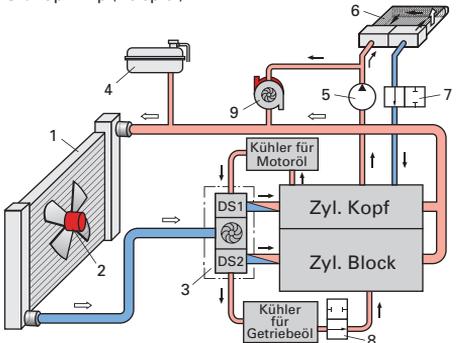


Temperaturregelung (Thermomanagement) kennfeldabhängig durch Drehschieber

Grundprinzip (Beispiel)



- 1 Kühler
- 2 Lüfter
- 3 Kühlmittelpumpe mit Stellementen für Motor-temperaturregelung
- 4 Ausgleichsbehälter
- 5 Elektrische Kühlmittelpumpe
- 6 Heizungswärmetauscher
- 7 Absperrventil für Klimaautomatik
- 8 Kühlmittelventil für Getriebe
- 9 Abgasturbolader

Aufgaben

- Schnellaufheizung des Motors,
- Verbrauchsreduzierung durch eine schnelle, thermodynamisch optimale Motortemperaturregelung,
- Erhöhung des Klimakomforts, bei Bedarf schnelle Aufheizung des Fahrzeuginnenraums,
- Temperatur von Bauteilen unabhängig vom Betriebszustand und den Umgebungsbedingungen möglichst konstant halten, z. B. Getriebeöltemperierung mit Kühlmittel.

Wirkungsweise

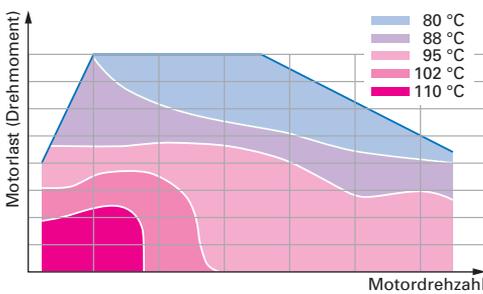
Der Kühlmittelfluss durch den Zylinderkopf und den Zylinderblock wird durch zwei Drehschieber (**DS1** und **DS2**) getrennt kennfeldabhängig beeinflusst. Die Drehschieber werden über einen durch PWM-Signal angesteuerten Elektromotor verstellt.

Die genauen Positionen der Drehschieber werden durch Drehwinkelsensoren erfasst und als digitales Spannungssignal dem Motorsteuergerät gemeldet. Die Position der Drehschieber kann als Istwert mittels Fahrzeugdiagnosetester ausgelesen werden.

Die elektrische Kühlmittelpumpe (5) fördert bei geöffnetem Absperrventil (7) für die Klimaautomatik Kühlmittel vom Zylinderkopf vorwiegend durch den Heizungswärmetauscher (6). Nach dem Abstellen des Motors kann bei geschlossenem Absperrventil (7) durch die Kühlmittelpumpe (5) der Abgasturbolader gekühlt werden.

Durch das Öffnen des Kühlmittelventils für die Getriebeölheizung/Kühlung (8) fließt Kühlmittel durch den Getriebeölkühler.

Kühlmitteltemperaturregelung (Beispiel)



Ansteuerstrategie

Aufheizung des Motors: **DS1** und **DS2** schließen den Zulauf zum Zylinderkopf und Zylinderblock bis ca. 90 °C Kühlmitteltemperatur. Das Absperrventil (7) ist geschlossen und die Pumpe (5) wird nicht angesteuert.

Autarke Heizung: Das Absperrventil für Kühlmittel der Klimaautomatik (7) und die Pumpe (5) werden aktiviert, Kühlmittel strömt durch den Zylinderkopf und durch den Heizungswärmetauscher (6).

