

auto&wissen

DIE FACHZEITSCHRIFT FÜR AUS- UND WEITERBILDUNG

→ AKTUELL

Diffuses in Sachen Diffusor



→ Seite 19: Wettbewerb mit tollen Preisen!

→ **TECHNIK**

Was eine variable Ventilsteuerung alles kann.

→ **PRAXIS**

Radialwellendichtring oder doch Simmerring?

→ **WISSEN**

Testen Sie Ihre Kenntnisse über die Abgastechnik.

Überzeugen Sie sich!

von unserer grossen Auswahl an AGR / EGR Ventilen in OE Qualität



Buchtipp

«Basiswissen Verbrennungsmotor» vermittelt für einmal nicht die bereits in vielen Büchern beschriebene Grundlagenlehre. Der Autor – Klaus Schreiner – zeigt dem Leser in vielen Beispielen auf, wie gewisse Kennzahlen oder Aussagen zustande kommen. Unter anderem wird der Frage nachgegangen, wie der effektive Treibstoffverbrauch aus einem Mischdiagramm hergeleitet werden kann. Oder wie man aus der Ventilhubkurve die Nockenengeometrie bestimmt. Dazu sind jeweils die notwendigen Formeln aufgeführt, die ins Excel übernommen und grafisch dargestellt werden können. Somit gibt das Lehrbuch diverse Anregungen, wie zwei Themengebiete – Informatik und Motorgrundlagen – für den Schulunterricht miteinander verknüpft werden können.

Das Buch eignet sich insbesondere für Lehrkräfte, angehende Ingenieure oder Automobildiagnostiker, die sich auf diesem Gebiet wertvolles Wissen aneignen möchten.

Fazit: «Basiswissen Verbrennungsmotor» könnte sich als eigentlicher Geheimtipp in Sachen Motorgrundlagen entwickeln.

Vieweg+Teubner, ISBN: ISBN 978-3-8348-1279-7, 236 Seiten, Preis CHF 35.50

Bezugsadresse: SNV, Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur
Tel. 052 224 54 54, Fax 052 224 54 38, E-Mail info@tfv.ch, www.snv.ch

SNV SHOP

Online-Store für Normen und mehr.



...
save
the
date!

Tag der offenen Tür
26. November 2011
10–16 Uhr

Die STFW öffnet ihre Türen.

ERLEBEN – ENTDECKEN – FASZINIEREN

Freie Besichtigung der Kompetenzzentren,
Attraktionen der Departemente, Marktstände,
Wettbewerb, Festwirtschaft und weitere
Überraschungen



SCHWEIZERISCHE
TECHNISCHE FACHSCHULE
WINTERTHUR

Schlosstalstrasse 139
8408 Winterthur
Telefon 052 260 28 00
info@stfw.ch, stfw.ch



Bruno Sinzig
Redaktor

Der richtige Weg?

Wie Sie unter Umständen auf der Internetseite des Autogewerbeverbandes der Schweiz (AGVS) gelesen haben, soll der Bildungsplan, welcher die Ausbildung zum Automobil-Fachmann oder -Fachfrau (AF) regelt, angepasst werden.

Bis anhin besuchten die Lernenden im ersten Ausbildungsjahr während 1½ Tagen den Unterricht an der Berufsfachschule. In den folgenden zwei Jahren reduzierte sich der Schulbesuch auf einen Tag pro Woche. Neu soll nun der zusätzliche Schulhalbtage vom ersten in das zweite Ausbildungsjahr

verschoben werden. Wie der AGVS informiert, sei mit dieser Massnahme die Durchlässigkeit gewährt. Durchlässigkeit bedeutet, dass beispielsweise Automobil-Assistenten und -Assistentinnen (AA) nach dem Abschluss der Ausbildung nahtlos in das zweite Lehrjahr der AF-Ausbildung übertreten können. Weil künftig im ersten AF-Ausbildungsjahr die Lerninhalte reduziert werden, sollte gewährleistet sein, dass das im ersten AF-Ausbildungsjahr erworbene Wissen bei den Aufsteigern bereits vorhanden ist. Problematischer sieht es hingegen künftig für die Automobil-Fachmänner oder -Fachfrauen aus, welche – noch während der Ausbildungszeit – in die vierjährige Ausbildung zum Automobil-Mechatroniker wechseln möchten. Aufgrund der geringeren Lektionenzahl im ersten Jahr, werden sie grössere Wissenslücken aufzuarbeiten haben, da die Automobil-Mechatroniker in den ersten drei Ausbildungsjahren den Berufsfachschulunterricht derzeit während 1½ Tagen* besuchen. Weil man jedoch davon ausgeht, dass Aufsteiger sehr motivierte Leute sind, welche einen zusätzlichen Lernaufwand nicht scheuen, sollte ein Übertritt in die vierjährige Ausbildung trotzdem möglich sein. Dadurch erhält der Übertritt in eine höhere Ausbildungsrichtung, eine so genannte Hochstufung, bereits während des ersten Ausbildungsjahres – am besten sogar während des ersten Semesters – einen noch höheren Stellenwert.

Falls dem Vorschlag, den die Schweizerische Kommission für Berufsentwicklung und Qualität des AGVS erarbeitet hat, in der Vernehmlassung keine Opposition erwächst, wird eine Arbeitsgruppe den Bildungsplan bezüglich der Lektionenverteilung sowie Leistungszielen anpassen und den Antrag an das BBT vorbereiten.

Negativ fällt leider auch ins Gewicht, dass einige Kantone spezielle Klassen, in welchen die Lernenden auf die höheren Anforderungen vorbereitet und die noch fehlenden Kenntnisse aufgearbeitet werden, bereits heute nicht mehr finanzieren, beziehungsweise künftig nicht mehr finanzieren werden – die Sparbemühungen der meisten Kantone hinterlassen halt auch im Bildungsbereich Spuren!

Wir meinen:

1. Übertritte – seien es nun Hoch- oder Rückstufungen – noch während der Ausbildungszeit könnten mit grösster Wahrscheinlichkeit vermieden werden, wenn vor der Festlegung der Ausbildungsrichtung die Empfehlungen, welche die am AGVS-Eignungstests erbrachten Leistungen widerspiegelt, berücksichtigt würden.
2. Wenn man schon davon ausgeht, dass künftig auch in der AM-Ausbildung Lektionen gestrichen werden müssen, wäre es folgerichtig, das gesamte Ausbildungsgefüge (Grundbildungen und Weiterbildung) unter die Lupe zu nehmen sowie allenfalls anzupassen – nur so kann sichergestellt werden, dass die Ausbildungsinhalte aufeinander abgestimmt sind. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Revisionen zu einem Flickwerk verkommen.

*Auch da sind Bestrebungen vorhanden, die zusätzlichen Schulhalbtage der AM-Ausbildung teilweise zu streichen.

→ INHALT



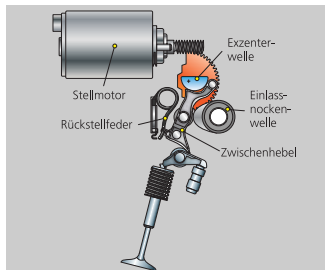
→ TECHNIK

- Ventilhub: mal viel; mal wenig → Seite 4
Stickoxide reduzieren mit Abgasrückführung → Seite 6



→ PRAXIS

- Funktion und Aufbau von Abgasrückführventilen → Seite 8
Die Simmerring-Story → Seite 10



→ WISSEN

- Abgastechnik → Seite 12
Acht knifflige Aufgaben zur Ventilsteuerung → Seite 14



→ AKTUELL

- Was ein Diffusor ist und was man damit erreicht → Seite 16
Gurt-Airbag von Ford → Seite 18

→ IMPRESSUM

Herausgeber/Verlag

auto&wissen GmbH
Fachzeitschriften
Rosenstrasse 11
8953 Dietikon
Tel. 044 774 31 04
Fax 044 774 31 05
redaktion@auto-wissen.ch
www.auto-wissen.ch

Chefredaktor

Harry Pfister (hp)
harry.pfister@auto-wissen.ch

Redaktion

Robert Neuhaus (rn)
robert.neuhaus@auto-wissen.ch
Bruno Sinzig (bsi)
bruno.sinzig@auto-wissen.ch

Administration

Monika Pfister
Rosenstrasse 11
8953 Dietikon
buchhaltung@auto-wissen.ch

Druck

GDZ AG, Zürich

Abo/Preis/Erscheinung

6. Jahrgang | Oktober 2011
Das Heft erscheint sechsmal jährlich
Das Jahresabo kostet CHF 54.–
Bestellung via Internet
www.auto-wissen.ch/abo.html
abo@auto-wissen.ch
Tel. 044 774 31 04
Fax 044 774 31 05

Titelseite

Am Ferrari 430 wird der Abtrieb mithilfe des flachen Unterbodens und dem Diffusor produziert. (Bild Ferrari)

Ventilhub: mal viel, mal wenig

Mehr Leistung, günstigerer Drehmomentverlauf und dies erst noch bei geringerem Treibstoffverbrauch sowie günstigere Abgasemissionen sind die Ziele, welche die Motorkonstrukteure mithilfe der variablen Ventilsteuerung angehen. Neben der Verstellung der Steuerzeiten kommen immer häufiger Systeme zum Einsatz, bei welchen auch der Ventilhub verstellt wird. Wir gehen zwei verschiedenen Ausführungsarten auf den Grund.

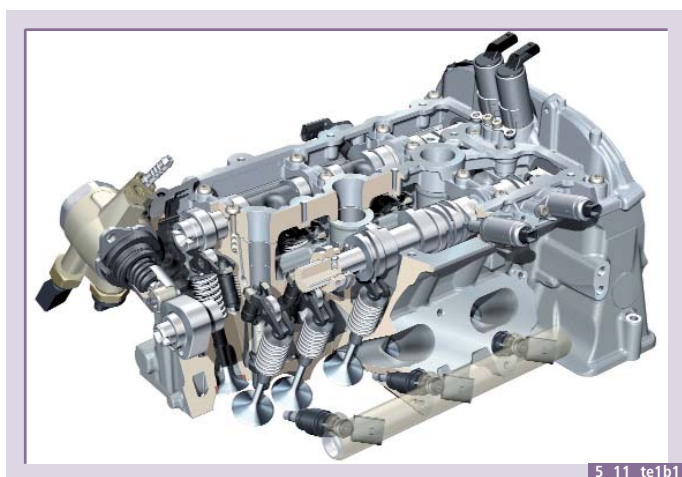


Bild 1. Aufbau des Audi-Zylinderkopfes mit einlassseitiger Ventilhubumschaltung.
(Bild Audi)

→ Bruno Sinzig

Intelligenz findet im Kopf statt; gemäss den Motoringenieuren von Audi auch bei den Verbrennungsmotoren. Vorab zwecks Verminderung des Treibstoffverbrauchs und der Beeinflussung des Drehmomentverlaufes müssen die Ventile nämlich so gesteuert werden, dass einerseits die Restgase möglichst vollständig aus den Zylindern transportiert werden und andererseits – der Drehzahl und Belastung entsprechend – die optimale Menge Frischgas in die Brennräume gelangt.

In einer ersten Phase wurden dazu die Öffnungs- und Schliesszeiten der Einlass- sowie Auslassventile mittels einer Verstellvorrichtung variiert (siehe *auto&wissen* 4/2010). In einem nächsten Schritt wurden dann Systeme

entwickelt, bei welchen zusätzlich der Ventilhub beeinflusst werden kann.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass ein geringer Ventilhub bei Leerlauf in Verbindung mit einer geringen Ventilüberschneidung zu einer

hohen Einströmgeschwindigkeit des Frischgases führt.

Aufgrund der verkürzten Öffnungszeiten gelangen dabei auch nur wenige Restgase in den Verbrennungsraum.

Ein grosser Ventilhub dagegen vergrössert den Ventilöffnungsquerschnitt und führt bei hohen Drehzahlen zu einer besseren Zylinderfüllung.

Bei Audi wird diese Technologie als «Audi valvelift system» (AVS) bezeichnet. Während bei den (Audi-)Saugmotoren AVS einlassseitig verbaut ist, kommt diese Technik bei den aufgeladenen Motoren für die Auslassventile zum Einsatz.

Das Funktionsprinzip sieht so aus, dass die jeweilige Nockenwelle mit Passverzahnungen versehen ist. Auf jeder Verzahnung sitzen Nockenstücke – zylindrische Schiebehülsen, in welche an der Aussenseite spiralförmige Nuten eingearbeitet sind. Die Nockenstücke tragen nebenein-

ander zwei unterschiedliche (Nocken-)Profile; eines bewirkt geringen und das andere grossen Ventilhub. In die so genannten Leiterrahmen der Zylinderköpfe sind pro Zylinder zwei Stellglieder integriert, welche bewegliche Metallstifte aufweisen (Bild 2).

Funktionsweise (Bild 2): Wird der rechte Aktuator elektrisch angesteuert, fährt in der Folge dessen Metallstift aus. Aufgrund des (Durchdreh-)Widerstandes wird das Nockenstück nach rechts geschoben und danach in der Endposition über einen federbelasteten Bolzen arretiert. Der (rote) hohe Nocken kommt zum Einsatz, wodurch dank des grossen Ventilhubes eine gute Füllung der Zylinder ermöglicht wird. Nach dem Umschalten wird der Aktuator stromlos und der Metallstift wird mechanisch in die Ruhelage zurückgeschoben.

