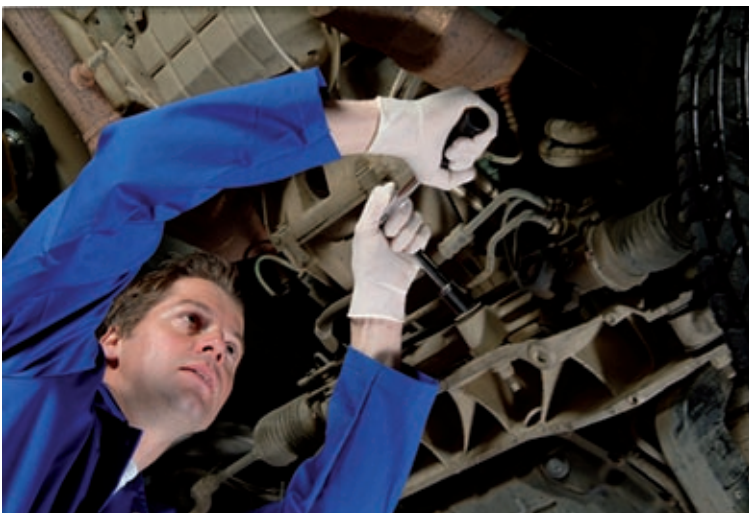


WEITERBILDUNG

# SERVICETECHNIKER

→ **TECHNIK VON PROFIS FÜR PROFIS**

- ▷ MOTOR- UND MOTORMANAGEMENTSYSTEME
- ▷ BORDNETZ, VERNETZUNG, KOMMUNIKATION
- ▷ FAHRZEUG UND KOMFORT
- ▷ NAVIGATION, UNTERHALTUNG, INFOTAINMENT
- ▷ FAHRZEUG UND SICHERHEIT
- ▷ FAHRZEUG, REIFEN, FAHRWERK
- ▷ KRAFTSTOFFE UND ANTRIEBE
- ▶ **INSTANDSETZUNG UND DIAGNOSE**
- ▷ SENSOREN, AKTOREN
- ▷ MOTOR, ABGASE UND UMWELTPROBLEMATIK
- ▷ ANTRIEBSSTRANG
- ▷ FAHRZEUGSYSTEME/MECHATRONIK



# Die OBD-Eigendiagnose hat Grenzen

Die Selbstüberwachung elektronischer Fahrzeugsysteme arbeitet häufig lückenhaft



Foto: FCD

Die konventionelle OBD-Diagnose führt bei der Reparatur häufig nicht zum Ziel.

Kaum einer kennt ihn noch: den VW 411E von 1968. Doch der luftgekühlte Wolfsburger mit dem Boxer-Herz war das erste Großserienfahrzeug mit einer elektronischen Einspritzanlage. Damit begann der Siegeszug von prozessorgesteuerten Regelsystemen im Automobilbau.

Seitdem ist viel Zeit vergangen. Es gibt kaum eine Komponente in modernen Fahrzeugen, die nicht von einem dieser „schwarzen Kästchen“ geregelt, gesteuert oder zumindest überwacht wird. Diese Häufung von Computersystemen hat zur Folge, dass die Suche nach der Ursache eines Fehlers oder einer Störung darin mit „normalen“ Mitteln eine sehr komplexe, wenn nicht sogar manchmal fast unmögliche Aufgabe ist.

Um den Werkstätten die Arbeit zu erleichtern, entwickelte die Autoindustrie bereits sehr frühzeitig Prüfgeräte und eine interne Selbstüberwachung der elektronischen Steuergeräte. Die heute am weitesten verbreitete ist die OBD-Diagnose. Sie soll dafür sorgen, dem Servicetechniker die Fehler und Defekte von einzelnen Bauteilen und ganzen Baugruppen aufzuzeigen. Zudem soll sie ihn bei der Behebung der Störung leiten.

Das gängige Handwerkszeug des Servicetechnikers ist das Diagnosegerät. Es ist eine ausgewachsene Station mit Preisen eines Mittelklassewagens. Doch trotz dieser geballten Technik ist die Arbeit des Servicetechnikers keine leichte. Denn das, was diese Geräte als Ergebnis bzw. Hilfe bieten, lässt häufig an deren und der Qualität der Computer-Eigendiagnose zweifeln.

Oft arbeitet die Eigendiagnose fehlerhaft: Systeme, die sich gegenseitig stören, was in keiner Reparaturstrategie berücksichtigt wird, Defekte, die falsch interpretiert werden, weil Werte nicht gemessen, sondern nur errechnet werden oder Fehlersuchstrategien, die den Faktor Mensch nicht berücksichtigen. Es gibt zahlreiche Ursachen hierfür, doch das Ergebnis ist fast immer das Gleiche: Häufig führt die menuegeführte Eigendiagnose nicht zum Ziel, eine Fehlerursache eindeutig zu bestimmen und den Defekt so schnell und günstig wie möglich zu beheben.

Nun kann man über die Ursache hierfür lange diskutieren und streiten. Doch dies bringt die Mechaniker und Servicetechniker in den Werkstätten kaum weiter. Alternativen sind gefragt. Und die

gibt es. Und zwar in Form moderner Mehrkanal-Speicheroszilloskope. Mit ihnen kann der geschulte Fachmann sichtbar machen was Diagnoseprotokolle manchmal verschweigen, Messwerkblöcke einem oft „vorgaukeln“ und statisch mithilfe von Reparaturleitfäden niemals zu ermitteln ist.

Der folgende Beitrag zeigt das Beispiel eines tschechischen Unternehmens, das diese andere Form der modernen Fehlerdiagnose sehr erfolgreich betreibt, schildert einige Fälle aus der Praxis, in der die konventionelle OBD-Diagnose scheiterte und beschreibt die Hintergründe.