Warmlauf/Motorölkühler zuschalten: **DS1** öffnet den Kreislauf Zylinderkopf – Motorölkühler. **DS2** öffnet langsam den Kühlmitteldurchfluss durch den Motorblock.

Temperaturregelung über Hauptwasserkühler: Bei geringen Drehzahlen und Lasten wird die Kühlmitteltemperatur für minimale Motorreibung auf 110 °C eingeregelt und mit steigender Last und Drehzahl auf 80 °C abgesenkt. Dazu werden **DS1** und **DS2** entsprechend des Kühlbedarfs eingestellt.

Getriebeöl heizen: Bei warmem Verbrennungsmotor (80 °C ohne Heizung, 97 °C mit Heizung) wird das Kühlmittelventil (8) geöffnet, um das Getriebeöl aufzuheizen.

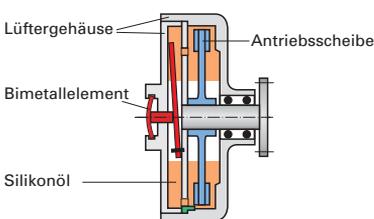
4

Elektrische Kühlmittelpumpe, Lüfterantrieb

Kühlmittelpumpe



Hydrodynamischer Lüfter



Elektrische Kühlmittelpumpe

Eine permanent vom Motor angetriebene Pumpe muss so ausgelegt sein, dass sie auch bei geringer Motordrehzahl und hoher Außentemperatur für genügend Kühlmittelumlauf sorgt. Bei hoher Motordrehzahl wird daher eine unnötig hohe Pumpleistung erbracht.

Die Drehzahl bzw. Pumpleistung der elektrischen Kühlmittelpumpe wird vom Motorsteuergerät bedarfsgerecht geregelt. Der Kraftstoffverbrauch des Motors kann dadurch verringert werden.

Nach dem Abstellen des Motors kann die Pumpe bei Bedarf z. B. zum Nachkühlen des Turboladers eingeschaltet werden.

Elektrisch angetriebener Lüfter

Die Ansteuerung erfolgt vom Motorsteuergerät in Stufen oder stufenlos über ein PWM-Signal. Nach dem Abstellen des Motors kann bei Bedarf der Lüfter eingeschaltet werden, um hohe Temperaturen im Motorraum und damit Dampfblasenbildung im Kraftstoffsystem zu vermeiden.

Bei älteren Fahrzeugen schaltet ein Thermoventil den Lüfter bei festgelegten Temperaturen ein und aus. Der Thermoventil befindet sich im Rücklauf der Kühlflüssigkeit.

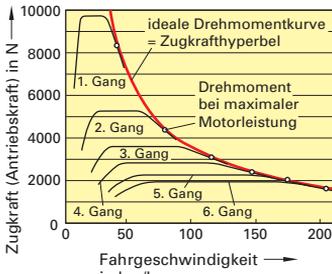
Hydrodynamischer Lüfter (Visco-Lüfter)

Die von der Kurbelwelle angetriebene Antriebsscheibe ist drehbar im Lüftergehäuse gelagert. Durch Silikonöl im Gehäuse wird dieses von der Antriebsscheibe mitgenommen.

Ein von der Warmluft angeströmtes Bimetallelement steuert die Silikonölmenge im Gehäuse und damit die Lüfterdrehzahl. Sie variiert je nach Kühlmitteltemperatur zwischen 15% und 95% der Antriebsdrehzahl.

Grundlagen

Zugkraftdiagramm



Aufgaben

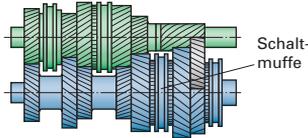
Das Wechselgetriebe soll
 - die Drehzahl des Motors im elastischen Bereich, d.h. zwischen größtem Drehmoment und größter Nutzleistung halten,
 - die Drehzahl des Motors zur Erreichung verschiedener Geschwindigkeiten übersetzen,
 - zusammen mit dem nachgeschalteten Achsgetriebe das Drehmoment des Motors wandeln und damit die erforderliche Antriebskraft (Zugkraft) zur Überwindung des Fahrwiderstands bereitstellen,
 - den Kraftfluss zwischen Kupplung und Achsantrieb in Leerlaufstellung unterbrechen,
 - die Drehrichtung der Abtriebswelle zum Rückwärtsfahren umkehren (nach STVZO für Fahrzeuge mit $m_{zul} > 400$ kg vorgeschrieben).

