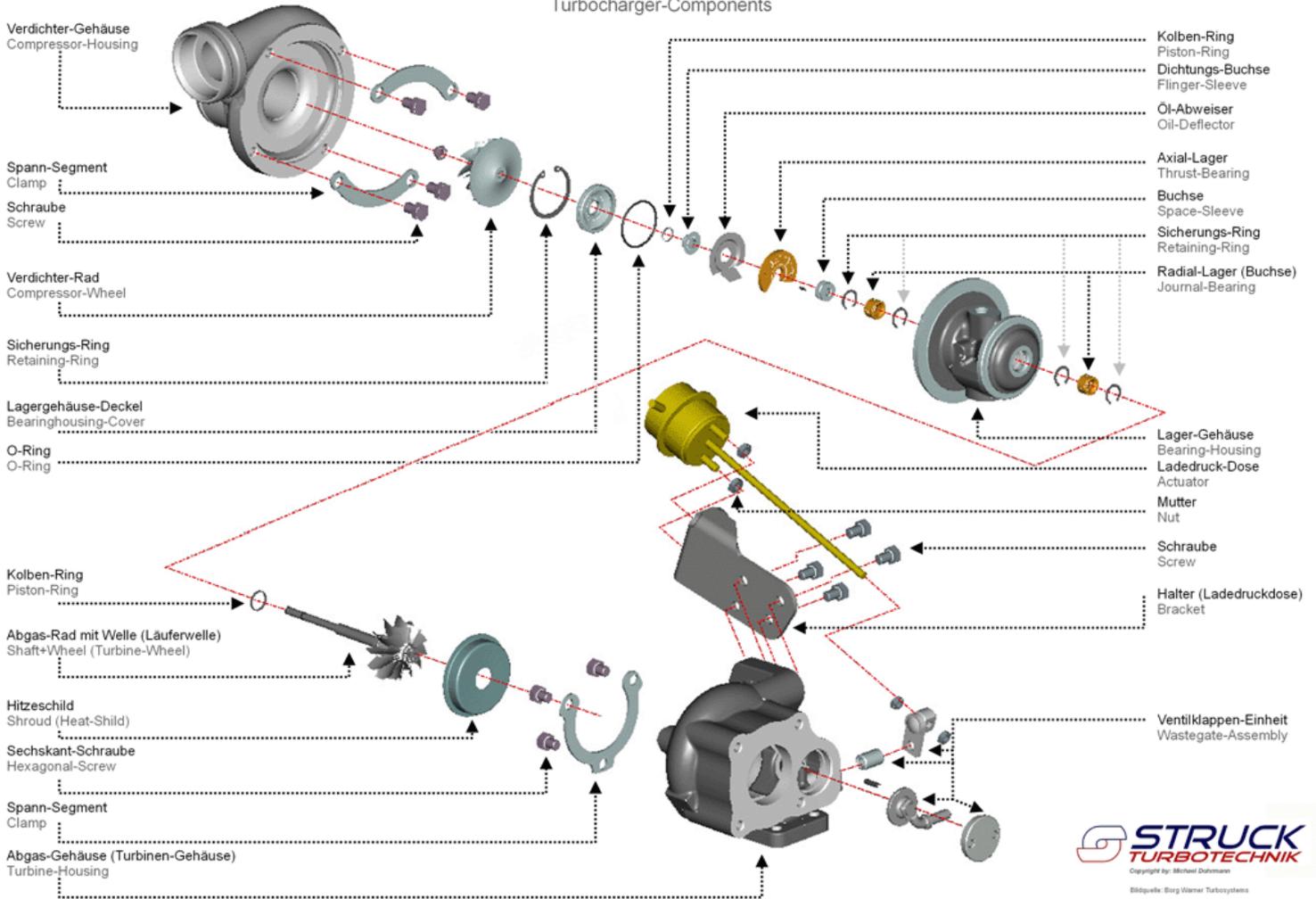


Aufladung

Abgas-Turbolader Bauteile
Turbocharger-Components



Inhalt

Aufladung	1
Inhalt.	2
Leistungsziele	2
Unterlagen.	2
Vorgehen	3
Zeit.	3
Übersicht.	3
Leistungssteigerung durch Mehrventiltechnik und Aufladung.	4
Arten.	6
Abgasturbolader «ATL» (KKK = Kühnle, Kopp + Kausch, Garrett...)	7
Ladedruckregelung	8
Ladedruckregelung abgasseitig (Wastegate)	9
Ladedruckregelung mit Wastegate und Umluft-Ventil	10
Ladedruckregelung mit Variabler-Turbinen-Geometrie (VTG)	12
Ladeluftkühlung (Intercooler)	13
Spezialitäten.	15
Kompressor (Roots-Kompressor, Eaton-Lader).	16
Registeraufladung.	17
Schwingsaugrohraufladung	18
Mathematische Begründung der variablen Schaltsaugrohre	19
Schwingrohr mit Resonanzaufladung	19
Schaltsaugrohr mit drei Längen (Registersaugrohr).	20
«Stufenloses» Schaltsaugrohr.	21
Lernkontrolle	22

Leistungsziele

- den Aufbau der Abgasturbo-Aufladung und des Schraubenkompressors beschreiben und deren Eigenschaften nennen
- den Einsatz der Aufladung begründen
- die Wirkungsweise einer Abgasturbo-Aufladung mit Ladeluftkühlung und Ladedruckbegrenzung mit Hilfe eines Schemas
- den Aufbau und Funktion variabler Saugrohrsysteme im Prinzip erklären
- Wirkungsweise des Turbocompoundsystems mit Hilfe eines Schemas erklären (N)

Unterlagen

- <http://www.tgabathuler.ch/Aufladung/Aufladung.html>
- Europa Fachbuch ab Kap. 11.7.2
- SVBA «Motor-Seiten» 323 bis 337