Steffen Dominsky

## INHALT

### OBD-Diagnose und ihre Grenzen Mit Oszilloskopen Bauteile sicher prüfen

Die Schwächen der Eigendiagnose	56
Systemfehler in Fahrzeugen	57
Testfahrt mit Speicher-Oszilloskop	58
Der Faktor Mensch in der Diagnose	60
Die Dynamik der Signale	64

Die bisher erschienenen Teile des »kfz-betrieb«-Servicetechnikers finden Sie unter [www.kfz-betrieb.de](http://www.kfz-betrieb.de) in der @-info 5931

# Komfortable Hilfe oder Halbwahrheit?

Die Fehlersuche mittels Speicher-Oszilloskop ist eine Alternative zur OBD-Diagnose



*Bild 1: Häufig sieht der Arbeitsplatz eines Diagnostikers so aus, wenn ihn die menügeführte Diagnose in die Irre geführt hat. In diesem Fall hatte der „allgemeine Diagnosebegleiter“ entschieden, der Fehler liege eindeutig in der Elektrik. Tatsächlich hat der Verteiler die Positionssignale aufgrund eines gerissenen Steuerriemens nicht gesendet – ein möglicher Fehler, der bei der Programmierung der geführten Fehlersuche niemals berücksichtigt wird.*

Die moderne Fahrzeugdiagnose mittels OBD-Schnittstelle stößt häufig an ihre Grenzen. Ganze 45 Prozent der menügeführten Diagnose kommen laut einer Studie von Prof. Dr. Matthias Becker<sup>1</sup> vom Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik der Uni Flensburg nicht zum Ziel. Denn mit der zunehmenden Elektronik an Bord unserer Fahrzeuge wächst neben dem Bedarf an elektronischen Prüf- und Testgeräten auch gleichzeitig die Komplexität bei der Fehlersuche. Unter dem Markennamen FCD (First Car Diagnostics) und der dazugehörigen Internet-Plattform „FCD will help you“ ([www.fcd.eu](http://www.fcd.eu)) zeigt die Firma IHR Technika Alternativen zur klassischen Steuergerätediagnose auf.

Das FCD-Projekt der alternativen und innovativen Diagnose arbeitet mit einem digitalen Speicher-Oszilloskop. In den vergangenen Jahren, in denen der Großteil der Werkstätten den Weg der konventionellen Eigendiagnose ging, vertrieb die IHR Technika lange Zeit erfolgreich das „High End Oszilloskop“ HMS 990. Lediglich ein Fahrzeughersteller erkannte das Diagnosepotenzial des 12-Kanal-Oszilloskops: Mercedes-Benz. Er hat die zeitlose 12-Kanal-Messmaschine im Diagnoseprogramm unter der Stardiagnose gelistet. Damals wurde der „HMS-990-Motortester“ von der Firma Hermann Electronic (die inzwischen in dem Unternehmen AVL aufgegangen ist) mit einem integriertem Diagnosehandbuch ausgestattet, das auf einzelne Komponenten-Tests ausgerichtet war. Für die damalige Zeit durchaus rich-

tungsweise. Inzwischen hat das bis dahin einzige Mehrkanal-Oszilloskop – das sich mittlerweile AVL DiScope 990 nennt – zahlreiche Mitbewerber bekommen. Die neue Generation von Oszilloskopen verfügt heute über eine Vielzahl von Funktionen. Eine Funktion hilft den Werkstätten bei vielen Diagnoseproblemen weiter: Die Record- bzw. Aufnahmefunktion mit gleichzeitiger Speicherung der Daten in Dateien.

Doch nur wenige Mechaniker und Servicetechniker können die manchmal komplex erscheinenden Oszillogramme – mit denen sich sogar ein verstopfter Auspuff erkennen lässt – korrekt lesen und Defekte entsprechend deuten. Deshalb nimmt der Diagnosefachmann – gleichgültig, an welchem Ort der Erde er sich gerade befindet – die Signale der Sensoren und Aktoren des jeweils beanstandeten Systems mithilfe des Oszilloskops auf und schickt sie mit einer Diagnosebeschreibung zur Auswertung an das FCD-Portal. Das FCD-Team wertet diese Dateien aus und schickt sie an den Servicetechniker zurück.

Dieses Verfahren hat Vorteile sowohl für die Werkstatt wie auch für das FCD-Portal. Denn anhand der Beschreibung und Erklärung der Oszilloskopbilder lernt der Diagnosefachmann schnell, diese korrekt und künftig auch ohne „fremde Hilfe“ sicher zu interpretieren. Das gilt sowohl für seine eigenen Oszilloskopbilder, wie auch die anderer Servicetechniker, die z. B. ein ähnliches Problem hatten. Das FCD-Team wiederum sammelt diese Dateien und wertet sie aus. Aus der Vielzahl an Gut- und Fehlbildern, die ständig bei FCD eingehen, haben die Diagnosespezialisten eine umfangreiche Datenbank an Signalen erstellt, die mittlerweile bereits über 20 000 Bilder umfasst. Anders als in anderen Datenbanken werden diese Bilder wiederholt verarbeitet und gegebenenfalls die Beschreibung und Interpretation ergänzt. Somit ist diese Datenbank stets aktuell. Aufgrund dieser Tatsache und der innovativen Messmethoden durch das FCD-Projekt hat die klassische Eigendiagnose einen sehr leistungsfähigen Mitbewerber bekommen.

## Stärken und Schwächen der Eigendiagnose

Die Eigendiagnose – unter dem Begriff OBD-Diagnose zusammengefasst –, die als Teil des Steuergeräte-Programms immer umfangreicher und vollständiger wird, ist zwar komfortabel, hat aber auch ihre Schwächen. Es sind keine Einzelfälle, dass sich Kunden aufgrund der mangelhaften Behebung elektronischer Probleme von ihrer Automarke abgewendet haben. Und dies nur deshalb, weil die Werkstatt selbst kleine Elektrik-/Elektronikprobleme am Fahrzeug nicht beheben konnte. Der Grund dafür lag jedoch nicht zwingend in der mangelnden Kompetenz des Betriebs. Die Ursache war und ist häufig eine andere.

Die Eigendiagnose eines Fahrzeugs verfügt heutzutage über Funktionen, auf die die Werkstatt nicht mehr verzichten will und kann. Mittels Diagnoseschnittstelle kann der Mechaniker die Service-Intervallanzeige zurückstellen, Schlüssel kodieren, neue Bauteile nach einer Reparatur anpassen oder verschiedene Komfortfunktionen programmieren. Bei ihrer Geburt hatte die Eigendiagnose jedoch auch eine andere – ihre ursprüngliche Aufgabe bekommen: „Helfen, Fehler zu finden“. Gerade diese Aufgabe wird für sie in letzter Zeit immer schwerer, da aufgrund des rasch zunehmenden Elektronikanteils in den Fahrzeugen und der wachsenden Intelligenz der Steuer- und Regelsysteme sich viele Funktionen überlagern und Toleranzfelder von Sensoren und Aktoren gegenseitig beeinflussen.

Mit der zunehmenden Verschärfung der Umwelt- und Abgasvorschriften und den steigenden Komfort- und Sicherheitsanforderungen der Kunden wächst die Zahl der elektronischen Systeme im Fahrzeug. Diese Systeme arbeiten zwangsläufig miteinander und nebeneinander, das heißt, sie müssen sich letztendlich auch miteinander „vertragen“. Das ist die Aufgabe der unterschiedlichen Entwicklungsabteilungen der Automobilhersteller und Zulieferer. Meistens gelingt dies zufriedenstellend, oftmals aber auch nicht, wie zahllose Rückrufaktionen und regelmäßige Software-Updates zeigen. Meist laufen diese für den Kunden unbemerkt im Zuge von routinemäßigen Werkstattaufenthalten ab.

