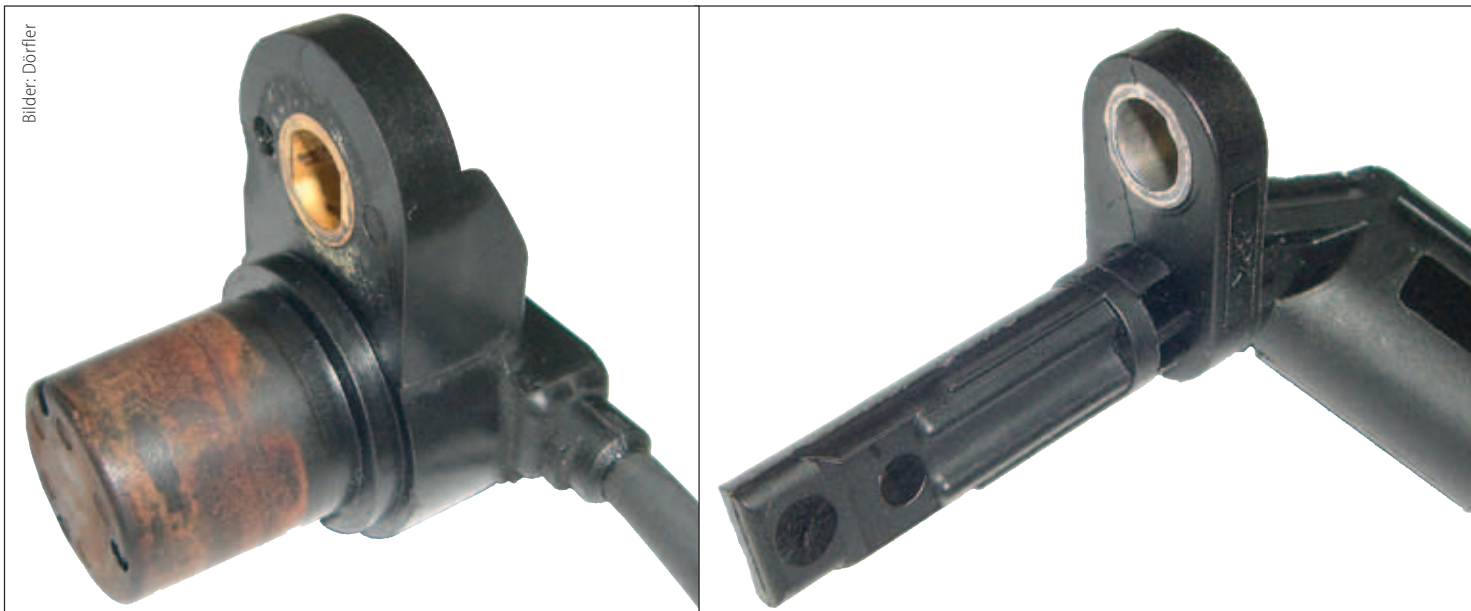


Bilder: Dörfler



Fehlersuche an Magnetfeld-Sensoren

Magnetfeld-Therapie

Was umgangssprachlich als Hall-Geber bezeichnet wird, arbeitet nach unterschiedlichen Prinzipien und hat ebensolche korrekte Namen. Ein Überblick mit Diagnosehinweisen.

Mit Hall-Geber können verschiedene Technologien gemeint sein. Magnetfeld-Sensoren, so lautet der bessere Sammelbegriff, arbeiten allgemein nach dem Hall-, AMR-, GMR-, TMR-, CMR- oder GMI-Effekt. Im Auto findet man häufig das Hall-, AMR- oder GMR-Prinzip wieder (vgl. Infokasten „Magnetfeld-Sensoren“ auf Seite 12). Das Einsatzgebiet erstreckt sich von ABS- über Nockenwellen- und Lenkwinkelsensoren bis zu Fensterheber- und Schiebedachantrieben. Vorwiegend werden die Sensoren zur Drehzahl- und Positionserfassung, aber auch zur Strommessung eingesetzt.

