

Abgasrückführung und -steuerung mit Komponenten von Pierburg

Pierburg Komponenten zur Abgasrückführung und Abgassteuerung

Von immer stärkerer Bedeutung bei der Entwicklung neuer Motorgenerationen ist die Senkung des Verbrauchs sowie die Verminderung der Schadstoffemission verbunden mit der Optimierung von Leistung, Komfort und Sicherheit. Diese Aufgabe kann ein Katalysator oder ein Rußfilter in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor alleine nicht bewältigen.

Die zur KSPG Gruppe gehörende Pierburg GmbH ist Spezialist für die Bereiche Schadstoffreduzierung, Luftversorgung und Drosselklappen. Die jahrzehntelange Erfahrung und die umfassende innovative und anerkannte Kompetenz rund um den Motor qualifizieren Pierburg für die konsequente Entwicklung und Fertigung zukunftsweisender Komponenten, Module und Systeme. Neben anderen Konzepten bietet der

Hersteller Techniken zur Abgasrückführung (AGR) sowie Abgassteuerung an: Mit ihnen können die aktuellen, durch den Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerte sowie zukünftige Auflagen auf nationalen und internationalen Märkten effizient erfüllt werden.

Zwar können die Rohemission der Motoren kontinuierlich durch technische Maßnahmen reduziert werden, aber die Verschärfung der Emissions-Grenzwerte führen auch dazu, dass die Technologien der außermotorischen Maßnahmen verbessert werden müssen. Konsequenterweise weiterentwickelte AGR-Konzepte auf dem neusten Stand der Technik leisten auch einen wertvollen Beitrag zur effektiveren Nutzung von Kraftstoffen. Darüber hinaus unterstützen sie den Motor in der Warmlaufphase. Klappensysteme bringen ihn zusätzlich schneller auf die notwendige Betriebstemperatur.

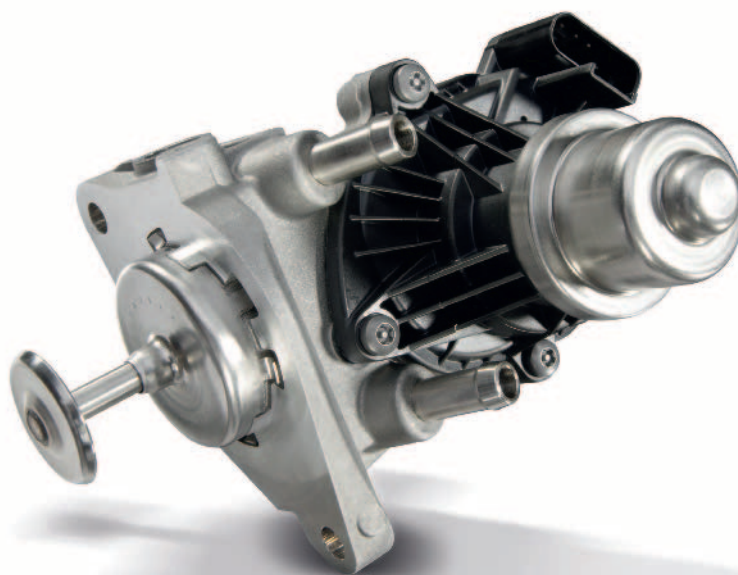


Abb. 1: Kompakt-AGR-Ventil

Mit verschiedenen Komponenten und Modulen, unterstützt durch pneumatische oder elektrische Aktuatoren, hält Pierburg auch für künftige Motorapplikationen optimale AGR-Komponenten für seine Kunden bereit. Der Motorenspezialist bietet ein Baukasten-Konstruktionsystem an, mit dem die optimale Kundenlösung erstellt werden kann.

Durch die hohen und sich ständig verschärfenden Emissionsgrenzwerte steigen die technischen Anforderungen an die AGR-Komponenten hinsichtlich ihrer Regelbarkeit in übergeordneten Motorsystemen. Die daraus resultierende hohe mechanische und elektronische Integration von Funktionsgruppen führt zu „maßgeschneiderten“ mechatronischen AGR-Komponenten.

Pierburg AGR-Ventile und Abgasklappen weisen bei hohen Stellkräften eine sehr gute Regel- und Positionsgenauigkeit und ein sensibles Ansprechverhalten auf. Eine deutliche Stickoxidsenkung ermöglichen AGR-Ventile in Verbindung mit einem Abgaskühler sowie Abgasklappen zur Steuerung der Druckdifferenz.

Insgesamt bietet die intelligente Integration aller AGR-Komponenten wie Ventile, Klappen, Bypass, Kühler und Leitungen eine kostengünstige Lösung mit hoher Dauerhaltbarkeit zum Schutz der Umwelt.

Wirkungsweise der Abgasrückführung

Abgasrückführung vermindert schon bei der Entstehung durch die Absenkung der Verbrennungstemperatur und die Verminderung des Sauerstoffanteils in der Ansaugluft die Stickoxid-Emissionen sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren.

Die Abgasrückführung dient nicht nur zur Stickoxidminimierung, sondern beim Ottomotor auch zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs.

Bedingt durch den Magerbetrieb des Dieselmotors verträgt dieser vielfach höhere Abgasraten als ein Ottomotor.

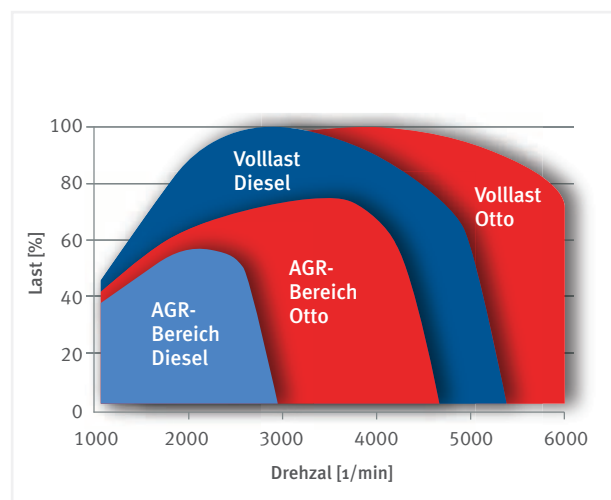


Abb. 2: AGR-Bereiche von konventionellen Otto- und Dieselmotoren



Abb. 3: AGR-Modul

Abgasrückführung bei Ottomotor-Anwendung

Die Abgasrückführung wird bei Ottomotoren zur Entdrosselung des Motors im Teillastbereich eingesetzt. Das führte zu einer Verbrauchsabsenkung.