Die Eigendiagnose entwickelt sich fortlaufend weiter und wird von Jahr zu Jahr besser und komfortabler. Eigenschaften, über die sie jedoch nur unzureichend verfügt, sind Universalität, Komplexität und die Fähigkeit, praktische Probleme miteinander zu verbinden. Gerade die Komplexität ist die große Schwachstelle der Eigendiagnose. Da das Überwachungssystem im Fahrzeug nur einen bestimmten Teilbereich erfasst, kommt es häufig bei einem Problem zu Verkettungen. Es werden zahlreiche wei-

tere Fehlermeldungen ausgelöst, ohne dass diese Bereiche wirklich betroffen sind. Dies hilft dem Servicetechniker bei der Fehlersuche nicht weiter, im Gegenteil: Häufig führt ihn die Eigendiagnose damit in die Irre.

Greift der Werkstattfachmann im Rahmen der weiteren Diagnose zu den so genannten „Messwertblöcken“ (wobei diese angezeigten Daten den Titel nicht verdienen, den sie tragen), erlebt er häufig eine weitere Enttäuschung, wenn er nicht über ausreichende Erfahrung verfügt. Denn die Werte in den Messwertblöcken bestehen zu zirka 70 Prozent nicht aus gemessenen, sondern nur aus berechneten Werten. Möchte sich der Techniker anhand eines Messwertblocks Unterstützung holen, um „aktuelle“ Messwerte abzulesen und zu vergleichen, müsste er dabei zwischen den gemessenen und den berechneten Werten unterscheiden, was er aber in der Regel nicht kann (Bild 2).

Diese Tatsache zeigt, dass die Aussagefähigkeit der Eigendiagnose oftmals sehr gering ist. Moderne Eigendiagnoseprogramme unterstützen den Servicetechniker scheinbar immer besser, indem sie nicht nur Defekte oder Fehler anzeigen, sondern gleichzeitig eine Reparaturempfehlung aussprechen. Doch die Erfahrung zeigt: Je komfortabler die Eigendiagnose bei der Fehlersuche inzwischen geworden ist, desto unsicherer ist sie häufig auch. Das Oszilloskop dagegen ist ein „schweigendes“ Werkzeug, das ohne einen erfahrenen Bediener bei der Fehlersuche nur wenig nützt. Bei korrekter Verwendung „sagt“ es jedoch stets die Wahrheit.

## Systemfehler der Fahrzeughersteller

Von offiziellen „Systemfehlern“ erfahren wir in der Regel nur selten, nämlich dann, wenn sehr viele Fahrzeuge zum Beispiel im Rahmen einer Rückrufaktion betroffen sind. Auf den Großteil der Systemfehler stoßen Mechaniker und Servicetechniker jedoch bei fast jeder zweiten Fehlersuche. Dies bestätigt die eingangs erwähnte Studie von Prof. Dr. Becker. Die Gründe dafür sind neben der oben genannten gegenseitigen Beeinflussung der Systeme auch Algorithmen, die solche Fehlerquellen aufspüren sollten (Algorithmen können in einem bestimmten Bereich Unregelmäßigkeiten erkennen und alternative Messwerte errechnen).

### Beispiel eines Systemfehlers in der Diagnose

Bei einem modernen Vierzylindermotor aus dem VW-Konzern wurde bei der Montage von neuen Zündkerzen an einer Kerze die äußere Isolierkeramik beschädigt, was der Mechaniker jedoch nicht gleich bemerkte. Nach dem Anlassen lief der Motor eindeutig auf nur drei Zylindern. Nach ein paar Sekunden leuchtete die Motor-Warnlampe auf. Das Auslesen des Fehlerspeichers ergab die Fehlermeldung „3. Zylinder – Zündaussetzer erkannt – statisch“. In diesem Fall schützt die Eigendiagnose den Katalysator vor Zerstörung durch programmiertes Abschalten des Einspritzventils am betroffenen Zylinder. Die menügeführte Diagnose des VW-Diagnosetester VAS 5051 führte den Servicetechniker wie folgt: Zuerst sollte der Mechaniker mit einem

Systemspannung	99.3	V
Wegfahrsperre	aktiv	
Wegfahrsperre Signal	nicht empf.	
Pedaltstellung	629.8	%
Leerlaufschalter	aktiv	
Luftmassenmesser	0	mg/Hub
Barometer Sensor	0.80	bar
Ladedruck Sollwert	1.60	bar
Ladedruck	0.02	bar
Ansauglufttemperatur	-269	°C
Kühlmitteltemperatur	2389	°C
Motoröltemperatur	-260	°C
Kraftstofftemperatur	-238	°C
Bremsschalter 1	nicht aktiv	
Bremsschalter 2	nicht aktiv 12V	
Kupplungsschalter	nicht aktiv	
Klimainformationsschalter	nicht aktiv 0V	
Kraftstoffabschaltventil	nicht aktiv	
Förderbeginn	230.4	"KW
Spritzbeginn Sollwert	420.9	"KW
Spritzbeginn Istwert	1.9	"KW
Einspritzmenge Sollwert	597.5	mg/Hub
Kraftstoffmenge	7.6	mg/Hub
Tastverhältnis Ladedruck	10.2	%
AGR Sollwert	72	mg/Hub
AGR Tastverhältnis	495	%

*Bild 2: Diese Tabelle scheint auf den ersten Überblick sehr informativ zu sein. Wer mit der Eigendiagnose schon lange arbeitet, weiß, dass 70 Prozent dieser Werte berechnete und nicht gemessene Angaben sind. Hinzu kommt, dass das Steuergerät diese „aktuellen“ Werte in einer sehr langsamen Abtastrate wiedergibt, was dem Servicetechniker nur wenig nützt.*

Oszilloskop das Vorhandensein der Einspritzsignale am betroffenen Zylinder gemäß angezeigten Schaltplans prüfen.

