

Cylinder Disconnect technology

▼ IN DIESER AUSGABE

EINFÜHRUNG

2

FUNKTIONSPRINZIP

4

ANDERE SYSTEME
ZUR ZYLINDERAB-
SCHALTUNG

12

URSPRUNG UND
ENTWICKLUNG DER
ZYLINDERABSCHALTUNG

3

ZYLINDERABSCHALTUNG
DURCH
SCHIEBENOCKEN

5

HÄUFIG
AUFTRETENDE
STÖRUNGEN

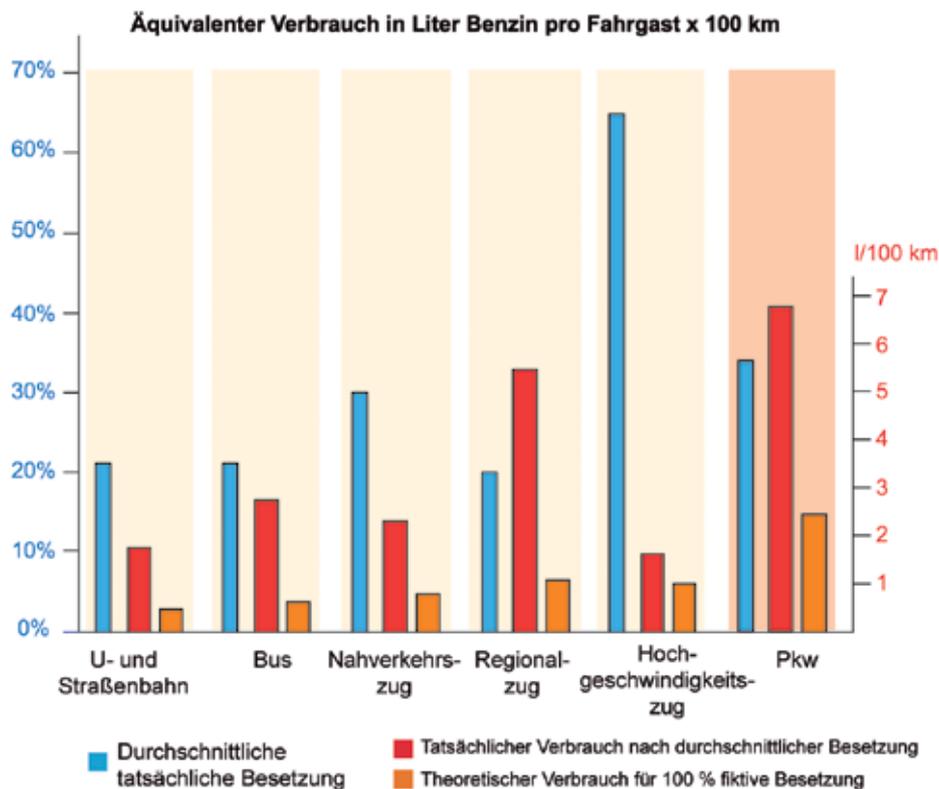
14

EINFÜHRUNG

Irgendwann im Laufe des Jahres 2010 überstieg die Zahl der fahrenden Autos eine Milliarde, und es wird geschätzt, dass bei einer Produktion von fast 100.000.000 Stück pro Jahr diese Zahl im Jahr 2035 bei etwa 1,8 Milliarden liegen wird.

Das Auto ist sowohl bei der tatsächlichen als auch bei der maximalen

Besetzung das Straßenverkehrsmittel mit dem höchsten Energieverbrauch pro Person und Kilometer. Es ist daher sowohl für den Nutzer als auch für die Gesellschaft das ineffizienteste und wirtschaftlich kostspieligste Verkehrsmittel und ebenso dasjenige, das die größte Menge an Schadstoffen in die Atmosphäre ausstößt.



Im Hinblick auf den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung sind Fahrzeuge mit geringem Hubraum und Verbrennungsmotor diejenigen, die die größte Menge an CO₂ pro Fahrgast ausstoßen, wobei insbesondere Pkws aufgrund ihres hohen Leistungsgewichts großen Anteil daran haben.

In den letzten Jahren ist der Ausstoß von Schadstoffen zu einem Problem der öffentlichen Gesundheit geworden, das die Behörden der verschiedenen Länder durch immer strengere Zulassungsnormen, regelmäßige Überprüfungen der leistungsstärksten Fahrzeuge und eine Politik der Erneuerung der Fahrzeugbestände zu lösen versuchen.

Die kürzlich erfolgte Einbeziehung von Grenzwerten für CO₂-Emissionen in die Zulassungsnormen hat die technische Entwicklung der Wärmekraftmaschinen sowie die Einführung neuer Technologien zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit der Emissionen vorangetrieben. Innovationen wie Start-Stopp-Systeme, elektronisch gesteuerte Hydrauliksysteme oder intelligente Lichtmaschinen reduzieren die Arbeit und Nebenlasten des Motors und erhöhen so seine Effizienz. Das Wärmemanagement des Motors und die Reduzierung der Wärmeverluste sind eine der fortschrittlichsten Aspekte der letzten Zeit.

Die selektive Zylinderabschaltung ist eine der Maßnahmen, mit denen die Hersteller die Emissionen und den Verbrauch ihrer Motoren weiter senken wollen. Sie besteht darin, unter bestimmten Betriebsituationen einen Teil der Motorzylinder abzuschalten und die Arbeit der übrigen Zylinder zu erhöhen, um eine bessere Ausnutzung der Verbrennungsenergie zu erreichen. Die Zylinderabschaltung reduziert die Wärmeverluste und verbessert gleichzeitig die Umwandlung des Verbrennungsdrucks in Drehmoment, wenn die erforderliche Leistung gering ist, eine Situation, die sich auf städtischen und außerstädtischen Strecken bei moderater Dauergeschwindigkeit ziemlich oft ergibt.

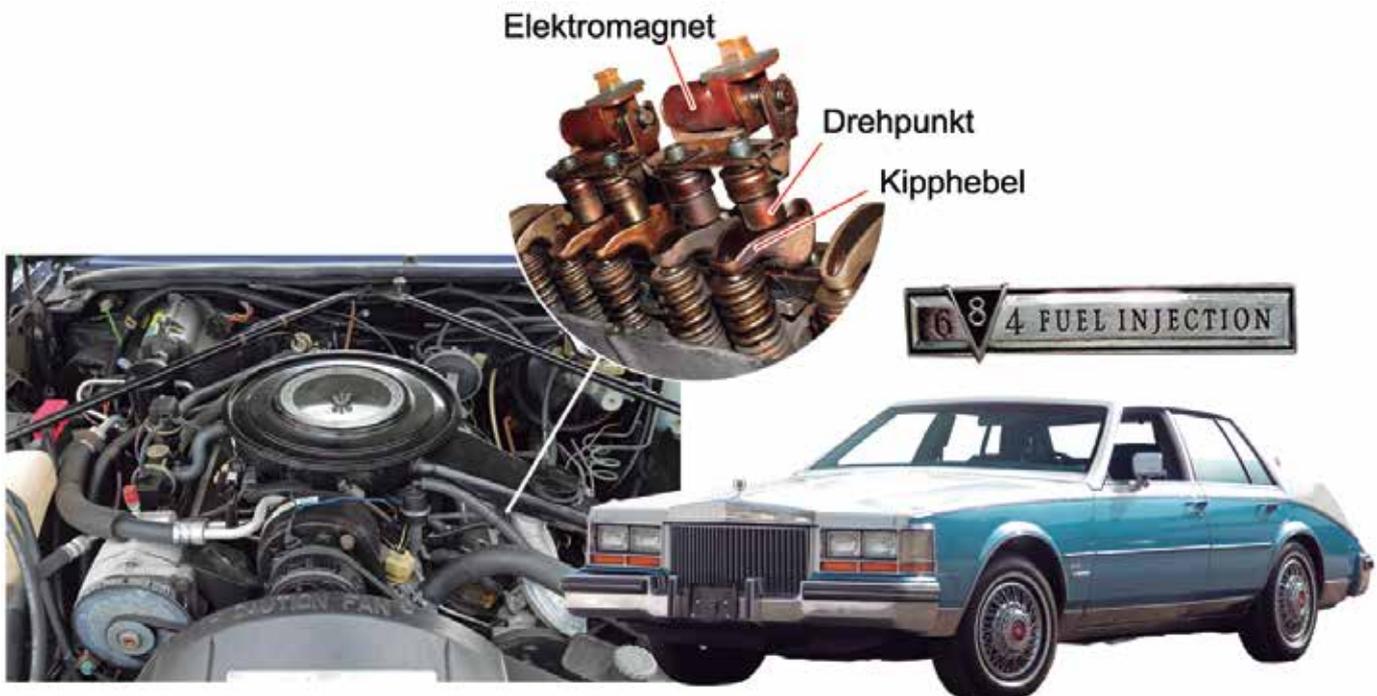
Obwohl die weitverbreitete Einführung dieser Technologie noch relativ jung ist, wird die Idee der selektiven Zylinderabschaltung bereits seit mehreren Jahren von verschiedenen Automarken unter verschiedenen Bezeichnungen entwickelt und vermarktet. Beispiele hierfür sind das ACT-System (Active Cylinder Technology) von Volkswagen oder das ZAS-System (Zylinderabschaltung - aktives Zylindersteuersystem) von Mercedes, das seit Anfang des Jahrhunderts in V8- und V12-Motoren eingebaut wird.