Je nach Ottomotor-Konzept können die AGR-Raten erhöht werden. Höchste AGR-Raten haben Ottomotoren mit Direkteinspritzung im Schichtlade-Betrieb ($\lambda > 1$; s. Abb. 2)

Da der Magerbetrieb von Ottomotoren mit Direkteinspritzung den Einsatz von 3-Wege-Katalysatoren ausschließt, sind zur Reduzierung der Stickoxid-Rohemissionen möglichst hohe AGR-Raten notwendig. Durch Abgasrückführung werden sowohl die Stickoxide im Rohabgas bis zu 70 % abgesenkt als auch der Luftdurchsatz erheblich reduziert. Die infolge der geringeren Rohemissionen verminderte Spülhäufigkeit des DeNO_x-Katalysators hat einen zusätzlichen indirekten Verbrauchsvorteil zur Folge. Zukünftige Konzepte können zur Wirkungsgradsteigerung des Motors beitragen, indem sie die Klopfneigung des Motors im Hochlast-Bereich senken.

Abgasrückführung bei Dieselmotor-Anwendung

Bei Dieselmotoren werden Oxydationskatalysatoren und Partikelfilter zur Verminderung von Kohlenwasserstoff (HC) und Partikel (PM) benutzt. Zur NO_x-Reduzierung hat sich bei den Dieselmotoren neben motorischen Maßnahmen, wie der Spritzbeginn-Verstellung, die Abgasrückführung als ausgereifte und kostengünstige technische Lösung durchgesetzt.

Wegen der kontinuierlichen Verschärfung der NO_x-Grenzwerte werden ergänzend zum AGR Abgasnachbehandlungssystem Harnstoff-Kat (SCR) und NO_x-Speicherkat eingesetzt.

Die AGR-Kühlung unterstützt durch eine deutliche Absenkung der Temperatur des zurückgeführten Abgases die Effekte der Abgasrückführung und bewirkt somit eine weitere Stickoxidreduzierung.

Land/Jahr	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
EU	Euro 2	Euro 3				Euro 4				Euro 5			Euro 6		
Hong Kong, China	Euro 2	Euro 3				Euro 4									
Indien (Otto)		India 2000 / Euro 1				Bharat Stage II / Euro 2				Bharat Stage III / Euro 3					
Indien (Diesel)		Bharat Stage II / Euro 2				Bharat Stage III / Euro 3				Bharat Stage IV / Euro 4					
VR China (Otto)		Euro 1		Euro 2			Euro 3		Euro 4						
Türkei (Otto)		Euro 1					Euro 4								
Türkei (Diesel)		Euro 3					Euro 4								
Russland		Euro 1													
GUS Staaten							Euro 2		Euro 3		Euro 4				
USA	Tier 1				Tier 2				Tier 3						
Kanada	Tier 1				Tier 2				Tier 3						
Mexiko	SEMARNAT 2003/Tier1					Tier 2 / Euro 3, 4 äquivalent									

Abb. 4: Emissionsgesetzgebung (ausgewählte Gebiete) für Europa, Amerika und Asien

Nationale und internationale Emissionsanforderungen

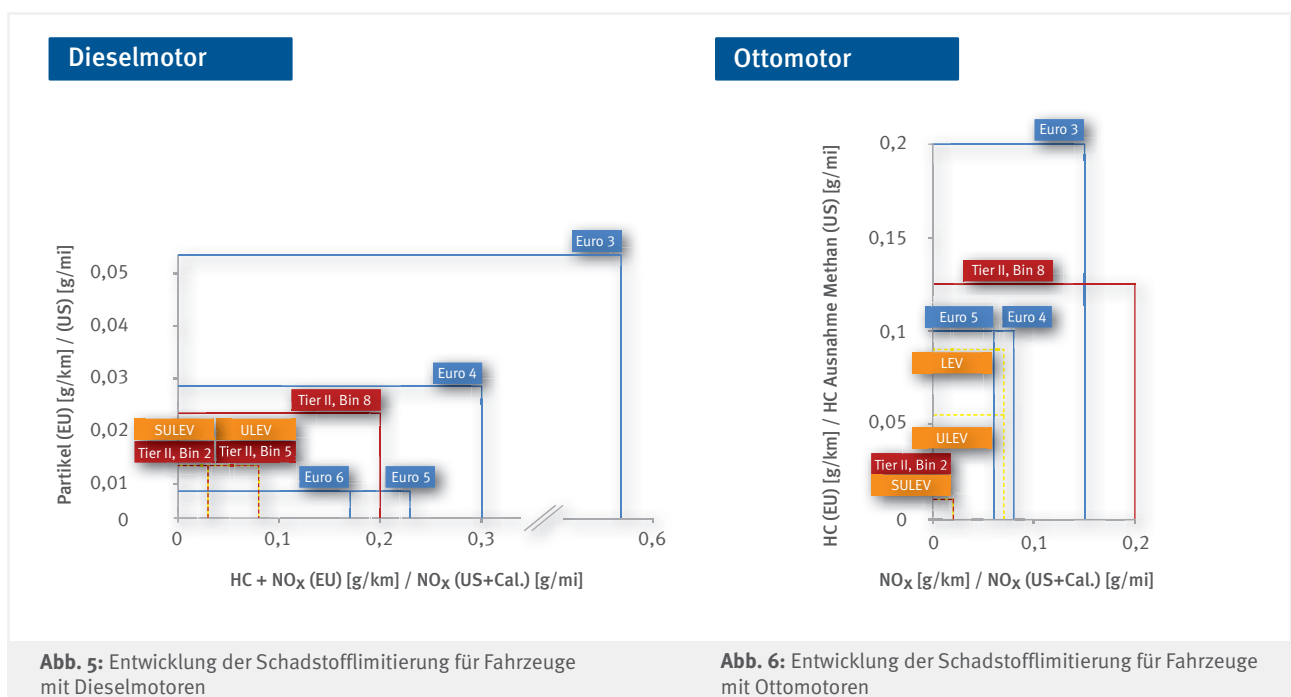
Der Gesetzgeber verschärft kontinuierlich die Emissionsbestimmungen, um den umweltschädigenden Einfluss der Verbrennung fossiler Brennstoffe durch Motoren einzugrenzen.