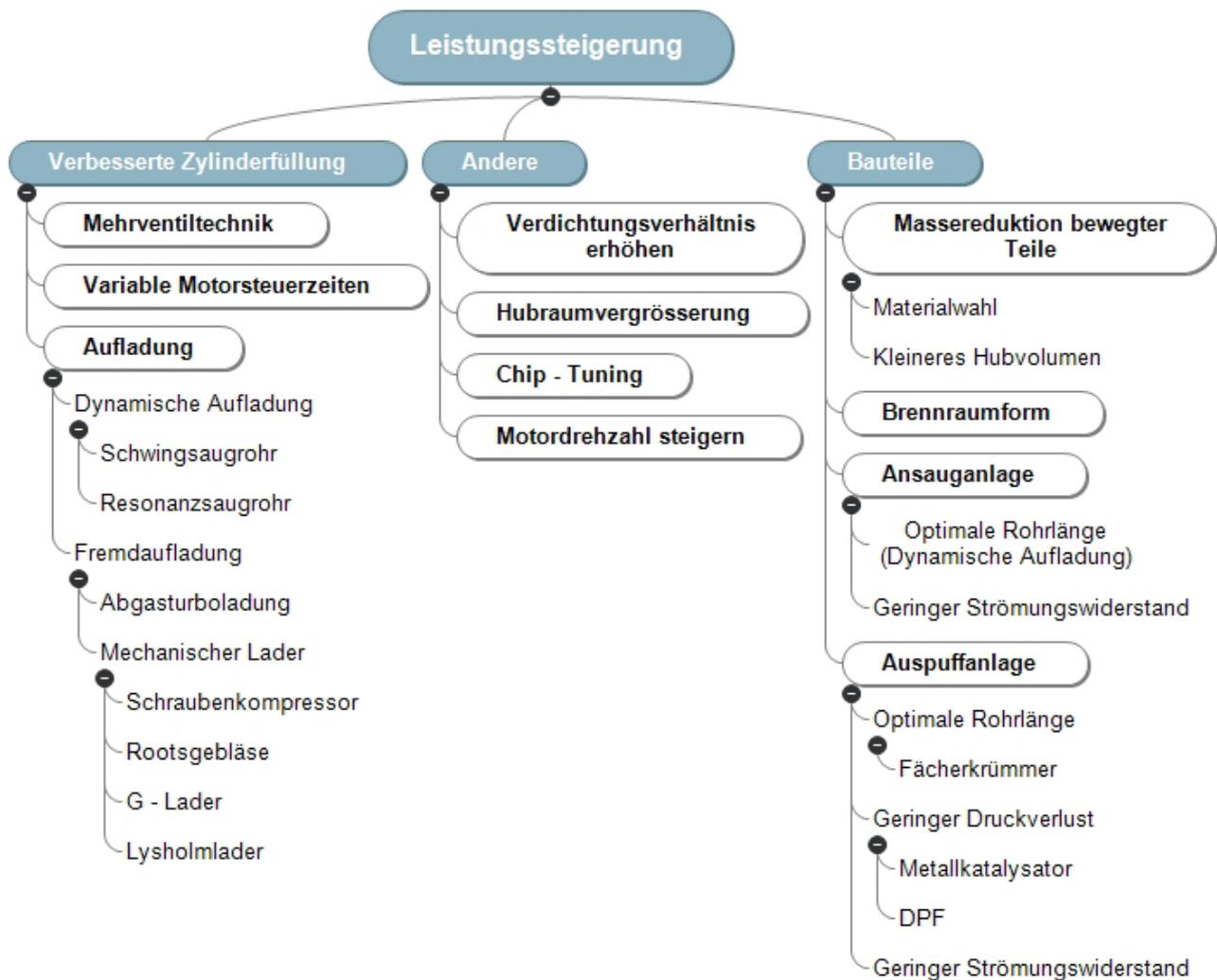
Vorgehen

1. Sichten Sie das Material auf der Seite
<http://www.tgabathuler.ch/Aufladung/Aufladung.html>
2. Downloaden Sie die folgende CBT-Programme und studieren Sie diese:
 - ATL & Schaltsaugrohr
 - Zweistufige Aufladung
3. Lesen Sie das Kapitel 11.7.2 im Fachbuch
4. Bearbeiten Sie die Seiten 3 bis 17 und 22 bis 24 selbstständig
 - Das nötige Wissen dazu, können Sie mit der obengenannten HP-Seite und mit Ihren AF-Unterlagen erlangen
5. Die Seiten 18 bis 21 werden im Klassenverband gelöst

Zeit

- 15 Lektionen plus Hausaufgaben

Übersicht



Leistungssteigerung durch Mehrventiltechnik und Aufladung

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf folgenden Film:

http://www.tgabathuler.ch/Aufladung/Film_Leistungssteigerung.html

1. Im Video werden Ausschnitte aus verschiedenen Automobilsportveranstaltungen gezeigt. Um welche Motortypen handelt es sich bei den hier verwendeten Rennwagen?

2. Die Mehrventiltechnik wird von fast allen Fahrzeugherstellern serienmässig angeboten. Was bewirken mehr als zwei Ventile pro Zylinder?

3. Mit der im Video gezeigten Fünfventiltechnik werden Leistungen bis zu ____ kW pro Liter Hubraum erreicht.

4. Wann und bei welcher Art von «Fahrzeug» kam die Vierventiltechnik schon früher zum Einsatz?

5. Was wird durch die Aufladung eines Verbrennungsmotors erreicht?

6. Was ist der Unterschied zwischen einem Saugermotor und einem Ladermotor?

Sauger: _____

Lader: _____

7. Der Schweizer Alfred Büchi, der als Vater der Abgasaufladung gilt, entwickelte bereits 1905 den ersten Abgaslader. In welchem «Fahrzeug» wurde erstmals ein Verbrennungsmotor mit Abgaslader eingesetzt?

8. In Amerika wurden ab 1962 Abgasturbolader in Motorfahrzeuge eingebaut. Ab wann gibt es europäische Serienfahrzeuge mit Abgasaufladung?

9. Welche Aufgabe hat das Ladedruckregelventil?

10. Wann und wo wurde der Druckwellenlader, auch Comprex genannt, patentiert?

11. Welchen wesentlichen Vorteil hat der Comprex gegenüber dem Turbolader?

12. Wodurch unterscheiden sich Abgaslader und mechanische Lader?

Abgaslader: _____

mechanische Lader: _____

13. Rootslander wurden bereits früher verwendet. Aber auch heute wird diese Art von Ladertyp noch gebaut. Nach welchem Prinzip arbeitet der Rootslander?

14. Wie lautet die exakte Bezeichnung des G Laders?

15. Wie heisst der Erfinder des Ro-Laders und was verbirgt sich hinter der Abkürzung «Ro»?

16. Durch den Einsatz eines Ladeluftkühlers wird die angesaugte Luft gekühlt. Welche Folgen hat diese Massnahme für den Motor?

Arten

Fremdaufladung:

- Abgasturbolader (LW, div. PW)

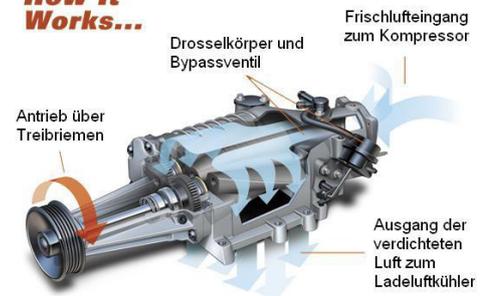
- Mechanische Lader

- Drehkolbengebläse:

wie Rootsgebläse oder Eatonlader

(MB, Jaguar, Dragster)

How It Works...



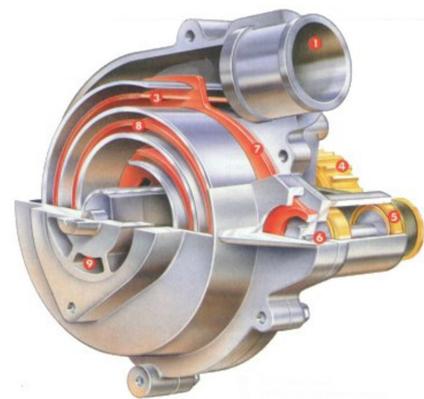
EATON | Automotive

(c) chewie

- Schraubenlader: Lysholm-Lader (Mazda)

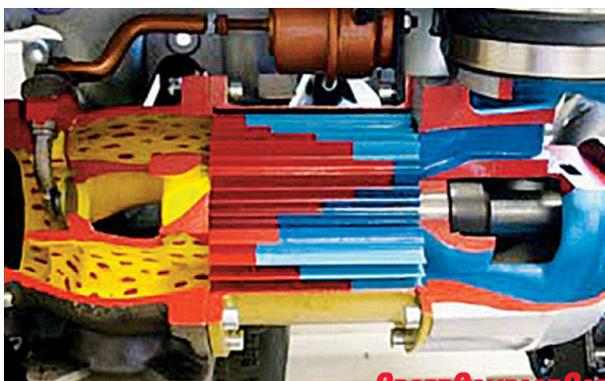


- Spirallader: G-Lader (VW)



- Druckwellenlader

Comprex (ABB-Entwicklung, Opel, Mazda 626)



Dynamische Aufladung:

- Schaltsaugrohre (Bilder dazu ab Seite 20)

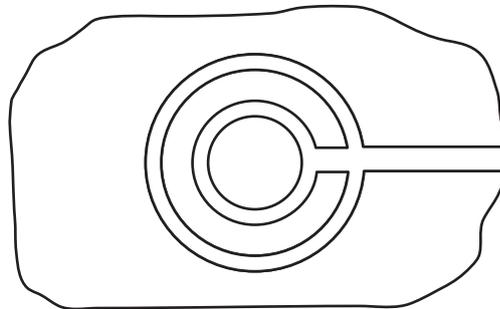
Abgasturbolader «ATL» (KKK = Kühnle, Kopp + Kausch, Garrett...)

Gründe, die für den Abgasturbolader sprechen:

- Bessere Zylinderfüllung
- Höheres Motordrehmoment und einen besseren Drehmomentverlauf
- Höhere Leistung
- Geringerer spez. Verbrauch [g/kWh], effektiver Verbrauch steigt mit der abverlangten Arbeit [P/t]
- 30 % der zugeführten Energie ist im Abgas enthalten (t bis 1'000 Grad Celsius, $v > 330$ m/s)
- Motor hat besseres Leistungsgewicht (kW/kg)
- Leistungsverlust nur 1 - 2 % pro 1000 m Höhenunterschied (Sauger ~ 10 %)

Lagerung:

Beschriften Sie die Einzelteile/Partien und färben Sie diese ein



Lagerarten:

- Schwimmende Lagerung in Gleitlager aus Bleibronze (Schwimmbuchsenlager) (Drehzahlen zwischen 50'000 - 400'000 $1/\text{min}$)
- Schrägkugellager mit Keramikugeln (verbessern den mechanischen Wirkungsgrad gegenüber der konventionellen Gleitlagerung beträchtlich).

Kühlung durch ...