URSPRUNG UND ENTWICKLUNG DER ZYLINDERABSCHALTUNG

Im Sommer 1967 erreichte die militärische Ausdehnung der Nachbarländer in das Grenzgebiet zu Israel und die Blockade der Meerenge von Tiran durch die ägyptische Armee mit dem israelischen Luftangriff auf die syrischen und ägyptischen Streitkräfte ihren Höhepunkt, der den als „Sechstagekrieg“ bekannten Konflikt auslöste. Die wirtschaftlichen Folgen dieses Krieges führten zur **Ölkrise von 1973**, als die Organisation erdölexportierender Länder beschloss, kein Öl mehr in die Länder zu exportieren, die Israel während des Konflikts unterstützt hatten. Diese Maßnahme schloss die Vereinigten Staaten und ihre westeuropäischen Verbündeten mit ein.

Der Ölpreisanstieg sowie die große Abhängigkeit der Industrie von diesem Rohstoff führte in diesen Ländern zu starken wirtschaftlichen

Auswirkungen, sodass sowohl Unternehmen als auch Privatpersonen gezwungen waren, Energie zu sparen. 1975 führten die Vereinigten Staaten als institutionelle Reaktion im Rahmen des CAFE-Programms (Corporate Average Fuel Economy) neue Zulassungsstandards im Automobilssektor ein, die eine Reduzierung der Fahrzeuggröße und der Motoren erforderten, um einen maximalen Kraftstoffverbrauch von 9 Litern pro 100 km Fahrstrecke zu erreichen. In Anbetracht der Notwendigkeit, den Kraftstoffverbrauch zu senken, entwickelte, präsentierte und vermarktete das US-Unternehmen **General Motors** in Zusammenarbeit mit der **Eaton Corporation** 1981 das erste Fahrzeug mit einem Zylinderabschaltsystem.

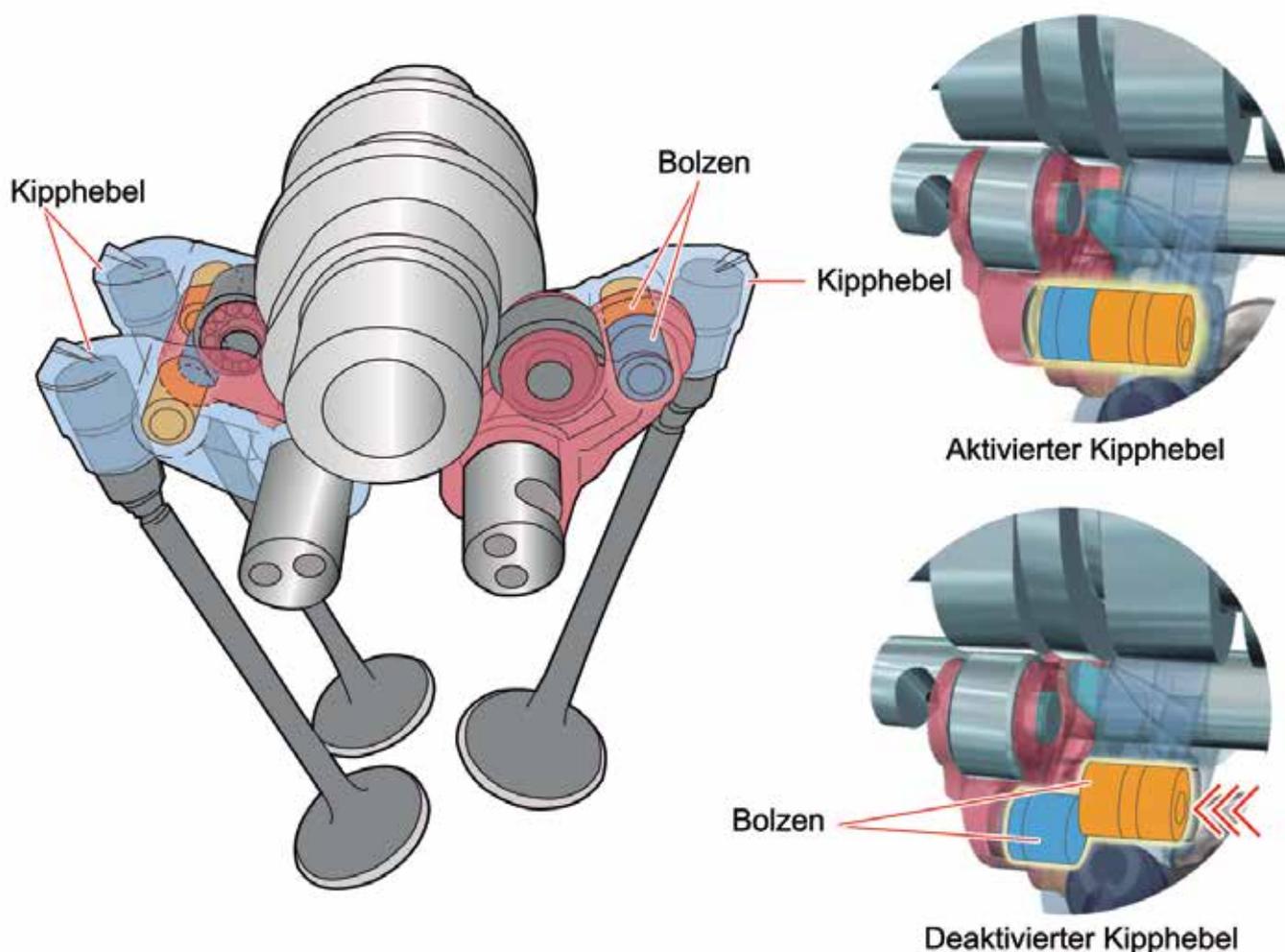


Bei dem fraglichen Fahrzeug handelte es sich um einen **Cadillac Eldorado**, der mit einem weiterentwickelten **L62-Motor mit der Bezeichnung V8-6-4** ausgestattet war, der je nach angeforderter Leistung mit 4, 6 oder 8 Zylindern arbeiten konnte, wobei nur beim Anfahren oder starkem Beschleunigen alle Zylinder eingesetzt wurden. Im Leerlauf und bei niedrigen Drehzahlen arbeitete der Motor mit 4 Zylindern, während bei mittlerer Drehzahl zwei Zylinder dazugeschaltet wurden. Um dies zu erreichen, wurden über eine Steuereinheit die Ventil-Kipphebel an ihren jeweiligen Drehpunkten über Elektromagnete ein- oder ausgerückt. Ohne den Drehpunkt kippt ein Kipphebel nicht und drückt somit nicht auf das Ventil, während bei eingerücktem Drehpunkt das System zum normalen Betrieb zurückkehrt.

Das System wurde bereits ein Jahr nach seiner Markteinführung (120.000 produzierte Einheiten) aufgrund der mangelnden Präzision der für seine Aktivierung verantwortlichen Elektronik und seiner schlechten mechanischen Zuverlässigkeit nicht mehr eingesetzt, was

in Kombination mit den vom System erzeugten Vibrationen zahlreiche Beschwerden nach dem Verkauf und eine rasche kommerzielle Ablehnung zur Folge hatte. Trotz des schlechten Starts erweckte die Zylinderabschaltung nach weiterer Entwicklung der elektronischen Systeme für ein umfassendes Motormanagement fast zwei Jahrzehnte danach wieder das Interesse einiger Hersteller.

1999 war **Daimler Chrysler** der zweite Hersteller, der dieses Konzept in Serie auf seine Modelle CL600, S600 und CL500 mit 6,0-Liter-DOHC-V12- oder 5,0-Liter-V8-Motoren anwendete. Der V12 hatte zwei Betriebsweisen, nämlich mit 12 oder 6 Zylindern, während der V8 mit 8 oder 4 Zylindern arbeiten konnte. Das zur Deaktivierung der Ventile verwendete System unterschied sich deutlich von dem im Cadillac eingesetzten System. Anstatt ein System zu verwenden, das den Drehpunkt des Kipphebels deaktiviert, verwendete Mercedes einen geteilten Kipphebel, der über Bolzen ein- und ausgerückt wurde, die wiederum über Magnetventile hydraulisch gesteuert wurden.



Darüber hinaus verwendet dieser Motor ein sequenzielles Kraftstoffeinspritzsystem, das die Kraftstoffzufuhr zu den mechanisch „abgeschalteten“ Zylindern unterbricht. Diese Lösung korrigiert einen weiteren Defekt des von Cadillac verwendeten Systems, nämlich die Kondensation und Ansammlung von Kraftstoff in den Ansaugrohren der deaktivierten Zylinder, was beim vergasergespeisten V8-6-4-Motor der Fall war.

In den nachfolgenden Jahren entwickelten andere Hersteller ihre eigenen Zylinderabschaltsysteme, die jedoch alle darauf basierten, alle Ventile des Zylinders geschlossen zu halten, eine unabdingbare Voraussetzung für die Vermeidung schädlicher Interferenzen mit dem Einlass- und Auslassstrom des Motors.

Ursprünglich wurden sie aufgrund ihrer inhärenten Fähigkeit, eine regelmäßige, vibrationsfreie Zündfolge aufrechtzuerhalten, bei Mehr-

zylinder-Saugmotoren mit großem Hubraum eingesetzt. Durch die Verwendung von Bolzen in den Kipphebeln, Hydrostößeln mit variabler Länge oder axial auf der Nockenwelle beweglichen Nocken wurde über die Abschaltung mehrerer Zylinder der effektive Hubraum der Motoren und damit ihr Verbrauch sofort reduziert.