Der konventionelle Hall-Effekt-Sensor reagiert auf Magnetfelder in Form einer Spannungsänderung, hervorgerufen durch das Magnetfeld eines Permanentmagneten oder durch einen Stromfluss auf das Hall-Element. Als Hall-Schranke verrichtet er schon seit mehr als 30 Jahren im Verteilergehäuse als Impulsgeber für die Zündung seinen Dienst. Gegenüber dem Sensorelement befindet sich ein Permanentmagnet,

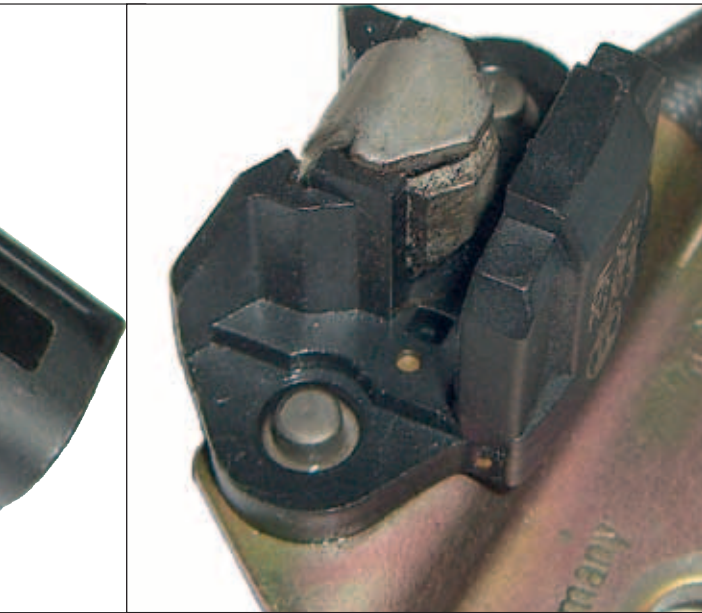
der mit seinem Magnetfeld auf den Sensor einwirkt. Eine Blende aus magnetisch leitfähigem Material mit Aussparungen, abhängig von der Zylinderzahl, rotiert zwischen Magnet und Sensorelement und verursacht einen wechselnden Magnetfluss auf das Sensorelement. Trifft das Magnetfeld auf das Sensorelement, wird eine Spannung im Millivoltbereich erzeugt, die für die Weiterverarbeitung zu gering ist.

Element, Elektronik, Endstufe

Eine im Sensor integrierte Elektronik sorgt dafür, dass die Spannung verstärkt und mit einer nachfolgenden Impulsformerstufe (Schmitt-Trigger) in ein Rechtecksignal gewandelt wird. Danach wird das Signal über eine interne Endstufe, meist eine Open-Kollektor-Schaltung mit kleinem Transistor, zur Verfügung gestellt. Die Strombelastbarkeit der Endstufe ist gering und bewegt sich zwischen zehn und 30 Milliampere. Das ist der Grund, warum man die Sensoren nicht mit konventio-

nellen Glühfaden-Prüflampen prüfen darf. Hall-Sensoren können nur dann korrekte Signale liefern, wenn sich auch die Peripherie in ordnungsgemäßem Zustand befindet. Defekte Geberräder, Beschädigungen am Zahnkranz und zu große Abstände können zu falscher Impulssequenz, Fehlen von Signalteilen oder sogar zum kompletten Ausfall des Signals führen.

Handelt es sich um einen Standard-Hall-Effekt-Sensor (Nockenwellensensor, Zündimpulsgeber oder ABS-Sensor), ist das Ausgangssignal meist rechteckig und bewegt sich in einem Bereich von null bis etwas über zwölf Volt. Fälschlicherweise wird die Impulsgleichspannung oft als Wechselspannung bezeichnet. Geber dieses Typs besitzen in der Regel drei Anschlüsse (Plus, Signal, Minus) und benötigen eine Spannungsversorgung vom Steuergerät von meist fünf oder zwölf Volt. Der Widerstand, der den Stromfluss in eine Spannung umwandelt, ist im Steuergerät verbaut. Da der Sensor nur Ein oder Aus erkennt, sollte am Ausgang eine Recht-



Das Einsatzspektrum von Magnetfeld-Sensoren reicht von ABS-Sensoren bis zu Schiebedachantrieben

eckspannung anliegen. Eine größere Abweichung von der Rechteck-Signalfrequenz kann bereits auf einen internen Schaden des Sensors hindeuten. Erfahrungsgemäß sind häufige Ursachen für den Ausfall eines Hall-Sensors durchgeschweuerte Leitungen und Defekte an Steckverbindungen. Da das Hall-Element immer eine nachgeschaltete Elektronik benötigt, bevor das Signal an den Ausgang gelangt, ist diese eine weitere mögliche Fehlerquelle.