Sobald der linke Aktuator bestrahlt wird, verschiebt sich das

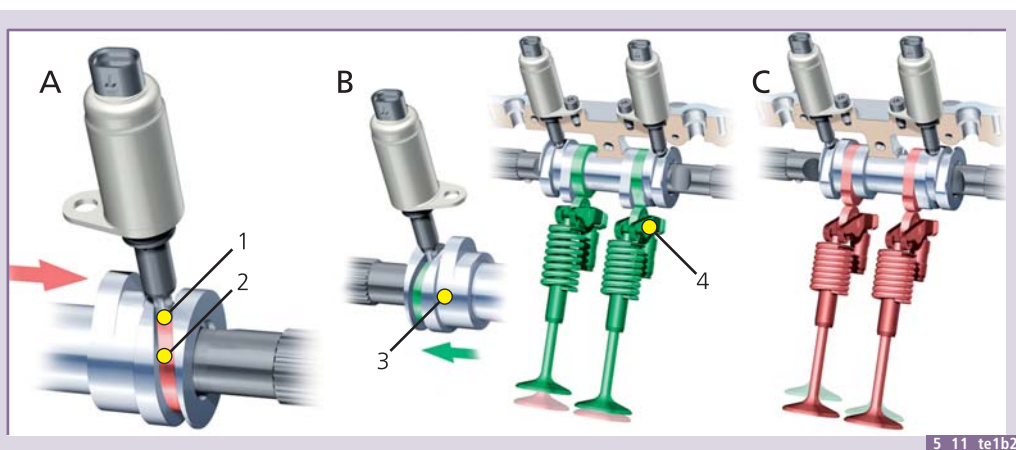


Bild 2. A Umschaltvorrichtung, B Position für geringen Ventilhub, C Position für grossen Ventilhub. 1 elektromagnetisch betätigter Metallstift (Pin), 2 schraubenförmige Nut, 3 verschiebbares Nockenstück, 4 Rollenschlepphebel.
(Bilder Audi)

Nockenstück nach links. Dadurch werden die Ventile durch die flachen Nockenprofile betätigt. Als Spezialität werden dabei nicht beide Ventile gleich stark geöffnet. Wegen den unterschiedlichen Ventilhuben wird dem Luftstrom eine spiral- und walzenförmige Rotation aufgezwungen. Dieser *Drumble*, der von Kanten und Erhebungen im Brennraum und einer speziellen Form des Kolbenbodens unterstützt wird, macht die bei direkteingespritzten Motoren sonst üblichen Ladungsbewegungskappen (oft als so genannte *Tumble*-Kappen bezeichnet) im Ansaugtrakt überflüssig.

Die Umschaltung zwischen den unterschiedlichen Ventilhuben vollzieht sich innerhalb von zwei Kurbelwellenumdrehungen im Bereich zwischen 700 und 4000 1/min. Zahlreiche kurzfristige Eingriffe – beispielsweise ein Wechsel auf Spätzündung, das Verstellen der Nockenwellen (Ein- und Auslass) und das Schliessen der Drosselklappe – verhindern, dass beim Fahren Drehmomentsprünge wahrgenommen werden.

Wichtige Vorteile des AVS sind die geringen bewegten Massen, die niedrige Reibung und die Steifigkeit des Ventiltriebs. Der einfache Aufbau ermöglicht die Drehzahlfestigkeit bis zu 7000 1/min.

AVS erlaubt es auch, die Menge der angesaugten Luft in weiten Bereichen über die Öffnung der Einlassventile zu steuern. Die Drosselklappe kann so auch bei Teillast meist voll geöffnet bleiben, wodurch kaum noch Drosselverluste entstehen. Normalerweise saugt der Motor gegen den Widerstand der Drosselklappe an, die bei Teillast nur teilweise geöffnet ist. Dies hat zur Folge, dass der Motor nicht frei atmen kann und sich dadurch der Wirkungsgrad verschlechtert.

VarioCam-Plus von Porsche besteht einerseits aus einem Flügel-

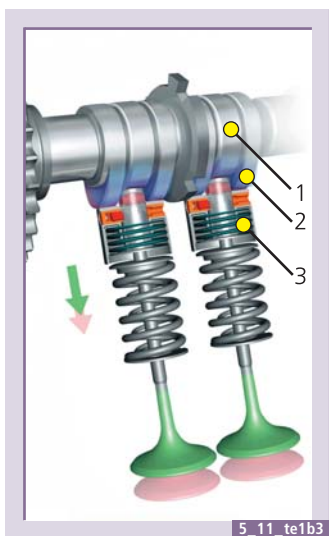


Bild 3. Grundsätzlicher Aufbau der Ventilhub-Umschaltvorrichtung von Porsche; 1 Nocken für geringen Ventilhub, 2 Doppelnocken für grossen Ventilhub, 3 schaltbarer Tassenstössel. (Bild Porsche)

zellenversteller, mit welchem die Steuerzeiten verändert werden können und andererseits – deshalb die Bezeichnung Plus – einer Vorrichtung zur Veränderung des Ventilhubes (Bild 3).

Das Ventilhub-Verstellsystem besteht aus schaltbaren Tassenstösseln auf der Einlassseite des

sprechenden Ventilhubkurven wirksam.

Im Detail bestehen die Tassenstössel aus zwei ineinanderliegenden Stösseln, die mithilfe eines Bolzens gegeneinander verriegelt werden können. Der innere Stössel ist dabei mit dem kleinen Nocken, der äussere Stössel mit dem grossen Nocken in Kontakt. Im Kraftfluss des Stössels ist immer ein hydraulisches Ausgleichselement für das Ventilspiel integriert (Bild 4).

Bei verringertem Motoröl Druck verbindet der federgestützte Verriegelungskolben den Aussenstössel mit dem Innenstössel. Wird der Motoröl Druck grösser als der Schaltöl Druck, drückt der Betätigungskolben den Verriegelungskolben zurück in den Aussenstössel, wodurch dieser vom Innenstössel entkoppelt wird.

Vorteile: Im Leerlauf wird durch die Schaltung auf den kleinen Nocken mit einem Ventilhub von beispielsweise drei Millimetern und eine Einstellung der Steuerzeiten für geringe Ventilüberschneidung der Gaswechsel optimiert. Durch den kleinen Ventil-

geben sich Verbrauchs- und Emissionsreduzierungen von bis zu zehn Prozent bei deutlich verbesserter Leerlaufqualität.

Bei Teillast ist zur Entdrosselung und damit Verbrauchssenkung des Motors ein Betrieb mit interner Abgasrückführung optimal. Dazu wird bei weiterhin kleinem Ventilhub die Nockenwellenverstellung auf grosse Ventilüberschneidung gestellt. So bleibt genug Zeit, um Abgas aus dem Auspuff zurückzusaugen.

Bei Vollast werden ein hohes Drehmoment und hohe Spitzenleistung durch einen verlustarmen Gaswechsel und durch eine kompromisslos ausgelegte Nockenkontur mit erhöhtem Ventilhub von beispielsweise zehn Millimetern und entsprechend angepassten Öffnungs- und Schliesszeitpunkte der Ventilhubkurven erreicht.

Sowohl das AVS als auch das VarioCam-Plus-System ermöglichen zwei völlig unterschiedliche Motor-Betriebsarten in einem Motor. Eine Betriebsart lässt sich als Stadtverkehrsmodus charakterisieren, derweil, sobald der Fahrer über das Gaspedal mehr

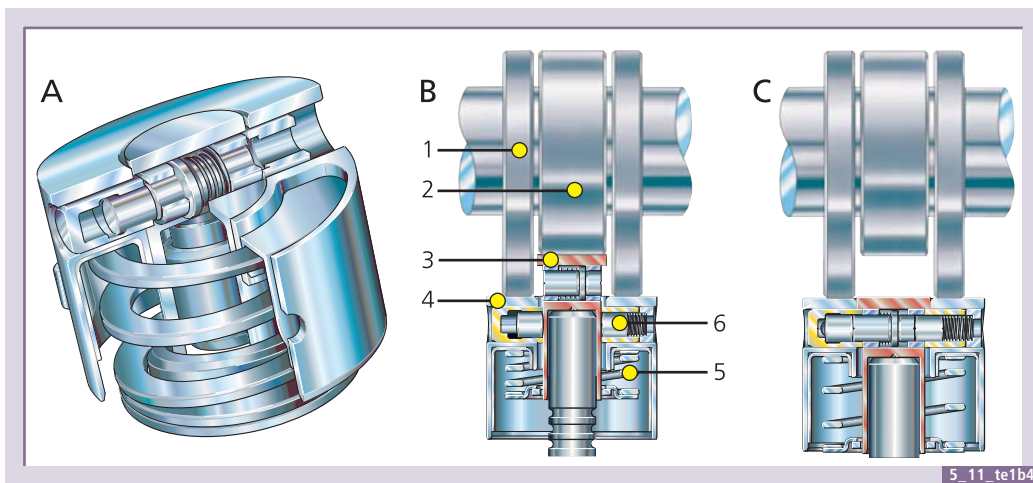


Bild 4. A Umschaltvorrichtung, B Position für geringen Ventilhub, C Position für grossen Ventilhub. 1 Aussennocken, 2 Innennocken, 3 Innenstössel, 4 Aussenstössel, 5 Abstützfeder, 6 Verriegelungskolben. (Bilder Schaeffler/INA)

Motors und Einlass-Nockenwellen mit zwei unterschiedlichen Nockenformen. Durch das wahlweise Schalten auf die jeweiligen Nocken sind die ent-

hub werden eine Reduzierung der Reibleistung und eine deutlich erhöhte Ladungsbewegung durch extrem verkürzte Öffnungszeiten erreicht. Daraus er-

Leistung fordert, innerhalb von Millisekunden in die andere Betriebsart, den so genannten Fahrleistungsmodus, umgeschaltet werden kann.



Kampf den Stickoxiden

Seit mehr als 40 Jahren wird die Menge an Stickoxiden (NO_x) im Verbrennungsmotor auf unterschiedlichste Weise vermindert. Wir zeigen auf, wie die Abgasrückführung eine wirksame Massnahme zur NO_x -Senkung darstellt.



Bild 1. Abgasrückführung eines BMW-6-Zylinder-Dieselmotors. (Bild BMW)

→ Harry Pfister

Stickoxide (NO_x) sind der Sammelbegriff für die gasförmigen Oxide des Stickstoffs (N). NO_x entsteht unter anderem bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Die NO_x -Emissionen kommen überwiegend als gasförmiges Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) vor. NO wird in der Atmosphäre rasch zu NO_2 umgewandelt; deshalb werden die

Emissionen üblicherweise als Summe von NO und NO_2 mit NO_x angegeben.

Die Folgeprodukte der Stickoxide haben negative Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit. So bilden Stickoxide zusammen mit flüchtigen organischen Verbindungen unter Einfluss von UV-Strahlung das Ozon und fördern im Sommer die Smogbildung. Dies kann zu Reizung und Schädigung der Atmungsorgane führen. Stickoxide sind auch Vorläufer von Säuren und somit für

die Entstehung saurer Niederschläge durch Bildung von Salpetersäure (HNO_3) verantwortlich. Als Folge davon kann es zu einer Versäuerung von Gewässern und Böden führen.

Trotz Zunahme des Verkehrs ist eine kontinuierliche Abnahme der NO_x -Emissionen in der Schweiz seit 1985 – mit Einführung von Vorschriften für die Luftreinhaltung – zu erkennen (Bild 2).

setzen direkt bei der Entstehung dieser Emissionen an. Weiterführende Massnahmen sind die Abgasnachbehandlung mithilfe von (Speicher-)Katalysatoren sowie SCR-Systemen (selektive katalytische Reduktion).

Wir beschränken uns in diesem Artikel auf die äussere Abgasrückführung; auch unter dem Kürzel AGR bekannt. Die englische Bezeichnung lautet dazu EGR = Exhaust Gas Recirculation.

Im Verbrennungsmotor entstehen die Stickoxide vorwiegend durch eine thermische Reaktion. Ab Temperaturen von 1000 °C ist vermehrt mit der Bildung von NO_x zu rechnen. Mit dem weiteren Anstieg der Verbrennungstemperatur vervielfachen sich schlagartig die Stickoxidemissionen. Ab zirka 2000 °C und entsprechenden Verbrennungsdrücken sind um Lambda 1,1 die höchsten NO_x -Emissionen zu verzeichnen (Bild 3).

Wirksame Gegenmassnahmen, welche den Anteil der Stickoxide vermindern, sind die innere und äussere Abgasrückführung. Diese

Unter Abgasrückführung versteht man die Zufuhr von Abgasen in den Brennraum. Dabei wird die NO_x -Reduktion im Wesentlichen durch folgende Einflüsse hervorgerufen:

- Geringere Temperatursteigerung;
- Senkung des O_2 -Partialdruckes;
- Verringerung der Verbrennungsgeschwindigkeit.