Durch die Verbrennung entstehen Endprodukte wie Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NO_x), Partikel (PM), Schwefeldioxyde (SO₂), Schwefelsäure (H₂SO₄) u.v.m. Seit den 1970er Jahren wurden für Pkw die ersten gemeinsamen europäischen Abgasnormen umgesetzt. Begrenzt wurden die Werte für Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC). 1977 kamen die Begrenzungen der Stickoxide (NO_x) hinzu. 1988 wurden bei den Dieselmotoren die Grenzwerte für Rußpartikel (PM) eingeführt.

Durch die Grenzwerte werden die Fahrzeuge in bestimmte Schadstoffklassen eingeteilt. Diese Schadstoffklassen dienen unter anderem der Berechnung der Kfz-Steuer und der Einteilung in Schadstoffgruppen für Umweltzonen. Bei den

Grenzwerten wird sowohl nach Verbrennungstyp des Motors in Diesel- und Ottomotor als auch nach Fahrzeugtyp in Pkw, Lkw und Motorrad unterschieden.

Neben den europäischen Abgasnormen (Euro 1 – 6) gibt es auch andere nationale Normen, die in den jeweiligen Ländern berücksichtigt werden müssen. In den USA wurden unterschiedliche Abgasnormen (Tier 2 Grenzwerte der EPA, LEV II Grenzwerte der CARB) eingeführt. Die EU und die USA sind die Treiber der Emissionsnormen. Die meisten asiatischen und amerikanischen Länder übernehmen die Abgasnormen der EU und USA. Die Hersteller von Kraftfahrzeugen müssen daher die unterschiedlichen Grenzwerte zu unterschiedlichen Zeitpunkten berücksichtigen.



CO₂ und Klimawandel

In den 1990er Jahren veröffentlichte die EU-Kommission ihre Strategie zur Minderung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und zur Senkung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs. Aufgrund dessen verpflichteten sich die Hersteller zunächst freiwillig die CO₂-Emissionen entsprechend der EU-Vorgaben zu reduzieren: Die durchschnittliche Emissionsgrenze sollte bei 140 g/km liegen.

Nachdem jedoch die CO₂-Emission im Mittel je Pkw mit rund 20 g/km über den für 2009 angestrebten Zielwert lag, beschloss die EU gesetzliche Maßnahmen. In der Folge senkte die Kommission die Grenzwerte für die durchschnittliche CO₂-Emission je Pkw kontinuierlich und legt als Zielwert 95 g/km für das Jahr 2020 fest.

Otto-AGR-Konzepte

AGR-Ventile für Anwendungen in der Teillast

Die Abgasrückführung in der Teillast hat sich in Motoren mit Saugrohreinspritzung durchgesetzt und wird für Motoren mit Direkteinspritzung zum Teil eingesetzt. Zukünftige Emissionsgrenzen, wie z. B. der Grenzwert von 95 g CO₂/km, erfordern bei modernen Ottomotoren spezifisch abgestimmte externe Abgasrückführsysteme. Die Funktion eines Abgasrückführsystems wird durch die Auslegung der AGR-Komponenten zentral beeinflusst. Deshalb müssen AGR-Komponenten auf den Anwendungsfall hin individuell ausgelegt werden. Basierend auf der langjährigen Erfahrung mit AGR-Ventilen hat Pierburg elektrische AGR-Ventile für Ottomotoren entwickelt, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

- hohe Dynamik
- hohe Regelgüte / gute Dosierbarkeit im gesamten Durchsatzbereich
- gute Durchmischung von Abgas und Frischluft durch ein dafür angepasstes Gehäuse
- ausreichende AGR-Raten im gewünschten Last- und Abgasgedruckt-Bereich

- hohe Zuverlässigkeit
- Dauerhaltbarkeit und Robustheit
- Verschmutzungsunempfindlichkeit
- geringes Bauvolumen und geringes Gewicht
- hohe Temperaturbeständigkeit
- geringe Leckage
- Diagnosefähigkeit
- geringe Systemkosten

Konstruktiv werden sowohl für Saugrohr- als auch für Direkteinspritzung (DE)-Ottomotoren funktionell gleiche elektromotorische AGR-Ventile verwendet. Charakteristisch für AGR-Ventile für Ottomotoren sind Komponenten mit hoher thermischer Belastbarkeit und großer Verschmutzungsunempfindlichkeit. Zusätzlich sind größere Ventilquerschnitte bei AGR-Ventilen für DE-Otto-Motoren im Magerbetrieb typisch.