Gegenwärtig findet man diese Technologie in Motoren mit niedrigem Hubraum und einer geringeren Zylinderzahl, wie z. B. im 1.4 TSI ACT-Motor von VW. Sie ermöglicht eine Verringerung der CO₂-Emissionen in den inner- und außerstädtischen Fahrzyklen, was die Entwicklung leistungsfähigerer Motoren ermöglicht. Für ihre ordnungsgemäße Einbeziehung und den korrekten Betrieb sind jedoch eine Reihe zusätzlicher Maßnahmen und spezifischer Funktionsstrategien zur Reduzierung der Vibrationen erforderlich.

FUNKTIONSPRINZIP

Die Zylinderabschaltung soll die Motoremissionen im niedrigen Drehzahlbereich reduzieren, eine Betriebsituation, die sich im alltäglichen Gebrauch von Pkws immer häufiger ergibt.

Die Geschwindigkeitsbegrenzung auf Straßen und die Erhöhung der Fahrzeugleistungen sorgen dafür, dass die während des Fahrbetriebs, insbesondere in städtischen Gebieten oder bei hohem Verkehrsaufkommen, erforderliche Leistung über lange Strecken mit weniger als 30 % der Höchstleistung auskommt.

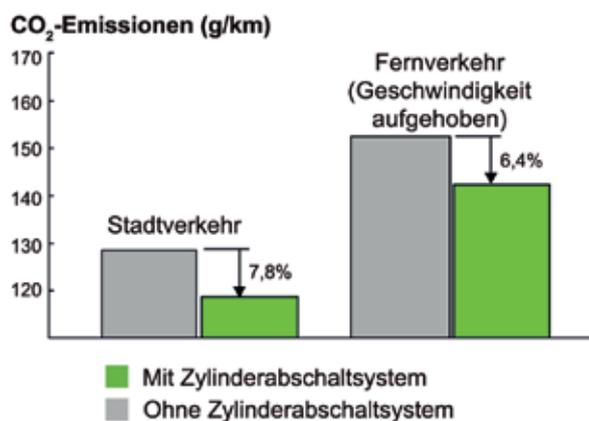
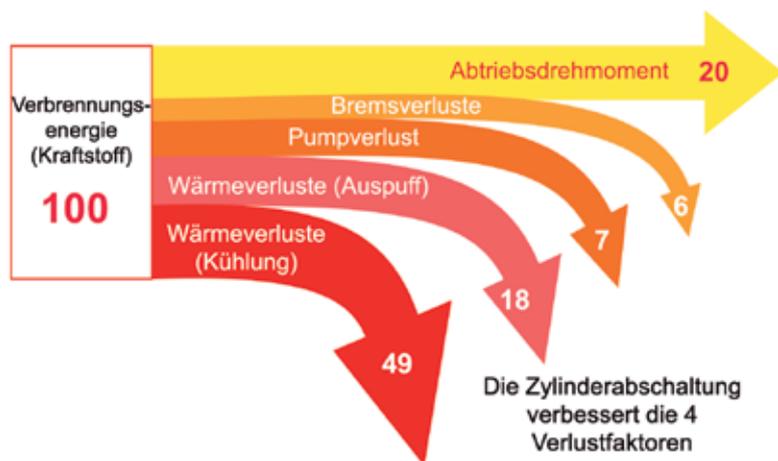
Unter dieser Prämisse erlaubt das hohe verfügbare Drehmoment eine niedrige Motordrehzahl, sodass die Drosselklappe fast geschlossen ist, wodurch der von den Zylindern angesaugte Luftstrom begrenzt wird.

Dies führt zu einer Energieineffizienz, auch bekannt als Pumpverlust, nämlich die Folge der erforderlichen Energie, um die Luft mit hoher Geschwindigkeit durch eine kleine Öffnung anzusaugen.

Die Kolbengeschwindigkeit ist während der Einlasszeit extrem variabel, indem sie bei Null beginnt, bis zum halben Abwärtshub beschleunigt und wieder bis zum unteren Totpunkt auf Null verzögert, was einen impulsförmigen Luftstrom variabler Geschwindigkeit und bestimmte Resonanzerscheinungen im Ansaugkrümmer verursacht, was wiederum das Füllen der Zylinder, insbesondere bei niedriger Drehzahl, erschwert.

Die teilweise Füllung der Zylinder bringt einen reduzierten Verdichtungsdruck und ebenfalls eine geringere Reaktionsmenge mit sich, die in einer minimalen Zeitspanne verbrennt, wobei aufgrund des kleinen Winkels zwischen Pleuelstange und Kurbelwellenkröpfung nur eine geringe Möglichkeit besteht, den Druck in Drehmoment umzuwandeln. Die Kontaktfläche der Verbrennung mit der Brennkammer besteht hauptsächlich aus dem Kolbenkopf und dem Zylinderkopf, wobei der erste durch das Öl und der zweite durch die Kühlflüssigkeit ge-

kühlt werden. Bei niedriger Drehzahl ist die Zeitspanne zwischen aufeinanderfolgenden Verbrennungen in demselben Zylinder länger als bei hoher Drehzahl, sodass beide Elemente maximal gekühlt werden; ihre Temperatur zu Beginn der Verbrennung ist vergleichsweise niedrig und die Wärmeaufnahme ist höher. Die Wärmeverluste reduzieren den Druck in den Zylindern und die Umwandlung von Kraftstoffenergie in Drehmoment.



Zylinderabschaltsysteme wurden somit entwickelt, um diese Energieverluste so weit wie möglich zu reduzieren, indem ein Teil der Zylinder deaktiviert wird und die verbleibenden mit mehr Last arbeiten, wobei die Öffnung der Drosselklappe vergrößert wird, um die gleiche mechanische Leistung zu erreichen. Durch die Reduzierung der Pumpverluste und die Konzentration der Gemischverbrennung auf eine geringere Anzahl von Zylindern werden Energieverluste verringert und die Effizienz der Druckumwandlung der Gase in Drehmoment erhöht, wodurch dieselbe Kraft durch die Verbrennung von weniger Kraftstoff erreicht wird. In Kombination mit Direkteinspritzsystemen ermöglicht die Konzentration des eingespritzten Kraftstoffs in weniger Zylindern auch den Betrieb mit höheren Einspritzdrücken, wodurch eine größere Gemischhomogenität und eine vollständigere Verbrennung erreicht werden.

Die Zylinderabschaltung macht es erforderlich, dass die Ein- und Auslassventile geschlossen bleiben. In dieser Situation erzeugt die Luftdichtheit des Zylinders eine Luftfederwirkung, die den durch die Zeitspanne zwischen den Verbrennungen verursachten Geschwindigkeitsverlust verringert.

Ohne Füllung oder zusätzliche Aufladung sorgt die Kompression und Dekompression der eingeschlossenen Gase für eine ausgleichende Energiewirkung. Die Nicht-Erneuerung der Gase in den abgeschalteten Zylindern und deren langer Kontakt mit Zylinderwandung und -kopf hält in diesen Komponenten eine ausreichende Temperatur aufrecht, was die Reaktivierung bei vollständiger Verbrennung und mit hoher Laufruhe erleichtert, wodurch eine für den Fahrer kaum wahrnehmbare Änderung des Betriebsmodus erreicht wird.

Um die Zylinder abzuschalten, verwenden mehrere Hersteller wie Mercedes, Porsche, SEAT, Audi und Volkswagen auf den Nockenwellen angeordnete Aktuatoren, welche die Nocken seitlich bewegen und diese somit nicht die Ventile betätigen.

Dieses System, dessen Hauptvorteil in der elektromechanischen Aktivierung liegt und somit die Mängel der elektrohydraulischen Steuerungssysteme vermeidet, wird nachfolgend ausführlich erläutert.