Neben der Minderung der NO_x -Emissionen ist beim Ottomotor zudem noch ein Rückgang des Treibstoffverbrauchs festzustellen. Dies wird durch eine grössere Öffnung der Drosselklappe im AGR-Betrieb erreicht, wodurch der Gaswechselvorgang «ent-

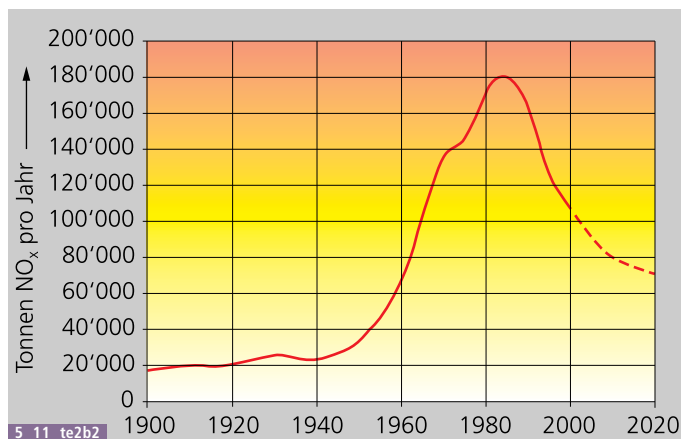


Bild 2. NO_x -Emissionsentwicklung von 1900 bis 2020.

(Quelle: BAFU)

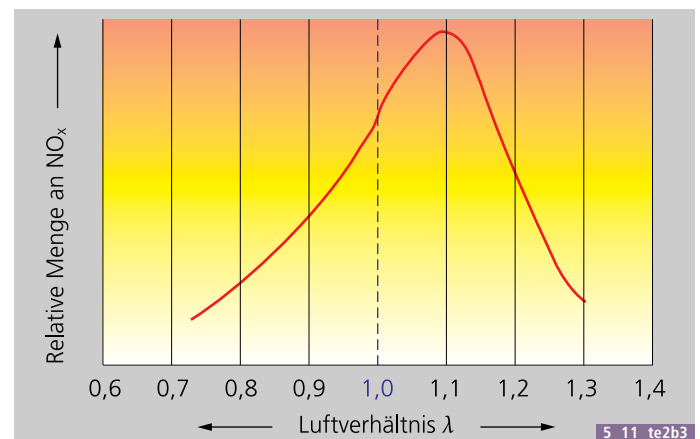


Bild 3. Die NO_x -Emissionen sind um Lambda 1,1 am grössten.

drosselt» wird. Beim Dieselmotor können mithilfe von sehr hohen Einspritzdrücken und entsprechenden AGR-Raten zudem die Russmissionen bei gewissen Gemisch-Zusammensetzungen vermindert werden.

Die rückgeführten Abgase

werden prinzipiell in den Ansaugtrakt geleitet, wodurch eine Ladungsverdünnung entsteht. Einerseits wird so die Zylinderfüllung durch Restgase besetzt, andererseits wird der Sauerstoffgehalt vermindert. Infolge des geringeren Sauerstoffgehalts wird der O_2 -Partialdruck gesenkt. Das heisst, der Treibstoff muss viel intensiver im Brennraum nach den Sauerstoffmolekülen suchen, mit denen er sich verbinden kann. Folglich läuft die Verbrennungsgeschwindigkeit langsamer ab. Grundsätzlich gilt als Faustformel, dass AGR-Raten von 10 % die Flammengeschwindigkeit bereits um 20 % reduzieren.

Die Restgase werden zudem durch die Verbrennung erwärmt, ohne dass sie an der Verbrennung teilnehmen. Somit steigt die Temperatur weniger an, wodurch Stickoxide in kleineren Mengen entstehen.

Mithilfe von AGR-Kühlern

kann – insbesondere bei Dieselmotoren – die Abgastemperatur von 450 °C auf zirka 150 °C gesenkt werden. Die Flammenfronttemperatur wird somit weiter ge-

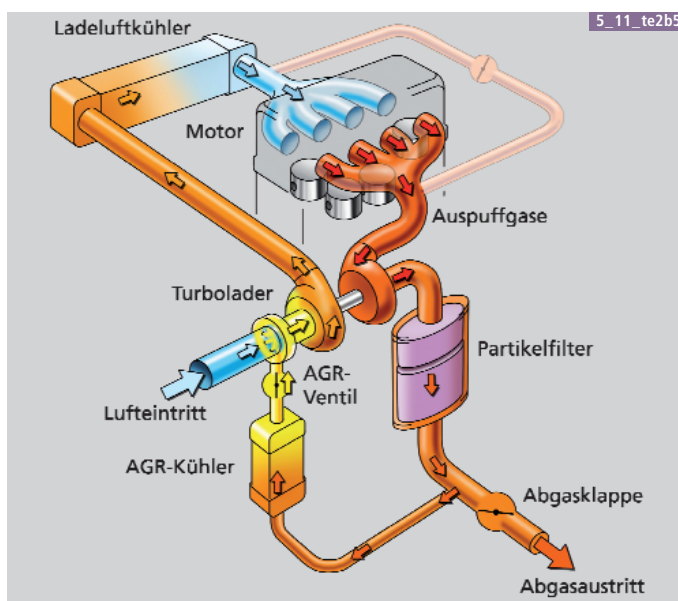


Bild 5. Das AGR-Niederdrucksystem.

(Bild Renault)

AGR Überblick	Dieselmotor	Ottomotor (Saugrohreinjection)	Ottomotor (Direkteinspritzung)
Auswirkungen	NO_x –50 % PM –10 % weniger HC weniger Geräusche	NO_x –40 % Verbrauch –3 % weniger CO_2	NO_x –50 bis 60 % Verbrauch –2 % weniger CO_2
Rückführraten	max. 65 %	max. 25 %	max. 50 % (Schichtladung) max. 30 % (Homogen)

Bild 6. Einfluss der Abgasrückführung.

senkt und die NO_x -Emissionen noch einmal deutlich reduziert. Zudem wird die Zylinderfüllung durch die Kühlung begünstigt. Diese Systeme werden in die Kategorie der Hochdruck-AGR eingeteilt (Bild 4).

Unter Niederdruck-AGR werden Systeme eingeteilt, die ihre Abgase nach dem Partikelfilter

entnehmen und in einem ersten Wärmetauscher kühlen (Bild 5). Über ein AGR-Ventil wird so der gekühlte Abgasstrom vor den Turbolader eingespiessen. Frischluft und Abgasstrom werden im Turbolader komprimiert und im Ladeluftkühler wird erneut Wärme entzogen, bevor die Mischluft in den Brennraum gelangt. Da dem Abgas von der Turbine, dem AGR-Kühler und auch dem Ladeluftkühler Wärme entzogen wird, ist das Niederdruck-AGR im mittleren bis hohen Lastbereich besonders effizient.

Die Abgasrückführungsrate sind je nach Motorprinzip unter-

Es werden verschiedene AGR-Ventile eingesetzt. Aktuell sind elektrisch betriebene Ventile mit Lagerückmeldung am meisten eingebaut. Auf den PRAXIS-Seiten 8 bis 9 sind die verschiedenen AGR-Ventile genauer beschrieben.

Die EU-Grenzwerte für NO_x wurden in den letzten Jahren kontinuierlich gesenkt (Bild 7). Euro 6 (definitiv ab 2013/2014) – soll laut Meinung einiger Fahrzeughersteller – praktisch nur noch mit dem parallelen Einsatz verschiedenster Technologien (AGR und SCR) erfüllt werden können.

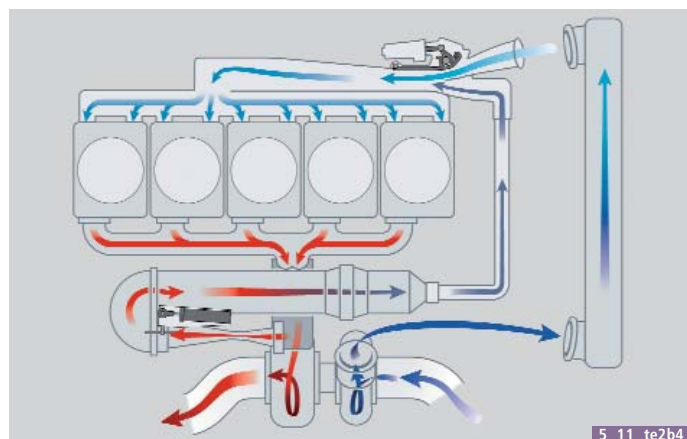


Bild 4. Das AGR-Hochdrucksystem.

(Bild Scania)

Abgasnorm	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
PW Otto	150	80	60	60
PW Diesel	500	250	180	80
Nfz Diesel	5000	3500	2000	400

Bild 7. NO_x -Grenzwerte für PW in mg/km und für Nfz in mg/kWh.



Zugang für Restgase

Mithilfe des AGR-Ventils wird ein Teil der Restgase in das Saugrohr geleitet, um die Stickoxidemissionen zu mindern. Wie dies funktioniert und welche Arten dabei eingesetzt werden, erklären wir in diesem Artikel.



Bild 1. AGR-Ventile für Otto- (oben) und Dieselmotoren (unten).

(Bilder 1, 3, 4, 5 und 6 Pierburg)

→Harry Pfister

Anfang der 1970er-Jahre kamen die ersten Abgasrückführventile (AGR-Ventile) in amerikanischen Fahrzeugen zum Einsatz. Seither hat sich dieses Ventil für die Stickoxidreduktion (siehe TECHNIK Seiten 6 bis 7) weiterentwickelt und ist für heutige wie kommende Abgasvorschriften kaum mehr wegzudenken.

Die ersten Systeme waren einfache Tellerventile, die pneumatisch betätigt wurden (Bild 2/A). Dazu wurde eine federbelastete Unterdruckdose mit dem Saugrohrdruck beaufschlagt. Je nach Lastzustand wurde das AGR-Ventil mithilfe des Saugrohrdruckes betätigt – sobald die Federkraft überwunden wurde – und öffnete so einen Bypasskanal, um einen Teil der Restgase in das Saugrohr zu leiten.

In der Warmlaufphase des

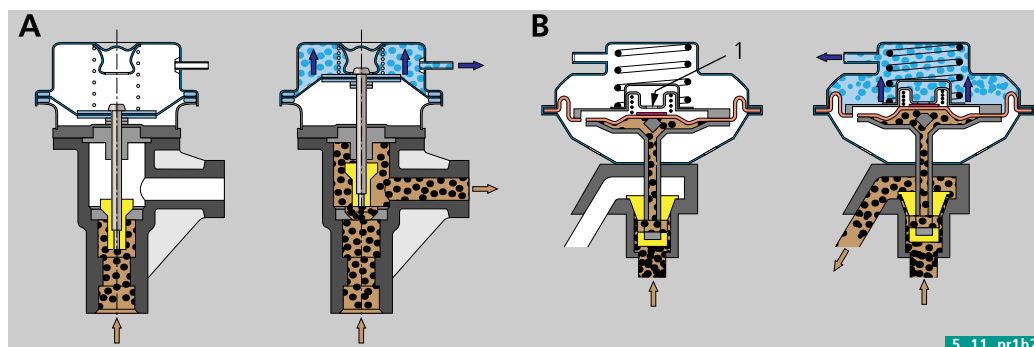


Bild 2. A = einfaches und B = kombiniertes AGR-Ventil. Bei geringem Abgasdruck wird die obere Kammer über die Bohrung 1 entlüftet.

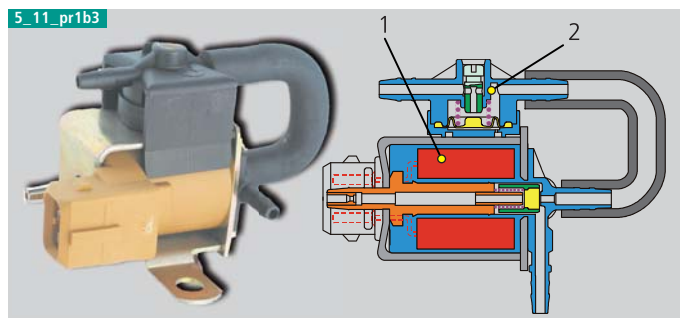


Bild 3. Elektrischer Druckwandler. 1 Elektromagnetventil; 2 Druckbegrenzer.

Motors (zum Beispiel $< 60\text{ }^{\circ}\text{C}$), verschlossen Thermoventile die Unterdruckleitung zum AGR-Ventil, um den Motorlauf nicht ungünstig zu beeinflussen.

Eine weitere Beeinflussung der Betätigung wurde durch Verzögerungs- und Druckbegrenzungsventile erreicht. Sie sollten einerseits die Laufruhe des Motors sicherstellen und andererseits die Abgasrückführung nur unter bestimmten Lastzuständen ermöglichen. Aufgrund der Tatsache, dass der Unterdruck mit zunehmender Last abnimmt, war die Bandbreite der Betätigung zu dem begrenzt.