Zugkraftdiagramm (vgl. Abb.)

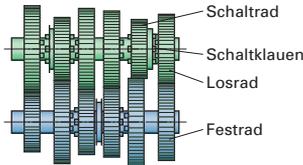
Im Zugkraftdiagramm ist der Verlauf der Antriebskraft an den Rädern über der Geschwindigkeit in den verschiedenen Gängen dargestellt.
 Die Zugkrafthyperbel stellt den idealen Verlauf der Zugkraft dar. Dieser kann jedoch nur mit einem stufenlosen Getriebe erreicht werden.
 Beim Wechselgetriebe müssen die Übersetzungssprünge zwischen den Gangstufen so gewählt sein, dass der Anschluss an den jeweils nächsten Gang passt. Dies ist der Fall, wenn die elastischen Bereiche in den einzelnen Gängen überlappen. Dies gelingt umso einfacher, je mehr Gangstufen das Getriebe besitzt. Je höher die Gangzahl, desto größer ist auch die mögliche Spreizung. Sie ist das Verhältnis der Übersetzung im niedrigsten Gang zur Übersetzung im höchsten Gang.

Arten der Schaltung

Schaltmuffengetriebe



Schaltklauengetriebe (geradverzahnt)



Schaltmuffengetriebe (Pkw, Nfz)

Die Gangräder sind schrägverzahnt und auf den Wellen axial nicht verschiebbar. Ein Losrad und ein Festrad kämmen jeweils miteinander. Zum Schalten eines Ganges wird das betreffende Losrad (= Schaltrad) über eine Schaltmuffe mit der Getriebewelle verbunden.

Schaltklauengetriebe (Motorrad)

Ein Losrad und ein Festrad kämmen jeweils miteinander.
 • **geradverzahnt:** Die Schalt- und Losräder sind mit Schaltklauen bzw. mit Aussparungen versehen. Die Schalträder sind drehfest und axial verschiebbar. Zum Schalten wird mit der Schaltgabel das entsprechende Schaltrad verschoben und es verbindet das Losrad mit der Welle.
 • **schrägverzahnt:** Zwischen den Losrädern befinden sich Schiebemuffen mit seitlichen Schaltklauen. Zum Schalten wird mit der Schaltgabel die entsprechende Schiebemuffe verschoben und sie verbindet das Losrad mit der Welle.

Handgeschaltete Wechselgetriebe

Zum Schalten wird der Schalthebel betätigt. Dieser bewegt über Schaltzüge oder ein Schaltgestänge die Schaltgabeln und diese verschieben wiederum die entsprechenden Schaltmuffen. Die Gänge werden somit „von Hand“ geschaltet.

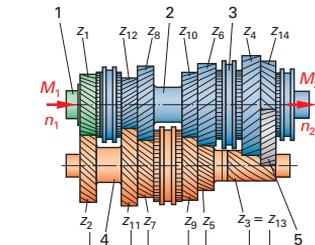
Automatisierte Schaltgetriebe

Das Grundgetriebe ist ein Schaltmuffengetriebe. Die Schaltgabeln bzw. Schaltmuffen werden über elektrische oder elektrohydraulische Aktoren betätigt. Die Ansteuerung erfolgt durch ein elektronisches Steuergerät, entweder vollautomatisch oder vom Fahrer ausgelöst.
 Die Kupplung bzw. bei Doppelkupplungsgetrieben (vgl. S. 175) die beiden Kupplungen werden ebenfalls vom Steuergerät mit elektrischen oder elektrohydraulischen Aktoren betätigt.