AGR-Ventile für Anwendungen in der Hochlast Hochdruck (HD)- und Niederdruckkonzepte (ND)

Strengere CO₂-Reglementierung und damit verbunden die Forderung zur Verminderung des Kraftstoffverbrauchs werden zur erweiterten Verschiebung der Abgasrückführung in Richtung der Hochlast führen. Pierburg bietet Lösungen für

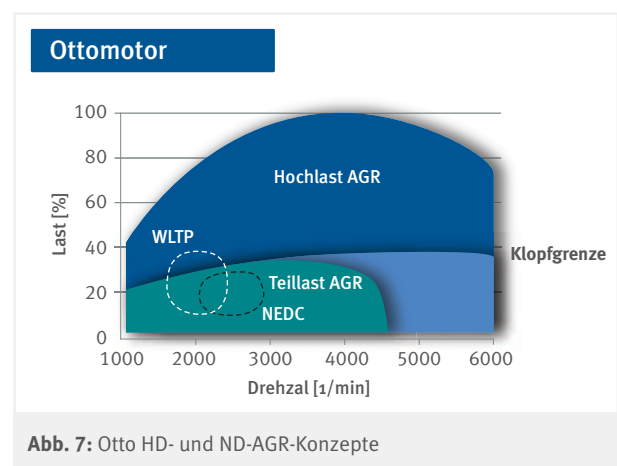


Abb. 7: Otto HD- und ND-AGR-Konzepte

Hochlast-AGR-Systeme an, die insbesondere bei Otto-Motoren mit Aufladung immer mehr Anwendung finden werden.

Wie in der schematischen Darstellung eines Motorkennfelds zu sehen ist (vgl. Abb. 7), kommt AGR in zwei Teilbereichen zum Einsatz.

Im Teillastbereich wird mittels ungekühltem AGR eine Entdrosselung und somit eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs erreicht.

Durch zunehmend höhere Ladedrücke im Hochlastbereich muss auch das Verdichtungsverhältnis des Motors verkleinert werden, um die dadurch bedingte Klopfneigung des Motors zu vermindern. Das aber wiederum senkt den Wirkungsgrad des Motors.

Um diesem entgegenzuwirken, also das Verdichtungsverhältnis zu halten oder gar zu erhöhen, kommt im Hochlastbereich bei geringen Drehzahlen neben der Adaption des Zündzeitpunktes gekühltes ND-AGR zum Einsatz.

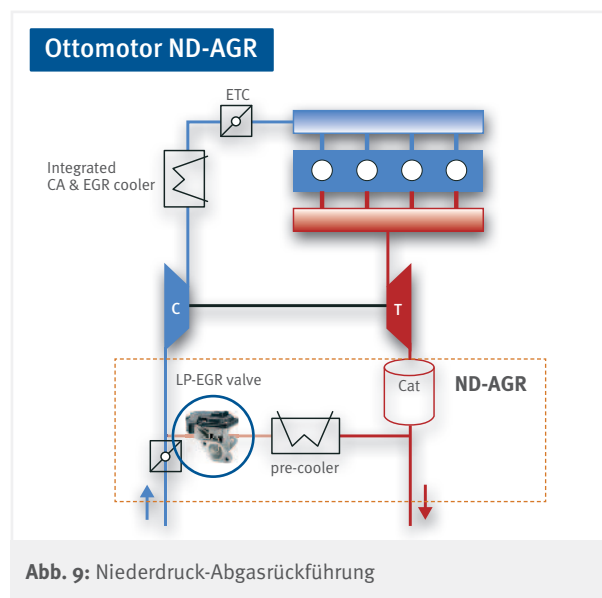
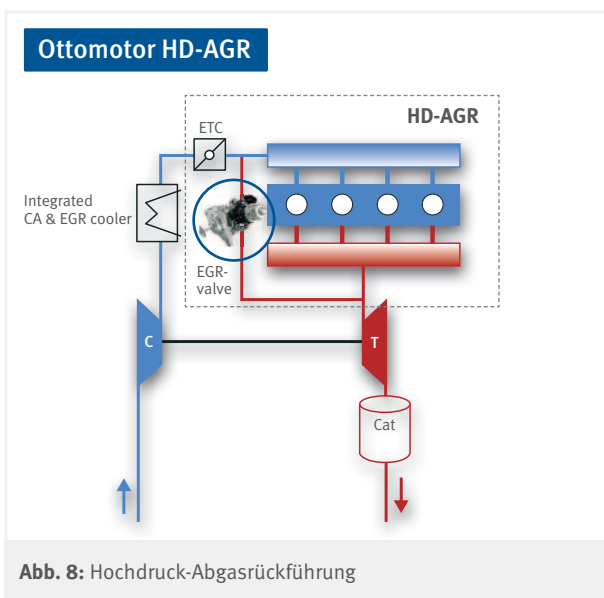
Zukünftig kann der Einsatzbereich von AGR in den Hochlastbereich bei höheren Drehzahlen erweitert werden. Dazu

müssen kühlleistungsstarke ND-AGR- oder HD-AGR-Module in das Motorkonzept integriert werden. Auch hier ist das Ziel, die Neigung zum Klopfen bei hohen Ladedrücken und gleichzeitig hohem Verdichtungsverhältnis zu senken.

Im Unterschied zu AGR-Ventilen, die im Hochdruckbereich eingesetzt werden, können im Niederdruckbereich – ähnlich wie beim Dieselmotor – sogenannte Butterfly- oder High-Flow-Ventile verwendet werden.

Diesel-AGR-Konzepte

Je nach Anwendung wird in unterschiedliche Positionen der Abgasentnahme unterschieden. Die klassische Art dem Motor vor der Turbine Abgas zu entnehmen und es wieder der Frischluft zuzuführen bezeichnet man als Hochdruck-Abgasrückführung (HD-AGR). Bei der Niederdruck-Abgasrückführung (ND-AGR) wird das Abgas hinter der Turbine entnommen und bei niedrigem Druckniveau dem Verdichter zugeführt. Die Vermischung des Abgases mit der Frischluft über den Verdichter ist für den Motor optimal.



AGR-Ventile für Diesel-Hochdruckkonzepte

Das Abgas wird in diesem Fall direkt am Abgaskrümmter entnommen und unter hohem Druckniveau der Frischluftseite über ein Rohr zugeführt. Im Saugrohr bzw. im Ladedruck-Rohr vermischen sich Abgas und Frischluft.

