

Arbeiten unter Hochdruck

Einspritzventile | Fehler in den Einspritzventilen können verschiedene Ursachen haben und machen sich beim Startvorgang und auch in schlechten Abgaswerten bemerkbar. Wir erklären die gängigsten Probleme und zeigen, wie sie sich beheben lassen.



Foto: Adobe Stock/Nong/Asimo

Startet der Motor nicht oder ist der Leerlauf unruhig, kann dies an den Einspritzventilen liegen.

Einspritzventile kommen sowohl in Otto- als auch in Dieselmotoren zum Einsatz und haben die Aufgabe, Kraftstoff in den Ansaugtrakt oder den Verbrennungsraum des Motors zu spritzen. Dabei müssen sie in jedem Betriebszustand des Motors die korrekt vom Steuergerät berechnete Menge an

Kraftstoff injizieren. Dabei kommen bei Direkteinspritzern, wo die Einspritzdüsen über eine Hochdruckpumpe gespeist werden, bis zu 350 Bar zum Einsatz. Im Idealzustand sollte der Einspritzstrahl außen feine Tröpfchen besitzen und im Zentrum zu größeren Tröpfchen zerstäuben. Der Kraftstoff brennt dadurch langsamer und gleichmäßiger ab, da sich die feineren Tröpfchen zuerst entzünden. Es entsteht dadurch ein vergleichsweise sanfter Druckanstieg im Brennraum.

Kurzfassung

Einspritzventile sorgen dafür, dass der Kraftstoff fein zerstäubt in den Brennraum gelangt und sauber verbrennt. Im Falle eines Defekts der Ventile gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Fehlersuche.

Magnetische Betätigung

Damit diese Zerstäubung des Kraftstoffs gewährleistet ist, müssen je nach Motortyp ein gewisser Abstand und ein entsprechender Einspritzwinkel eingehalten werden. Während Einspritzventile

früher hauptsächlich mechanisch betätigt wurden, werden sie heutzutage im Regelfall elektromagnetisch betätigt. Sensoren liefern dabei die Daten des Motor-Betriebszustands an das Motorsteuergerät, das wiederum die elektrischen Impulse zum Öffnen und Schließen der Einspritzventile errechnet und steuert.

Der Aufbau eines Einspritzventils ist dabei immer recht ähnlich und es besteht im Regelfall aus einem Ventilkörper. Im Inneren befinden sich dann eine Magnetwicklung, eine Düsennadel mit Mangnetanker und eine Führung für die Düsennadel. Das Steuergerät liefert die Spannung für die Magnetwicklung, die wiederum dafür sorgt, dass die Düsennadel von ihrem Ventilsitz abhebt und eine Präzisionsbohrung öffnet, durch die der Kraftstoff hindurchfließt. Wenn das Steuergerät die Spannung aussetzt, drückt eine Feder die Düsennadel auf den Ventilsitz zurück und verschließt damit die Bohrung. Mit diesem Mechanismus und der Öffnungszeit des Einspritzventils lässt sich Durchflussmenge des Kraftstoffs genau steuern, damit je nach Betriebszustand des Motors immer



Foto: Denso

Ein typischer Common-Rail-Injektor vom Zulieferer Denso.

die passende Menge an Kraftstoff eingespritzt wird.

Schlechtere Abgaswerte

Im Regelfall halten Einspritzdüsen einen Betrieb von 100.000 Kilometern aus. Sollte das Einspritzventil defekt sein, macht sich dies durch unterschiedliche Symptome bemerkbar. Ein erster Anhaltspunkt ist es, wenn der Motor schlecht startet. Auch ein erhöhter Kraftstoffverbrauch kann darauf hindeuten, dass die Einspritzventile defekt sind. Während der Autofahrt macht sich ein defektes Einspritzventil durch mangelnde Leistung des Autos bemerkbar. Auch kann es zu Schwankungen im Leerlauf kommen. Das Abgassystem ist von einem defekten Einspritzventil ebenfalls betroffen und bei einer Abgasuntersuchung machen sich Defekte durch schlechte Abgaswerte bemerkbar. Defekte des Einspritzventils beschränken sich aber nicht nur auf die Performance, sondern können auch Folgeschäden verursachen. So kann sich beispielsweise die Motorlebensdauer reduzieren oder es können Schäden am Katalysator oder Partikelfilter auftreten.