ZYLINDERABSCHALTUNG DURCH SCHIEBENOCKEN

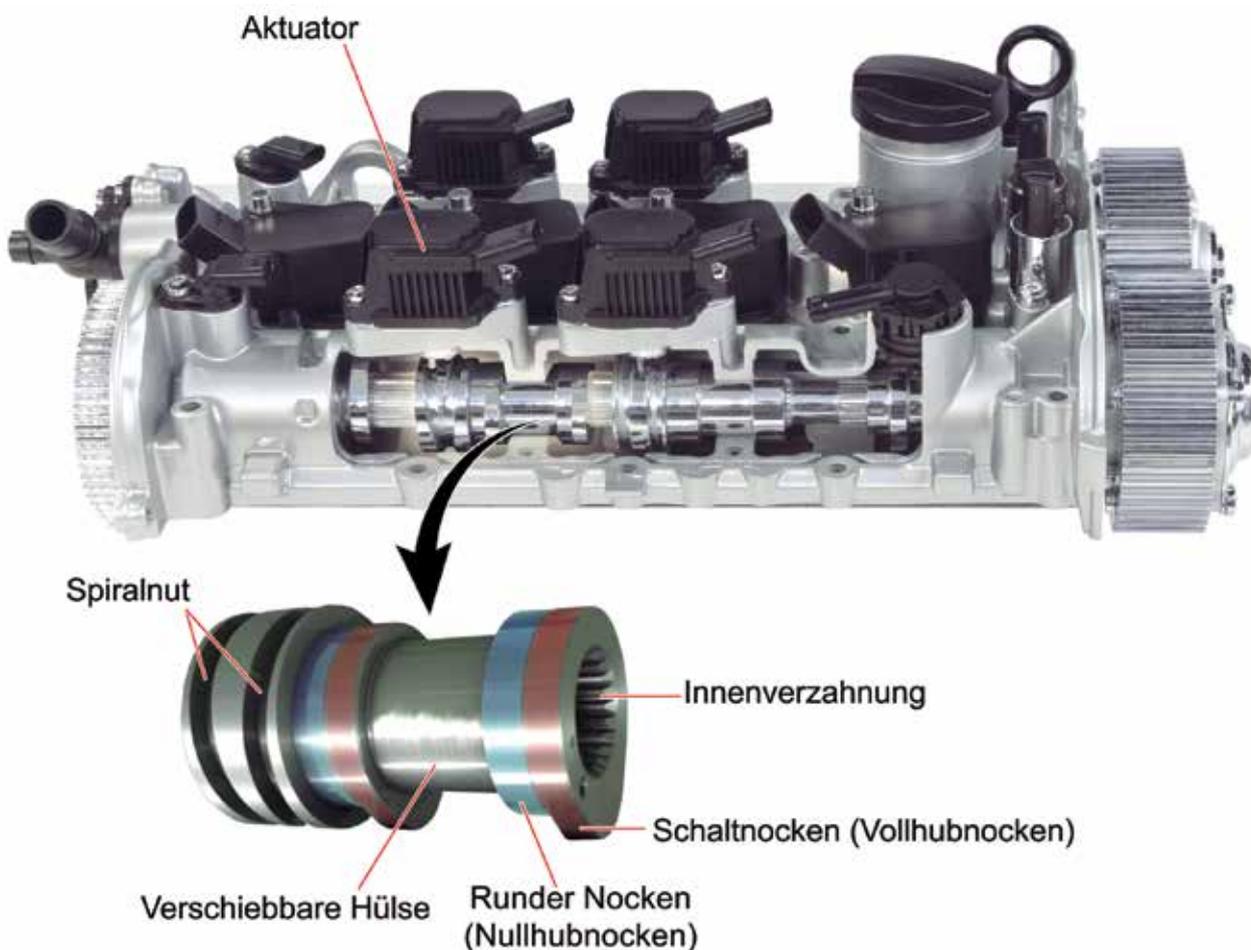
Systembeschreibung

Die Anwendungsvielfalt dieses Systems ist einer seiner Hauptvorteile, da es an eine große Anzahl bestehender Motoren angepasst werden kann, wobei lediglich Änderungen am Zylinderkopf und am Motormanagement vorgenommen werden müssen. Aus diesem Grund ist es heute eines der am weitesten verbreiteten Systeme. Es wird sowohl in Motoren mit großem Hubraum (Mercedes AMG M177 V8 4,0 Liter) als auch in Motoren mit kleinem Hubraum (1.4 ACT-Motor von VW) eingesetzt.

Dieser letztgenannte 4 Zylindermotor kann bei geringen Lastmomenten mit nur 2 Zylindern arbeiten, konkret mit den Zylindern 1 und 4. Sowohl die Einlass- als auch die Auslassventile von Zylinder 2 und 3 bleiben geschlossen, während das Motorsteuergerät das Einspritz- und Zündsystem dieser beiden Zylinder deaktiviert.

Um die Ventile und ihre jeweiligen Zylinder ein- oder abzuschalten, werden pro Ventil zwei verschiedene Nocken verwendet, ein runder Nocken (Nullhubnocken) und ein Schaltenocken (Vollhubnocken), die sich in ihrer Position abwechseln. Beide Nocken befinden sich auf einer Hülse mit Innenverzahnung, die axial auf der entsprechenden Außen-

verzahnung der Nockenwellen hin- und her bewegt werden kann. Das durchgehende Profil des runden Nullhubnockens entspricht dem Mindestprofil des Schaltenockens (Vollhubnocken), damit die Arbeitsstellung von Ventilstößel und Hydrostößel jederzeit unverändert bleibt.



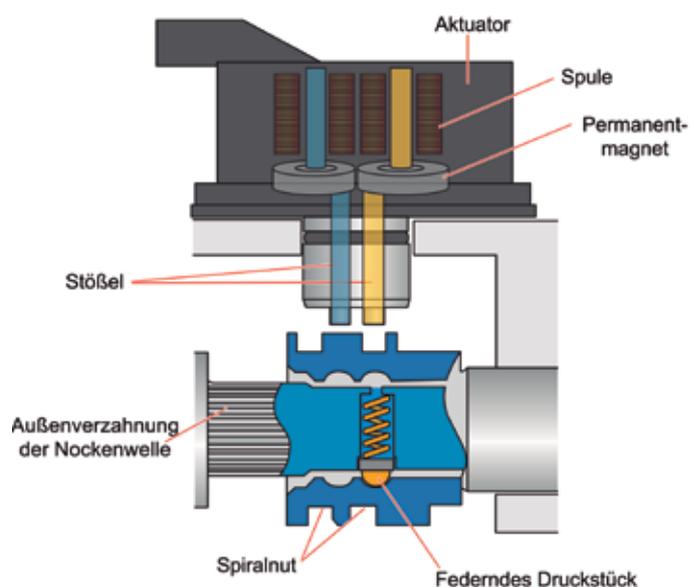
Die Hülse wird mittels eines federnden Druckstücks in einer bestimmten Position fixiert und ihre axiale Bewegung durch die Einwirkung

einer der beiden Stößel des Schaltaktuators auf eine in der Hülse eingearbeitete Spiralnut erreicht.

Auf diese Weise arbeitet der Aktuator nur in den Momenten der Positionsänderung und zu keinem Zeitpunkt gegen die Kräfte der Ventildruckfedern, wodurch die Deaktivierung/Aktivierung des Ventils in nur einer halben Umdrehung der Nockenwelle erreicht wird, und zwar synchron mit den Druck-/Verbrennungshüben des betroffenen Zylinders (1 Umdrehung der Kurbelwelle), was einen weiteren Vorteil dieses Systems darstellt. Die eigentliche Aktivierung und Deaktivierung der Zylinder wird elektromagnetisch durch unabhängige Elemente gesteuert und erfolgt auf vollständig mechanische Weise, wobei die Momente der Positionsänderung der Ventile mit der des Kolbens eindeutig und unveränderlich synchronisiert werden.

In allen Fällen ist ein Doppelaktuator für das Einlassventil und ein weiterer für das Auslassventil jedes Zylinders erforderlich, wobei es möglich ist, den gleichen Aktuator in Motoren mit 4 Ventilen pro Zylinder zu verwenden, indem man über eine verschiebbare Hülse mit zwei Nockenstücken verfügt.

Bei 4-Zylinder-Motoren werden insgesamt 4 Aktuatoren und 8 Magnetventile für das Abschalten der Ein- und Auslassnocken der Zylinder 2 und 3 abwechselnd in der Zündfolge des Motors eingesetzt.



Zweizylinderbetrieb

Um die Position der verschiebbaren Hülse zu verändern, versorgt die Motorsteuerung die entsprechende elektromagnetische Spule mit einer definierten Polarität. Die Abstoßung zwischen dem durch den zugeführten Strom erzeugten Magnetfeld und dem des Permanentmagneten des Stößels bewirkt dessen Verschiebung und die Einführung seiner Spitze in die eingearbeitete Spiralnut der verschiebbaren Hülse. Die Drehung der Nockenwelle mit der Spiralnut zwingt die Hülse zu einer axialen Bewegung, wodurch der runde Nocken mit dem Ventilstößel ausgerichtet wird. Das durchgehende Profil und der unveränderliche Durchmesser des Nockens heben die normalerweise Auf- und Abwärtsbewegung des Ventils auf. Nach einer vollen Umdrehung der Kurbelwelle unterbricht die Motorsteuerung die Stromzufuhr zur Wicklung und der Stößel kehrt durch den zunehmenden Durchmesser der Spiralnut in den nächsten 180° der Nockenwellendrehung in seine ursprüngliche Position zurück.

Die magnetische Anziehung zwischen dem Permanentmagneten des Stößels und dem Metallgehäuse der Spule hält den Stößel ohne zusätzliche Elemente in seiner Ruhelage, während das federnde Druckstück die Hülse bis zur Aktivierung in ihrer Position hält.

Vierzylinderbetrieb

Wenn der Betrieb aller vier Zylinder erforderlich ist, versorgt die Motorsteuerung die Gegenspule des Ventilantriebs. Die magnetische Abstoßung verschiebt den Stößel, der bewirkt, dass sich die Hülse in die entgegengesetzte Richtung zur vorherigen bewegt, genau zu dem Zeitpunkt, an dem die Profile von Nullhubnocken und Vollhubnocken übereinstimmen. In der nächsten halben Umdrehung der Nockenwelle wird das Ventil wieder durch den Vollhubnocken betätigt, wodurch dessen Auf- und Abwärtsbewegung erzeugt wird.

Aktivierungsbedingungen

Für die 1.4 TSI ACT-Motoren von VW müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein, damit das System in Betrieb genommen werden kann:

- Die Motordrehzahl muss konstant sein und etwa zwischen 1250 und 4000 U/min liegen.
- Aktuelles und angestrebtes Arbeitsmoment müssen weniger als 85 Nm betragen.
- Die Motoröltemperatur muss über 10 °C liegen.
- Die Lambdaregelung der Mischung muss in Ordnung und aktiv sein, um eine korrekte und reibungslose Kontrolle während der Änderungen zu gewährleisten.