Die Zumischung des rückgeführten Abgases übernimmt ein am Motor angebrachtes Abgasrückführventil.

Das rückgeführte Abgas erreicht ein Temperaturniveau von ca. 400 °C bis 600 °C. Abgasrückführventile müssen sicher gegen Abgasgegendruck bzw. gegen Ladedruck abdichten. Sie müssen außerdem unempfindlich gegen Verschmutzung, Versottung und schädliche Kondensate sein, die zu Korrosion führen können.

Von Diesel-HD-AGR-Ventilen wird im Allgemeinen gefordert:

- hohe Verstell-Dynamik
- gute Dosierbarkeit
- definierte Kennlinie
- Verschmutzungsunempfindlichkeit



Abb. 10: Diesel-AGR Gen. II Ventil

- Robustheit und Dauerhaltbarkeit
- Diagnosefähigkeit
- Flexibles Design für die verschiedenen Einbauräume
- geringes Gewicht
- geringe Kosten

HD-AGR-Ventile verfügen in der Regel über einen berührungslosen Hubsensor. Durch diese Sensor-Information kann das Motorsteuergerät in einem geschlossenen Regelkreis den gewünschten Ventilhub und damit die erforderliche Abgasrückführrate einregeln. Falls erforderlich kann die Sensorinformation zur Diagnose des AGR-Ventils verwendet werden.

HD-AGR-Teller-Ventile

Elektromotorisch angetriebene AGR-Ventile, kurz EM-AGR-Ventile, kommen in Dieselmotoren zum Einsatz. Das Absperrorgan des AGR-Ventils ist ein Ventilteller, der je nach Bauart gegen oder mit der Strömungsrichtung geöffnet wird. Als Antrieb dient ein Gleichstrommotor mit nachgeschaltetem Getriebe. Die Drehbewegung wird mittels eines Exzenterantriebes in eine Linearbewegung umgesetzt. Durch die Umkehrung der Drehrichtung des Gleichstrommotors wird eine motorische Schließkraftunterstützung erzeugt. Dadurch wird ein schnelles und sicheres Schließen bei geringer Ventilsitz-Leckage erreicht. Ein EM-AGR-Ventil zeichnet sich durch hohe Verstelldynamik und zugleich hohen Stellkräften aus. Einteller-Ventile sind robust und verschmutzungsunempfindlich. Insbesondere ein in Strömungsrichtung öffnendes EM-AGR-Ventil zeichnet sich durch geringere Druckverluste und hohen Durchsatz aus. Mit dem Kompakt-AGR-Ventil wird eine besonders platzsparende Bauform realisiert.

Sowohl das Standard-EM-AGR-Ventil, das konsequenter modular aufgebaut ist, als auch das Kompakt-AGR-Ventil verfügen über ein besonders geringes Gewicht.

AGR-Ventile für Diesel-Niederdruck-Konzepte

Um die zur Erfüllung der Abgasvorschrift Euro 6 notwendigen höheren Abgasrückführaten zu erzielen, wird künftig bei turboaufgeladenen Motoren neben der etablierten Hochdruck-Abgasrückführung (HD-AGR) zunehmend die sogenannte Niederdruck-Abgasrückführung (ND-AGR) zur Anwendung kommen. Dabei wird das Abgas hinter dem Diesel-Partikel-Filter (DPF) entnommen und vor dem Verdichter zurückgeführt. Das notwendige Spülgefälle wird durch ergänzende Drosselung des Motors eingestellt. Dafür bietet Pierburg sowohl die notwendigen vollelektronischen Einzelkomponenten für die Abgasrückführstrecke an, wie AGR-Ventile, Drossel- und Abgasklappen, als auch vollständige AGR-Kühlermodule.

Ein ND-AGR-Ventil regelt die Abgasrückführaten durch kontinuierliche Verstellung des Strömungsquerschnittes.

Für diese und weitere gewünschten Funktionen und Anforderungen unserer weltweit agierenden Kunden entwickelt Pierburg entsprechend abgestimmte ND-AGR-Ventile.

ND-AGR-Butterfly-Ventil

Das Pierburg Butterfly-Ventil besteht aus einem Aluminiumdruckgussgehäuse mit einem zentral angeordneten Butterfly-Ventil und einem integrierten Stellantrieb. Ein Gleichstrom-Motor und ein zweistufige Stirnradgetriebe bilden zusammen den Stellantrieb.

Die erprobten und bewährten Baugruppen für das ND-Butterfly-Ventil wurden aus bestehenden Drosselklappen und AGR-Ventil-Baugruppen abgeleitet, die bereits jahrelang im Serieneinsatz sind. Das gewährleistet eine optimal abgestimmte Lösung für den Kunden.

ND-AGR-High-Flow-Ventil

Das High-Flow-AGR-Ventil von Pierburg zeichnet sich im Besonderen durch den im geöffneten Zustand komplett freige-