- Ansaugluft
- Schmieröl (eher bei Dieselmotoren, älteren Ottomotoren)
- Kühlmittel und Schmieröl (eher bei Ottomotoren)

Aufbau und Material:

- Turbinen-Gehäuse → Sphäroguss
- Turbinen-Rad → Hochwarmfeste Zinklegierung
neu: - Keramische Werkstoffe
- Titanaluminid (TiAl)
(50 % geringere Massenträgheitsmomente)
- Verdichter-Gehäuse → Al-Druckguss
- Verdichter-Rad → Al-Legierung Feinguss
- Welle → Vergütungsstahl

Ladedruckregelung

Wenn der Abgasturbolader so ausgelegt wird, dass der maximale Druck bei Höchstdrehzahl nicht überschritten wird, hat der Motor in den unteren Drehzahlen ein «Turbo-loch». Solche ungeregelten Systeme werden bei Pw-Motoren nicht mehr eingesetzt.

Wird der ATL so ausgelegt, dass er im tiefen Drehzahlbereich schon genügend Ladedruck entwickelt (leichtes Laufzeug, kleiner Turbinendurchmesser, etc.), muss der Ladedruck im oberen Bereich begrenzt werden.

1. Nennen Sie zwei Möglichkeiten um den Ladedruck zu begrenzen

- _____
- _____

2. Vervollständigen Sie die Legende.

1 _____ 10 _____

2 _____

3 _____ 11 _____

4 _____

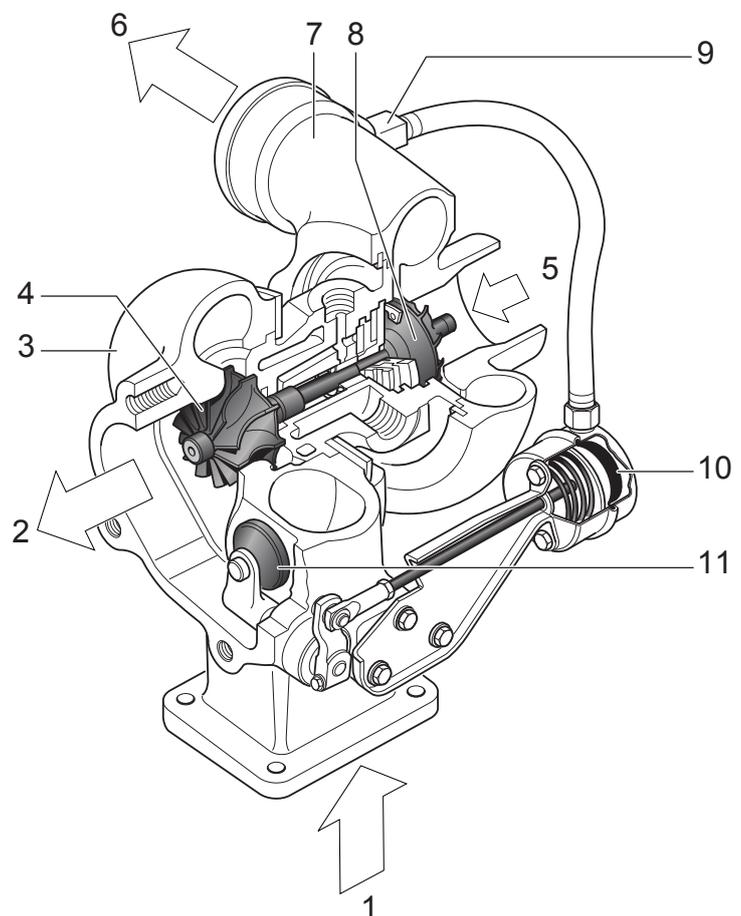
5 _____

6 _____

7 _____

8 _____

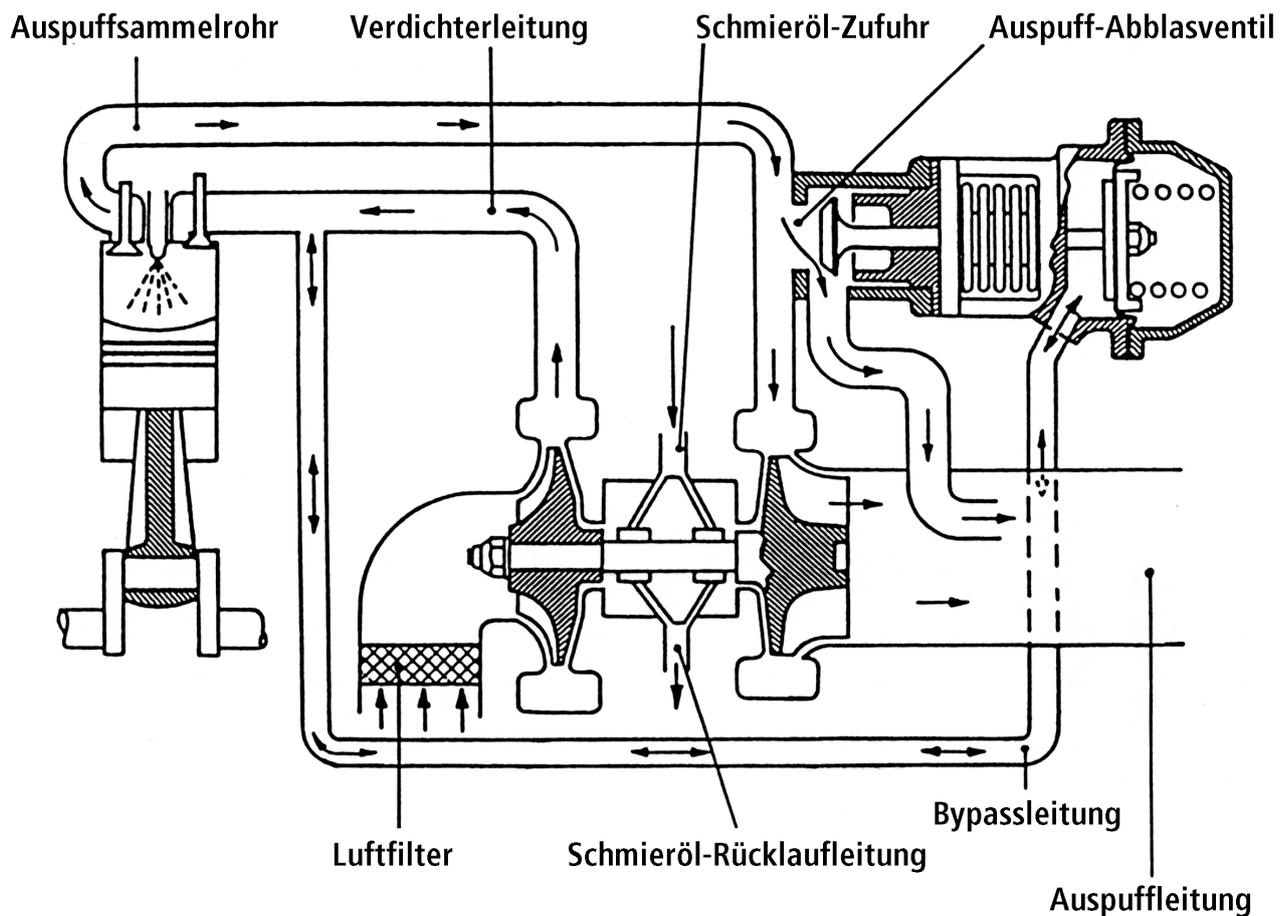
9 _____



3. Färben Sie die Abgasseite rot ein.

4. Färben Sie die Ansaug- und Verdichterseite blau ein.

Ladedruckregelung abgasseitig (Wastegate)