Zudem kann das System nicht funktionieren, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Sportliches Fahren mit kontinuierlichen Schaltvorgängen.
- Beschleunigung mit einem angeforderten Drehmoment von mehr als 85 Nm.
- Wenn das Fahrzeug die Motorbremse erfordert (negatives angefordertes Motordrehmoment), z. B. bei Gefälle oder im Schubbetrieb.
- Wenn der Wärmebedarf der Klimaanlage hoch ist und die minimale Luftregeltemperatur nicht erreicht wird.

Vor- und Nachteile

Vorteile des Systems:

- Verbrauchsreduzierung je nach Motorisierung zwischen 10 und 20 %, was auch von der jeweiligen Fahrweise abhängt.
- Höhere Wärmeeffizienz des Motors und eine vollständigere Verbrennung. Geringerer Schadstoffausstoß und weniger CO₂-Emissionen in die Atmosphäre.

Nachteile des Systems:

- Fahrkomfort, da man bei Aktivierung und Deaktivierung des Systems eine geringfügige Änderung des Motorverhaltens/Geräusches spürt.
- Ungleichmäßiger Verschleiß der Komponenten, die in direktem Kontakt mit der Verbrennung stehen, wie z. B. Zylinder, Ventile und Ventilsitze, Zündkerzen usw.
- Aktuatoren und Auswahlelemente für den Betrieb. Höhere Anzahl der zu diagnostizierenden elektronischen und mechanischen Elemente.

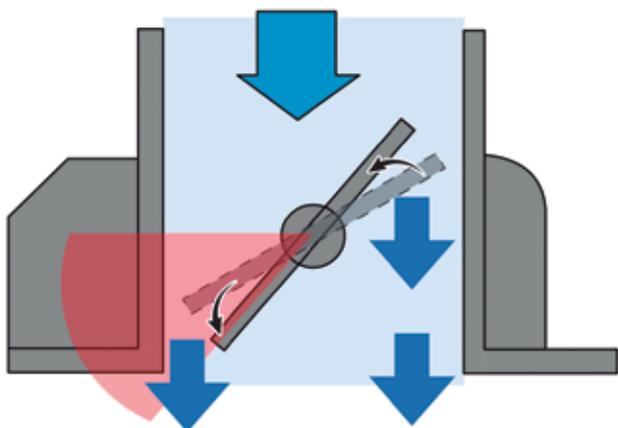
Abschaltvorgang

Die Abschaltung der Zylinder 2 und 3 wird in nur einer vollständigen Umdrehung der Nockenwelle (2 Umdrehungen der Kurbelwelle) in wenigen Millisekunden, ohne Leistungsänderungen oder -sprünge erreicht, sodass der Fahrer die Änderung der Betriebsart des Motors kaum bemerkt. Zu diesem Zweck folgt das System einem Betriebsbefehl, der darauf konzipiert ist, das Motordrehmoment und den Lambdawert 1 aufrechtzuerhalten.

Die Phasen des Abschaltprozesses sind Folgende:

1. **Regulierung der Öffnung der Drosselklappe - 4-Zylinder-Betrieb:** Vor der Zylinderabschaltung muss sichergestellt werden, dass die Zylinder, die weiterlaufen sollen, die erforderliche Luftmenge erhalten, um das aktuelle Motordrehmoment aufrechtzuerhalten.

Um dies zu erreichen, reguliert die Motorsteuerung die Öffnung der Drosselklappe, sodass die Zylinder 1 und 4 ungefähr die doppelte Luftmenge erhalten. Wären alle vier Zylinder noch aktiviert und in Betrieb, würden das Motordrehmoment und die Motorbeschleunigung erheblich zunehmen. Um dies zu vermeiden, verzögert das elektronische Motormanagement kurzzeitig den Zündzeitpunkt, um den Druck in den Brennkammern zu verringern. Auf diese Weise wird das Motordrehmoment durch eine erhöhte Luftzufuhr stabil gehalten.



2. **Abschaltung der Auslassventile - 2-Zylinder-Betrieb:** Nach dem Ausstoßen der Abgase - 360°-Drehung der Kurbelwelle nach dem Zündzeitpunkt (verzögert) - regt das Motorsteuergerät die entsprechenden Magnetabschaltventile an, um ihre Hülsen in die Arbeitsstellung Null zu bringen. Die runden Nocken (Nullhubnocken) jeder Baugruppe sind über den entsprechenden Rollenkipphelmen angeordnet und heben die Auf- und Abwärtsbewegung der Auslassventile auf, die durch die Wirkung ihrer Federn geschlossen bleiben.
3. **Abschaltung von Zündung der Einspritzung - 2-Zylinder-Betrieb:** Zum gleichen Zeitpunkt unterbricht das elektronische Motormanagement die Zündung und die Einspritzung der geregelten Zylinder und verhindert so jede Möglichkeit einer Verbrennung in diesen.



4. **Abschaltung der Einlassventile - 2-Zylinder-Betrieb:** Das Motorsteuergerät versorgt die Schaltaktuatoren der Einlassventile - 180°-Drehung der Kurbelwelle nach den Auslassventilen. Die zeitliche Verschiebung von elektrischer Erregung und mechanischem Synchronismus zwischen Nocken- und Kurbelwelle sorgt so dafür, dass der Zylinder gefüllt wird und die Einlassventile während der Verdichtung des Zylinders abgeschaltet werden. Die in den Zylindern eingeschlossene Luft erzeugt den Federeffekt, der die Frequenz der Winkelgeschwindigkeitsänderung der Kurbelwelle teilweise aufrechterhält.
5. **Zündeinstellung - 2-Zylinder-Betrieb:** Während der Abschaltung von Zylinder 2 und 3 regelt das Motorsteuergerät den Zündzeitpunkt der Zylinder 1 und 4, um aus ihnen die maximale Leistung zu erzielen und das gleiche Motordrehmoment wie vor der Abschaltung zu erhalten.

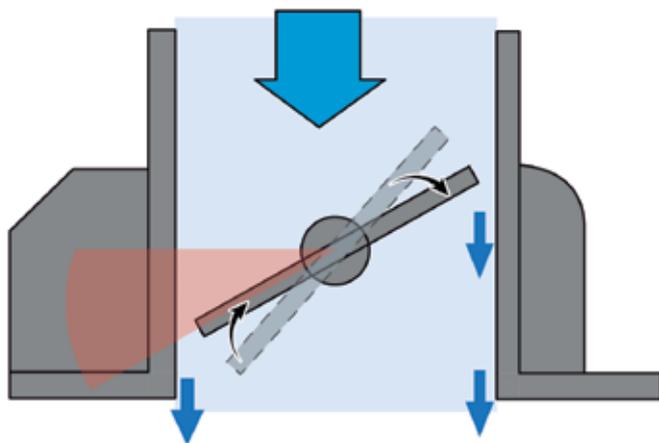
Die vollständige Abschaltung jedes Zylinders erfolgt in nur zwei Kurbelumdrehungen, also in nur einem Arbeitszyklus jedes abgeschalteten Zylinders, wobei sichergestellt wird, dass der Zylinder mit mehr als genügend Luft gefüllt wird (letzter Füllzyklus mit doppelter Öffnung der Drosselklappe), um insbesondere während und kurz nach der Abschaltung eine ausreichende Federwirkung zu erzielen, welche die Intensität der Frequenzänderung der Verbrennungen und die Winkelgeschwindigkeitsänderung der Kurbelwelle reduziert.

Zuschaltvorgang

Wenn Fahrbetrieb, notwendiger Motordrehmoment oder der Zustand des Fahrzeugs nicht die Aufrechterhaltung des Zweizylinderbetriebs ermöglichen, leitet das Motorsteuergerät den Zuschaltvorgang der Zylinder 2 und 3 nach einer bestimmten Sequenz ein, mit der ein möglichst sanfter Wechsel der Motorbetriebsart erreicht werden soll.

Die Aktivierungssequenz umfasst die folgenden Schritte:

- **Aktivierung der Auslassventile - 4-Zylinder-Betrieb:** Das Motorsteuergerät sendet die Aktivierungssignale an die Magnetventile der Zylinder 2 und 3 - 180° vor dem oberen Totpunkt der Arbeitszeit jedes Zylinders für die Verschiebung der Hülsen in die Arbeitsstellung. Die Vollhubnocken jeder Baugruppe sind über ihren entsprechenden Kipphebeln angeordnet und aktivieren so die Auf- und Abwärtsbewegung der Auslassventile. Eine Kurbelwellenumdrehung nach der Erregung erfolgt der erste effektive Auslasshub des sich im Zuschaltvorgang befindlichen Zylinders, der die enthaltene Luft ins Abgassystem ausstößt.
- **Lambda-Regelung - 2-Zylinder-Betrieb:** Die von den im Abschaltvorgang befindlichen Zylindern verdrängte Luft würde den Lambda-Wert der Abgase vorübergehend auf ein mageres Gemisch verändern $\lambda > 1$. Die Wirksamkeit eines 3-Wege-Katalysators, insbesondere bei der NOx-Reduzierung, hängt direkt von der Stöchiometrie der Abgase ab, weshalb das Motorsteuergerät beim Einschalten die in die aktiven Zylinder eingespritzte Kraftstoffmenge erhöht, um ein armes Abgasgemisch zu verhindern. Die bei der Verbrennung eines fetten Gemisches in den Zylindern 1 und 4 entstehenden Kohlenwasserstoffe und CO verbrauchen den von den Zylindern 2 und 3 ausgestoßenen Sauerstoff.