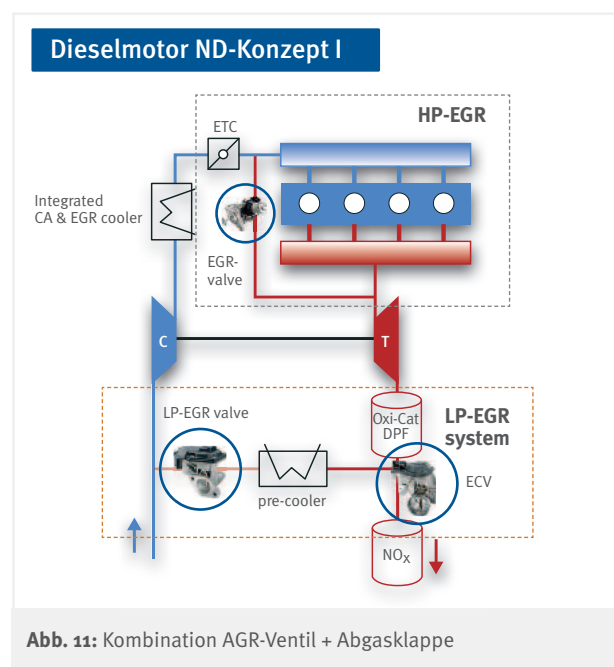


Abb. 11: Kombination AGR-Ventil + Abgasklappe

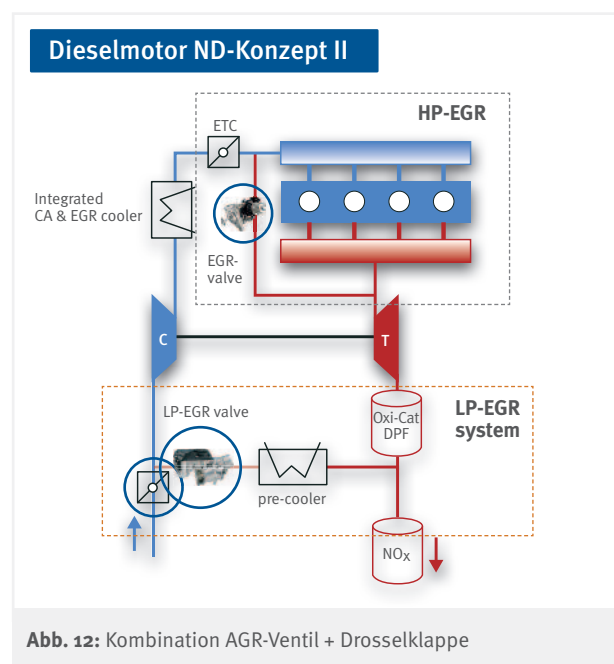


Abb. 12: Kombination AGR-Ventil + Drosselklappe

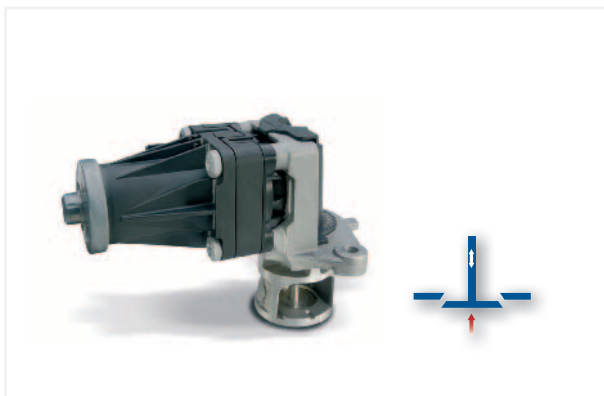


Abb. 13: Diesel-AGR Gen. II Ventil

Max. Durchsatz	90 kg/h bei Δ 50 hPa
Interne Leckage, Ventilsitz	< 0,5 kg/h bei 600 hPa
Max. Umgebungstemperatur	-40 °C bis +160 °C
Typische Abgastemperatur	400 °C bis 600 °C (mit Wasserkühlung)
Nominelle Stromaufnahme	1,1 Amp.
Zulässige Schwingbeschleunigung	25 g
Gewicht	< 0,7 kg
Ansteuerfrequenz	1–5 kHz
Lagerrückmeldung	Berührungsloser Sensor
Einbaulage	vertikal -85° bis +85°
Besondere Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Dynamik • Geringes Bauvolumen • Geringes Gewicht • hohe Temperaturbeständigkeit • Geringe Leckage • modulare Bauweise

Tab. 1: Typische Werte für ein HD-Tellerventil mit 25 mm Ø

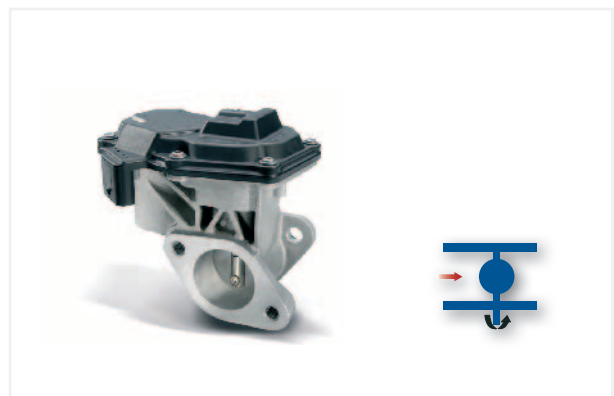


Abb. 14: Niederdruck-Butterfly-Ventil

Max. Durchsatz	150 kg/h bei Δ 50 hPa
Interne Leckage	< 3 kg/h bei 600 hPa
Max. Umgebungstemperatur	-40 °C bis +150 °C
Typische Abgastemperatur	160 °C
Nominelle Stromaufnahme	1 Amp.
Zulässige Schwingbeschleunigung	20 g
Gewicht	< 0,7 kg
Ansteuerfrequenz	1–10 kHz
Lagerrückmeldung	Berührungsloser Sensor
Einbaulage	-85° bis +85°
Besondere Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosionsgeschützte Materialien • Geringes Einbaugewicht • Hohes Drehmoment an der Klappe • AGR-Rate präzise regelbar • Klappe ist druckausgeglichen