4

Gleichachsiges Wechselgetriebe

Beispiel: 6-Gang-Getriebe



Hauptbauteile

- 1 Antriebswelle
- 2 Hauptwelle
- 3 Schaltmuffe
- 4 Vorgelegewelle
- 5 Rücklaufrad
- z₁/z₂ Konstante
- z₃ ... z₁₄ Gangräder

Grundprinzip

Die Antriebswelle und die Hauptwelle (= Abtriebswelle) liegen auf einer Achse. Die Übersetzungen der Gänge werden jeweils durch zwei Zahnradpaare erzeugt. Ausnahme: Im direkten Gang ist die Antriebswelle mit der Hauptwelle verbunden und das Drehmoment gelangt direkt ($i=1$) zum Getriebeausgang. Beim Rückwärtsgang wird die Drehrichtung der Hauptwelle umgekehrt. Dies geschieht über das Rücklaufrad als Zwischenrad (vgl. S. 23).

Kraftfluss im Getriebe

Das Motordrehmoment M_1 (= Eingangsdrehmoment) wird in der Kupplung von der Kupplungsscheibe auf die Antriebswelle des Getriebes übertragen. Das Zahnradpaar z_1/z_2 (Konstante) übersetzt das Drehmoment und leitet es weiter an die Vorgelegewelle. Dort wird das Drehmoment je nach geschaltetem Gang durch das entsprechende Zahnradpaar (Gangräder) übersetzt und auf die Hauptwelle übertragen. Es steht nun als Ausgangsdrehmoment M_2 an der Hauptwelle zur Verfügung.

Schaltung der Gänge

Zum Schalten eines Ganges wird die zugehörige Schaltmuffe über die Schaltverzahnung des betreffenden Losrads (= Schaltrad) geschoben. Dadurch ist das Zahnrad drehfest mit der Getriebewelle verbunden und der Kraftfluss zwischen Zahnrad und Welle ist hergestellt. (vgl. S. 39).

Anwendung

Gleichachsiges Wechselgetriebe werden in Fahrzeugen mit längs eingebautem Frontmotor und Hinterradantrieb (oder Allradantrieb) verwendet. Hier liegen die Kurbelwelle, die Getriebewellen und die Kardanwelle auf einer durchgehenden Achse.

Getriebeübersetzungen (Richtwerte)

1. Gang	3,2...4,7
2. Gang	1,7...2,6
3. Gang	1,3...1,6
4. Gang	1,1...1,3
5. Gang (direkt)	1,0
6. Gang	0,6...0,85
R-Gang	3,2...4,5

Getriebewirkungsgrad

nicht direkter Gang	0,90...0,94
direkter Gang	0,96...0,98

Begriffe

Aktive Sicherheit

= Maßnahmen am Fahrzeug zur Vermeidung von Unfällen:

Fahrsicherheit

- wirkungsvolle Bremsanlage mit ABS, Bremsassistent
- Fahrdynamikregelung (ESP)
- präzise, leichtgängige Lenkung
- präzises Fahrwerk
- Reifen mit optimalem Kurven- und Bremsverhalten

Wahrnehmungssicherheit

- übersichtliche Karosserie
- Scheibenheizung
- Scheinwerfersysteme mit optimaler Fahrbahnausleuchtung
- gut sichtbare Leuchten (Schlusslicht, Bremslicht, Blinker)

Konditionssicherheit

- ergonomische Sitzposition
- komfortables Fahrwerk
- wirkungsvolle Heizung/Klimaanlage
- geringe Fahrgeräusche

Bedienungssicherheit

- Bedienelemente übersichtlich angeordnet, mit eindeutigen Symbolen, gut erreichbar, z. B. am Multifunktionslenkrad
- Sprachbedienung, Gestensteuerung

Passive Sicherheit

= Maßnahmen am Fahrzeug zur Minderung von Unfallfolgen:

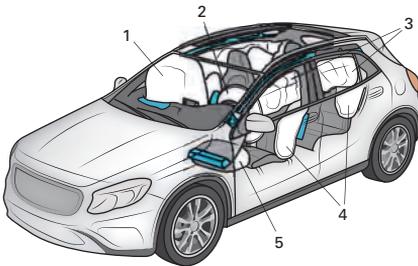
Äußere Fahrzeugsicherheit

- Fußgänger- und Zweiradfahrschutz: Keine scharfen Kanten an der Karosserie, Frontbereich der Karosserie verformbar, versenkte Scheibenwischer, Motorhaube stellt sich beim Aufprall um ein bestimmtes Maß auf.
- Partnerschutz (Kompatibilität): Abgestimmtes Deformationsverhalten der Karosserie um Unfallgegner (auch im Kleinwagen) nicht unnötig zu gefährden.

Innere Fahrzeugsicherheit

- Optimales Deformationsverhalten der Karosserie: Energieaufnehmende Knautschzonen vorne und hinten, stabile Fahrgastzelle mit Seitenaufprallschutz
- Rückhaltesysteme: Sicherheitsgurte mit Gurtstraffer und Gurtkraftbegrenzer, Kopfstützen (z.T. aktiv), Airbags rundum, Pre-Safe® (Sense)-System
- Sicherheitslenksäule
- crashoptimierte Pedalerie
- Polsterung im Innenraum: Armaturenbrett, Dachsäulen, Türverkleidung usw.
- Scheiben aus Verbundsicherheitsglas (VSG) oder Einscheibensicherheitsglas (ESG)

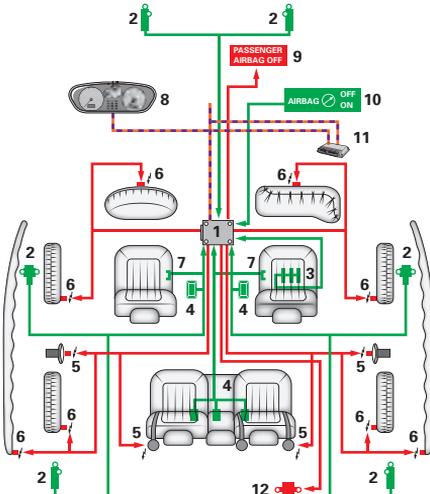
Airbags im Fahrzeug



Nr.	Airbag	Aufgabe
1	Beifahrerairbag	Oberkörper und Kopf des Fahrers bzw. Beifahrers bei einem Frontalaufprall schützen.
2	Fahrerairbag	Oberkörper und Kopf des Fahrers bei einem Frontalaufprall schützen.
3	Kopfairbag (Windowairbag)	Kopf und Halswirbelsäule bei einem Seitenaufprall schützen und Schutz vor Glassplittern.
4	Seitenairbag	Oberkörper der Insassen bei einem Seitenaufprall schützen.
5	Knieairbag	Knie von Fahrer und Beifahrer bei einem Frontalaufprall schützen.
ohne Abb.	Fußairbag	Füße und Unterschenkel des Fahrers im Bereich der Pedalerie schützen.
ohne Abb.	Sitzairbag	Anheben der Sitzkante, „durchrutschen“ (Submarining) unter dem Beckengurt verhindern.

Rückhaltesystem

Systemübersicht



Bauteile

- 1 Steuergerät
- 2 Crashesensoren
- 3 Sensor Sitzbelegung
- 4 Gurtschalter
- 5 Gurtstraffer
- 6 Airbags
- 7 Sensoren für Sitzposition
- 8 Kombiinstrument (Kontrollleuchte)
- 9 Warnleuchte deaktivierter Beifahrerairbag
- 10 Schalter Deaktivierung Beifahrerairbag
- 11 CAN-Bus-Anbindung
- 12 Zünder für Batteriepolabsprengung