AGR-Ventile wurden auch als kombinierte Ausführung verbaut (Bild 2/B). Sie arbeiteten mit dem Abgasstaudruck und Saugrohr-

druck in Kombination. Geöffnet wurde erst bei grösserer Last ($> 75\%$) und mittlerem Abgasstaudruck. War der Unterdruck zu gering oder der Staudruck zu gross, wurde kein Abgas rückgeführt.

Elektrische Druckwandler (EDW) läuteten die nächste Entwicklungsstufe ein (Bild 3). Nun wurde die Betätigung des AGR-Ventils mithilfe von Magnetventilen fast unabhängig des Lastzustandes des Motors möglich. Einzig bei ungenügendem Unterdruck konnte die Federkraft (wie bisher) nicht überwunden werden, um das AGR-Ventil sicher zu öffnen.

In den üblichen Magnetventilen wird der Anker innerhalb einer Wicklung durch das elektrische Magnetfeld hin- und hergeschoben. Somit lässt sich der Unterdruck über ein solches Ventil ein- und ausschalten (2-Wege-Ventil). 3-Wege-Ventile schalten zwischen zwei Öffnungen und können so die Be- und Entlüftung des Steuerkreises beeinflussen.

Der EDW besteht aus einem elektromagnetischen Umschaltventil (EUV) mit einem angebaute Druckbegrenzer (Bild 3; Position 2). Der Druckbegrenzer hält den Unterdruck annähernd kon-

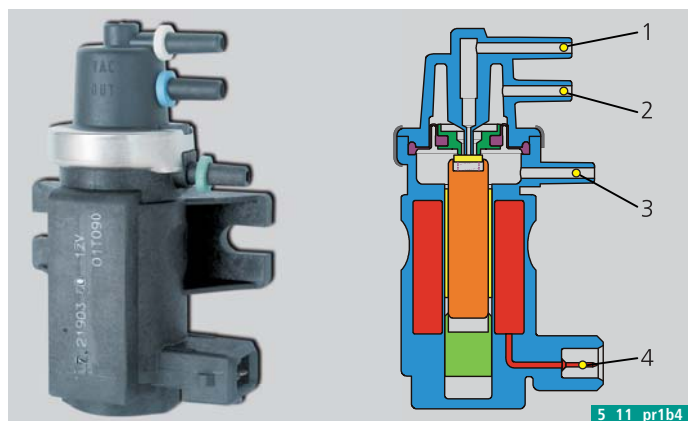


Bild 4. Elektropneumatischer Druckwandler. 1 Versorgungs-Unterdruck (VAC), 2 Variabler Steuerdruck (OUT), 3 Belüftungsanschluss (ATM), 4 Elektrischer Anschluss.

stant. Das integrierte EUV (1) wird mit einem Tastgrad von 20 % bis 85 % angesteuert, wodurch die gewünschte Öffnung des AGR-Ventils erreicht werden kann.

Mit dem elektropneumatischen Druckwandler (EPW) wurde die eigentliche Zwischenlösung – das EDW – abgelöst (Bild 4). Aus Unterdruck und Atmosphärendruck wird im EPW ein Mischdruck (Steuerdruck) gebildet. Über den pneumatischen Steller, der als «Unterdruckdose» fungiert, kann das Ventil stufenlos eingestellt werden. Die Ansteuerung des EPW erfolgte ebenfalls durch Pulsweitenmodulation (siehe *auto&wissen* 4/2008).

Elektrisch gesteuerte oder geregelte AGR-Ventile sind die Weiterentwicklung der eingangs beschriebenen Systeme. Es sind Ausführungen mit Teller-, Nadel-, Klappen- oder Drehschieberventil anzutreffen. AGR-Ventile für Dieselanwendungen haben aufgrund der höheren Rückführdrate grössere Öffnungsquerschnitte. Bei Ottomotoranwendungen sind die Querschnitte deutlich kleiner (Bild 1).

Elektromotorisch angetriebene AGR-Ventile kommen bei Otto- und Dieselmotoren mit Direkteinspritzung zum Einsatz. Das Absperrorgan dieses AGR-Ventils ist ein Ventilteller, der gegen die

Strömungsrichtung des Abgases geöffnet wird. Als Antrieb dient hierbei ein Gleichstrommotor mit nachgeschaltetem Planetengetriebe. Die Drehbewegung des Elektromotors wird durch einen Exzenterantrieb in eine Linearbewegung umgesetzt. Durch Umkehrung der Drehrichtung des Gleichstrommotors wird eine motorische Schliesskraftunterstützung und somit ein schnelles, sicheres Schliessen bei geringer Leckage erreicht.

Beim AGR-Ventil mit Proportionalmagnet dient als Absperrorgan ein Ventilteller, der ebenfalls gegen die Strömungsrichtung des Abgases geöffnet wird. Die Anpassung des Durchflusses an bestimmte Betriebszustände des Motors erfolgt durch eine Änderung des Tastgrades, wodurch der

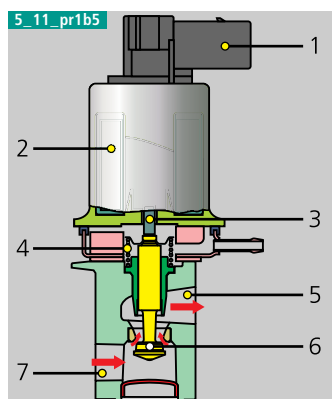


Bild 5. Elektrisches AGR-Ventil. 1 Elektrischer Anschluss, 2 Elektromagnet, 3 Magnetanker, 4 Feder, 5 Ablaufkanal, 6 Ventilkörper, 7 Zulaufkanal.

Proportionalmagnet einen entsprechenden Hub des Ventiltellers bewirkt. Anders als beim reinen Schaltmagneten, bei dem es nur auf die Anfangs- und die Endposition ankommt, sind hier alle Zwischenstufen der Ankerbewegung wichtig. Beim Proportionalmagneten (mit konischer Form) wird auch die Rückbewegung angesteuert, also der Erregerstrom reduziert statt einfach abgeschaltet. In jedem Augenblick stellt sich demnach ein Kräftegleichgewicht zwischen Magnetkraft und Gegenkraft ein.

Mithilfe einer druckkompensierenden Konstruktion (Doppeltellerventil) wird beim Dieselmotor ein sehr hoher Gasdurchsatz sowie Pulsationsunempfindlichkeit, sicheres Dichten gegen erhöhten Abgasgegendruck und gute Ansteuerbarkeit erreicht. Anderenfalls treten so genannte Rauchstösse auf und es ist mit einem erhöhten Partikelaustritt zu rechnen.

Die Drosselklappe wurde früher für die Drosselung der Ansaugluft bei Dieselmotoren und damit – durch Vergrösserung der Druckdifferenz – auf die Erhöhung der rückgeführten Abgasmenge eingesetzt. Die Anforderungen an Regelgenauigkeit und Stellgeschwindigkeit waren dabei vergleichsweise gering.

Heutige Dieselmotoren müssen jedoch, ähnlich wie Ottomotoren, mit einem definierten Luft-Treibstoff-Gemisch betrieben werden. Die modernen Drosselklappen (Bild 6) übernehmen wichtige Funktionen und regeln beispielsweise die zugeführte Luftmasse im Regenerationsbetrieb des Dieselpartikelfilters. Ein komplettes Schliessen der Drosselklappe ermöglicht die Temperaturerhöhung im Partikelfilter für das Abbrennen der eingelagerten Partikel.

Das dichte Schliessen der Drosselklappe ist zudem vorteilhaft beim Abstellen des Dieselmotors. Durch das Unterbrechen des

Reinluftmassenstroms saugt der Motor weniger Luft an und läuft ohne zu schütteln aus. Speziell bei grossvolumigen Nutzfahrzeugmotoren trägt dies zur Verbesserung des Komforts bei.

Eine Kontrolle, ob das AGR-Ventil betätigt und auch wirklich öffnet sowie schliesst, ist auf unterschiedliche Arten möglich.

Beim Ottomotor ist dies zum Beispiel mit dem Saugrohrdrucksensor möglich. Während der AGR-Phase muss der Saugrohrdruck ansteigen. Diesen geringeren Unterdruck vergleicht das Steuergerät und kann so auf die fehlerfreie Funktion des AGR-Ventils schliessen.

In modernen Dieselmotoren erfolgt die Kontrolle der AGR-Funktion mithilfe des Luftmassenmessers. Bekanntlich werden die Restgase nach dem Luftmassenmesser in das Saugrohr geleitet. Aufgrund der nicht gemessenen «Luftmasse» während der Abgasrückführung, erkennt das Steuergerät die Funktion des AGR-Ventils. Als Nachteil kann hier die relativ langsame Reaktionszeit aufgeführt werden.

Schneller geht es mit der Lageregelung. Im AGR-Ventil ist ein Ventilstellsensor verbaut, der die jeweilige Stellung misst und ans Steuergerät weiterleitet. Hierbei ist mit der kürzesten Reaktionszeit zu rechnen.

Fehlfunktionen treten häufig durch Verkokung des AGR-Ventils auf. Es ist deshalb ratsam, regelmässig das Ventil zu reinigen und ein qualitativ gutes Motoröl zu verwenden.



Bild 6. Elektrische Drosselklappe.

Die Simmerring-Story

Der erste Simmerring bestand (1929) aus federbelasteten Lederstücken und diente zum Abdichten von Pumpenstösseln. Er verdrängte die bis dahin eingesetzten Kork-, Filz oder grafierten Asbestabdichtungen. Heute werden die in mancher Hinsicht weiterentwickelten Bauelemente millionenfach zur Abdichtung drehender Wellen eingesetzt. Fachgerecht werden sie als Radialwellendichtringe bezeichnet.



Bild 1. Unterschiedliche Ausführungen von Radialwellendichtringen.
(Bilder ElringKlingler, Victor Reinz)

→ Bruno Sinzig

Der österreichische Ingenieur Walther Simmer, der 1929 eine neuartige Abdichtung für Lager von Wellen und Achsen konzipiert hatte, leitete in den Dreissigerjahren in der Firma Freudenberg ein Projekt, welches zum Ziel hatte, die bis dahin verwendeten Konstruktionen aus Kork oder Filz zu ersetzen. Mit dem Radialwellendichtring aus Leder und Metall – fortan als Simmerring bezeichnet – wurde der Grundstein für eine beispielhafte Serie von Innovationen gelegt. Zwar ist die allgemein gebräuchliche Bezeichnung Simmerring grundsätzlich eine für das Unternehmen Freudenberg

geschützte Marke; umgangssprachlich werden jedoch Radialwellendichtringe (RWDR) auch anderer Hersteller als Simmerringe benannt.

Simmer und sein Team konstruierten ein Dichtelement, bei welchem der Lederring in ein Blechgehäuse eingebaut wurde. Zudem stellte eine Schraubenzugfeder ein dauerhaftes Umschliessen der Welle sicher. Die Wälzlager- und auch die Automobilindustrie begannen diese Dichtungen vermehrt nachzufragen. Die begrenzte Beständigkeit des Leders führte bald zur ersten Kombination mit Synthesekautschuk. Diese Dichtelemente liessen deutlich bessere Ergebnisse zu. 1942 wurde für den gum-

mierten Simmerring mit einer Dichtlippe aus Perbunan das Patent erteilt.

Radialwellendichtringe sollen ganz allgemein die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Zuverlässige Dichtheit
- Hohe Funktionssicherheit
- Verträglich mit den abzudichtenden Stoffen
- Geringe Reibung
- Einfache Montage

Vorab moderne Diesel- und auch Benzinmotoren stellen aufgrund der höheren Drehzahlen und Öltemperaturen sehr hohe Anforderungen an die Dichtelemente. Hinzu kommt, dass immer längere Ölwechselintervalle gefordert werden, wodurch die hoch additvierten Schmieröle für den Dichtungswerkstoff aggressiver werden.

Damit die gesteckten Ziele erreicht werden können, sind einerseits konstruktive Kniffe notwendig und andererseits ist auch die Wahl eines geeigneten Werkstoffes vordringlich.

Herkömmliche Ausführungen

weisen eine meist aus Fluorkautschuk bestehende Dichtlippe auf. Eine Metallfeder drückt die Dichtkante mit genau dosierter Federkraft auf die rotierende Welle.

Unter Umständen sind zwei Dichtlippen vorhanden, wobei die äussere lediglich durch die Eigenspannung des Werkstoffes auf die Welle gedrückt wird. Diese zweite Dichtlippe dient vorab dazu, von aussen kommenden Schmutz und Staub fernzuhalten (Bild 2).

Grundsätzlich funktioniert ein Simmerring wie eine mikroskopisch kleine Pumpe. Diese «Mikropumpe» ist in der Lage, Schmierstoffe oder Gase unter die Dichtkante und wieder zurück in den Ölraum zu transportieren. Gleichzeitig sorgt sie für eine ausreichende Schmierung zwischen Welle und Dichtring. Dabei ist die radiale Anpresskraft der Dichtlippe für Funktion, Abriebfestigkeit und Reibung die Schlüsselgrösse. Zu grosse Radialkräfte erhöhen den Verschleiss, überhitzen die Dichtkante, verkoken das Öl und führen zu Energieverlusten sowie Leckagen. Zu niedrige Radialkräfte verhindern das stabile Anliegen der Dichtlippe an der Welle, sodass Öl austreten kann und Leckage verursacht wird.