Verschmutzungen als Ursache

Die Ursachen für ein defektes Einspritzventil können vielfältig sein. So hat beispielsweise auch die Kraftstoffqualität Einfluss darauf, ob ein Einspritzventil einen Defekt aufweisen kann oder die Funktion eingeschränkt ist. Denn ist der Kraftstoff beispielsweise verschmutzt, kann das Filtersieb im Einspritzventil verstopfen und den Kraftstofffluss ein-

schränken. Verunreinigungen machen sich auch negativ im Einspritzventil selbst bemerkbar. So können selbst kleinste Verunreinigungen innen oder Verbrennungsrückstände außen dafür sorgen, dass sich das Nadelventil schlecht schließt. Hierfür können auch Ablagerungen verantwortlich sein, die durch Additive im Kraftstoff entstehen. Ebenfalls in die Kategorie Schmutz fallen Ablagerungen, die die Ausflussbohrung zusetzen können. Neben mechanischen Ursachen können aber auch Ursachen in der Elektrik für einen Defekt des Einspritzventils sorgen. So zum Beispiel durch einen Kurzschluss in der Magnetspule oder ein unterbrochenes Kabel zum Steuergerät.

Zylinderabgleich hilft

Um dem Fehler bei einem defekten Einspritzventil auf die Schliche zu kommen, lassen sich verschiedene Verfahren anwenden, die entweder bei laufendem oder abgestelltem Motor durchgeführt werden können. Bei laufendem Motor empfiehlt es sich, eine Zylindervergleichsmessung und gleichzeitige Abgasmessung durchzuführen. Denn anhand des Drehzahlabfalls und des Vergleichs der HC- und CO-Werte an den einzelnen Zylindern lässt sich erkennen, wie sich die eingespritzte Kraftstoffmenge verteilt. Sind die Einspritzventile in Ordnung, sollten in jedem Zylinder die gleichen Werte vorliegen. Weichen die Werte wegen zu geringer Kraftstoffeinspritzung stark voneinander ab, äußert sich das durch besonders niedrige HC- und CO-Werte. Daraus lässt sich wiederum

schließen, dass ein oder mehrere Einspritzventile defekt sind.

Werkstätten, die ein Oszilloskop besitzen, können sich das Einspritzsignal darstellen lassen, was wiederum Rückschlüsse auf das Einspritzventil gibt. Dafür muss die Messleitung an die Signalleitung angeschlossen werden, die andere Leitung an einen geeigneten Massepunkt. Bei laufendem Motor kann anhand des Signalbilds die Spannung und die Impulsdauer (Öffnungszeit) abgelesen werden. Beim Öffnen der Drosselklappe sollte während der Beschleunigungsphase die Impulsdauer ansteigen und bei konstanter Drehzahl (rund 3000 U/min) wieder auf oder knapp unter den Leerlaufwert abfallen. Damit lassen sich die Ergebnisse der einzelnen Zylinder vergleichen und Rückschlüsse auf mögliche Fehler wie etwa eine schlechte Spannungsversorgung ziehen.

Mittels einer Kraftstoffdruckmessung lassen sich fehlerhafte Bauteile wie die Kraftstoffpumpe oder der Kraftstofffilter erkennen. Auch die Dichtheit des Ansaug- und Abgassystems lässt sich sicherstellen, um eine Verfälschung der Messung zu vermeiden. Bei einem zweipoligen Induktivgeber können dabei der Innenwiderstand, ein eventueller Masseschluss und das Signal ermittelt werden. Beträgt der Innenwiderstandswert 200 bis 1.000 Ohm (je nach Sollwert), ist der Sensor in Ordnung. Bei Null Ohm liegt ein Kurzschluss und bei M Ohm eine Unterbrechung vor. Die Masseschlussprüfung erfolgt mit dem Ohmmeter von einem Anschlusspin zur Fahrzeugmasse. Der Widerstandswert muss dabei gegen unendlich tendieren.

Alexander Junk |

Fehlersuche am Einspritzventil

- **Prüfung der Kabelverbindung (Durchgang)**
Bei abgezogenem Steuergerätestecker sollten die einzelnen Kabel der Einspritzventilstecker zum Steuergerät geprüft werden. Der Sollwert sollte rund 0 Ohm betragen.
- **Prüfung der Kabelverbindung (Masseschluss)**
Bei abgezogenem Steuergerätestecker Messung der Kabel von den Einspritzventilsteckern zum Steuergerät gegen Fahrzeugmasse.
- **Prüfung der Spulen der Einspritzventile (Durchgang)**
Hierfür sollte das Ohmmeter zwischen den beiden Anschlusspins angeschlossen werden. Der Sollwert sollte rund 15 Ohm betragen.
- **Prüfung der Spulen der Einspritzventile (Masseschluss)**
Jeder einzelne Anschlusspin wird gegen das Ventilgehäuse auf Durchgang geprüft. Der Sollwert sollte höher als 30 MOhm sein.



Schmierstoff-Experte Motul bietet ein Reinigungssystem für Einspritzdüsen an.