Nach Anlassen des Motors sollten mehrere Einspritzsignale auf einer automatisch eingestellten Zeitbasis sichtbar sein. Sollten die Signale nicht sichtbar sein, sollte im nächsten Schritt laut menügeführter Diagnose bereits das Motor-Steuergerät ersetzt werden. Dass der Bediener zuvor die gesetzte Fehlermeldung unbedingt löschen muss, damit die Einspritzventil-Abschaltung wieder für ein paar Sekunden deaktiviert wird, verschweigt das Programm. Die Folge: Der Servicetechniker wird von der menügeführten Diagnose völlig falsch angewiesen und tauscht – so gängige Praxis – häufig Teile, die nicht defekt sind. Das Beispiel zeigt, dass sich die menügeführte Diagnose wie in diesem Fall mit einem Einsatz eines Zündoszilloskop gar nicht befasst, obwohl die Zündanlage selbst zu den anfälligsten Systemen in modernen Fahrzeugen überhaupt gehört.

### **Beispiel eines Systemfehlers in der Konstruktion**

Systemfehler treten auch in Steuersystemen von Motoren auf. Ein Beispiel: Die heutigen E-OB-D-Systeme haben eine in die Eigendiagnose integrierte Zündausfall-Überwachung, die auf einer zylinderspezifischen Drehzahlüberwachung der Kurbelwelle beruht. Das an der Kurbelwelle angebrachte Geberrad ist dafür mit Markierungen versehen, die in der Zeitachse von einem an Motorblock angebrachten Sensor elektronisch ausgewertet werden. Wenn sich der Motorblock nicht bewegt, arbeitet diese Überwachung sehr genau. Hat der Motorblock jedoch eine zu weiche Lagerung an der Karosserie, wird bei einem zylinderspezifischen Fehler oft ein anderer Zylinder als defekt bezeichnet, da sich die Überwachung durch den schwankenden Motorblock, an dem der Positionssensor sitzt, „vergreift“. Der Grund dafür ist der sich zusammen mit dem Motorblock bewegende Sensor, der seine Lage gegenüber den Markierungen an der Kurbelwelle somit von Zylinder zu Zylinder ändert.

### **Fehlermeldungen sind nur bedingte Hilfen**

Oftmals gibt die Eigendiagnose bei einer Störung an einem Fahrzeugsystem eine Fehlermeldung aus, bei dem sie die Ursache des Fehlers erkennt. Häufig setzt sie jedoch Meldungen, die einen Fehler beschreiben, ohne aber die Ursache zu erkennen bzw. anzuzeigen. Manche Fehlersuch-Hilfetexte von Diagnosegeräten sind fehlerhaft und führen den Mechaniker falsch. Denn zahlreiche „Pauschal-Fehlersuchpläne“ sind veraltet und empfehlen nur primitive – weil nicht aussagekräftige – Prüfvorgänge, mit denen der Servicetechniker mögliche Defekte an Fahrzeugsystemen nicht dynamisch, sondern lediglich statisch messen kann.

Dass es ein Problem ist und oftmals nicht zum gewünschten Erfolg führt, einen dynamisch auftretenden Fehler statisch im Ruhezustand zu messen, berücksichtigen fast alle Fahrzeughersteller bisher in ihren Fehlersuchprogrammen nicht. So sind die häufig beschriebenen Widerstandsmessungen an Sensoren und Aktoren praxisfremd. Denn zum einen sagt das Ergebnis dieser statischen Messung im ausgebauten Zustand kaum etwas über die dynamische Funktion im Betrieb aus, zum anderen werden

alleine durch den Bauteileausbau mögliche Kontaktprobleme „vertuscht“ bzw. durch den Einbau sogar erst künstlich erzeugt.

Auch das ist der Grund, warum eine andere Fehlersuchstrategie als die menügeführte Fehlersuche der Eigendiagnose eingesetzt werden kann und soll. Es gibt Dutzende und Hunderte von Möglichkeiten, die dazu führen können, dass ein Fehler von der Eigendiagnose als solcher erkannt wird. Die Hilfetexte können diese Vielzahl unmöglich jemals erfassen.

Ein Beispiel: Ein Mechaniker hat sich im Rahmen einer Unfallreparatur vergriffen und zwei Unterdruckschläuche vertauscht. Es gibt keinen Fehlersuchplan, in dem folgender Hilfetext stehen würde: „Haben Sie die Schläuche für Entlüftung des Kurbelwellengehäuses und des MAP-Sensors aus Versehen vertauscht?“ So was wäre auch nur mit Lächeln zu erwarten, leider. Denn jeder Menschen macht mal einen Fehler.

### **Den „Alleskönner“ in der Eigendiagnose gibt es nicht**

Das Bestreben, der Werkstatt ein „Alleskönnergerät“ bieten zu können, hat jeder Diagnose-Hersteller. Die Vorteile liegen auf der Hand: Ein solches Gerät kann auch ein wenig geschulter Arbeiter bedienen. Es werden ihm alle Arbeitsschritte in einer festgelegten Reihenfolge vorgegeben, womit Fehler so gut wie ausgeschlossen sind. Dazu passen würde dann auch Tatsache die Fehlersuche und -Behebung zeitlich genau eingrenzen, wie es manche Hersteller bereits heute im Rahmen von Garantie- und Kulanzfällen machen. Doch dies ist der falsche Weg.

Denn wenn von geführten Fehlersuchprogrammen die falsche Strategie vorgeschlagen wird – die oft einen schnellen Teiletasch vorsieht – verwundert es nicht, wenn unnötige Ausgaben für umsonst gewechselte Teile und der nach wie vor nicht behobene Fehler den Kunden verärgert. Innerhalb der Garantiezeit übernimmt der Hersteller meist diese Kosten. In der Post-Garantiezeit zahlt sie dann der Kunde. Auf den ersten Blick verdient die Werkstatt zwar bares Geld. Auf lange Sicht verliert sie jedoch aufgrund von Wiederholreparaturen ihre Glaubwürdigkeit und häufig auch den Kunden.

### **Testfahrt mit digitalem Speicher-Oszilloskop**

Wohl niemand hat schon einmal erlebt, dass ein Werkstatt-Mitarbeiter bei der Direktannahme an einem Fahrzeug einen Gehörschutz trug oder die Augen bei geöffneter Motorhaube verschloss. Sehkraft, Gefühlssinn und ein trainiertes Gehör gehören schon lange zu den wichtigsten Diagnosewerkzeugen von Mechanikern und Servicetechnikern. Wenn z. B. ein Fahrzeug einseitig zieht, so würde es ein Mechaniker spüren, selbst wenn seine Augen verbunden wären – er würde den Widerstand am Lenkrad „fühlen“. Der Mechaniker sollte also nie auf seinen Gefühlssinn verzichten, genauso wenig wie ein Koch auf seinen Geschmackssinn. Bezogen auf die Fehlersuche am Fahrzeug heißt das, dass es gerade bei komplexen Störungen und Defekten ein erster Schlüssel zum Erfolg ist, zu wissen, was die Elektronik mittels Sensoren „spürt“, sprich wahrnimmt.