Thermische Überbelastung, mangelhafte Verarbeitung, Überspannung, Haarrisse und Alterung am Elektronik-Chip sind u. a. Ausfallursachen des Sensors selbst. Diese äußern sich meist im Vorfeld durch sporadisches Aussetzen des Systems. Weil die meisten dieser Sensoren das Signal über einen Transistor „open collector“ zur Verfügung stellen, ergibt sich hier eine weitere Gefahrenquelle. Der von der internen Elektronik angesteuerte Endstufen-Transistor des Hall-Gebers lässt nur kleine Ströme zu, die in einem Bereich bis maximal 30 Milliampere liegen. Höhere Ströme, zum Beispiel durch falsche Prüfmethoden, können die Endstufe zerstören.

Um die verschiedenen Hall-Geber-Typen zu prüfen, werden LED-Prüflampe, Multimeter und Oszilloskop benötigt. Generell sollte vor der Prüfung bekannt sein, um welchen Typ es sich handelt. Ein Hall-Geber mit zwei Anschlüssen kann zunächst vom Induktivgeber nicht eindeutig unterschieden werden, doch die Iden-

www.autoservicepraxis.de



www.exponentia.de

Wenn's drauf ankommt: Bremsen- und Fahrwerksteile vom Erstausrüster

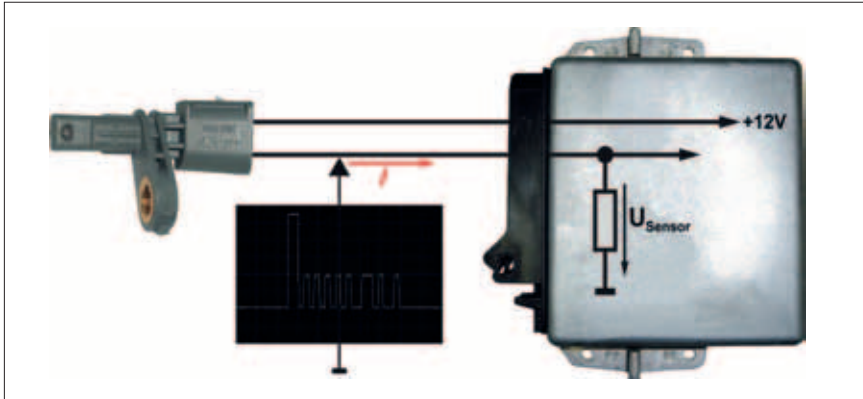
Es gibt Situationen, die sich auch bei größter Vorsicht und Konzentration nicht vermeiden lassen. Plötzlich spielt die Qualität des Fahrwerks und der Bremsanlage die entscheidende Rolle. Erst das perfekte Zusammenspiel von Bremssystem und Fahrwerk schafft jetzt die nötigen Sicherheitsreserven. Als führender Entwicklungspartner der Automobilindustrie stellen wir mit unseren Systemen und Originalteilen sicher, dass genau diese Sicherheitsreserven vorhanden sind.

Keine Kompromisse auch für den Ersatzteilmarkt: Mit Bremsen- und Fahrwerksteilen von TRW stets auf der sicheren Seite – auch in kritischen Situationen.



Bremse – Lenkung – Aufhängung

www.trwaftermarket.com



Anschlussprinzip für die Magnetfeld-Sensor-Diagnose mit einem Oszilloskop

tifizierung ist unproblematisch. Dazu wird die Spannung am Anschluss zum Steuergerät gemessen. Bei eingeschalteter Zündung sollte hier eine Spannung zwischen fünf und zwölf Volt anliegen; der exakte Wert ist abhängig von Hersteller und Typ.