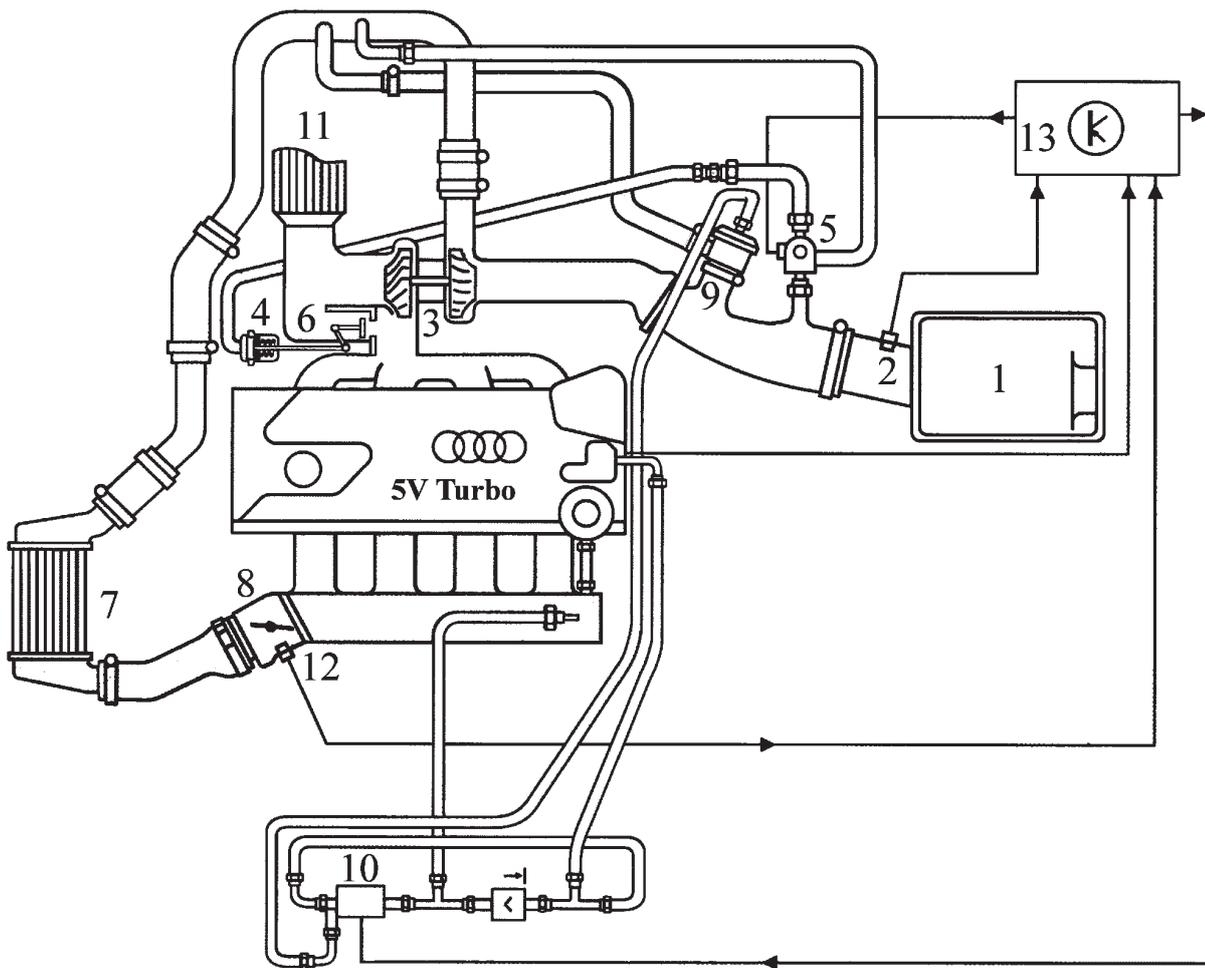


1. Malen Sie den Abgasstrom rot aus.
2. Färben Sie die Frischluft blau ein.
3. Malen Sie den Bereich des Motorenöls gelb aus.
4. In welchem Bereich arbeitet das Ladedruckregelventil?

5. Wie kann das WasteGate noch angesteuert werden?

6. Nach welchen Informationen regelt das Steuergerät den ATL?

Ladedruckregelung mit Wastegate und Umluft-Ventil



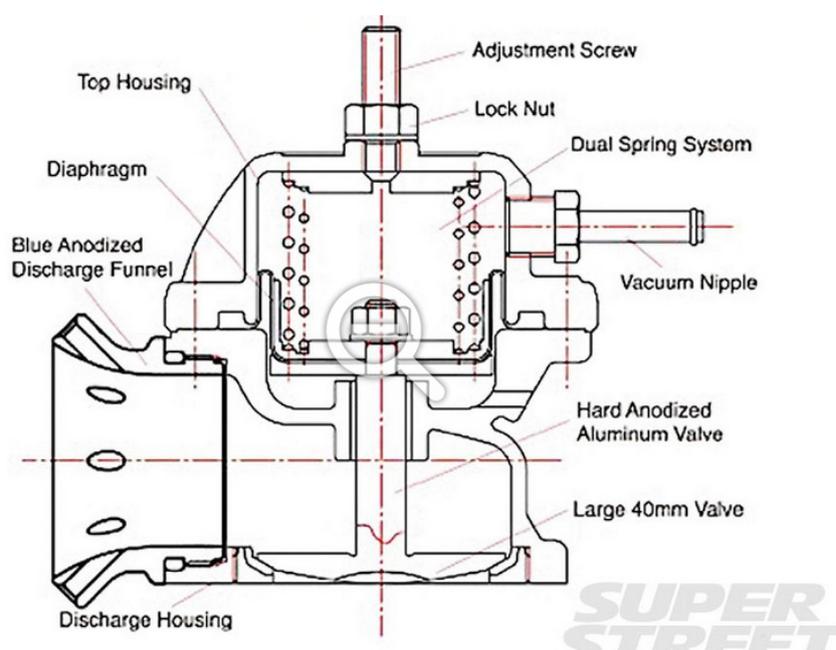
1. Füllen Sie die Legende mit Hilfe des Posters «Abgasturbolader» aus.

- | | | | |
|---|-------|----|-------|
| 1 | _____ | 8 | _____ |
| 2 | _____ | 9 | _____ |
| 3 | _____ | | _____ |
| 4 | _____ | | _____ |
| | _____ | 10 | _____ |
| 5 | _____ | 11 | _____ |
| 6 | _____ | 12 | _____ |
| 7 | _____ | 13 | _____ |

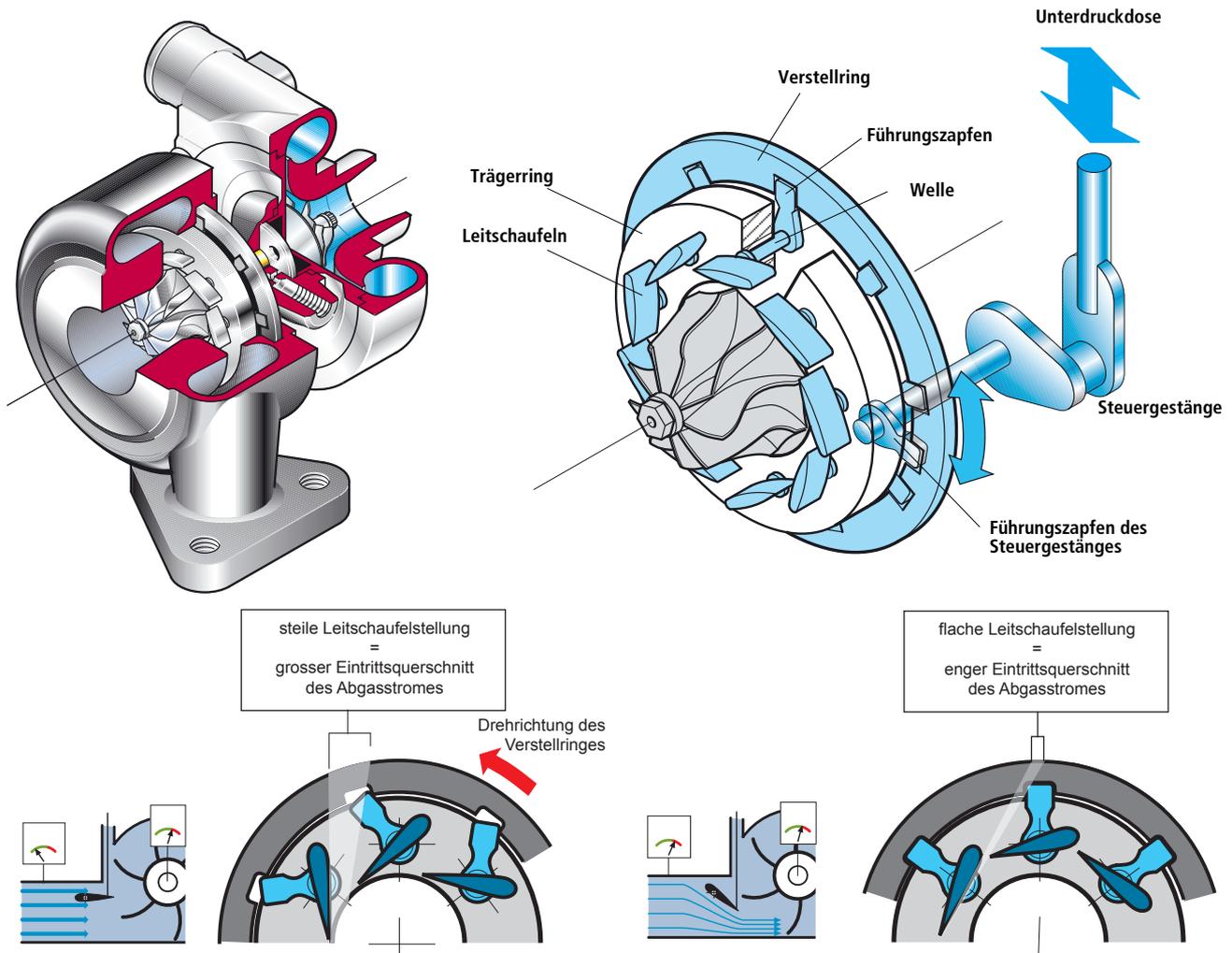
2. Malen Sie die Gaswege farblich aus. Ansaugluft = hellblau, warme Ladeluft = violet, gekühlte Ladeluft = dunkelblau, Abgase = rot.