- **Kontrolle der Einlassventile - 4-Zylinder Betrieb:** 180°-Drehung der Kurbelwelle nach der Erregung der Schaltaktuatoren der Auslassventile - Die Motorsteuerung versorgt gemäß der Arbeitsfolge die Spulen der Schaltaktuatoren der Einlassventile. Die Hülsen werden axial bewegt und positionieren die Vollhubnocken über ihren jeweiligen Kipphebel, um die Auf- und Abwärtsbewegung der Einlassventile zu reaktivieren. Durch das Öffnen der Ventile können die Zylinder zum Zeitpunkt des Einlasses gefüllt werden, wobei die Öffnung der Drosselklappe zu diesem Zeitpunkt noch vergrößert ist.
- **Zündeinstellung - 4-Zylinder-Betrieb:** Die Motorsteuerung kontrolliert die Einspritzung im Verhältnis $\lambda = 1$ über alle Zylinder und verzögert den Zündzeitpunkt, um einen plötzlichen Anstieg des Motordrehmoments zu vermeiden und so eine Progressivität beim Wechsel der Betriebsart des Motors zu erreichen.
- **Regulierung der Öffnung der Drosselklappe - 4-Zylinder-Betrieb:** Die progressive Schließung der Drosselklappe erfolgt gleichzeitig zur Zündzeitpunktregelung, um das vorgeschriebene Motordrehmoment zu erreichen. Das erwünschte Motordrehmoment, welches das erneute Einschalten der Zylinder veranlasst, ist in der Regel steigend und immer höher als das zu Beginn der Regelung vorhandene. Die Zündzeitpunktregelung erlaubt es, die erforderliche Leistung fast augenblicklich zu erreichen, was das progressive Schließen der Drosselklappe für einen progressiven Wechsel des Arbeitsmodus unter Beibehaltung der stöchiometrischen Regelung des Gemisches erleichtert.

Wichtigste Systemsensoren und -aktuatoren

Nockenwellensensoren: Hall-Sensor, der zusammen mit dem Signal des Kurbelwellensensors die Arbeitsphase und die genaue Position der Nockenwellen meldet. Er erlaubt die Betätigung der Aktuatoren bei geschlossenen Ventilen und mit ausreichender Drehzahlreserve für den Nockenwechsel ohne Gegenkraft der Ventildfedern.



Druck- und Lufttemperatursensor Ansaugkrümmer: Der Druck im Ansaugkrümmer ist während der Aktivierung und Deaktivierung der Zylinder sehr variabel. Dieser Sensor ermöglicht es, die Position der Drosselklappe zu regulieren und die effektive Füllung der Zylinder zu berechnen.



Kurbelwellensensor. Ebenfalls ein Hall-Sensor, der die Drehzahl und Winkellage der Motorkurbelwelle misst, um das Zylinderabschaltsystem zu aktivieren und sowohl den Zündzeitpunkt als auch den Einspritzzeitpunkt zu steuern.



Drosselklappe und Gaspedalsensor: Die Stellung des Gaspedals wird zur Berechnung des vom Fahrer geforderten Motordrehmoments verwendet, das ständig mit dem momentanen Motordrehmoment verglichen wird, um das Soll-Drehmoment zu erhalten. Wenn die Bedingungen es erlauben und das Soll-Drehmoment mit nur zwei aktiven Zylindern erreicht werden kann, bestimmt die Motorsteuerung die Abschaltung der beiden verbleibenden Zylinder und reguliert die Öffnung der Drosselklappe, um den Wechsel der Betriebsart progressiv vorzunehmen.

Aktuatoren: Sie sind für die axiale Bewegung der Hülsen verantwortlich und arbeiten nur in den Momenten des Zustandswechsels. Die Motorsteuerung erkennt den effektiven Betrieb der Stößel durch das induktive Rücklaufsignal, das durch die Bewegung des Permanentmagneten in seine Ruhestellung aufgrund des in der Hülse ansteigenden Profils der Spiralnut verursacht wird.

Die Existenz des selbstinduzierten Signals zeigt an, dass die Rücklaufbewegung erfolgt ist und somit die Vorwärtsbewegung zum Zeitpunkt der Aktivierung früher stattfand.



Anmerkung: Bei Fehlen oder erkanntem Fehler der vorstehend beschriebenen Signale arbeitet der Motor im Vierzylinderbetrieb, wobei eine Warnleuchte auf der Instrumententafel den Fehler im System anzeigt.

Funktionsbeeinträchtigte Betriebsweisen:

Empfängt die Motorsteuerung kein Rücklaufsignal von einem der Aktuatoren, unterbricht sie den Steuerzyklus des betroffenen Zylinders. Wenn es sich bei dem betreffenden Aktuator um den für das Einlassventil handelt, kehrt die Motorsteuerung auch den Zustand des Auslassventils um, um es wieder mit dem Einlassventil zu synchronisieren, um den Betrieb des Motors mit einem Zylinder mit „aktivem“ Einlass, aber ohne Auslass (Abgase und Kohlenwasserstoffe am Einlass) oder mit aktivem Auslass, aber ohne Einlass (Kraftstoff direkt am Auslass) zu unterbinden. Daher läuft der Motor mit 3 Zylindern, wenn der Fehler in der Ab-

schaltphase auftritt (ein Zylinder wird nicht abgeschaltet) und mit 3 Zylindern, wenn der Fehler in der Einschaltphase auftritt (ein Zylinder wird nicht zugeschaltet), wobei der entsprechende Fehler aufgezeichnet und das System bis zum nächsten Fahrzyklus deaktiviert wird.

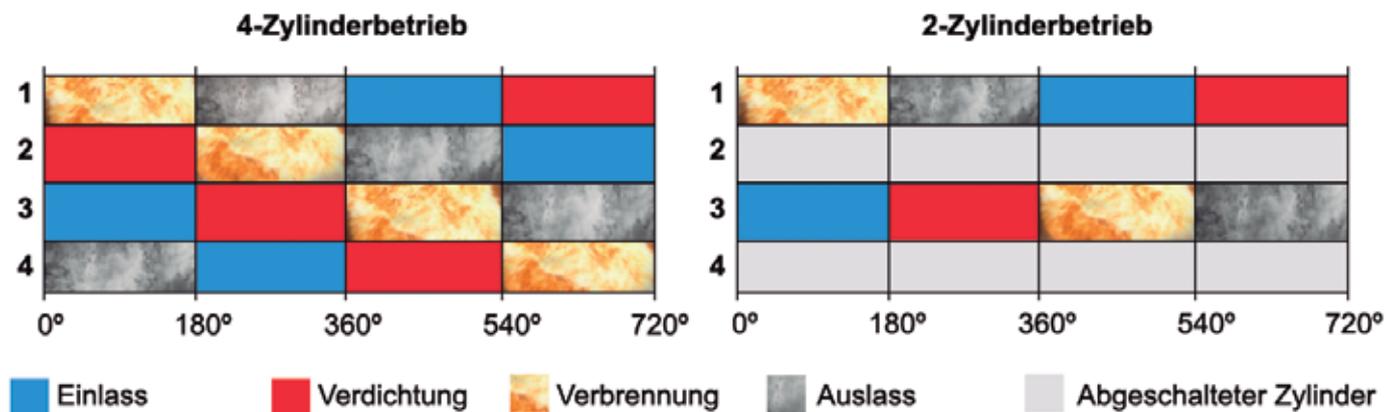
Der Motor wird immer im aktiven Vierzylinderbetrieb gestartet. Wenn der Ausfall des Aktuators andauert, erfolgt der Start mit 3 Zylindern und wenn es sich um die 2-Zylinder-Aktuatoren handelt, im Zweizylinderbetrieb.

Konstruktive Merkmale des Motors

Einer der markantesten Nachteile der Zylinderabschaltung bei 4-Zylinder-Reihenmotoren sind die Vibrationen und Frequenzänderungen, die auftreten, wenn die Zylinder abgeschaltet oder zugeschaltet werden. Wenn der Motor auf allen vier Zylindern läuft, gibt es zwei Zündungen pro Kurbelumdrehung, während bei Zylinderabschaltung nur eine Zün-

dung pro Umdrehung erfolgt, und zwar, wenn sich die Kurbelwelle an ihren jeweiligen Endpositionen befindet.

Die akustischen Resonanzen sowohl in der Ansaug- als auch der Ausstoßphase treten bei der Hälfte der üblichen Frequenz auf und sind aufgrund der erhöhten Füllung der aktiven Zylinder auch intensiver.

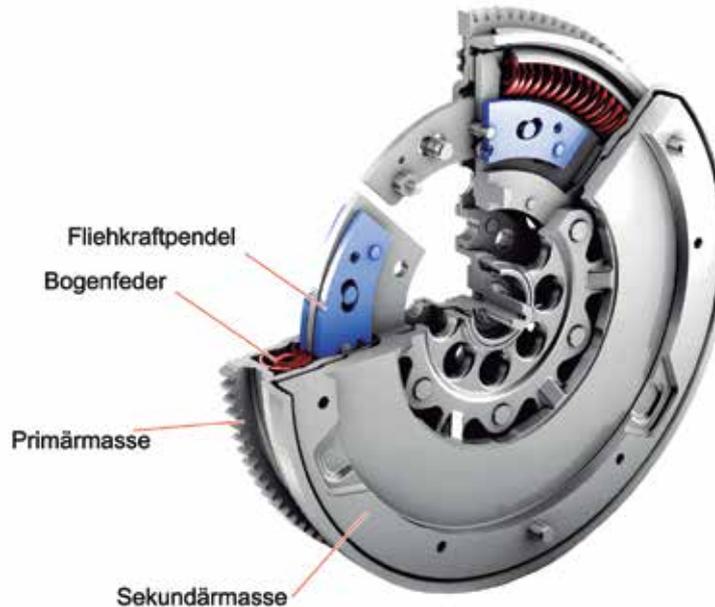


Um den notwendigen Fahrkomfort zu erreichen, wird der Kurbeltrieb des Motors leichter gemacht, während man versucht, seine strukturelle Steifigkeit zu verbessern und die Struktur der Baugruppe quer zur Fahrtrichtung zu perfektionieren.