Aus dieser Sicht ist es sinnvoll, die Fehlersuche am Fahrzeug im Rahmen einer Probefahrt durchzuführen, idealerweise zu einem Zeitpunkt, an dem der Fehler auftritt. Dabei werden die Daten von relevanten Bauteilen mit einem Mehrkanal-Oszilloskop dynamisch aufgezeichnet, anstatt diese mit einem Multimeter – statisch in der Werkstatt – auf Grundvoraussetzungen für die Funktionalität hin nach allgemeinen Prüfplänen zu messen. Statisch messen heißt nicht nur die Hälfte zu wissen, es heißt auch, sich oftmals selbst „hinters Licht zu führen“. Viele Werkstatthandbücher und Reparaturanleitungen der Fahrzeughersteller begrenzen sich bei Bauteilprüfungen auf Spannungs- oder Widerstandsmessungen. Sie lassen Kfz-Mechanikern die Gelegenheit entgehen, „das Unsichtbare sichtbar zu machen“, denn die Messmöglichkeit mit einem Digital-Speicheroszilloskop gibt es schon lange.

### Die physikalischen Werte in der Dynamik verraten die „vierte Dimension“

Wenn neben einzelnen, absoluten Werten auch die Dynamik der Signalverläufe und deren Verhältnis untereinander in einem Bild sichtbar werden, kann der Diagnosemann darauf reagieren. Er gewinnt aufgrund der sich verändernden Signale neue Erkenntnisse und kann dementsprechend gegebenenfalls eine andere Diagnosestrategie festlegen.

Der Vorteil eines Mehrkanal-Oszilloskops (Bild 3): Aus der Dynamik mehrerer Signale ist für den Fachmann auch mehr erkennbar. Man sieht zum Beispiel die Zusammenhänge, wie sich einzelne Regel- und Steuerkreise beeinflussen, oder die Reaktionen des Steuergeräts auf verschiedene Eingaben.

Bei einem dynamischen Ereignis erkennt man sogar, was die Ursache und was die Folge der Ursache ist. Manche Fehler haben eine komplizierte und doch einfach lösbare Ursache. Doch der Weg zum Entdecken des Fehlers ist mit konventionellen Messmethoden oft mühsam, zeitraubend und manchmal sogar unmöglich.



Bild 3: Das Zwölfkanal AVL DiScope 990 schickt alle Messwerte während der Testfahrt in einen Speicher und von hier auf den Bildschirm des angeschlossenen PCs oder Notebooks. Die Signale werden in einer Tastfrequenz von 1MHz verarbeitet und in informationsreiche Kurven umgewandelt. Die lückenlose Oszilloskop-Aufnahme lässt sich nach der Probefahrt aus dem Speicher auswerten.

### Beispiel einer unkontrollierten Steuerung an einem 4-Zylinder-Common-Railmotor

Der Kunde eines Hyundai beanstandete bei konstanter Gaspedalstellung eine schwankende Drehzahl in allen Drehzahlbereichen. Im fahrzeugseitigen Fehlerspeicher waren nach einer Probefahrt alle vier Zylinder mit Zündaussetzern hinterlegt. Dies war jedoch eine falsche Diagnose der Eigenüberwachung. Wie und warum sich die Eigendiagnose geirrt hatte, zeigt unser Oszillogramm (Bild 4) aus der Leerlaufphase. Obwohl nur ein Injektor defekt war, wurden alle Zylinder als defekt angesehen. Die Ursache dafür war eine zu weiche Motorlagerung!

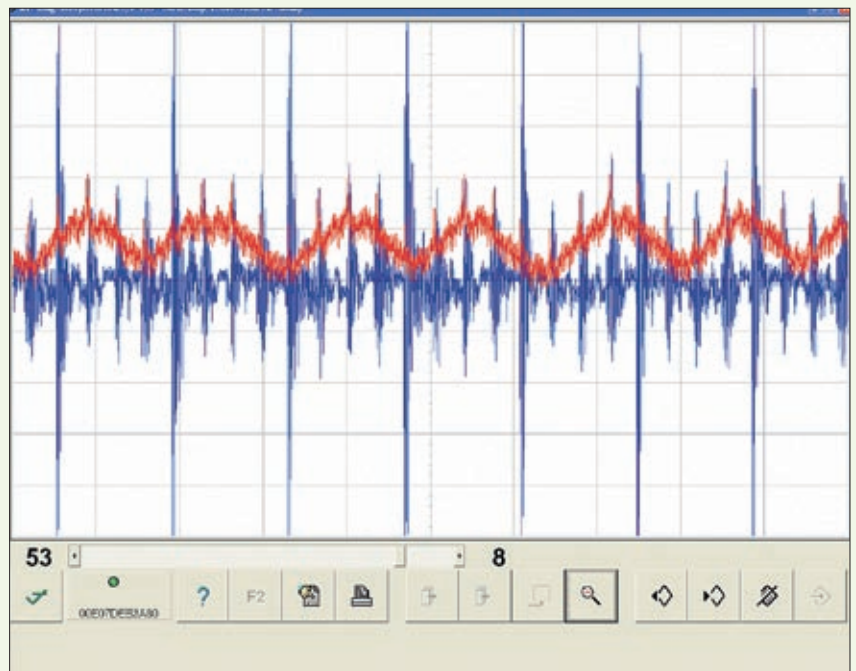


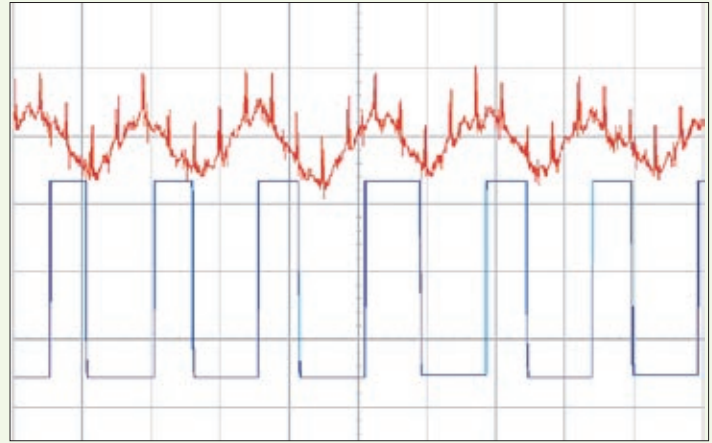
Bild 4: Das blaue Signal kommt von einem auf der Kraftstoffleitung des 1. Zylinders befestigten Piezo-Klemmgebers. An ihm sind neben den großen Spannungsnadeln jeweils drei kleinere Spannungssignale (Zylinder 3, 4 und 2) erkennbar. Das rote Signal stammt von dem schwankenden Raildruck, der nicht synchron zur Frequenz der Motordrehzahl verläuft.