3. Welche Aufgabe hat das Umluftventil (Pop-Off-Ventil)?

Welches ist die erwünschte Folge von der oben genannten Aufgabe?



Ladedruckregelung mit Variabler-Turbinen-Geometrie (VTG)



1. Welche Stellung der Leitschaufeln entspricht der Stellung für eine tiefe Motor-Drehzahl?

2. Wie wird kurzfristig ein «Overboost» erreicht?

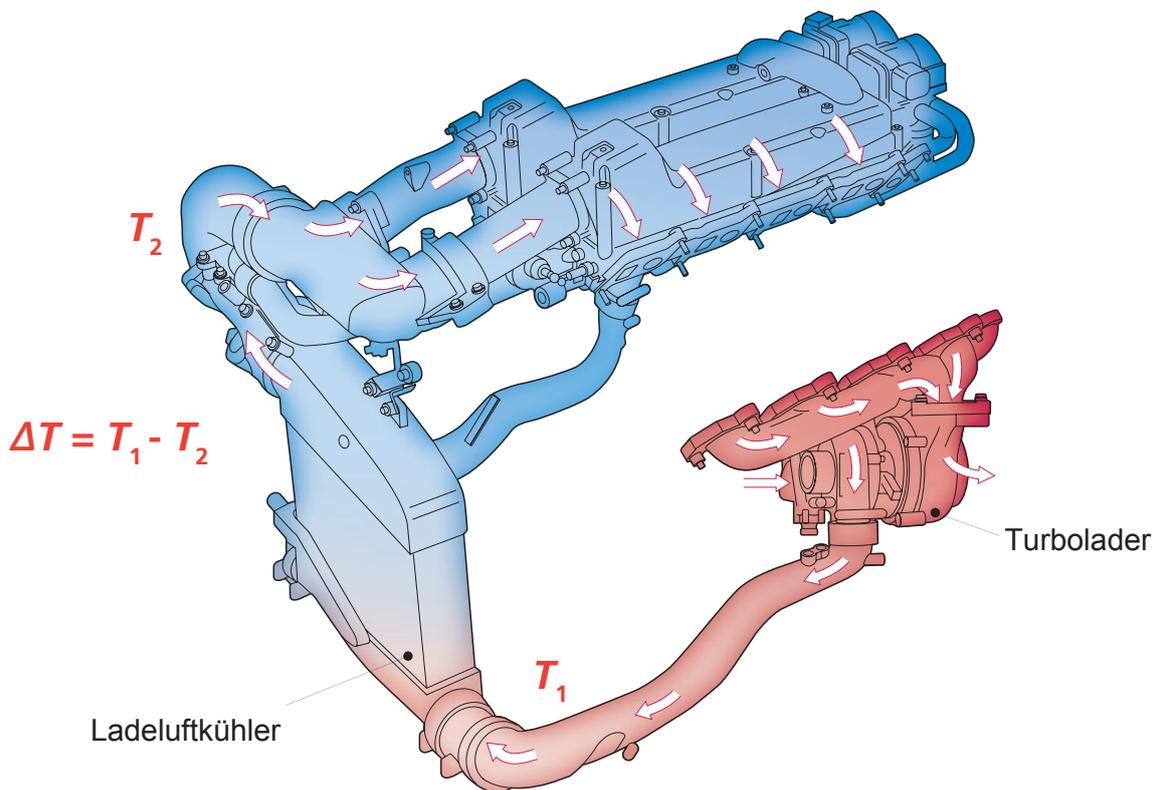
3. Wie wird die Unterdruckdose der Leitschaufelverstellung angesteuert?

4. Welche 4 Grössen werden vom Steuergerät verwendet um den Ladedruck zu regeln?

Ladeluftkühlung (Intercooler)

Welche Aufgaben hat der Ladeluftkühler (LLK)?

Schreiben Sie vier Folgen (Vorteile der oben genannten Aufgabe) auf.



Beispiel: Mehr Drehmoment und Leistung durch Ladeluftkühler in Audi-Motoren

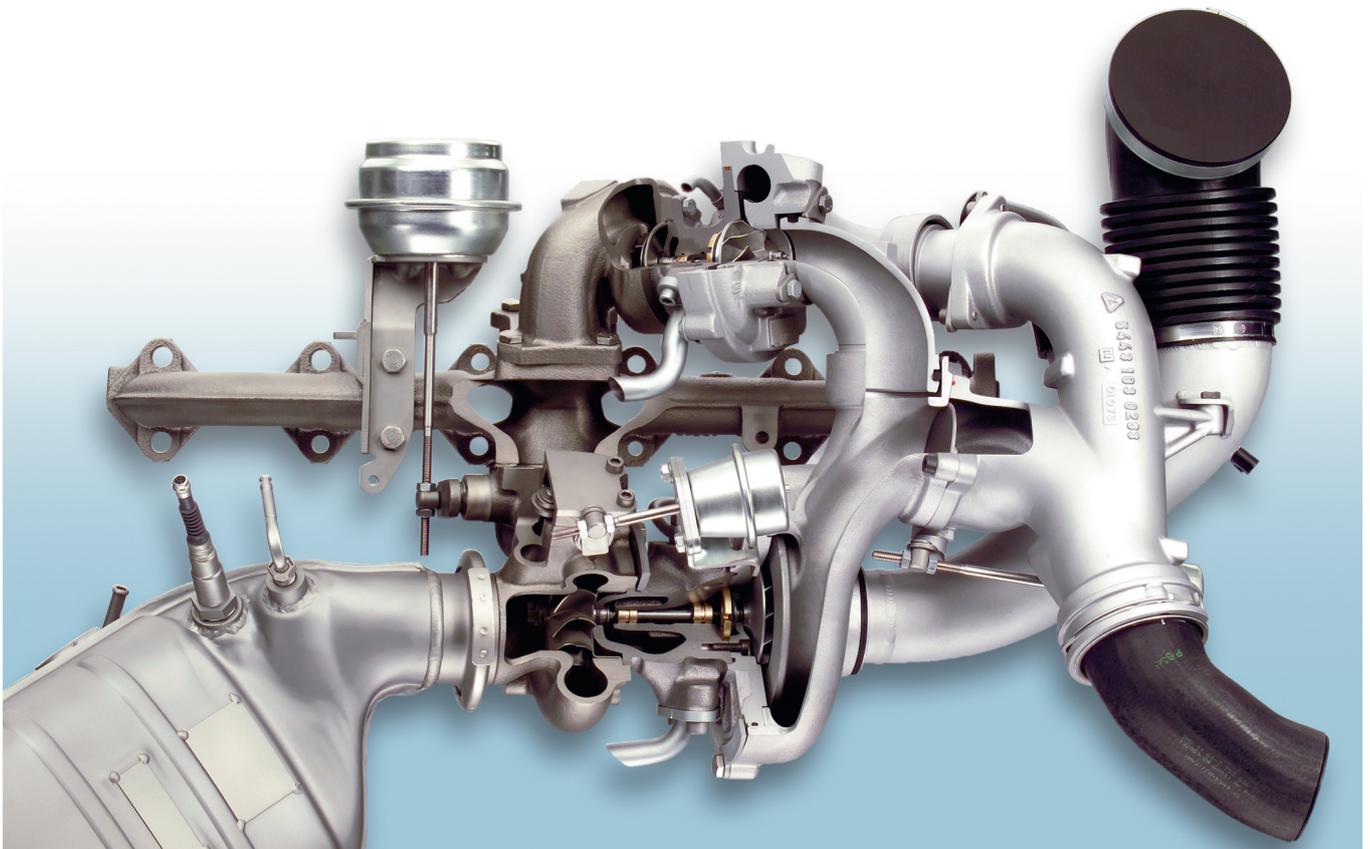
Motortyp	1,6 l Vierzylinder Turbodieselmotor	2,0 l Fünfzylinder Turbodieselmotor
Leistung ohne LLK	51,5 kW	64 kW
Leistung mit LLK	59 kW	74 kW
Drehmoment ohne LLK	133 Nm	170 Nm
Drehmoment mit LLK	155 Nm	192 Nm