Die **Motorlager werden überarbeitet**, um Schwingungen zu minimieren und die Resonanz der niederfrequenten Schwingungen, die am deutlichsten spürbar sind, zu vermeiden, indem ihre Übertragung auf die Fahrzeugkarosserie und Insassen verhindert wird.

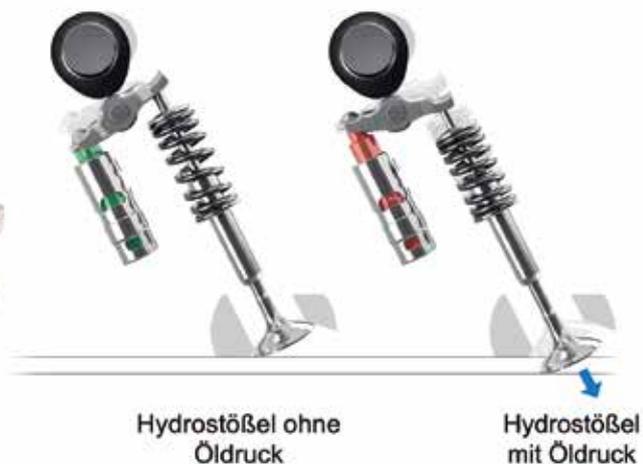
Ebenso verwendet man ein **Zweimassenschwungrad**, um die Drehmomentübertragung bei niedrigen Drehzahlen zu regulieren. Eine über Federn mit der Drehung der Kurbelwelle verbundene Schwungmasse speichert kinetische Energie in den Momenten des höchsten Motordrehmoments und gibt diese in den Momenten der geringsten Leistungsabgabe zurück, wodurch das vom Getriebe und den übrigen Elementen des Antriebsstrangs aufgenommene Drehmoment abgeschwächt wird.

Der Wechsel von einer Betriebsart zur anderen erfordert auch eine Verringerung der Ausstöße der in der **Auspuffanlage** verbrannten Abgase. Zu diesem Zweck werden Querschnitt und Länge der Auspuffrohre durch Einbau eines Zwischenschalldämpfers modifiziert, um niedrigere Schallfrequenzen zu vermeiden.



ANDERE SYSTEME ZUR ZYLINDERABSCHALTUNG

Zylinderabschaltung durch Hydrostößel



Es handelt sich um ein ziemlich verbreitetes System, das zum Beispiel in Mazda-Motoren verwendet wird, wie das im **CX-5 Skyactiv-G mit 194 PS** verwendete System. Das Funktionsprinzip ist das gleiche wie oben erklärt, mit Ausnahme des Ventil-Abschaltmechanismus.

Die Steuerung der Ventile durch die Nockenwelle erfolgt über Rollenkippebel und Hydrostößel mit einstellbarer Länge. An einem Ende des Kippebels befindet sich das Ventil und am anderen Ende der Hydrostößel (der ein Spiel von 0 mm aufweist).

Wenn die Betriebsbedingungen für die Abschaltung erfüllt sind, schaltet das Motorsteuergerät zwei der vier Zylinder ab. Zu diesem Zweck sendet es ein PWM-Signal an ein Ölsteuerventil (OCV), um den Druck von den entsprechenden Hydrostößeln zu nehmen. Ohne den Hydraulikdruck absorbiert der Stößel die Nocken- und Kipphebelbewegung und hebt so die Auf- und Abwärtsbewegung des Ventils auf, das somit geschlossen bleibt.

Um die 4 Zylinder erneut zu aktivieren, sendet das Motorsteuergerät ein weiteres PWM-Signal an das Ölsteuerventil, damit die Hydrostößel

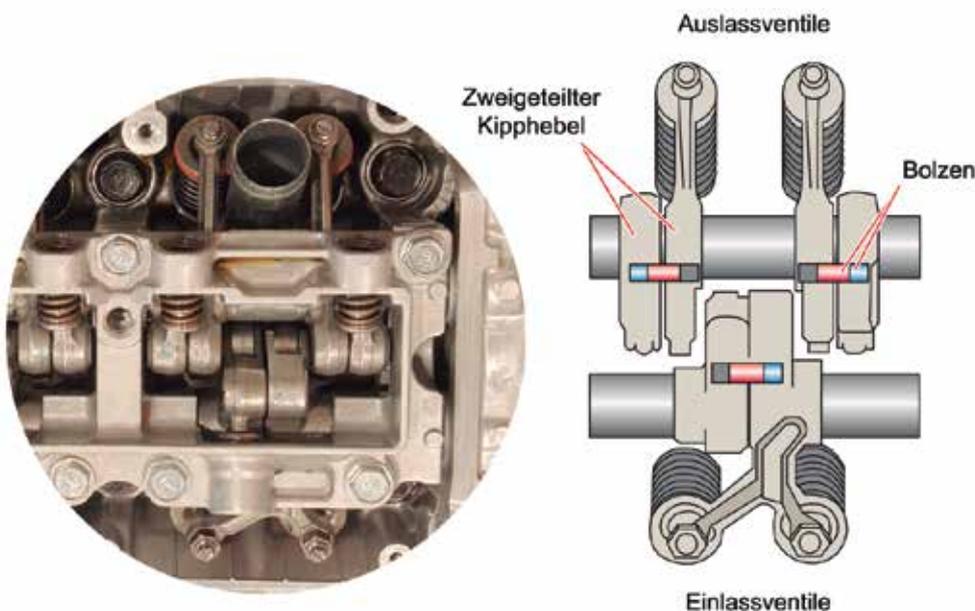
wieder ihren hydraulischen Betriebsdruck erhalten. Mit dem notwendigen Innendruck gewinnen die Stößel ihren Drehpunkt zurück, sodass die Kipphebel wieder normal die Ventile antreiben.

Im Gegensatz zu den anderen Systemen erfolgt die Zylinderabschaltung durch Hydrostößel in Mazda-Motoren an den Zylindern 1 und 4, sodass sich der Betrieb auf die mittleren Zylinder des Motorblocks konzentriert, um Vibrationen zu reduzieren.

Zylinderabschaltung durch Kipphebel

Es handelt sich um ein von Honda verwendetes Abschaltsystem mit einem Funktionsprinzip, das dem i-VTEC-Ventilsteuerungssystem sehr ähnlich ist, außer dass bei letzterem die Zylinder je nach Fahrbedingungen selektiv deaktiviert werden. Ein Beispiel für dieses System fin-

det sich im Modell **Accord** mit dem Motor **J35A VCM**, das es erlaubt, von 6 Zylindern auf 4 und sogar auf 3 Zylinder überzugehen, wenn die Betriebsbedingungen es erlauben, wodurch die Kraftstoffeinsparung maximiert wird.



Das System basiert auf der Verwendung von (zweigeteilten) Kipphebeln, die durch hydraulisch gesteuerte Bolzen verbunden oder getrennt werden. Ein Teil der Kipphebel betätigt die Ventile, während der andere Teil über eine Rolle die Bewegung der Nockenwelle aufnimmt. Im Ruhezustand halten die im Inneren der Kipphebel befindlichen Stifte beide Teile miteinander verbunden, sodass die Kipphebel um ihre Drehachse kippen und die Profiländerung der Nocken auf die Ventile übertragen.

Wenn die Zylinder abgeschaltet werden müssen, sendet das Motorsteuergerät ein Aktivierungssignal an die Magnetventile, um den Öldruck in den Kipphebeln über die vorhandenen Kanäle in den Kipphebelwellen zu erhöhen. Der Druck im Inneren der Kipphebel bewirkt die Verschiebung der Bolzen, wenn diese keine Kraft ausüben, also wenn die Ventile in Ruhestellung sind, wodurch die beiden Hälften des Kipphebels voneinander getrennt werden und somit das Anheben der Ventile aufgehoben wird. Für die Zuschaltung der Zylinder wird der Hydraulikdruck reduziert, sodass die Bolzen durch die Kraft der Rückstellfedern in ihre ursprüngliche Position zurückkehren können.

Bei niedriger Motorlast läuft der Motor mit nur 3 Zylindern, indem eine komplette Zylinderbank abgeschaltet wird, um Kraftstoff zu sparen. Dazu berücksichtigt das Motorsteuergerät wichtige Informationen wie Drosselklappenposition und Motordrehzahl. Die Abschaltung einer

kompletten Zylinderbank betrifft nur einen Katalysator des Motors, während der verbleibende Katalysator das richtige Verhältnis der Abgase beibehält.

Bei mäßiger Motorlast aktiviert das System einen weiteren Zylinder, um den momentanen Leistungsbedarf zu decken. Mit nur einem aktiven Zylinder ist die Temperatur des Katalysators der entsprechenden Zylinderbank vergleichsweise niedrig, aber die Kapazität des Katalysators ist für das zu verarbeitende Volumen und die zu verarbeitenden Gase ausreichend.

Ein höherer Leistungsbedarf bedeutet, dass die 6 Zylinder wieder in Betrieb genommen werden müssen. Um sicherzustellen, dass der Motor gestartet wird, geschieht dies in allen Fällen mit allen Zylindern, da kein Öldruck für die Abschaltung vorhanden ist.