Doch warum funktionierte die Eigendiagnose der Motorsteuerung so „schlecht“? Die Ursache für die falsche Reaktion der OBD-Diagnose setzt sich aus drei Faktoren zusammen: Ein fast totaler Ausfall eines Injektors, eine weiche Motorlagerung und die mit einem eigenen Regelkreis arbeitende Kraftstoffdruckregelung im Rail. Die große Kraftstoffmenge, die der Injektor am ersten Zylinder in den Rücklauf zum Tank fließen lässt, anstatt einzuspritzen, verursacht eine dynamische, pulscharakteristische Reduzierung des Kraftstoffdrucks im Rail. Dies hat wiederum zweierlei Folgen. Eine davon spielt sich in der Kraftstoffregelung ab: Das Raildruck-Regelventil wird aktiviert.

Die andere Auswirkung ist das Schütteln des Motors aufgrund der fehlenden Arbeit des nicht zündenden ersten Zylinders. Anhand dieses Schüttelns wird die Rundlaufstabilisierung aktiviert und der Raildruck nachkorrigiert. Die darauf entstehende Druckschwankung im Rail – der Kraftstoffdruck wird schnell hoch und runter geregelt – arbeitet jedoch in einem eigenen Takt (mit anderer Frequenz) als das Schütteln des Motorblocks durch die regelmäßigen Zündaussetzer des ersten Zylinders. Deshalb wird



*Bild 5: Dass das rote Signal in einer eigenen Frequenz, unabhängig von der Motordrehzahl schwankt, hat die Prüfung bewiesen, ...*



*Bild 6: ... bei der das blaue Signal dem Kontakt in der linken bzw. rechten Hand entspricht. Das rote Signal zeigt den Raildruck.*

anhand der Markierungen am Kurbelwellen-Geberrad von Drehzahl/Positionsgeber ein unregelmäßiger Motorlauf irrtümlicherweise auf allen Zylindern erkannt, weil der Motor stärker aufgrund der Druckschwankungen schüttelt, als aufgrund der Zündaussetzer.

Um der Ursache der falschen Diagnose weiter auf den Grund zu gehen, sollte ermittelt werden, in welchem Takt der Motor in der Lagerung schaukelt. Der Servicetechniker legte mit der Hand eine Messspitze des Oszilloskops auf den Motor, die andere Messspitze stützte er an der Karosserie ab (Bild 5). Vom Raildrucksensor wurde das Kraftstoffdrucksignal aufgenommen. Während der Motor im Leerlauf lief, zeigt sich, dass der Motor in der Frequenz der Kraftstoffdruck-Regelschleife in den Motorlagern schaukelt und nicht in der Drehzahlfrequenz (Bild 6).

Die anschließende Messung der tatsächlichen Rücklaufmenge an allen Injektoren hat eindeutig den ersten Injektor als

liche Überprüfung der dynamischen Verhältnisse nötig ist, um die Ursache von Defekten feststellen zu können.

### Der Faktor Mensch in der Diagnose

Ein System wie die Motorsteuerung hat bei der Eigendiagnose auch dann Probleme, Defekte und Störungen zu erkennen und richtig zuzuordnen, wenn etwas aufgrund äußerer Einflüsse dieses System stört. Zu diesen Störungen gehören auch Fehler, die Folge eines menschlichen Eingriffs bei einem Reparaturversuch sind, egal ob es sich zum Beispiel um den Einbau eines nicht 100-prozentig identischen Ersatzteiles handelt, oder ob der Fehler durch das Vertauschen zweier Schläuche entstanden ist. Diese Fehlerquellen gehören zu den dümmsten und auch zu den äußerst schwer aufzufindenden Fehlern überhaupt. Oft kommt es vor, dass eine Werkstatt von einer anderen Werkstatt mit der Fehlersuche an einem Fahrzeug beauftragt wird. Gerade das genaue Schildern der Prüfungen und Messungen, die ein anderer Mechaniker bereits durchgeführt hat, verleitet die meisten Techniker dazu, diese Prüfungen „abzuhaken“ und als in Ordnung zu werten, anstatt sie zu hinterfragen und erneut abzuarbeiten.



*Bild 7: Die Rücklaufmengenmessung am Common-Rail zeigt deutlich, dass der Injektor von Zylinder 1 defekt ist.*

defekt ergeben (Bild 7). Doch Vorsicht: Diese Rücklauf-Messmethode führt nicht immer zum Ziel. Die Praxis hat gezeigt, dass die gängigen Common-Rail-Defekte heutzutage „fast jeder“ anhand der immer gleichen Symptome identifizieren kann. Doch immer wieder tauchen auch Fehler auf, bei denen eine gründ-

### **Beispiel eines „verzauberten“ Renault Scénic**

Eine gewisse Zeit nach der regelmäßigen Inspektion mit Zündkerzen- und Ölwechsel kam der Fahrzeuginhaber in die Werkstatt und bemängelte einen sporadischen Leistungsverlust und eine aufleuchtende Motorlampe im Armaturenbrett. Angeblich trete der Fehler immer wieder völlig unerwartet auf, egal ob der Motor warm oder kalt ist. Die Fehlermeldung der Eigendiagnose lautete: „Zylinder 1 und 4 – Zündaussetzer erkannt“. Das Steuergerät schaltete die zwei Einspritzventile ab und der Motor lief auf zwei Zylindern. Man musste nur die Zündung ausmachen und wieder starten, dann fuhr der Renault wieder ganz normal. Dies passierte anfangs einmal am Tag, dann wurden die Zeitabstände jedoch immer kürzer. Hinzu kam, dass seit dieser Zeit auch die elektrischen Fensterheben „sponnen“. Wenn man die Taste betätigt hatte, bewegte sich die Scheibe lediglich wenige

Zentimeter. Man musste die Taste zirka zehn Mal betätigen, bis es völlig geöffnet war. Doch diesem Umstand schenkte keiner der Techniker Bedeutung.