Spezialitäten

1. Biturbo, Doppelaufladung

2. Registeraufladung, Twin-Turbo,

3. Twincharger



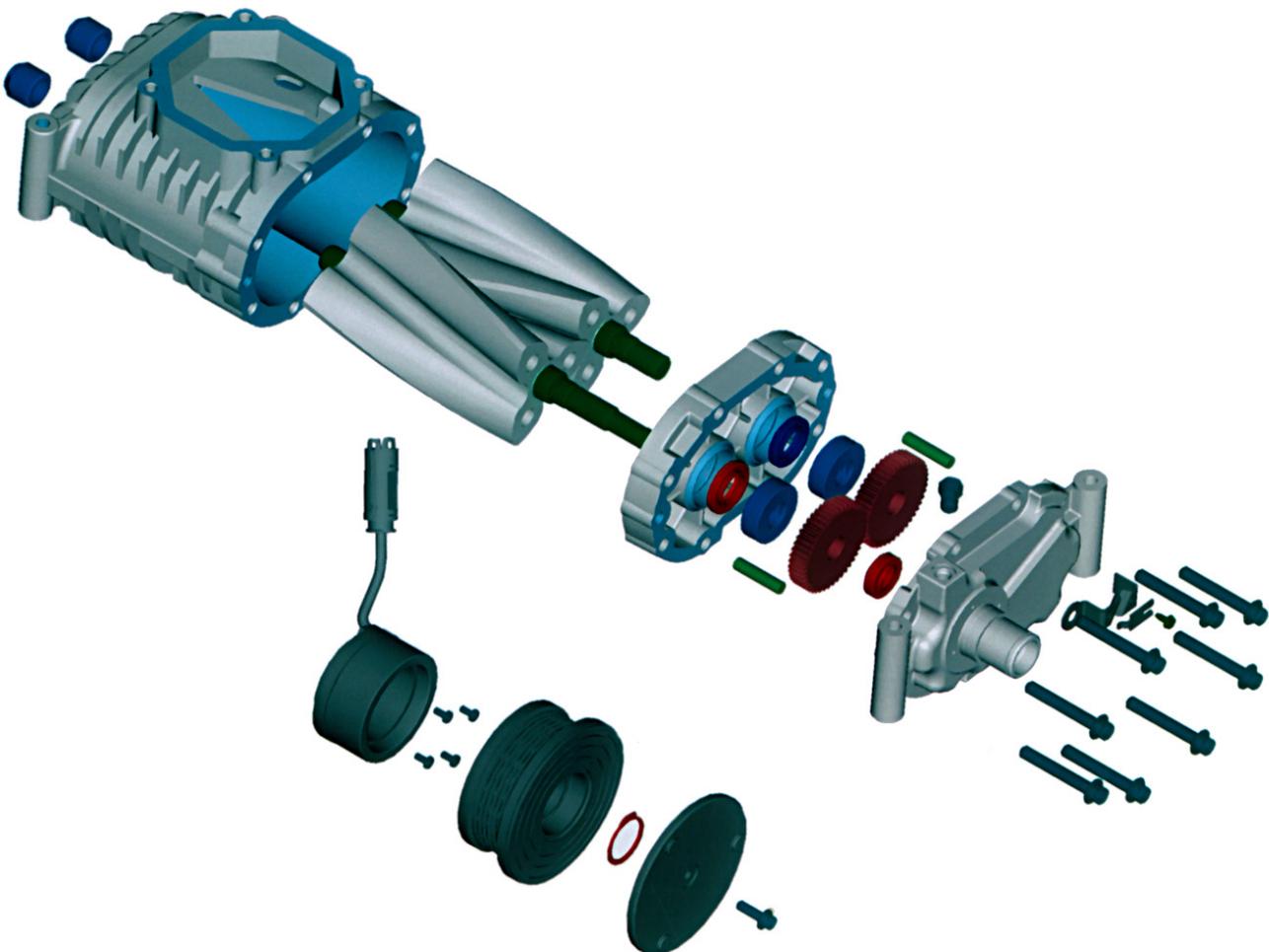
Kompressor (Roots-Kompressor, Eaton-Lader)

1. Welche Vorteile bieten Kompressoren gegenüber ATL?

2. Welchen Nachteil hat der Kompressor gegenüber dem ATL?

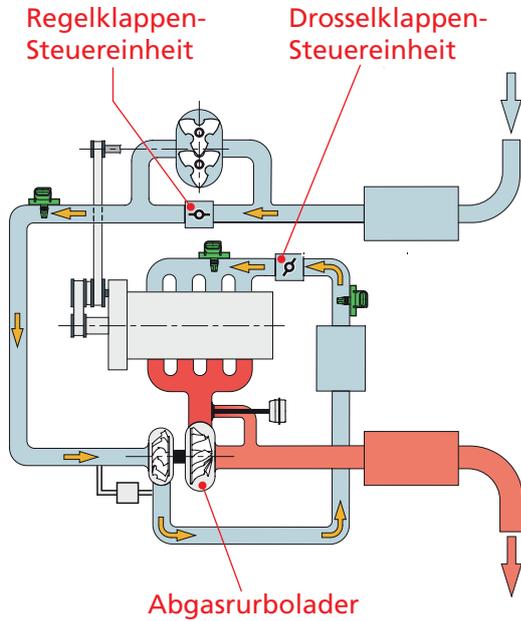
3. Was ist das Spezielle an dieser «Zahnradpumpe»?