Beim Abschaltung der Zylinder werden die Zündkerzen mit Zündspannung versorgt, um den Temperaturverlust zu minimieren und die durch unvollständige Verbrennung im Zylinder verursachten Ablagerungen zu verhindern.

Die Steifigkeit der Lager dieses Motors wird aktiv reguliert, um die durch die Änderungen der Zylinderabschaltung entstehenden Vibrationen und Geräusche zu reduzieren.

HÄUFIG AUFTRETENDE STÖRUNGEN

Die häufigsten Ausfälle bei Motoren mit Zylinderabschaltung hängen von der Art des verwendeten Systems ab. Im Allgemeinen verschleifen die unter mechanischer Beanspruchung betroffenen Elemente, durch Ermüdung und Temperaturwechsel, wie Stößel, Kipphebel, Nocken,

Stößelstangen usw. Im schlimmsten Fall können diese brechen. Was die Steuerelemente wie Magnetventile betrifft, so sind ihre Ausfälle in der Regel elektrischer Natur (Stromausfälle, Kommunikationsprobleme mit dem Motorsteuergerät usw.).

Fehlercodes und Überprüfung des Aktuators

DTC des Zylinderabschaltsystems des Zylinders Nummer 2

EINLASS		AUSLASS	
P11A500	Einstellung des Nockens A von Zylinder 2 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11C100	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 2 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).
P11A600	Einstellung des Nockens A von Zylinder 2 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11C200	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 2 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).
P11A700	Einstellung des Nockens B von Zylinder 2 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11D500	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 2 (unplausibles Signal).
P11A800	Einstellung des Nockens B von Zylinder 2 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11D600	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 2 (unplausibles Signal).
P12A900	Einstellung des Nockens A von Zylinder 2 (Fehlfunktion).	P12B900	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 2 (Fehlfunktion).
P12B100	Einstellung des Nockens B von Zylinder 2 (Fehlfunktion).	P12C100	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 2 (Fehlfunktion).
P12CA00	Einstellung des Nockens B von Zylinder 2.	P12D200	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 2.
P12DA00	Unplausible Umschaltung des Nockens A von Zylinder 2.	P12E200	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 2 (Fehlfunktion).
P31A200	Einstellung des Nockens B von Zylinder 2 (Masseanschluss).	P31AA00	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 2 (Masseanschluss).
P31B200	Einstellung des Nockens A von Zylinder 2 (Masseanschluss).	P31BA00	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 2 (Masseanschluss).

DTC des Zylinderabschaltsystems des Zylinders Nummer 3

EINLASS		AUSLASS	
P11A900	Einstellung des Nockens A von Zylinder 3 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11C400	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 3 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).
P11AA00	Einstellung des Nockens A von Zylinder 3 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11D700	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 3 (unplausibles Signal).
P11AB00	Einstellung des Nockens B von Zylinder 3 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P11D800	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 3 (unplausibles Signal).
P11AC00	Einstellung des Nockens B von Zylinder 3 (Unterbrechung oder elektrischer Fehler).	P12BA00	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 3 (Fehlfunktion).
P12AA00	Einstellung des Nockens A von Zylinder 3 (Fehlfunktion).	P12C200	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 3 (Fehlfunktion).
P12B200	Einstellung des Nockens B von Zylinder 3 (Fehlfunktion).	P12D300	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 3.
P12CB00	Einstellung des Nockens B von Zylinder 3.	P12E300	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 3.
P12DB00	Einstellung des Nockens A von Zylinder 3 (unplausible Umschaltung).	P31AB00	Einstellung des Auslassnockens B von Zylinder 3 (Masseanschluss).
P31A300	Einstellung des Nockens B von Zylinder 3 (Masseanschluss).	P31BB00	Einstellung des Auslassnockens A von Zylinder 3 (Masseanschluss).
P31B300	Einstellung des Nockens A von Zylinder 3 (Masseanschluss).		

Folgende elektrischen Prüfungen sind normalerweise am Aktuator durchzuführen:



Prüfen der korrekten Stromversorgung

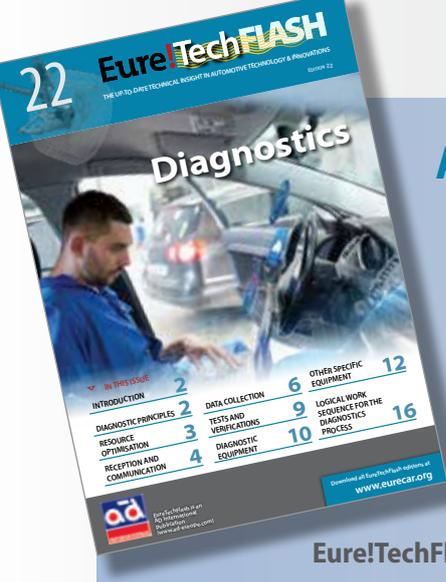
- Zündung ein.
- Steckverbinder des abgezogenen Bauteils.
- Klemme 2 positiv in Bezug auf die Masse.
- Nennspannung 11 V bis 13,5 V.

Überprüfung der Seite des Bauteils

- Klemme 1 der Bauteilseite in Bezug auf Klemme 2.
- Zündung aus.
- Nennwert zwischen 7 und 13 Ohm.
- Klemme 3 der Bauteilseite in Bezug auf Klemme 2.
- Zündung aus.
- Nennwert zwischen 0 und 5 Ohm.
- Klemme 1 der Bauteilseite in Bezug auf Klemme 3.
- Zündung aus.
- Nennwert zwischen 15 und 21 Ohm.

Sonstige Überprüfungen

- Plusschluss, Masseschluss oder Störung.
- Schaltelement trotz Überprüfung defekt.
- Motorsteuergerät.
- Systemstromversorgung nach dem Relais.



Automobiltechnik im Blickpunkt

Der Eure!TechFlash-Newsletter ergänzt das Lehrgangsprogramm Eure!Car von ADI und verfolgt ein klares Ziel:

Aktuelle Einblicke in technische Innovationen in der Automobilindustrie vermitteln.

Ziel von Eure!TechFlash ist es, neue Technologien mit technischer Hilfe seitens des AD Technical Centre in Spanien und der Unterstützung der führenden Teilehersteller zu entmystifizieren und sie transparent zu machen, um Kfz-Werkstätten zu motivieren, mit der Technik Schritt zu halten und kontinuierlich in technische Aus- und Weiterbildung zu investieren.

Eure!TechFlash wird 3 bis 4 Mal im Jahr erscheinen.

Eure!Car

CERTIFIED MASTERCLASSES

Die technische Kompetenz eines Mechanikers ist unabdingbar und in Zukunft wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung

(www.ad-europe.com). Das Eure!Car-Programm umfasst ein umfangreiches Angebot erstklassiger technischer Lehrgänge für Kfz-Werkstätten, die von den nationalen AD-Unternehmen und ihren jeweiligen Teilehändlern in 39 Ländern gehalten werden.

für den Fortbestand von Kfz-Werkstätten.

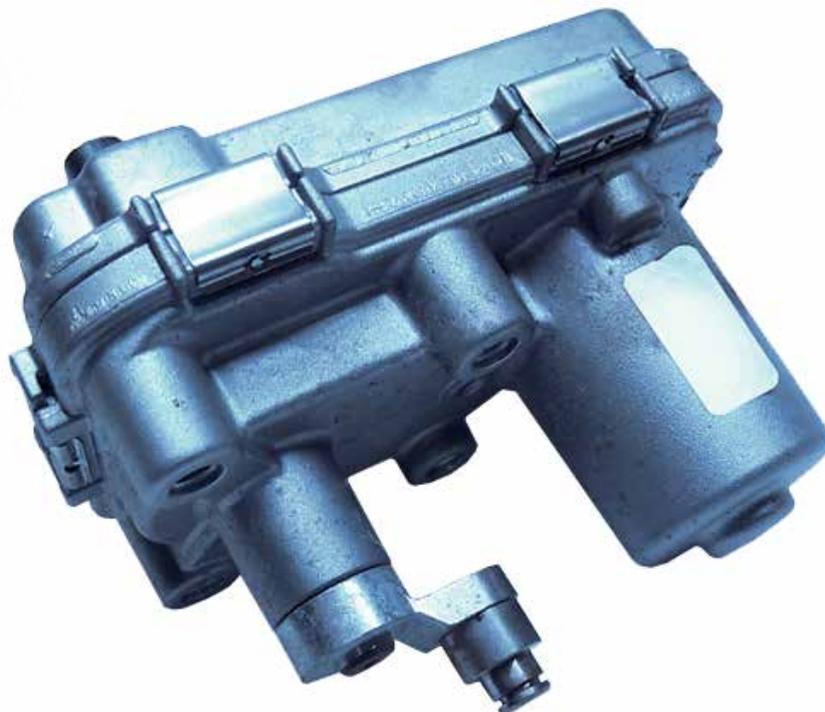
Eure!Car ist eine Initiative des Unternehmens Autodistribution International mit Hauptsitz in Kortenberg, Belgien

Auf www.eurecar.org finden Sie weiterführende Informationen und können Sie sich unsere Lehrgänge anschauen.

Industrieunternehmen die Eure!Car unterstützen



State of the art Sensors and Actuators



Einschränkende Bemerkung: Die Angaben in diesem Führer erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und sind rein informativ. Der Autor übernimmt keine Haftung für diese Informationen.