Ein Rückförderdrall an der Dichtlippe erhöht das Dichtvermögen bei hohen Belastungen, welche durch hohe Umfangsgeschwindigkeiten und hohe Temperaturen auftreten. Auf der Luftseite ist die Dichtlippe mit einem

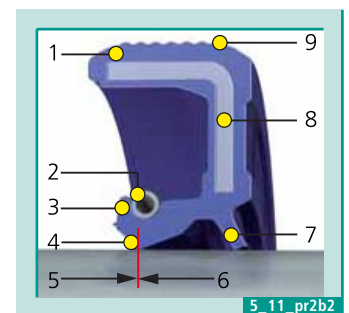


Bild 2. Querschnitt eines Radialwellendichtrings mit zwei Dichtlippen; 1 Haftteil, 2 Zugfeder, 3 Dichtlippe, 4 Dichtkante, 5 Stirnseite, 6 Bodenseite, 7 Schutzlippe, 8 Versteifungsring, 9 Aussenmantel.

(Bild Freudenberg Simrit)

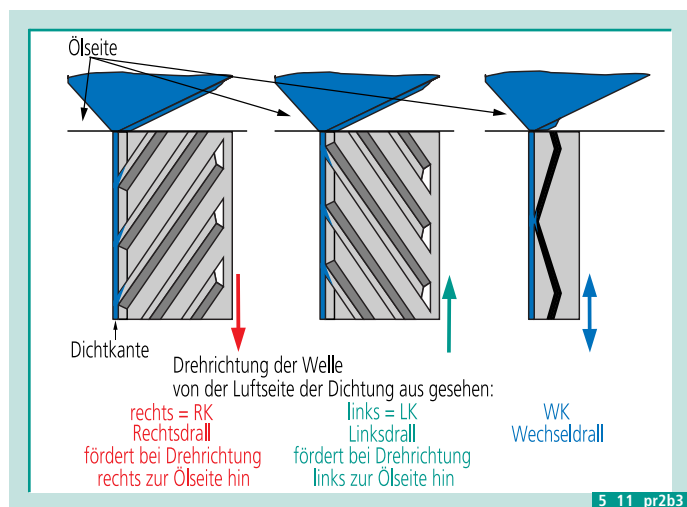


Bild 3. Rückförderdrall auf der Luftseite der Dichtlippe. (Bild Freudenberg)

Rückförderdrall versehen (Bild 3). In Drehrichtung gerichtete, schräge Drallrippen reichen bis in die Kontaktzone der Dichtlippe. Sie verstärken die Pumpwirkung des Mikrodralls des elastischen Werkstoffes. Da die Ausrichtung der Rippen des Einzeldralls an eine Drehrichtung gebunden ist, kennzeichnet ein Pfeil auf der Bodenseite der Drallringe die zulässige Drehrichtung. Ist der Einsatz für beide Drehrichtungen notwendig, wird ein so genannter Wechseldrall eingesetzt.

Die Auswahl und der Einsatz des elastischen Werkstoffes für die Dichtlippe ist das wichtigste Kriterium für die Funktion und Zuverlässigkeit des Dichtsystems. Für Standardanwendungen kommen hauptsächlich NBR (Acrylnitrilbutadien-Kautschuk), HNBR (hydrierter Acrylnitrilbutadien-Kautschuk) und PTFE (Polytetrafluorethylen, meist als Teflon bezeichnet) zum Einsatz. Vorwiegend im Motorenbau nimmt der Anteil der PTFE-RWDR zu, da dank dieses Werkstoffes – oder Kombinationen mit diesem – die unumgänglichen Reibungsverluste minimiert werden können.

Die Optimierung der Radialkraft, mit der die Dichtlippe an der Welle anliegt, ist dabei von elementarer Bedeutung. Um die Reibkräfte möglichst klein zu halten und gleichzeitig eine best-

mögliche Abdichtung sicherzustellen, haben die RWDR-Hersteller reibungsoptimierte Ausführungen entwickelt. Der federlose *Energy-Saving-Simmerring* – kurz ESS – der Firma Freudenberg weist beispielsweise eine Dichtlippe auf, die aus einem neuartigen Elastomercompound hergestellt wird. Bei einem Wellendurchmesser von 45 mm und bei Drehzahlen von 1000 bis 6000 1/min kann gemäss Freudenberg die Verlustleistung um bis zu 50 W vermindert werden.

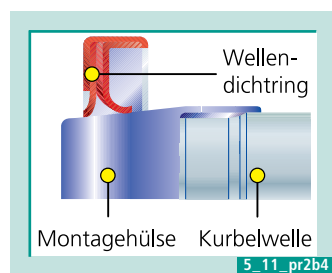


Bild 4. PTFE-Radialwellendichtring der Firma Elring (mit einer Montagehülse, dank welcher beim Einbau die Dichtlippe nicht beschädigt wird). (Bild ElringKlingler)

Wichtige Kriterien für eine fachgerechte Instandsetzung mit PTFE-Dichtringen:

- In den meisten Fällen ist der PTFE-RWDR zum Schutz der empfindlichen Dichtlippe mit einer Kunststoffhülse bestückt. Diese sorgt für die gleichbleibende geometrische Form der

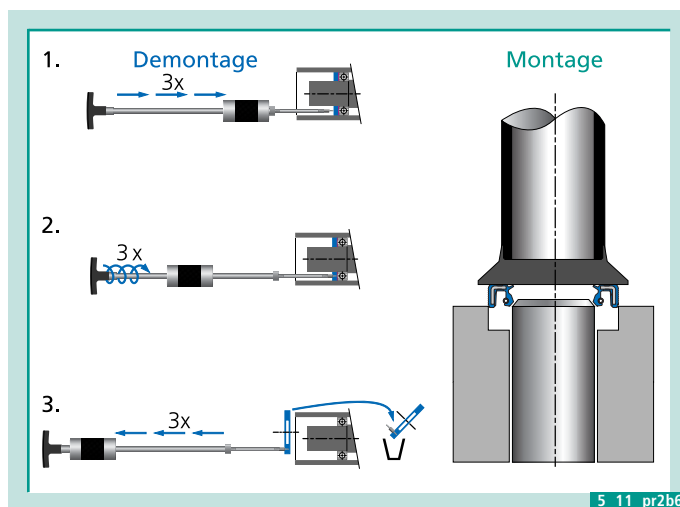


Bild 6. Demontage und Montage der Simmerringe. (Bild Freudenberg)

- Dichtlippe und für deren optimale Anpassung auf der Wellenoberfläche. In vielen Fällen kann die Hülse ausserdem als Montagehülse verwendet werden.
- Unbedingt beachten, dass die Hülse erst unmittelbar vor der Montage entfernt wird. Die empfindliche Dichtlippe sollte nicht bewegt oder umgestülpt werden, da die Dichtfunktion ansonsten beeinträchtigt werden könnte, ohne dass dies offensichtlich erkennbar ist.

- Beim Aufschieben oder Einpressen auf die Welle ist ein entsprechendes Einpresswerkzeug zu verwenden.
 - Damit sich die Dichtlippe optimal auf die abzudichtende Welle anpassen kann, sollte das Aggregat (Motor oder Getriebe) erst zirka vier Stunden später den Betrieb aufnehmen.
- Die Firma Simrit hat ein Montageset entwickelt, dank welchem der Ausbau der RWDR vereinfacht und Einbaufehler vermieden werden können (Bild 5).



Bild 5. Ansicht des simrit-Toolkits. (Bild Freudenberg Simrit)

Das Demontagewerkzeug ermöglicht den schonenden Ausbau von Simmerringen. Es besteht aus einem Gleithammer, zwei Verlängerungen und Schneidschrauben. In Bild 6 sind die Arbeitsschritte dargestellt:

1. Die Schraube mit drei Schlägen in den Simmerring schlagen;
2. die Schraube drei Umdrehungen eindrehen;
3. mit dem Gleithammer den Simmerring aus seiner ursprünglichen Position entfernen.

Montage: Die speziell für diesen Zweck entworfenen Werkzeuge samt Zubehör ermöglichen die beschadigungsfreie Montage von Simmerringen.

Anhand der Dimension den passenden Schlagring wählen und den Simmerring sicher sowie schonend montieren.

- Die Montage des PTFE-RWDR erfolgt trocken. Keinerlei Schmiermittel (Öl oder Fett) verwenden!
- Die Montagehülse muss so auf der Welle positioniert werden, dass ein ansatzloser Übergang des Dichtrings auf die Welle möglich ist.

Abgase und Schadstoffminderung

→ Robert Neuhaus

1. Welche Aussage ist richtig?

- a) Unverbrannte Kohlenwasserstoffe werden beim Abkühlen im Auspuff zu Wasserdampf umgewandelt.
- b) Bei einer vollständigen Verbrennung des Treibstoffes ergibt sich als Verbrennungsprodukt nur Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf.
- c) Der volumenmässig grösste Anteil im Abgas ist das Kohlenstoffmonoxid.
- d) Kohlenstoffdioxid ist der giftigste aller Schadstoffe im Abgas.

2. Welche Abgaskomponente wird beim Ottomotor durch die Abgasrückführung vorwiegend beeinflusst?

- a) Kohlenmonoxid (CO)
- b) Stickstoff (N)
- c) Kohlendioxid (CO₂)
- d) Kohlenwasserstoff (HC)
- e) Stickoxide (NO_x)

3. Ergänzen Sie die Textlücken mit den richtigen Begriffen aus der Auswahl!

Auswahl: CO, CO₂, SO₂, HC, NO_x, H₂O

- a) Der hauptsächlich vom Treibstoffverbrauch abhängige Ausstoss von _____ trägt zum Treibhauseffekt bei.
- b) _____ ist ein geruch-, farb-, und geschmackloses Gas. Es verbindet sich beim Einatmen mit den roten Blutkörperchen und blockiert den Sauerstofftransport.
- c) _____-Verbindungen riechen unangenehm und bilden mit _____ unter Sonneneinstrahlung Stoffe, welche die Schleimhaut reizen.
- d) Zusammengefasst werden sie als _____ bezeichnet und können die Atmungsorgane reizen.

4. Die Beeinflussung der Abgaszusammensetzung lassen sich in zwei Bereiche einteilen: – Motorische Massnahmen (1) und – Abgasnachbehandlung (2).

Ordnen Sie (1) oder (2) zu!

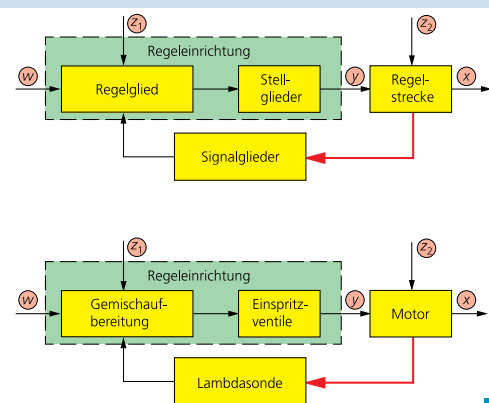
- a) AGR-Ventil (___)
- b) Kleiner Feuersteg am Kolben (___)
- c) Zentrale Lage der Zündkerze (___)
- d) Sekundärluftpumpe (___)
- e) Doppelzündung (___)
- f) Aktivkohlebehälter (___)
- g) Kurbelgehäuseentlüftung (___)

5a. Ordnen Sie für die Prinzipdarstellung der Regelungstechnik die Buchstaben den Begriffen zu!

- a) Regelgrösse (Istwert) → _____
- b) Führungsgrösse (Sollwert) → _____
- c) Stellgrösse → _____
- d) Störgrössen → _____, _____

5b. Ordnen Sie der Lambda-Regelung die Buchstaben für die Beschreibungen zu!

- a) O₂-Gehalt im Abgas (Ist) → _____
- b) $\lambda = 1$ (Soll) → _____
- c) Einspritzmenge → _____
- d) Undichtes Ansaugsystem → _____
- e) Undichtes Abgassystem → _____



5_11_wi1b1

6. Welche zwei Aussagen zu den Abgasen eines Verbrennungsmotors sind richtig?

- a) Sämtliche Abgasbestandteile sind giftig.
- b) Der überwiegende Teil der Abgase sind ungiftig und in der normalen Atemluft enthaltene Gase.
- c) Der giftigste Anteil der Abgase ist der Stickstoff, weil er krebserregend ist.
- d) CO₂ wird bei den Abgasen des Verbrennungsmotors nicht zu den giftigen Bestandteilen gezählt.
- e) Kohlenmonoxid kann nur in Speicherkatalysatoren umgewandelt werden.

7. Beurteilen Sie die Aussagen mit «richtig» (R) oder «falsch» (F)!

Stickoxide (NO_x) ...