Funktionsprinzip

Die Crashesensoren im Front- und Heckbereich sowie unter den beiden Vordersitzen auf den Sitzquerträgern liefern bei einem Unfall dem Steuergerät Informationen über Aufprallrichtung/Aufprallwinkel und Aufprallstärke. Zusammen mit der Information über die Sitzbelegung berechnet das Steuergerät daraus die notwendige Reaktion des Systems und steuert die entsprechenden Zünder für die Airbags und Gurtstraffer an. Crasherkennung, Auslösung und Aufblasen der Airbags muss innerhalb von 45...50 Millisekunden erfolgen. Zur Fehlerdiagnose überwacht sich das System ständig selbst und zeigt Fehlerfunktionen über die entsprechende Kontrollleuchte im Kombiinstrument an. Bei einer Stromunterbrechung wird die Energie für die Zünder durch einen Kondensator im Steuergerät sichergestellt.

Bei einem *adaptiven Rückhaltesystem* kann das Steuergerät, u.a. abhängig von der Sitzposition des Fahrers und Beifahrers, das Zusammenspiel der Airbags und der Gurtkraftbegrenzer optimal steuern.

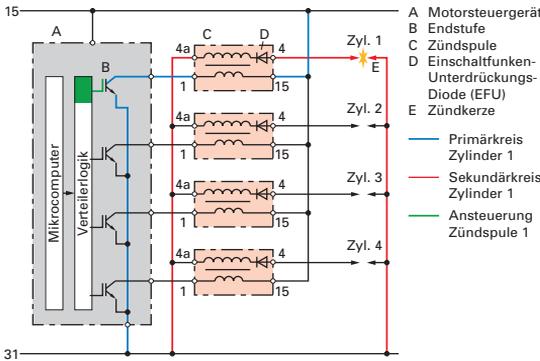
Präventives Insassenschutzsystem (PRE-SAFE®, Pre-Sense)

Das System kann kritische Fahrsituationen frühzeitig erkennen und vorsorglich (präventiv) Schutzmaßnahmen für die Insassen einleiten, z. B. die Straffung der Sicherheitsgurte von Fahrer und Beifahrer, das Schließen geöffneter Fenster und ggf. Dachsysteme, die Positionierung des Beifahrersitzes in eine günstige Position sowie z.T. eine automatische Bremsung. Die Unfall-Früherkennung erfolgt z.B. über die Sensoren des Elektronischen Stabilitätsprogrammes (ESP).

Zündanlage mit Einzelfunkenspulen

Endstufen im Steuergerät

Beispiel: 4-Zylindermotor



Aufbau und Wirkungsweise

Jedem Zylinder ist eine Zündspule zugeordnet. Sie sitzt im Zylinderkopf und ist über den Hochspannungsanschluss (Kl. 4) direkt mit der Zündkerze verbunden. Das Motorsteuergerät berechnet kennfeldabhängig den für den Motorbetriebszustand optimalen Zündzeitpunkt sowie die Schließzeit und steuert dann die Zündspulen entsprechend der in der Verteilerlogik einprogrammierten Zündfolge an.

Schaltung des Primärstroms

Das Ein- und Ausschalten des Primärstroms (bis ca. 20 A) erfolgt durch die Transistoren in den Endstufen.

• Zündanlage mit Endstufen im Steuergerät:

Der Anschluss Kl.1 der Zündspule (C) ist mit dem Motorsteuergerät (A) verbunden. Die Endstufe (B) befindet sich im Motorsteuergerät. Der Primärstrom fließt durch das Motorsteuergerät zur Masse.

• Zündanlage mit Endstufen in den Zündspulen:

Der Anschluss Kl.1 der Zündspule (C) führt direkt zur Masse. Das Motorsteuergerät (A) steuert die Endstufe (B), die sich in der Zündspule befindet, über eine separate Steuerleitung an. Der Primärstrom wird in der Zündspule geschaltet und fließt somit nicht durch das Motorsteuergerät. **Werkstatthinweis:** Bei Einzelfunkenzündspulen mit eingebauter Endstufe kann an der Primärwicklung keine Widerstandsprüfung durchgeführt werden, da die Endstufe den Messstrom sperrt.