4. Kennen Sie Fahrzeuge, die mit Kompressor ausgerüstet sind?

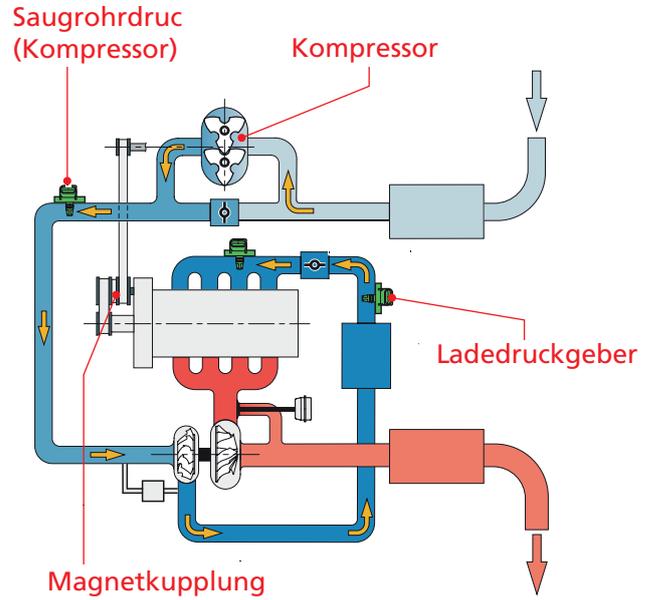


Registerraufladung

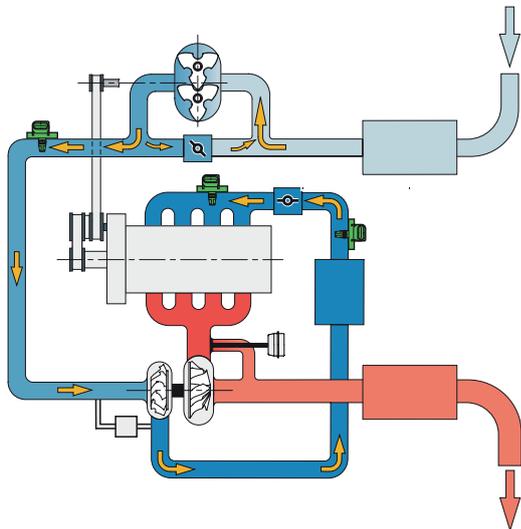
Saugbetrieb bei niedriger Last



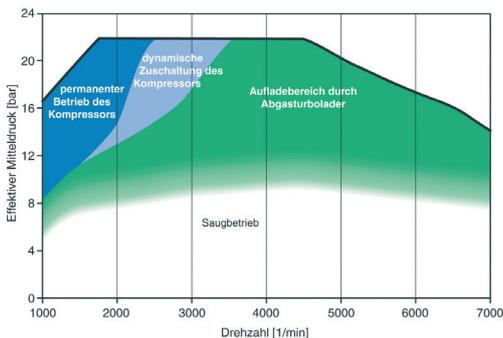
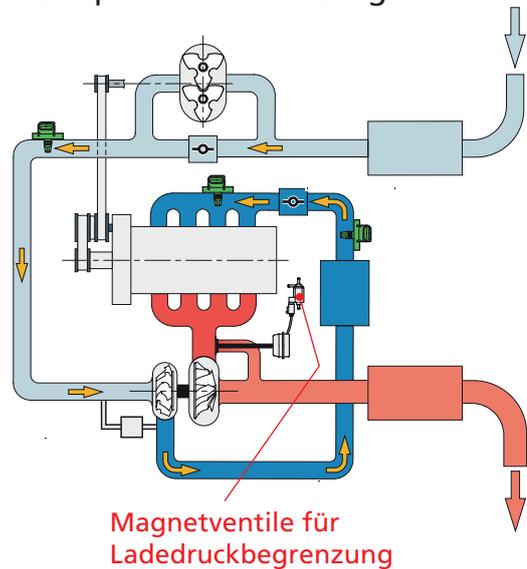
Kompressor und Abgas-Turboladerbetrieb bei hoher Last und Motordrehzahlen bis 2400 1/min



Kompressor und Abgas-Turboladerbetrieb bei hoher Last und Motordrehzahlen zwischen 2400 1/min und 3500 1/min



Ab einer Drehzahl von ca. 3500 1/min kann der Abgas-Turbolader den erforderlichen Ladedruck in jedem Lastpunkt allein erzeugen.



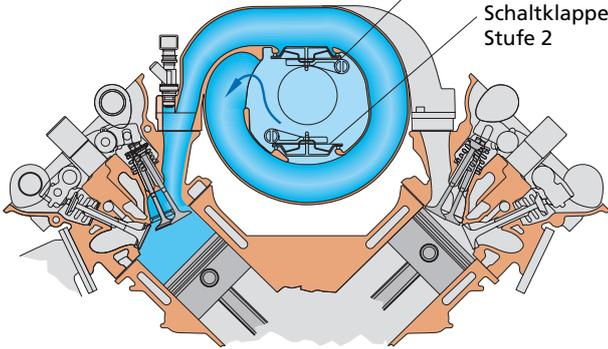
- 1,4 Liter, 125 kW, 240 Nm
- 7,2 Liter/ 100 km
- Roots-Kompressor bis $n_M = 3500$ 1/min mit $i = 0,2 : 1$
- Turbolader für hohe Drehzahlen ausgelegt, $p_{abs} = 2,5$ bar

Schaltsaugrohr mit drei Längen (Registersaugrohr)

Stufe 1
unterer Drehzahlbereich

Schaltklappe
Stufe 3

Schaltklappe
Stufe 2

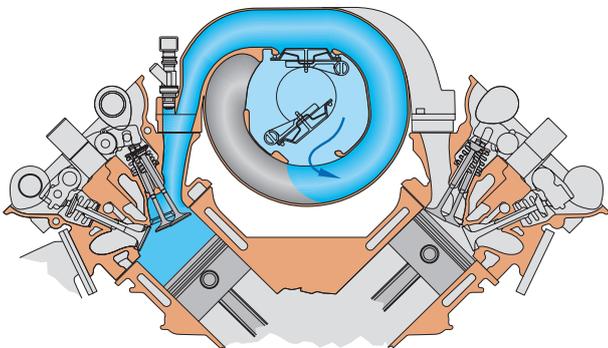


Bei Motorstillstand sind beide Klappen offen.

Im Leerlauf sind beide Klappen geschlossen.

Die Magnetventile für die Unterdruckdosen sind geschaltet. Die Schaltklappen sind geschlossen.

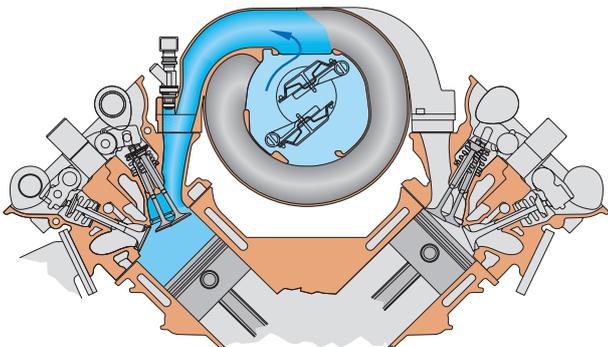
Stufe 2
mittlerer Drehzahlbereich



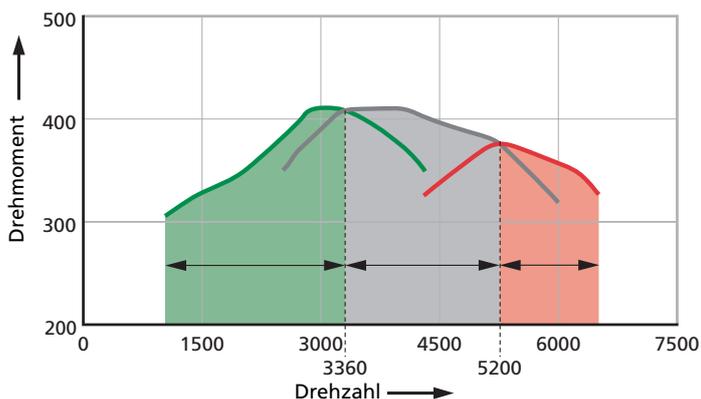
Im mittleren Drehzahlbereich wird durch das Magnetventil für Registersaugrohrumschaltung in die Unterdruckdose Schaltklappe Stufe 2 atmosphärischer Druck geleitet.

Die Schaltklappe Stufe 2 wird geöffnet und der Ansaugweg verkürzt sich.

Stufe 3
oberer Drehzahlbereich



Im oberen Drehzahlbereich wird zusätzlich die Schaltklappe Stufe 3 geöffnet. Die Ansaugluft gelangt auf dem kürzesten Weg in den Verbrennungsraum.



Deutlich sind im Diagramm die unterschiedlichen maximalen Drehmomentskurven der verschiedenen Saugrohlängen zu erkennen.

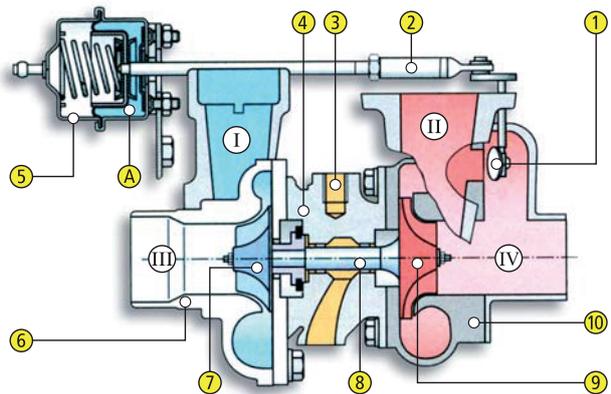
Lernkontrolle

1. Entscheiden Sie bei folgenden Behauptungen mit richtig «R» oder falsch «F»!

- Das «Turboloch» entsteht beim Öffnen des Wastegate-Ventils. (_____)
- Durch ein «Overboostventil» kann das Turboloch unterdrückt werden. (_____)
- Beim «Overboost» wird beim Beschleunigen das Wastegate-Ventils (Bypassventil) geschlossen gehalten. (_____)
- Unter dem «Turboloch» versteht man das verzögerte Ansprechen des Laders beim Gasgeben und einem damit verbundenen kurzzeitigen Leistungsverlust. (_____)

2. a) Ordnen Sie die Nummern der Legende zu!

- Druckdose Nr. _____
- Turbinenrad Nr. _____
- Bypassklappe Nr. _____
- Lagergehäuse Nr. _____
- Verdichterring Nr. _____



b) Entscheiden Sie bei folgenden Behauptungen mit richtig «R» oder falsch «F»!