- a) ist ein Sammelbegriff für NO, NO₂ und N₂O. (___)
- b) sind nur in den Abgasen des Ottomotors vorhanden. (___)
- c) entstehen in erster Linie beim Kaltstart mit fettem Gemisch. (___)
- d) bilden sich vorallem bei hohen Verbrennungstemperaturen. (___)
- e) sind hauptsächlich für die Weissrauchbildung beim Kaltstart verantwortlich. (___)

8. Drehmoment, Verbrauch und Abgase



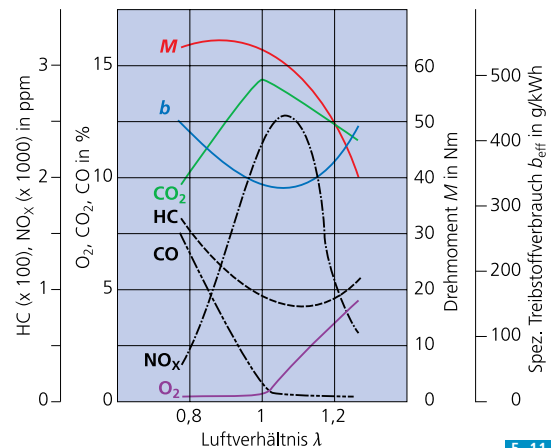
- Wie hoch ist der spezifische Treibstoffverbrauch bei der höchsten NO_x -Konzentration?

- Bestimmen Sie den HC-Anteil bei 5 % CO !

- Welche Änderung erfährt der CO_2 -Wert, wenn das Luftverhältnis von 0,8 auf 1,0 wechselt?

- Wie hoch ist der CO -Gehalt bei 150 ppm HC?

- Wie hoch ist der spezifische Treibstoffverbrauch bei einem Drehmoment von 50 Nm?



5_11_wi1b2

9a. Welche Aussage ist richtig?

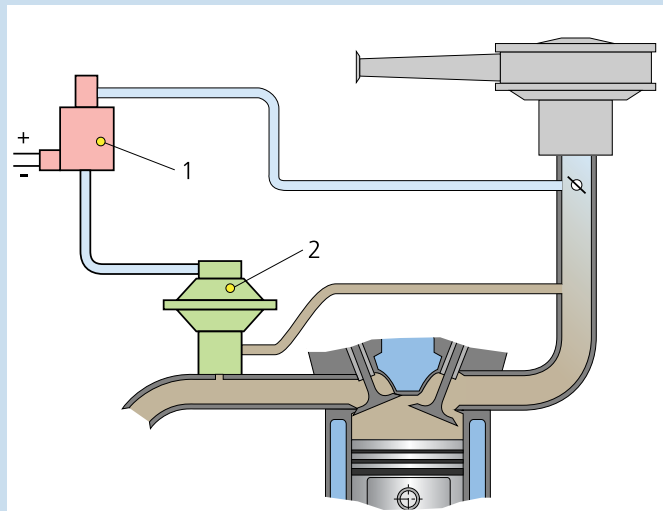


- Pos.-Nr. 1 ist ein elektropneumatischer Druckwandler.
- Pos.-Nr. 2 bezeichnet man als Pulsairventil.
- Bei hohen Drehzahlen steuert Pos.-Nr. 1 die Pos.-Nr. 2 an, wodurch Frischluft in den Auspuffkrümmer strömen kann.
- Dieses Sekundärluftsystem vermindert den Anteil des CO -Ausstosses beim Kaltstart.

9b. Welche Aufgabe hat Pos.-Nr. 2?



- Bei kaltem Motor eine Verbindung zwischen Ansaugrohr und Auspuffkollektor herzustellen.
- Den thermischen Wirkungsgrad des Motors zu steigern.
- In Abhängigkeit von Temperatur, Last und Drehzahl des Motors die Abgasrückführungsrate zu steuern.
- Bei betriebswarmen Motor die Verbindung zwischen Auspuffkollektor und Ansaugrohr zu unterbrechen.



5_11_wi1b3

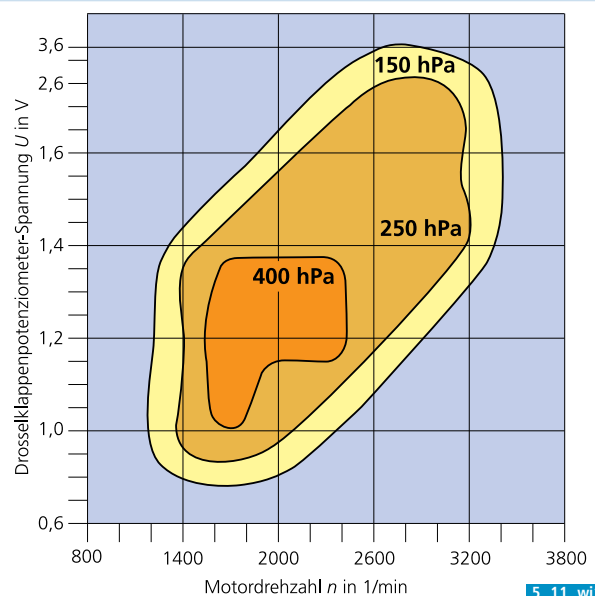
10. Unterdruckgesteuertes AGR-Ventil



Funktionsbereiche bei einem Unterdruck von:

- 150 hPa 250 hPa
400 hPa (AGR-Ventil voll geöffnet)

- In welchem Drehzahlbereich wirkt bei gleichbleibender Last ($U = 1,4 \text{ V}$) ein Unterdruck von 250 hPa auf das AGR-Ventil?
von _____ bis _____
- In welchem Drehzahl- und Spannungsbereich ist das AGR-Ventil voll geöffnet?
 n : von _____ bis _____
 U : von _____ bis _____
- Bei einer Motordrehzahl von 2800 1/min beträgt die Potenziometerspannung 2,6 V.
Um wie viel ändert der wirksame Unterdruck am AGR-Ventil, wenn die Spannung auf 1 V und die Drehzahl auf 2200 1/min absinken?



5_11_wi1b4



alle automobil-
technischen Lehrberufe



Automechaniker, Automobil-
mechatroniker, Automobil diagnostiker



Automobil diagnostiker,
Weiterbildung



Die Lösungen finden Sie
unter www.auto-wissen.ch

Ventilsteuerung

→ Robert Neuhaus

1. Welche Aussage über die Ventilsteuerung eines Viertaktmotors ist richtig? ★

- a) Bei jeder Kurbelwellenumdrehung wird jedes Ein- und Auslassventil pro Zylinder je einmal durch die Nockenwelle betätigt.
- b) Die Kurbelwelle weist die halbe Umdrehungszahl der Nockenwelle auf.
- c) Bis alle Ein- und Auslassventile eines 6-Zylinder-Reihenmotors einmal betätigt wurden, muss die Kurbelwelle drei Umdrehungen machen.
- d) Bei einer Kurbelwellendrehzahl von 6000 1/min weist die Nockenwelle 3000 1/min auf.

2. In welcher Einheit werden die Öffnungs- und Schliessmomente der Ventile angegeben? ★★

- a) Mit dem Bogenmass
- b) In Grad Ventilsitzwinkel
- c) In Umdrehungen pro Minute
- d) In Grad Kurbelwinkel
- e) In Grad der Nockenspreizung
- f) In Grad der Ventilüberschneidung
- g) In Millisekunden pro Umdrehungen

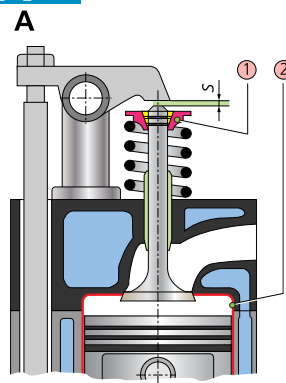
3a. Ergänzen Sie die Prinzipdarstellungen der Konstruktionen mit: ★★

- a) der englischen Abkürzung,
- b) dem ausgeschriebenen Ausdruck in der englischen Sprache!

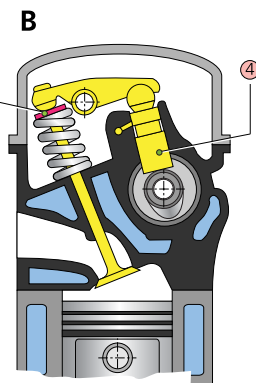
3b. Welche fünf Aussagen sind richtig? ★★

- a) Bei Konstruktion A ist das Spiel s bei kaltem Motor im Bereich von 1–2 mm.
- b) Die Kunststoffdichtungen (gelb) im Federteller 1 vermindern den Ölverbrauch des Motors.
- c) Die Zylinderlaufbuchse 2 kann bei der Konstruktion A als komplettes Bauteil in Zylinderkopf und Motorblock montiert werden.
- d) Bauteil 3 dient zum Einstellen des Ventilspiels.
- e) Position 4 bezeichnet man mit dem Fachausdruck als hydraulisches Ventilspielausgleichselement oder Hydrosstößel.
- f) Für hohe Drehzahlen ist Konstruktion A am besten geeignet.
- g) Bei Bauteil 5 kann das Ventilspiel durch Einstellscheiben unterschiedlicher Dicke eingestellt werden.
- h) Im betriebswarmen Zustand beträgt das Laufspiel bei 6 nur wenige $\frac{1}{100}$ Millimeter.
- i) Bauteil 7 wird mit Drucköl geschmiert.
- k) Die Bauteile 8 werden mit dem Fachausdruck als Schwinghebel oder Schlepphebel bezeichnet.
- l) Durch die Anordnung des Drehpunktes 9 kann der Ventilhub beeinflusst werden.
- m) Bei allen Konstruktionen werden Ein- und Auslassventile aus GJS (Gusseisen mit Kugelgraphit) gefertigt.
- n) Die Brennraumformen bei C und D bezeichnet man als «Dachförmige Brennräume».

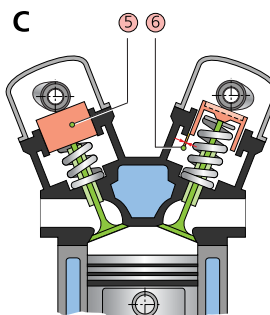
5_11_wi2b1



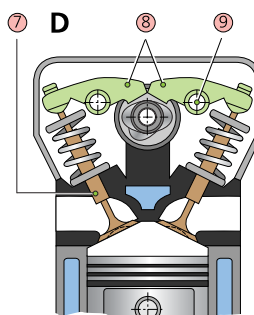
Abkürzung: _____
Ausgeschrieben: _____



Abkürzung: _____
Ausgeschrieben: _____



Abkürzung: _____
Ausgeschrieben: _____



Abkürzung: _____
Ausgeschrieben: _____

4. Berechnen Sie die Anzahl der Ventilbetätigungen bei einer Kurbelwellendrehzahl von 7200 1/min für einen 12-Zylinder-Motor (4 Ventile pro Zylinder)! ★★

- a) Pro Minute
- b) Pro Sekunde

Resultat a) _____

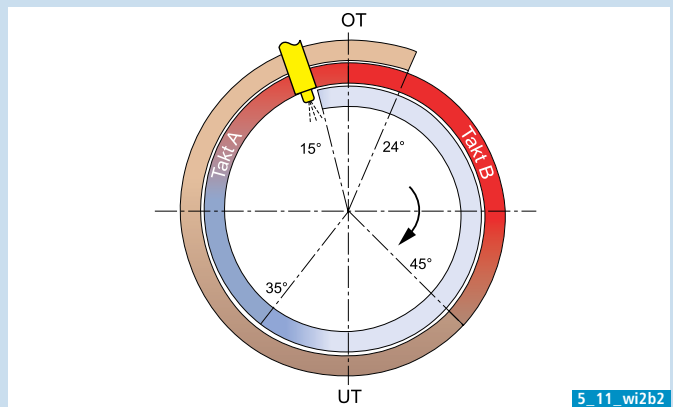
Resultat b) _____

5a. Welche Aussage zum Steuerdiagramm eines 4-Takt-Dieselmotors ist richtig? ★★

- a) Takt B bezeichnet man als Ausstosstakt.
- b) Das Einlassventil öffnet 24° nach OT.
- c) Im Takt A wird das Gemisch verdichtet.
- d) Das Auslassventil öffnet 45° vor UT.