Multimeter auf Diodentest stellen

Induktive Geber werden in der Regel nicht mit einer (Gleich-)Spannung versorgt. Direkte Messung mit dem Ohmmeter am zweipoligen Sensor liefert keine hundertprozentigen Hinweise, weil das Ohmmeter je nach Ausführung Widerstandswerte von etwa ein bis mehreren 100 Kiloohm oder sogar unendlich anzeigen würde. Wird jedoch das Multimeter auf Diodentest gestellt und erfolgt am Sensor eine Diodenprüfung, lässt sich bei einigen Sensoren eine Schwellspannung von etwa 630 Milli-

volt feststellen. Beim Umpolen der Messleitungen können, je nach Sensortyp, Werte von ca. 1.300 bis 1.700 Millivolt oder unendlich angezeigt werden. Ein Hinweis dafür, dass es sich nicht um einen induktiven Sensor handelt. Eine exakte Aussage über den Zustand des Sensors kann aufgrund der Messungen nicht erfolgen.

Erste Hinweise ergeben sich aus der Pin-Belegung des Steckers. Bei dreipoligem Stecker ist von separater Spannungsversorgung auszugehen. Dabei sind die Schaltpläne der einzelnen Hersteller zu beachten. Die Spannungsversorgung stellt in der Regel das Steuergerät zur Verfügung. Bei der Prüfung eines Hall-Sensors im Kfz sollte zuerst die Spannungsversorgung des Sensors bei eingeschalteter Zündung am Steuergeräteausgang mit einem Voltmeter geprüft werden. Die gleiche Messung wird am Steckanschluss des Sensors durchge-

führt. Die Signalleitung kann per Ohmmeter geprüft werden. Um das Gebersignal zu prüfen, wird zweckmäßigerweise ein Oszilloskop benötigt, welches an die Signalleitung angeschlossen wird; die Prüfung erfolgt im dynamischen Zustand.

Steuergerät oder Hall-Sensor defekt? Um das herauszufinden, wird der entsprechende Signaleingang am Steuergerät bei eingeschalteter Zündung kurz auf Masse gelegt. Ist das Steuergerät in Ordnung, sollte ein Impuls, zum Beispiel ein Zündimpuls an der Zündkerze, feststellbar sein. Diese Prüfung ist bei zweipoligen Sensoren nicht sinnvoll und nicht zu empfehlen.

Im Gegensatz zum Hall-Sensor erzeugen AMR- und GMR-Sensor (zum Beispiel Lenkwinkelsensor) eine Widerstandsänderung beim Auftreffen des Magnetfeldes. Beide unterscheiden sich vom Hall-Sensor unter anderem durch höhere Empfindlichkeit gegenüber Magnetfeldern (etwa Faktor 100). Im Sensor werden vier AMR-Elemente, vergleichbar mit Widerständen, zur so genannten „Wheatstone’schen Brückenschaltung“ zusammengefasst.

Anwenderspezifischer IC

Gespeist wird die Schaltung mit konstanter Spannung, die eine interne Elektronik zur Verfügung stellt. Trifft das Magnetfeld auf das Sensorelement, entsteht eine Widerstandsänderung in den Brückenwiderständen und somit eine Änderung der Differenzspannung zwischen den Brückenästen. Auch diese geringfügige Spannungsänderung muss von einer Elektronik verstärkt und aufbereitet werden. In der Regel werden heute die Sensorelemente mit einer intelligenten Elektronik kombiniert. Das bedeutet, dass ein entsprechender ASIC (= anwenderspezifischer integrierter Schaltkreis) im Sensor die meisten Aufgaben übernimmt. Am Ausgang stehen Informationen in Form eines Datenpakets für die weitere Verarbeitung im Steuergerät zur Verfügung. Die Verbindung zwischen beiden erfolgt nur über zwei Leitungen.