Tab. 2: Typische Werte für ein Butterfly-Ventil mit 35 mm Ø

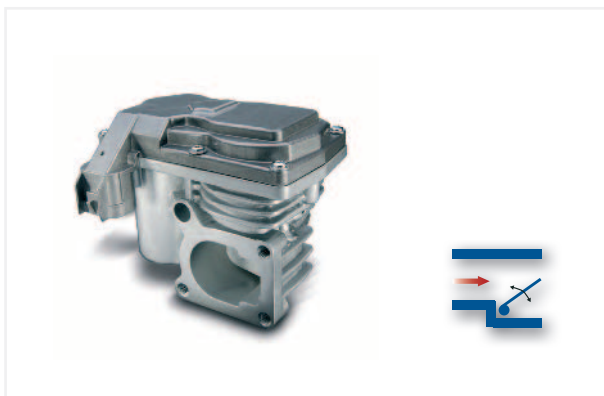


Abb. 15: High-Flow-AGR-Ventil

Max. Durchsatz	200 kg/h bei Δ 50 hPa
Interne Leckage	< 0,5 kg/h bei 600 hPa
Max. Umgebungstemperatur	-40 °C bis +150 °C
Typische Abgastemperatur	160 °C
Nominelle Stromaufnahme	1 Amp.
Zulässige Schwingbeschleunigung	20 g
Gewicht	< 0,85 kg
Ansteuerfrequenz	1–10 kHz
Lagerrückmeldung	Berührungsloser Sensor
Einbaulage	-85° bis +85°
Besondere Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosiongeschützte Materialien • Geringes Einbaugewicht • Hohes Drehmoment an der Klappe • AGR-Rate präzise regelbar • Geringer Druckverlust • Geringe Leckage

Tab. 3: Typische Werte für ein Wastegate-AGR-Ventil mit 35 mm Ø

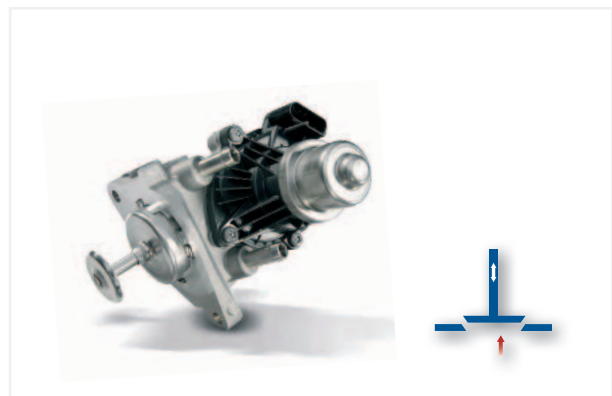


Abb. 16: Kompakt-AGR-Ventil

Max. Durchsatz	150 kg/h bei Δ 100 hPa
Interne Leckage, Ventilsitz	< 0,5 kg/h bei 600 hPa
Max. Umgebungstemperatur	-40 °C bis +160 °C
Typische Abgastemperatur	400 °C bis 600 °C (mit Wasserkühlung)
Nominelle Stromaufnahme	1,2 Amp.
Zulässige Schwingbeschleunigung	20 g
Gewicht	< 0,6 kg
Ansteuerfrequenz	1–5 kHz
Lagerrückmeldung	Berührungsloser Sensor
Einbaulage	vertikal -85° bis +85°
Besondere Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Dynamik • Hohe AGR-Raten • Geringes Bauvolumen • Geringes Gewicht • Temperaturbeständigkeit • Geringe Leckage

Tab. 4: Typische Werte für ein Kompakt-AGR-Ventil mit 25 mm Ø

gebenen Strömungsquerschnitt und einem daraus resultierenden Druckverlust optimierten Konstruktionsprinzip aus. Dieser Aufbau gewährleistet im Vergleich zum Butterfly-Ventil eine deutlich geringere Leckage im geschlossenen Zustand.

ND-AGR-Teller-Ventil

Das Teller-AGR-Ventil von Pierburg kommt mittlerweile ebenfalls im Niederdruckbereich zum Einsatz. Dabei werden die Vorteile aus dem Hochdruckbereich für den Niederdruckbereich übernommen, wie beispielsweise die kompakte Bauweise und die geringe Leckage.

Abgasklappe

Reicht das Druckgefälle im Niederdruck-System nicht aus, um die geforderten AGR-Massenströme zu regeln, kommt eine elektrische Pierburg Abgasklappe zur Staudruckerzeugung zum Einsatz.

Die Abgasklappe ist stufenlos elektromotorisch von den Positionen „offen“ bis „geschlossen“ verstellbar. Sie ermöglicht im gesamten Stellbereich einen definierten Druckaufbau und – als Folge davon – die kontrollierte Abgasrückführung und Schadstoffverringern. Die Rückmeldung der Klappenstellung erfolgt über einen berührungslos arbeitenden Winkelsensor; bei einem stromlosen Antrieb wird sie automatisch federbelastet in die Notlaufposition „offen“ gestellt. Ihre Stellglieder sind als Baukastensystem konzipiert und variieren bei gleichem Funktionsumfang im Flanschmaß, der Befestigungsgeometrie und dem Klappen-Durchmesser. Die elektromotorische Abgasklappe kann somit für verschiedene Fahrzeugtypen und Abgasanlagen bauraumabhängig an die jeweils erforderliche Größe angepasst werden.

Bereits 2007 entwickelte Pierburg die erste elektromotorische Abgasklappe für den NAFTA-Markt mit einem Gehäuse in Feinguss-Ausführung. Heute verfügt die weiter entwickelte Abgasklappe über eine leichtere Blechkonstruktion. Der Einsatz hochwertiger Werkstoffe ermöglicht den Betrieb der Klappe auch unter schwierigsten Umgebungsbedingungen. Zum einen ermöglicht die hohe Korrosionsfestigkeit ihren Einsatz direkt in der Abgasanlage, die einer besonders



Abb. 17: Abgasklappe

Max. Durchsatz	450 kg/h bei Δ 50 hPa
Interne Leckage	< 50kg/h bei 600 hPa
Max. Umgebungstemperatur	-40 °C bis +150 °C
Typische Abgastemperatur	650 °C
Nominelle Stromaufnahme	1 Amp.
Zulässige Schwingbeschleunigung	5 g
Gewicht	< 950 g
Ansteuerfrequenz	1–10 kHz
Lagerückmeldung	Berührungsloser Sensor
Einbaulage	-5° bis -45°
Besondere Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosionsfest • Hitzebeständig • Leichtbauweise • Hohes Drehmoment

Tab. 5: Typische Werte für eine Abgasklappe mit 55 mm \varnothing

starken Verschmutzung von außen wie von innen durch andauernde Belastung korrosiver Abgasprodukte ausgesetzt ist. Zum anderen sorgt hochfestes Material für die einwandfreie Funktion der elektrischen Klappe auch bei hohen Abgastemperaturen.