5b. Welche Aussage ist richtig, wenn das Ventilspiel beim Einlassventil um 0,1 mm verkleinert wird? ★★

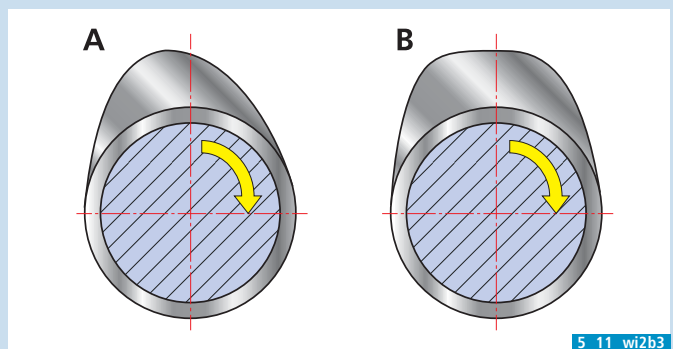
- a) $Eö > 15^\circ$ und $ES > 35^\circ$
- b) $Eö < 15^\circ$ und $ES > 35^\circ$
- c) $Eö < 15^\circ$ und $ES < 35^\circ$
- d) $Eö > 15^\circ$ und $ES < 35^\circ$



5_11_wi2b2

6. Beurteilen Sie die Aussagen zu den Nockenformen mit «richtig» (R) oder «falsch» (F)! ★★

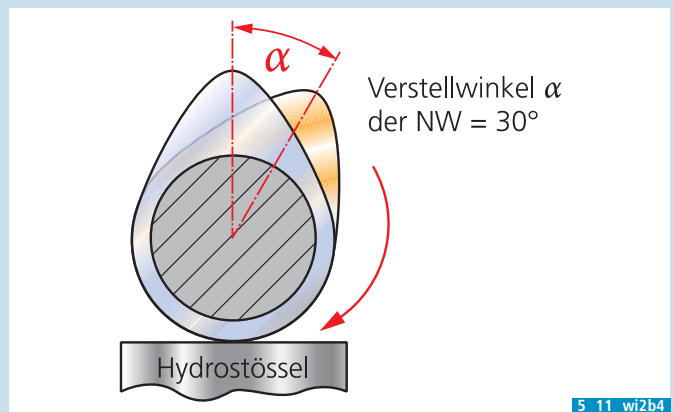
- a) Nocken B bewirkt einen grösseren Ventilhub als Nocken A. ()
- b) Nocken B verbessert den Füllungsgrad erst bei der maximalen Drehzahl. ()
- c) Beide Nocken können als asymmetrische Nocken bezeichnet werden. ()
- d) Nocken A nützt sich schneller ab als Nocken B. ()
- e) Bei Nocken B ist das Ventil längere Zeit vollständig geöffnet als bei Nocken A. ()



5_11_wi2b3

7. Beurteilen Sie die Aussagen mit «richtig» (R) oder «falsch» (F)! ★★

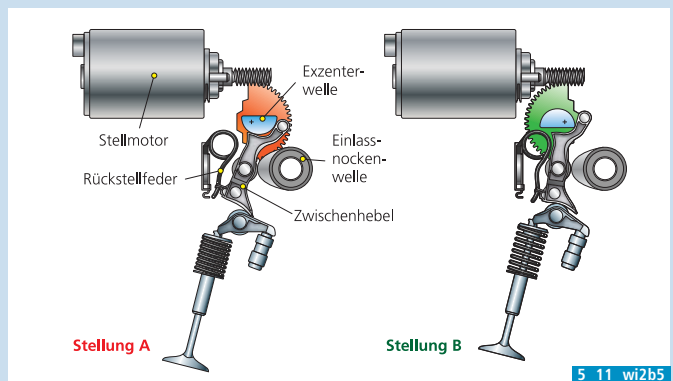
- a) Bei einem Verstellwinkel von 30° in Drehrichtung öffnet das Ventil früher und schliesst später. ()
- b) Der Verstellwinkel von 30° an der Nockenwelle wirkt sich mit 15° an der Kurbelwelle aus. ()
- c) Bei einem Verstellwinkel von 30° in Drehrichtung öffnet und schliesst das Ventil früher. ()
- d) Durch den 30°-Verstellwinkel ergibt sich ein kleinerer Ventilhub. ()
- e) Der Öffnungswinkel des Ventils wird um 30° grösser. ()



5_11_wi2b4

8. Beurteilen Sie die Aussagen zum vollvariablen Ventiltrieb mit «richtig» (R) oder «falsch» (F)! ★★

- a) In Stellung A wird der maximale Ventilhub erreicht. ()
- b) Bei dieser Konstruktion kann auf Drosselklappen verzichtet werden. ()
- c) Diese Art der Ventilsteuerung kann nur für Auslassnockenwellen angewendet werden. ()
- d) Die Füllungsregelung erfolgt über den Ventilöffnungsquerschnitt. ()
- e) Der Antrieb der Exzenterwelle erfolgt über einen Wechselstrommotor. ()



5_11_wi2b5



alle automobil-technischen Lehrberufe



Automechaniker, Automobil-mechatroniker, Automobil diagnostiker



Automobil diagnostiker, Weiterbildung



Die Lösungen finden Sie unter www.auto-wissen.ch

Diffuses in Sachen Diffusor

Neuere sportliche Fahrzeuge sind im Heckbereich mit einer Vorrichtung versehen, welche als Diffusor bezeichnet wird. Was ist darunter grundsätzlich zu verstehen und sind es wirklich echte Diffusoren, die in der Werbung vielfach propagiert werden?



Bild 1. Am Heck des Ferrari F430 sticht der ausgeprägte Diffusor mit den senkrechten Leitelementen ins Auge. (Bild Ferrari)

→ Bruno Sinzig

Im Tuningbereich ist oft festzustellen, dass Bezeichnungen und Begriffe verwendet werden, die in die Kategorie «fragwürdig» eingeteilt werden müssen. Beispielsweise preist ein grosser deutscher Hersteller in seinem Zubehörshop eine etwas modifizierte Heckschürze folgendermassen an: «Mit dem Original-Diffusor verhelfen Sie Ihrem Fahrzeug zu einer markanten Optik und forcieren den sportlichen Gesamteindruck.»

Was ist eigentlich unter dem Begriff Diffusor zu verstehen, und was kann dieser unter Umständen bewirken?

Abtrieb (engl. Downforce) ist der Begriff um den es dabei geht. Man versteht darunter die Kraft, welche das Fahrzeug aufgrund

der Luftströmung auf die Fahrbahn drückt. Physikalisch gesehen, ist es somit eine Kraft, die durch Aerodynamik erzeugt wird.

Abtrieb kann beispielsweise durch Flügel oder Spoiler erzeugt werden (siehe auch *auto&wissen* 5/2008). Vorab Flügel haben allerdings eine massive Erhöhung des Luftwiderstandes zur Folge, weshalb die Fahrzeug-Aerodynamiker nach Lösungen suchten, welche zwar Abtrieb erzeugen, den c_W -Wert (dieser Wert dient

als Mass für den Luftwiderstand, beziehungsweise für die «Wind-schlüpfrigkeit») jedoch nicht derart ansteigen lassen.

Gemäss einem Aerodynamik-Spezialisten des Sauber-F1-Teams ist es jedoch so, dass Serienfahrzeuge nur in Ausnahmefällen Abtrieb produzieren, in der Regel muss mit Auftrieb, also gerade dem Gegenteil des erwünschten Effektes, gerechnet werden.

Bereits in den 1970er-Jahren versah der Texaner Jim Hall die von ihm konstruierten Chaparral-Rennwagen mit einem Gebläse, das von einem kleinen Zusatz-Verbrennungsmotor angetrieben wurde. Die Fahrzeuge wiesen an den Seiten längs eingebaute, bewegliche Abdichtungselemente auf. Diese als Schürzen bezeichneten Abdichtungsstreifen liessen sich vertikal verschieben und deren untere Kante war immer im Kontakt zur Fahrbahn. Unter dem Fahrzeug entstand dadurch ein mehr oder weniger gut abgedichteter Raum. Das Gebläse saugte in diesem Raum die Luft ab, wodurch ein Unterdruck erzeugt wurde. Dank des auf die Oberseite der Karosserie wirkenden atmosphärischen Drucks, wurde das Fahrzeug mit erheblicher Kraft auf die Fahrbahn gedrückt. Schwierigkeiten traten

auf, wenn sich die Dichtstreifen verklebten und der Raum nicht mehr abgedichtet war. Da der Fahrer dies praktisch nicht feststellen konnte (heute wäre dies unproblematisch, da jederzeit der Unterdruck unter dem Fahrzeug überprüft werden könnte), war der Abflug in der nächsten schnell gefahrenen Kurve unausweichlich.

Findige Konstrukteure besannen sich auf die Bernoulli-Gleichung und auf den Venturi-Effekt, wodurch das Augenmerk auf die so genannten Diffusoren gerichtet wurde. Bernoulli entdeckte die Beziehung zwischen der Fliessgeschwindigkeit eines Fluides (Gas oder Flüssigkeit) und dessen Druck. Er fand heraus, dass bei einem strömenden Fluid ein Geschwindigkeitsanstieg von einem Druckabfall begleitet ist (Bild 2/Zone A), während eine Geschwindigkeitsverminderung den Druck wiederum ansteigen lässt (Zone B).

Venturi seinerseits beschrieb die Gesetzmässigkeit, dass sich die Fliessgeschwindigkeit eines durch ein Rohr strömenden inkompressiblen Fluids zu einem sich verändernden Rohrquerschnitt umgekehrt proportional verhält. Folglich ist die Geschwindigkeit des Fluids dort am grössten, wo der Querschnitt des Rohres am engsten ist.

Vorrichtungen, bei welchen Gas- oder Flüssigkeitsströmungen verlangsamt und gleichzeitig der Gas- oder Flüssigkeitsdruck erhöht werden, bezeichnet man als Diffusor. Systeme, bei denen Gas- oder Flüssigkeitsströmungen beschleunigt und gleichzeitig der Gas- oder Flüssigkeitsdruck

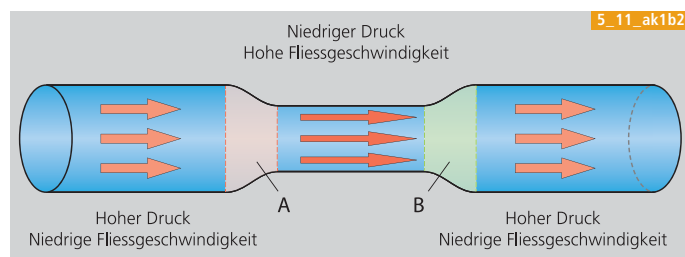


Bild 2. Der Zusammenhang zwischen der Fliessgeschwindigkeit und dem statischen Druck in einem durch Gas oder Flüssigkeit durchflossenen Rohr; die Zone A bezeichnet man als Düse, die Zone B als Diffusor.



vermindert werden, kennzeichnet man indessen als Düsen (Bild 2). In beiden Vorrichtungen wird grundsätzlich kinetische Energie in Druckenergie umgewandelt und umgekehrt. Es ist jedoch anzumerken, dass die Bezeichnung Diffusor nicht nur in der Strömungslehre, sondern auch in der Optik und in der Akustik angewendet wird. Nachstehend befassen wir uns mit den Diffusoren, welche in der Aerodynamik verwendet werden, und zwar im so genannten Unterschallbereich, das heisst unterhalb von Mach 1 ($v_{\text{Luft}} < \text{Mach } 1$). Mach 1 bedeutet, dass sich der Schall in der Luft bei 20 °C mit einer Geschwindigkeit von zirka 1235 km/h (entspricht ungefähr 343 m/s) fortpflanzt.

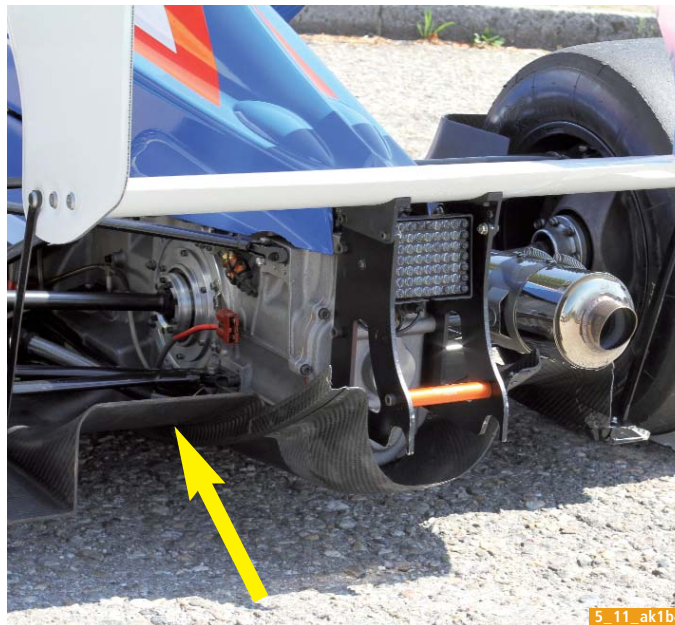


Bild 4. Heckpartie eines Formel-Renault-Rennwagens; der Pfeil weist auf den Diffusoraustritt hin.

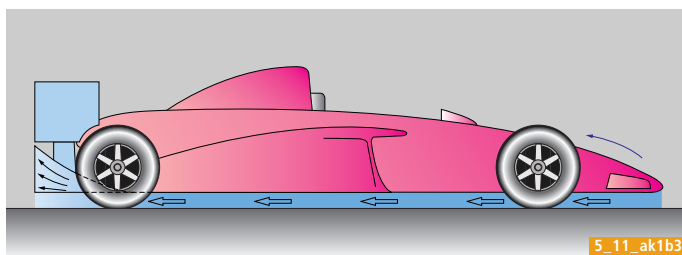


Bild 3. Der flache Unterboden eines Rennwagens und der ansteigende Diffusorbereich in der Heckpartie bewirken den Abtrieb.

In **Strassenfahrzeugen** sind Diffusoren praktisch ausschliesslich im Heckbereich zu finden, derweil bei Rennwagen sowohl Front- als auch Heckdiffusoren eingesetzt werden.

Heckdiffusoren kommen im Unterbodenbereich zum Einsatz. Die Wirkflächen des Diffusors werden dabei vom Fahrzeug und von der Fahrbahn gebildet (Bild 3). Ein solcher Diffusor wirkt sich auf die Druckverteilung unter dem gesamten Unterboden aus. Aufgrund der hohen Luftgeschwindigkeit sinkt der statische Druck im Bereich des Bodens ab, wodurch dank der Druckdifferenz zur Wagenoberseite Abtrieb entsteht.