Intelligente (AMR-)Sensoren können in der Regel im Spannungsbereich von sieben bis 24 Volt arbeiten. Die Ausgangsströme liegen, je nach Ausführung, bei bis zu 30 Milliampere. Versehentliches Anschließen eines Ohmmeters mit einem Messstrom von etwa ein bis drei Milliampere kann somit entgegen häufigen Behauptungen keinen Schaden anrichten. Der Eingangswiderstand der Sensoren,

Hintergrundwissen

Magnetfeld-Sensoren

... können nach dem Hall-Effekt oder nach XMR-Effekten arbeiten. Beim Hall-Effekt wird der Stromfluss in einem Leiter durch ein Magnetfeld zur Seite gedrängt. Durch die Verdrängung der Elektronen entsteht zwischen den Seiten des Leiters ein Ladungsunterschied, der als so genannte Hall-Spannung (Millivolt-Bereich) abgegriffen werden kann. Unter den Begriffen XMR oder MR werden allgemein magnetfeldabhängige Widerstände zusammengefasst. Bestimmte ferromagnetische Metalle und Legierungen verändern beim Auftreffen eines Magnetfeldes ihren elektrischen Widerstand, wofür verschiedene physikalische Effekte verantwortlich zeichnen.

- ✓ AMR = Anisotropic Magnetoresistance
- ✓ GMR = Giant Magnetoresistance
- ✓ TMR = Tunnel Magnetoresistance
- ✓ CMR = Colossal Magnetoresistance
- ✓ GMI = Giant Magnetic Inductance

gemessen mit einem Ohmmeter, kann bei etwa einem Kiloohm bis in den Megaohm-Bereich liegen. Der Wert ist nicht aussagekräftig genug, um den Sensor als gut oder schlecht zu beurteilen, und dient lediglich dazu, den Magnetfeld-Sensor von einem induktiven Sensor (vgl. asp 1/2011, Seite 10) zu unterscheiden.

Impuls im 180-ms-Intervall

Die Prüfung dieser Art von Sensoren erfolgt zunächst über einen geeigneten Diagnosetester (Fehlerauslesen), bei Einzelprüfung mit einem Sensortester oder Oszilloskop. Bei eingeschalteter Zündung liefert der Sensor – Beispiel Ate – alle 180 Millisekunden einen kurzen Impuls, der am Oszilloskop dargestellt werden kann. Sobald eine Magnetfeldänderung durch Drehen des Rads am Sensor stattfindet, wird ein regelmäßiges Datenpaket mit einer entsprechenden Signalform erzeugt. Mit dem Datenpaket werden u. a. Größe des Luftspalts, Drehrichtung, Drehzahl und weitere Größen übertragen. Charakteristisch sind bei diesem Datenprotokoll die drei Strompegel von sieben, 14 und 28 Milliampere, die mit einem geeigneten Tester gemessen werden können.

Nach einem ähnlichen Prinzip arbeitet der ABS-Sensor von Bosch. Er stellt ein pulsweitenmoduliertes Datenpaket mit konstanter Amplitude als Ausgangsgröße zur Verfügung. Dabei werden die Informationen anhand Breite des Rechteckimpulses und Abstand zum nachfolgenden Impuls übertragen. Auch hier werden zwei charakteristische Stromwerte, sieben und 14 Milliampere, angegeben.

Wird am zweipoligen Steckanschluss zum Steuergerät eine Spannung von fünf Volt oder höher gemessen, ist davon auszugehen, dass es sich um einen intelligenten Hall-Sensor, zum Beispiel um einen ABS-Sensor, handelt. Eine weitere Prüfung kann nur mit einem Oszilloskop erfolgen, sofern kein geeigneter Tester zur Verfügung steht. Dabei wird das Oszilloskop, wenn möglich über einen Y-Adapter, angeschlossen. Bei eingeschalteter Zündung und Raddrehung sollte bei intakter Funktion ein Signal sichtbar werden. Im Ruhezustand liefern einige Typen auch etwa alle 180 Millisekunden einen Impuls, der mit dem Oszilloskop dargestellt werden kann. Eventuelle Fehler lassen sich hier nur bei genauer Kenntnis des Datenprotokolls herauslesen.

Reinhold Dörfler

Wissenslücken?



Da helfen Schulungen der ATR

Vom Lehrling bis zum Meister – die ATR Akademie macht Sie fit für die Herausforderungen in der modernen Kfz-Werkstatt. Wir bieten Schulungen und Seminare zu aktuellen Technikthemen, Recht, Betriebsführung und vieles mehr. Für Azubis haben wir ein kostenloses Trainingscamp im Programm.

Mehr Informationen im Internet unter:
www.atr-akademie.de



ATR SERVICE GmbH
Otto-Hirsch-Brücken 17
70329 Stuttgart
www.atr.de