Ein weiteres Einsatzgebiet der Pierburg Abgasklappen ist das sogenannte Soundshaping.

ND-AGR-Kombi-Ventil

Das Kombiventil übernimmt die Aufgaben des Niederdruck-AGR-Ventils und der Abgasklappe. Dabei regelt es die Abgasrückführmenge und unterstützt die Regelung der zugeführten Abgasmenge und stellt den erforderlichen Differenzdruck ein. Als kombiniertes Bauteil ist das ND-Kombi-Ventil nicht nur kostengünstiger, sondern es zeichnet sich auch durch sein geringes Gewicht aus.

Das Ventil ist mit einem berührungslosen Positionssensor zur Lageregelung ausgestattet. Zusammen mit einem Luftmassensensor wurde die präzise AGR-Regelung in allen Betriebszuständen ermöglicht. Das Ventil ist unempfindlich gegenüber Ruß und Partikel sowie widerstandsfähig gegen Kondensat. Der Antrieb und Ventilkonstruktion ist besonders robust.

AGR-Module

AGR-Module für den Hochdruckbereich

AGR-Module bestehen aus einem AGR-Ventil, einem AGR-Kühler zur Kühlung der Abgase und optional einer Bypassklappe. Durch die Integration dieser Funktionen in einem Bauteil ergeben sich Vorteile in der Baugröße. Bauteilschnittstellen bzw. die Anzahl von Dichtstellen werden vermindert. Mehrere Einzelkomponenten erhöhen in der Regel die Bauteilkosten, während ein Modul einen deutlichen Beitrag zur Kostenreduzierung erbringen kann.

Die Bypassklappe dient als Stellorgan zur kontrollierten Umleitung des heißen Abgasstroms am Abgaskühler vorbei bzw. in Kühlstellung durch den Abgaskühler. Eine pneumatisch gesteuerte Unterdruckdose wird zur Betätigung der



Abb. 18: Kombi-Ventil

Max. Durchsatz	200 kg/h bei Δ 50 hPa
Interne Leckage	< 3kg/h bei 300 hPa
Max. Umgebungstemperatur	-40 °C bis +150 °C
Typische Abgastemperatur	160 °C
Nominelle Stromaufnahme	1 Amp.
Schwingfestigkeit	5 g
Gewicht	< 1.200 g
Ansteuerfrequenz	1–10 kHz
Lagerrückmeldung	Berührungsloser Sensor
Einbaulage	-85° bis +85°
Besondere Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Korrosionsfest • Leichtbauweise • Multifunktional

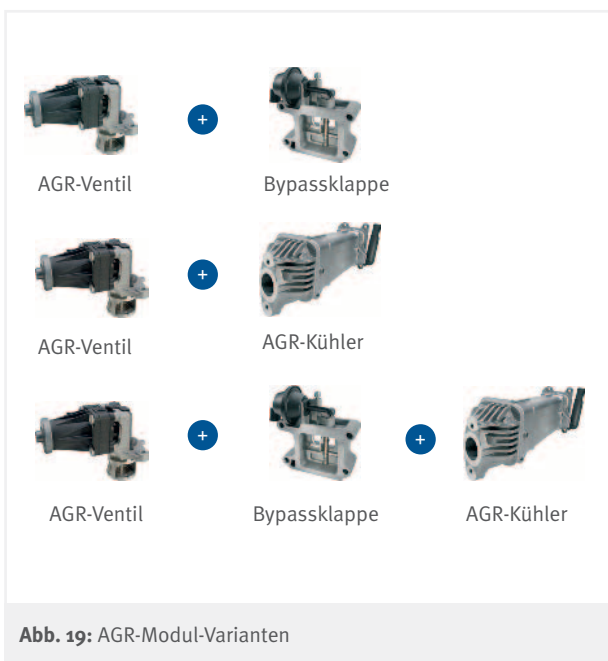
Tab. 6: Typische Werte für ein Kombi-Ventil mit 30 mm Ø

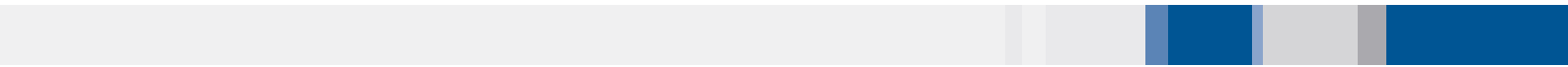
Bypassklappe verwendet. Dadurch wird beim Kaltstart die Betriebstemperatur von Motor und Katalysator schneller erreicht.

Durch den Einsatz einer Bypassklappe können das typische „Dieselnageln“ beim Kaltstart und die Rohemissionen von Kohlenwasserstoff (HC) in der Warmlaufphase des Motors reduziert werden. Die Betriebstemperatur vom Motor bzw. vom Katalysator wird durch die Bypass-Funktion nach einem Kaltstart schneller erreicht.

AGR-Module für den Niederdruckbereich

Bei einem Motorkonzept mit einem Niederdruck-AGR-Modul wird das Abgas hinter dem Dieselpartikelfilter (DPF) entnommen und vor dem Verdichterrad des Turboladers dem Ansaugtrakt des Motors wieder zurückgeführt. Zusätzlich wird das Abgas durch einen speziellen Niederdruck-AGR-Kühler gekühlt. Die Kühlung des Abgases dient dem thermischen Schutz des Turbolader-Verdichterrades. Ein typisches ND-AGR-Modul besteht aus einem ND-AGR-Ventil in Verbund mit einem Abgaskühler.





Pierburg GmbH · Alfred-Pierburg-Straße 1 · 41460 Neuss · Germany
Tel. +49 2131 520-01 · Fax +49 2131 520-645 · www.kspg.com