## Fehlercodes im Text

Der Fehlerspeicher wurde erneut abgefragt. In dem Speicher waren außer der Fehlermeldung über den Zündaussetzer von Zylinder 1 und 4 noch weitere Fehler abgelegt. Einer betraf die Drosselklappe, die anderen vier Fehler wurden nur in Form von Fehlercodes angezeigt. Im Text daneben stand: „Unbekannter Fehler – bitte kontaktieren Sie die Renault-Hotline“. Nachdem die Werkstatt den Fehlerspeicher wieder gelöscht hatte, passierte eine Zeitlang nichts, bis das beschriebene Problem erneut auftrat. Die ganze Sache zog sich über Monate hin und die



*Bild 8: Mit diesem Zündmodul fuhr der Renault problemlos manchmal mehrere hundert, manchmal nur wenige Kilometer. Es verursachte einen Elektrosmog, der andere Fahrzeugsysteme störte und von der Eigendiagnose nicht erkannt wurde.*

Werkstatt tauschte alle möglichen Bauteile aus. Die Renault-Hotline konnte zu den Fehler-Codes übrigens keine Aussage machen.

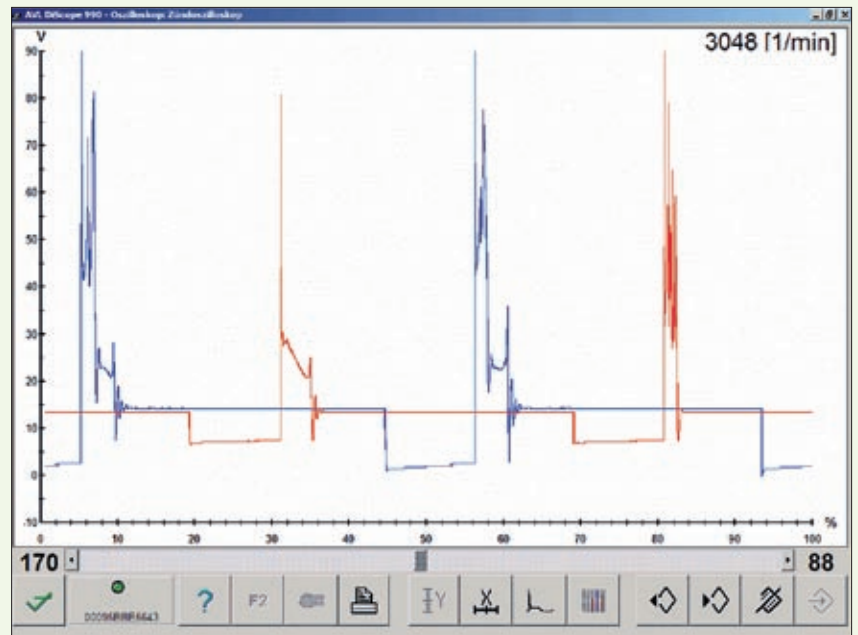
**Bis dahin wurden ohne Erfolg ausgetauscht:** eine Drosselklappe, drei Motorsteuergeräte und ein Kabelbaum motorseitig. Zudem wurden Zylinderkopf und Nockenwellen demontiert und alle möglichen und unmöglichen Fehlerquellen überprüft. Alles ohne Erfolg – der Fehler trat immer wieder auf.

## Fehlersuchplan/Diagnosebeschreibung

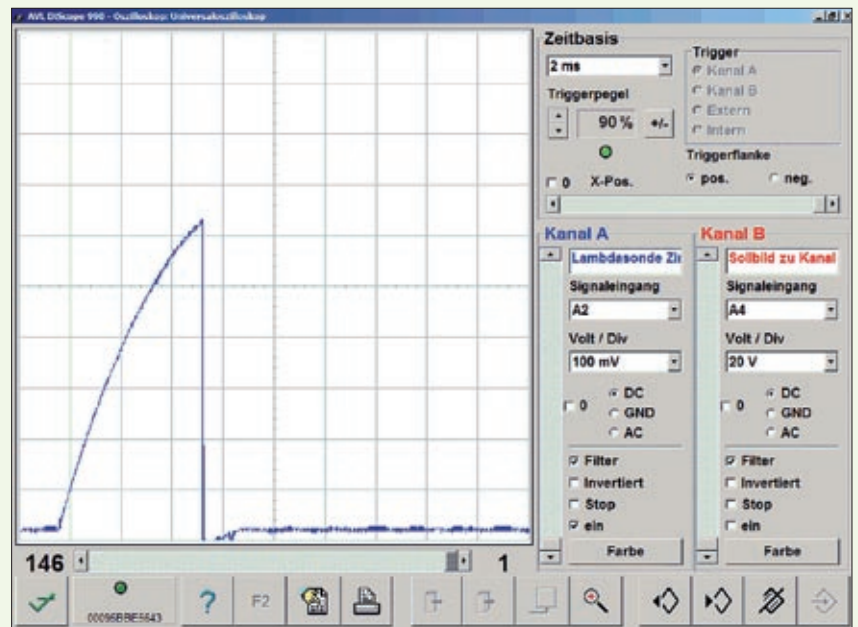
Das Fahrzeug wanderte wie folgt von Werkstatt zu Werkstatt: Die erste freie Werkstatt gab nach 14 Tagen auf und schickte den Kunden zu einer Renault-Vertragswerkstatt. Die Renault-Werkstatt forderte einen Spezialisten aus der Renault-Zentrale an. Nach mehreren Versuchen mit neuen Steuergeräten gab der Renault-Betrieb auf und verbrachte das Fahrzeug seinerseits in ein Versuchs- und Diagnosezentrum der Dekra. Die Dekra-Experten gaben ebenfalls nach zwei Wochen auf und verwiesen den Kunden zu Bosch. Bei Bosch wurde fast einen Monat an Kabelbaum und Zylinderkopf nach einem Fehler gesucht. Der Fahrzeuginhaber glaubte schon nicht mehr daran, dass er sein

Fahrzeug jemals korrekt repariert werden würde. Dann kam der Wagen wieder zurück in die freie Werkstatt – doch ohne Erfolg. Der Werkstattbesitzer wandte sich daraufhin an FCD, mit der Bitte, die Ursache des mysteriösen Fehler zu analysieren.

Als erstes machten die Experten von FCD eine Zündanalyse und entdeckten sogleich mehrere Fehler: eine serielle Funkstelle am Zylinder 2 und einige sporadische, parallele Funken im Sekundärkreis von Zylinder 1 und 4 (Bild 9). Das Oszilloskopbild des Primärkreises hingegen war völlig in Ordnung (Bild 10). Die Ursache war also ein defektes Zündmodul des zweiten Zylinders, das durch einen Elektrosmog andere Fahrzeugsysteme störte (Bild 8). Darüber hinaus entdecken die FCD-Techniker, dass



*Bild 9: Dieses Zündoszilloskop-Bild zeigt die Ursache und Fehlerart deutlich. Zwei Funken in einem Zündvorgang deuten auf eine andere, zusätzliche Funkenstelle im Zündkreis hin.*



*Bild 10: Dieses Bild beweist, dass der Primärkreis völlig in Ordnung ist. Die Eigendiagnose des Systems erfasst dieses nur nicht.*

falsche Zündkerzen verbaut waren – sie waren im Gegensatz zu den vorgeschrieben Zündkerzen nicht entstört. Der Defekt verstärkte sich im Laufe der Zeit. Es ist schwer vorstellbar, dass dieser Fehler außer das Motorsteuergerät auch die Fensterheber, die Can-Bus-Kommunikation und weitere Systeme beeinflusst hatte. Deshalb ließen sich die Fensterheber in allen Türen nur schrittweise aktivieren.