- In Raum A von Pos. Nr. 5 wirkt der Atmosphärendruck. (_____)
- Die Bypassklappe ist im Motorleerlauf geschlossen. (_____)
- Das Ladedruckregelventil wird häufig auch als Pop-off-Ventil bezeichnet. (_____)
- Durch das Öffnen der Bypassklappe wird der maximale Druck für die Zylinderfüllung beschränkt. (_____)

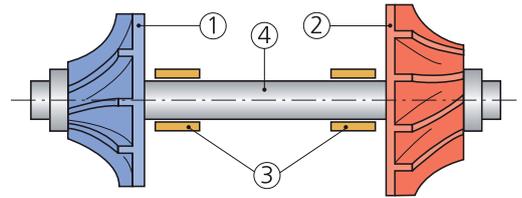
c) Welche Aussage zur Frischgas- und Abgasführung im Turbolader ist richtig?

- I Einströmen der verdichteten Luft, II Ausströmen der Abgase.
- II Ausströmen der verdichteten Luft, III Einströmen der Abgase.
- III Ausströmen der Abgase, I Einströmen der atmosphärischen Luft.
- IV Ausströmen der Abgase, I Ausströmen der verdichteten Luft.

3. Entscheiden Sie bei folgenden Behauptungen mit richtig «R» oder falsch «F»!

- Der Füllungsgrad eines Motors kann durch Schaltsaugrohreverbessert werden. (_____)
- Beim Abgasturbolader wird die Strömungsenergie der Abgase zur besseren Füllung der Zylinder mit Frischgasen ausgenutzt. (_____)
- Bei tiefen Drehzahlen bewirkt ein Abgasturbolader die beste Ladewirkung. (_____)
- Unter einer dynamischen Aufladung versteht man die Füllungsoptimierung durch Ladedruckregelung. (_____)

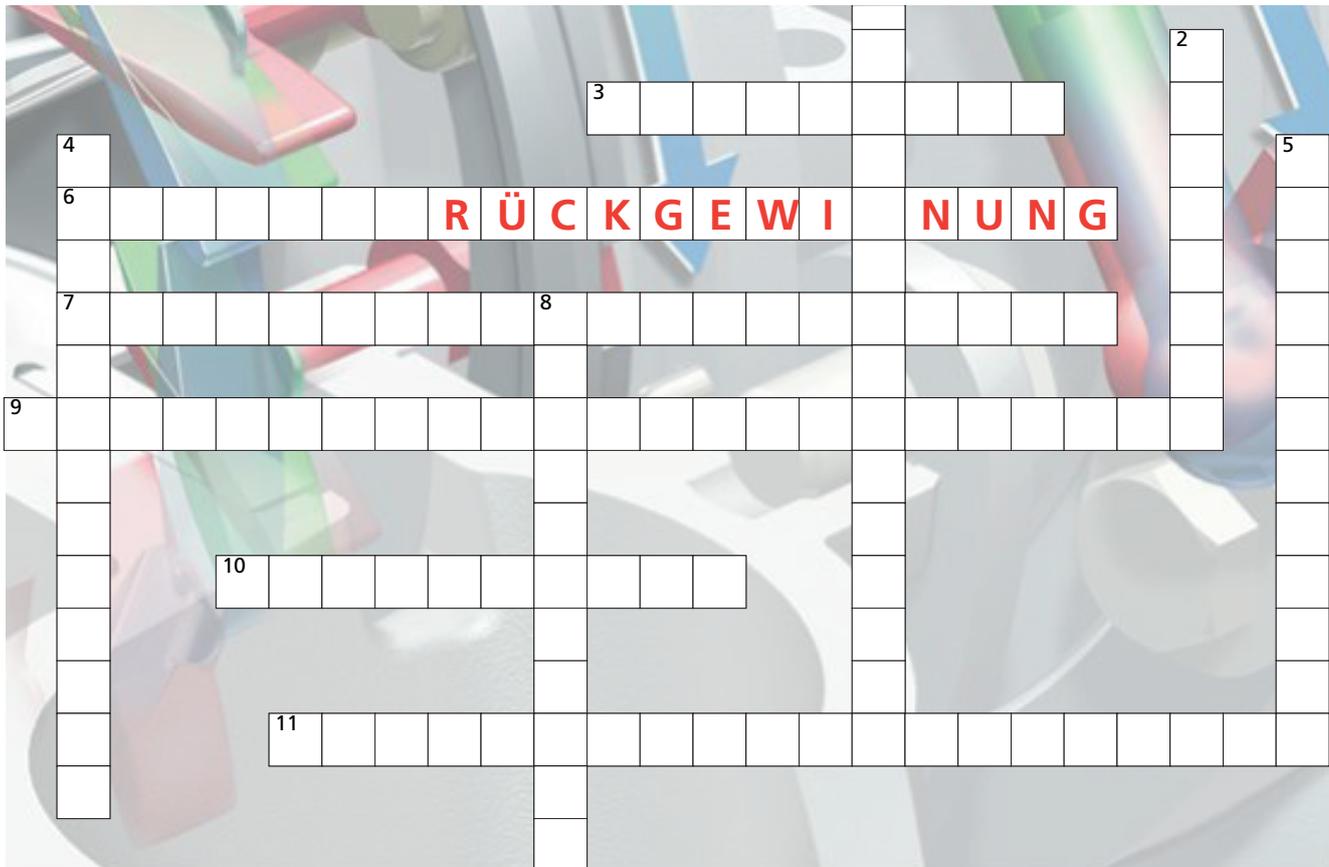
4. Entscheiden Sie bei folgenden Behauptungen mit richtig «R» oder falsch «F»!
- Diese Baugruppe wird mit dem Fachausdruck als Laufzeug bezeichnet. (___)
 - Die Welle (4) wird mit drehzahlfesten Wälzlager (3) gelagert. (___)
 - Das Verdichterrad (1) wird aus Grauguss gefertigt. (___)
 - Die Welle (4) kann Höchstdrehzahlen von 20'000 bis 40'000 1/min erreichen. (___)
 - Welle und Lagerung werden mit Drucköl geschmiert. (___)



5. Entscheiden Sie bei folgenden Behauptungen über Ladeluftkühler mit richtig «R» oder falsch «F»!
- Sie ...
- werden auch als Intercooler bezeichnet. (___)
 - werden häufig als Luft/Luftkühler ausgeführt. (___)
 - verringern die Dichte der angesaugten Luft und steigern damit den Liefergrad. (___)
 - kühlen die angesaugte Luft vor dem Eintritt in den Abgasturbolader ab. (___)
 - ermöglichen höhere Ladedrücke. (___)
 - können die verdichtete Luft um 100 bis 200°C herunterkühlen. (___)
6. Entscheiden Sie bei folgenden Behauptungen mit richtig «R» oder falsch «F»!
- Aufgeladene Motoren mit hohem Verdichtungsverhältnis haben einen verhältnismässig kleinen Ladedruck. (___)
 - Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie (VTG) drosseln den Abgasstrom bei niedrigen Motordrehzahlen über das Wastegate-Ventil. (___)
 - Durch die Verstellung der Leitschaufeln, enger Öffnungsquerschnitt, wird bei einem VTG-Lader im unteren Drehzahlbereich eine höhere Abgasgeschwindigkeit erreicht und erreicht somit nach relativ kurzer Zeit den gewünschten Ladedruck. (___)
 - Bei einem Motor mit VTG-Lader werden im Notlaufbetrieb die Leitschaufeln auf den kleinsten Einlassquerschnitt gestellt, damit der Ladedruck und damit die Motorleistung absinken. (___)

7. Lösen Sie die SVBA «Motor-Seiten» 823 bis 837.

8. Lösen Sie das Kreuzworträtsel



Waagrecht

3. Das verzögerte Einsetzen des Abgasturboladers beim Beschleunigen.
6. Beim Abgasturbolader werden die Abgase ans Turbinenrad geführt. Man erreicht damit eine ...
7. Nicht nur eine Leistungssteigerung, sondern auch eine ... wird durch den Einsatz eines Aufladesystems erreicht.
9. Dieses Aufladungssystem arbeitet mit der Veränderung der Saugrohrlänge.
10. Bei Motoren mit Abgasturbolader wird so noch mehr Leistung und Drehmoment «herausgeholt».
11. Auch bekannt als Bypassventil oder Wastegateventil.

Senkrecht

1. Eines der Ziele der Aufladung eines Motors ist die Verbesserung der
2. Wie nennt man die beweglichen Teile eines Abgasturboladers?
4. Hier wird beim Abgasturbolader die Ansaugluft komprimiert.
5. Der Fachbegriff für Pop-Off-Ventil, Abblasventil, Schubregelventil.
8. Das drehende Bauteil eines Abgasturboladers, das im Extremfall rot glühend werden kann.