Einschaltfunken-Unterdrückungs-Diode (EFU)

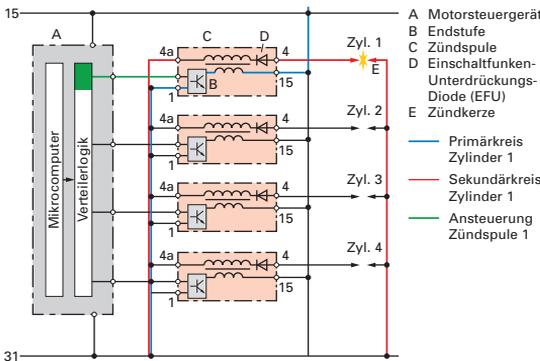
Die sekundärseitig eingebaute EFU-Diode (D) unterdrückt den Funken, der unter Umständen beim Einschalten des Primärstroms entstehen würde. Damit werden Fehlzündungen während des Ansaugens sicher verhindert. Die EFU-Diode ist eine sogenannte Kaskadendiode. Sie besteht aus mehreren in Reihe angeordneten pn-Schichten (Sperrspannung bis ca. 10000 V) und ist so geschaltet, dass der entgegengesetzt zum eigentlichen Zündfunken gepolte Einschaltfunke unterdrückt wird.

Werkstatthinweise:

Klemme 1 und 15 dürfen nicht vertauscht werden, da sonst die EFU-Diode zerstört wird. Widerstandsprüfung der Sekundärwicklung: Messspannung ca. 10 V, damit die Schleusenspannung der EFU-Diode sicher überwunden wird und der Messstrom fließen kann.

Endstufen in den Zündspulen

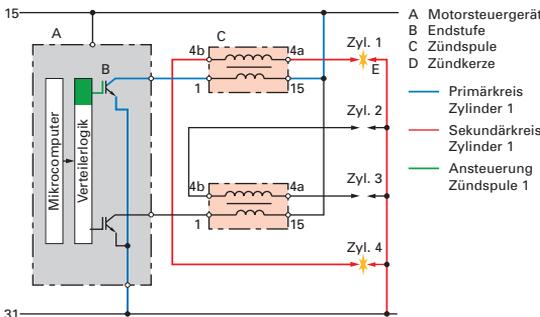
Beispiel: 4-Zylindermotor



4

Zündanlage mit Doppelfunkenzündspulen

Beispiel: 4-Zylindermotor



Aufbau und Wirkungsweise

Jede Zündspule (C) versorgt zwei Zündkerzen bzw. zwei Zylinder. An den beiden Ausgängen der Sekundärwicklung (4a und 4b) ist jeweils eine Zündkerze angeschlossen. Die beiden Zündkerzen sind somit in Reihe geschaltet.

Das Motorsteuergerät (A) berechnet kennfeldabhängig den optimalen Zündzeitpunkt und die Schließzeit und steuert über die Endstufen (B) die Zündspulen entsprechend der Verteilerlogik an. Im Zündzeitpunkt entstehen gleichzeitig zwei Funken. Beispiel 4-Zylindermotor (vgl. Abb. links): Die erste Zündspule versorgt die Zylinder 1 und 4. Ein Funke (Hauptfunke) zündet im Zylinder 1 am Ende des Verdichtungs Vorgangs das Gemisch, der andere Funke (Stützfunke) fällt in das Ende des Ausstoßvorgangs im Zylinder 4. Nach 360°KW sind die Vorgänge umgekehrt. Die zweite Zündspule wird jeweils 180°KW später angesteuert und versorgt die Zylinder 2 und 3 in entsprechender Weise.

Doppelfunkenzündspulen benötigen in der Regel keine EFU-Dioden (siehe oben), da die Einschaltinduktionsspannung zu gering ist, um die in Reihe geschalteten Funkenstrecken zu überbrücken.