Messungen im Windkanal haben zudem ergeben, dass der Luftwiderstand bei einem Fahr-

zeug mit ebenem Unterboden ohne Anstieg im hinteren Bereich grösser ist, als wenn die Unterseite hinten hochgezogen wird.

Die Wirkung des Diffusors kann gesteigert werden, indem der Luftstrom, welcher über die Fahrzeugoberseite geleitet wird, unmittelbar am Diffusoraustritt mit der unter dem Fahrzeug durchströmenden Luft vereinigt wird. Es entsteht ein Sog, welcher die durch den Diffusor strömende Luft beschleunigt.

Negativ wirken sich natürlich Veränderungen des Diffusorquerschnitts aus. Solche entstehen beispielsweise bei Schwankungen des Abstandes zwischen Unterboden und Fahrbahn; grosse Federwege sind also sehr ungünstig. Fahrzeuge, welche im Rennsport eingesetzt werden,

weisen in der Regel eine harte Federung auf, weshalb der Federweg sehr gering ist. Bei Strassenfahrzeugen dagegen sind die Federwege grösser, wodurch die Wirkung des Diffusors – falls überhaupt eine Wirkung festgestellt werden kann – beim Durchfedern stärker ändert.

Die senkrechten Leitelemente wie sie beispielsweise in Bild 1 gut sichtbar sind, haben die Aufgabe,

den Luftstrom so zu leiten, damit die störende Wirkung der Randwirbel vermindert werden kann. Auch diese Besonderheit ist selbstverständlich erst bei höheren Geschwindigkeiten von Belang.

In der **Formel 1** sorgen derzeit die so genannt angeblasenen Diffusoren für Aufsehen. Um einen möglichst grossen Abtrieb zu erzeugen, den Wirkungsgrad des Diffusors also zu erhöhen, werden die Abgase in diesen eingeleitet. Mit der zusätzlichen (Abgas-) Energie wird der Gasstrom im Diffusor erhöht, wodurch der Unterdruck-Effekt verstärkt und mehr Downforce erzeugt werden kann.

Problematisch wird es allerdings im Schiebetrieb. Sobald der Motor im praktisch unbelasteten Zustand läuft, wird der Abgasstrom sehr stark reduziert; folglich wird dann auch weniger Abtrieb generiert. Damit auch dann mit genügend Abtrieb gerechnet werden kann, sind die Motoren teilweise so extrem ausgelegt, dass in den Zylindern – obwohl keine Leistung abgerufen wird – trotzdem Treibstoff verbrannt wird, und dies nur damit der unerlässliche Abgasstrom nicht versiegt.



Bild 5. Diffusor, dessen Wirkung – vorab aufgrund der erreichbaren Höchstgeschwindigkeit – wohl eher mässig ist.



Sicherheit im Fond von Ford

Der Ford Explorer ist das erste serienmässige Fahrzeug, das mit aufblasbaren Sicherheitsgurten für die Fondpassagiere ausgestattet wird. Vorerst wird das neue System nur für den nord-amerikanischen Markt angeboten; der europäische Markt wird folgen.



Bild 1. Der Gurtairbag erhöht den Tragekomfort und reduziert die Belastungsenergie auf den Körper durch die fünffache Auflagefläche gegenüber eines normalen Gurtbandes.

(Bild Ford)

→ Harry Pfister

In der Schweiz ist das Gurten-tragobligatorium auf den Vordersitzen seit 1981 und auf den Rücksitzen seit 1994 in Kraft. Studien zeigen auf, dass gut 88 % der Lenker und Beifahrer die Gurte tragen; bei den Fondpassagieren liegt die Quote bei lediglich 80 %.

Der Sicherheitsgurt ist neben der Fahrzeugkonstruktion eine der wichtigsten Massnahmen zur Verringerung der unfallbedingten Verletzungen und Todesfälle im

Strassenverkehr. Ihm wird eine erheblich höhere Bedeutung und Wirksamkeit zugeordnet als beispielsweise dem Airbag. So verbessert der Sicherheitsgurt die Überlebenschancen bei einem Unfall um 45 %. Ein zusätzlicher Airbag erhöht sie auf 50 %.

Die Gründe für das Nichttragen des Sicherheitsgurtes sind unterschiedlich. Angegeben werden: Vergesslichkeit, Faulheit, Eile, mangelnde Gewohnheit, Kleidung könnte zerknittert oder beschmutzt werden und unbequemes, störendes Gefühl durch den

Gurt. Für den letzten Punkt bietet der Sicherheitsgurt von Ford einen deutlich besseren Tragekomfort, weil die Gurten abgerundete Kanten aufweisen und durch den innenliegenden Airbag dicker auftragen sowie besser polstern. Das bequemere Tragen des Gurtes werden insbesondere ältere Menschen und Kinder sehr zu schätzen wissen.

Als Inflatable Rear Seat Belts (IRSB) werden die Gurtairbags von Ford bezeichnet (Bild 1). Im Sicherheitsgurt ist ein Luftsack wie beim bekannten Airbag eingearbeitet. Dadurch müssen die Gurtbänder mithilfe von zwei separaten Aufrollapparaten geführt werden. Ein Hybridgasgenerator ist unter einem Druck von rund 400 bar mit einem Argon-Helium-Gemisch gefüllt. Sobald der Kaltgasgenerator gezündet wird, strömt das komprimierte Gas innerhalb 40 ms durch das speziell geformte Gurtschloss und die Gurtzunge (Bild 2) in den Schultergurt. Der dort integrierte schlauchförmige Airbag wird dadurch gefüllt. An Sollbruchstellen wird das Gurtband aufgerissen, sodass der polsternde Luftsack mit einem Volumen von 10 Litern sich quer über den Oberkörper spannt. Der Beckengurt verhält sich dabei wie ein normaler Sicherheitsgurt und wird nicht entfaltet.

Die übertragenen Kräfte werden im Vergleich zum konventionellen Gurt durch die fünffach grössere Fläche des IRSB besser verteilt. Bei grossen Insassen lässt sich die Vorverlagerung des Körpers mit dem Gurtairbag im Zusammenspiel mit dem Gurtkraftbegrenzer leichter steuern. Da-

durch minimiert sich die Brustbelastung und gleichzeitig kann der Aufschlag auf den Vordersitz vermieden werden. Ebenfalls kann die Bewegung des Kopfes durch den Luftsack abgefedert werden.

Der Gurtairbag ist auch für Passagiere in Kindersitzen, rückwärtsgerichteten Babyschalen oder auf Sitzschalen geeignet.

Je nach Crashsituation erfolgt die Auslösung durch das Airbag-Steuergerät unterschiedlich. Zum Beispiel löst das Steuergerät bei einem Frontalcrash auf eine starre Wand nach 10 ms aus. Bei einem Offset-Anprall mit 50 km/h auf ein deformierbares Fahrzeug, wird nach zirka 50 ms der Auslösestrom an die Zündpille durchgeschaltet und der Gasgenerator aktiviert.

In Europa wird laut Ford die Einführung dieser sehr nützlichen Sicherheitseinrichtung geplant. Die Modellreihe und das Einführungsdatum standen jedoch bis zum Redaktionsschluss noch nicht definitiv fest.

Videosequenzen zum neuen Gurtairbag sind im Memberbereich von www.auto-wissen.ch zu sehen.



Bild 2. Gurtzunge und Gurtschloss sind speziell aufeinander abgestimmt, damit das Gas in den Gurtairbag strömen kann.

Wettbewerb

Die letzte Frage konnten **alle** Teilnehmer richtig beantworten. Die korrekten Antworten lauten:

a) 83,3 Hz und b) 6,9 V

Wer alle Antworten der sechs gestellten Fragen richtig gelöst und eingesandt hat, kann im Finale um den Hauptgewinn kämpfen:

➔ 1 portables 2-Kanal-Speicheroszilloskop mit Farbdisplay samt Stromzange und Zubehör im Wert von 5100 Franken.

Weiterhin im Rennen um den Hauptpreis sind:

Premtim Berisha, Karl Flammer, Rico Freund, Patrick Gadeschi, Simon Grau, Nicolas Hauswirth, Adrian Joss, Heinz Kessler, Thomas Lüönd, Monika Lüönd, Alessandro Marino, Andreas Möri, Mario Müller, Marcel Stadelmann, Andreas Stucki, Daniel Wegmüller, Kevin Weiss, Remo Wellinger, Daria Wilms.

Also, los zur 3. Runde und weitermachen, damit sich die Gewinnchance erhöht! Selbstverständlich können wiederum alle Leser am Wettbewerb in dieser Nummer teilnehmen, um die ersten drei Preise zu ergattern.

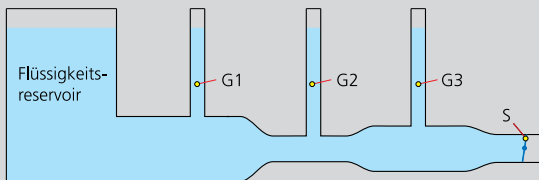
Neu: Geben Sie bitte an, um welchen Preis (A, B oder C) Sie gerne mitspielen möchten!

Eine ausführliche Beschreibung der Wettbewerbspreise finden Sie unter www.auto-wissen.ch/wettbewerb.html.



Wettbewerbsfrage:

Welches Gefäß weist den niedrigsten Flüssigkeitsstand auf, wenn der Schieber S geöffnet wird?



Ihr Gewinn

Preis A: Zangenstromwandler 6EN (5 mA bis 2 A)

Preis B: TRMS-Vielfachmesszange MX 675 bis 1400 A

Preis C: Etui mit Messkabelsatz und Laborkabel



Ihre Antwort, Anschrift und den Wunschpreis mailen Sie spätestens bis zum **26. November 2011** an: wettbewerb@auto-wissen.ch
Die Gewinner werden in der nächsten Ausgabe sowie auf unserer Internetseite www.auto-wissen.ch bekannt gegeben. Das «auto&wissen»-Team wünscht viel Glück.

Lösung aus Heft 4/2011:

a) 83,3 Hz

b) 6,9 V

Sieger aus Heft 4/2011:

Preis A – Kevin Weiss

Preis B – Markus Wernli

Preis C – Alessandro Marino

Sponsor



AUTOMOBILTECHNIK

Ausstellungsstrasse 70 Telefon 044 446 96 46
CH-8090 Zürich Telefax 044 446 96 86
www.tbz.ch E-Mail admin.at@tbz.zh.ch

TECHNISCHE BERUFSSCHULE ZÜRICH

Erfolgreich abschliessen:
Mit uns gelingt's.
Bilden Sie sich weiter zum/zur

- **Automobildiagnostiker/-in BP**
- **Carrosseriespengler/-in BP**
- **Eidg. Automobilkaufmann/-frau**

Kursprogramme und Anmeldeformulare
sendet Ihnen gerne unser Sekretariat!



Ihre Didaktik?

LD Didactic ist der führende Hersteller hochwertiger Lehrsysteme für Aus- und Weiterbildung in Schule, Universität und Beruf.

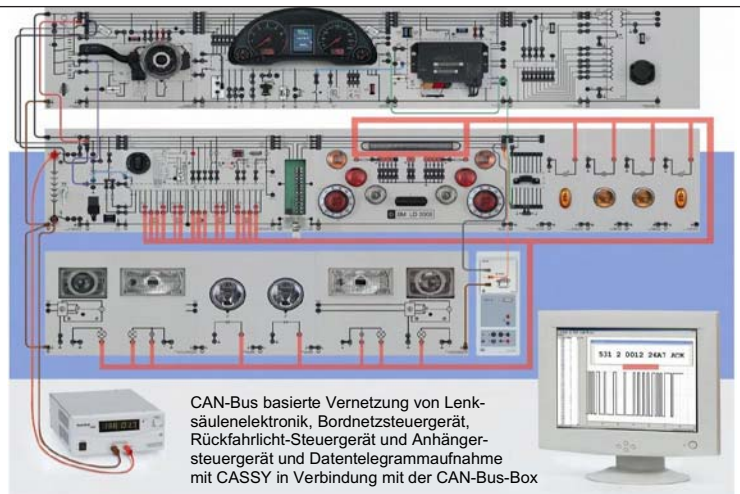
Unsere Methodik!

LD Lehrsysteme – Kostengünstige, kundengerechte Produkte hoher Qualität, ideal aufeinander abgestimmt.

www.ld-didactic.ch



LD Didactic



CAN-Bus basierte Vernetzung von Lenksäulenelektronik, Bordnetzsteuergerät, Rückfahrlicht-Steuergerät und Anhängersteuergerät und Datentelegrammaufnahme mit CASSY in Verbindung mit der CAN-Bus-Box

- Umfangreiches Ersatzteilsortiment in Erstausrüsterqualität
- Hervorragende Verfügbarkeit
- Schneller Lieferdienst



Technomag AG

Fischermättelstrasse 6 3000 Bern 5

Tel. 031 379 81 21 Fax 031 382 55 88

TECHNOMAG

www.technomag.ch