Die erste Werkstatt hat bei der Inspektion durch einen Zündkerzenwechsel eine Problemkette ausgelöst. Eigentlich hat der Einbau der nicht entstörteten Zündkerzen das schon bestehende Problem nur ein wenig verstärkt, da die Zündspule schon die Unterbrechung in dem Sekundärkreis haben müsste. Diese Unterbrechung – eine zweite serielle oder je nach Blickwinkel besser gesagt parallele Funkstelle wurde immer stärker. Somit wäre zu erwarten gewesen, dass auch eine entstörtete Zündkerze dieses Problem nicht verhindert hätte.

Bei den nachfolgenden Fehleranalysen in den Werkstätten wurde der Eigendiagnose-Aufgabe zu viel Glauben geschenkt. Dies kommt heutzutage leider viel zu häufig vor. Verstärkt wird dieses Problem zum Teil durch die vermeintlich besser werdende OBD-Steuergeräte-Diagnose. Diese gaukelt dem Servicetechniker eine „perfekte Funktion“ vor und hält ihn so davon ab, sich mit dem Oszilloskop auseinanderzusetzen. Kein menügeführter Tester empfiehlt, bei der Fehlersuche Funktionen mit einem Oszilloskop dynamisch zu messen. Doch ist dies die Kosten von zirka 5 000 Euro und drei Monate Reparaturzeit wert?

Die Erkenntnis aus dem Renault-Fall: Elektromagnetische Verträglichkeit lässt sich mit den heute bekannten Diagnosesystemen nicht messen. Sie sind selbst auf einem Can-Bus-Signal nicht sicht- und feststellbar. Doch mit einem Mehrkanaloszilloskop lässt sich diese Art von Störung aufzeigen. Der Mechaniker kann mit ihm mehrere Ausgänge in Zeitlupe beobachten. Wenn alle Ausgangssignale ohne ersichtlichen Grund auf sehr kurze Zeit (zirka 200 ms) aussetzen, kann dies nur eines bedeuten: Eine Verletzung der elektromagnetischen Verträglichkeit im Fahrzeugsystem. So verwundert es nicht, dass im Fehlerspeicher des Renault auch unbekannte Fehlermeldungen gesetzt wurden und dass die elektronisch gesteuerten Fensterheber nicht richtig funktionierten.



Bild 11: Der stark modifizierte BMW M3 fiel durch unerklärliche Zündaussetzer und Leistungsmangel auf.

### Beispiel eines BMW M3 E36 – 3.0L in Tuningversion

Kurz nach dem Fahrzeugumbau hatte der Wagen beträchtliche Leistungsprobleme. Der Motor kam nicht auf Drehzahlen, ruckte stark und hatte Zündaussetzer. Der Besitzer baute die Zündkerzen aus – diese waren sichtbar verrußt. Er reinigte sie und



Bild 12: Allein um die Signale der Einzel-Zündspulen des BMW gleichzeitig abzugreifen, benötigt man bereits sechs Kanäle des Oszilloskops.

setzte sie anschließend wieder ein. Im Teillastbereich kam es sporadisch immer wieder zu Zündaussetzern. Nur sehr selten lief der Wagen für die Dauer von wenigen Sekunden etwas besser. Die Kerzen wurden ausgebaut und wieder waren sie verrußt. Der Eigentümer des M3 setzte neue Zündkerzen eines anderen Typs ein, doch die Situation wiederholte sich wieder und wieder. Im Fehlerspeicher waren folgende Fehler hinterlegt: „O<sub>2</sub> Sensor Control; Lambdasonden – Heizungsrelais; ECU – EPROM/RAM“.

**Bisher wurden ohne Erfolg folgende Arbeiten durchgeführt:**  
Relais kontrolliert, mehrere Tuning-Programme (Kennfelder)

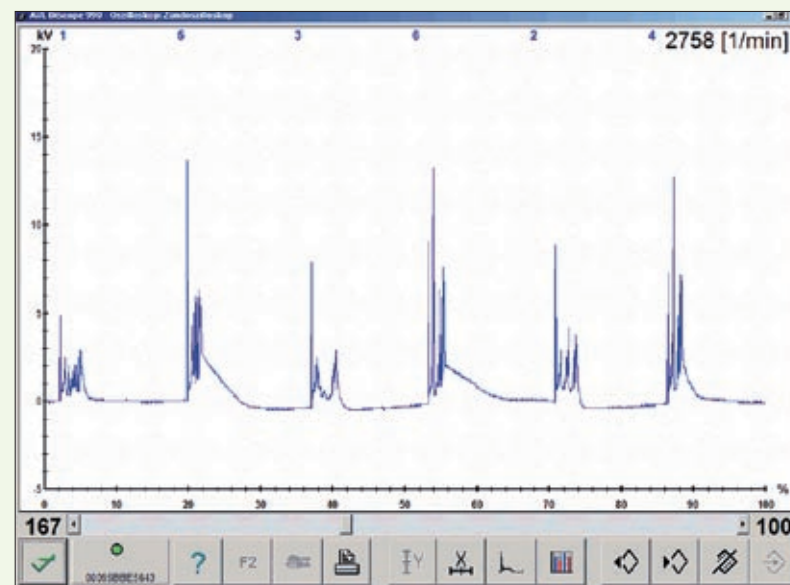


Bild 13: Die Zündnadeln von drei Zylinder zeigten unterschiedliche Höhe und Brenndauer – die Ursache für das Rücken des BMW.

ausprobiert, Motor zerlegt und kontrolliert. Der Motor wurde ursprünglich von einer Tuningfirma aufgebaut, den eine Werkstatt dann eingebaut hatte. Eine weitere Werkstatt hatte alles nochmals zerlegt und mechanisch kontrolliert, sowie einen eigenen „Tuningsatz“, bestehend aus einer Auspuffanlage, einem Saugrohr und geänderten Nockenwellen eingebaut. Wieder

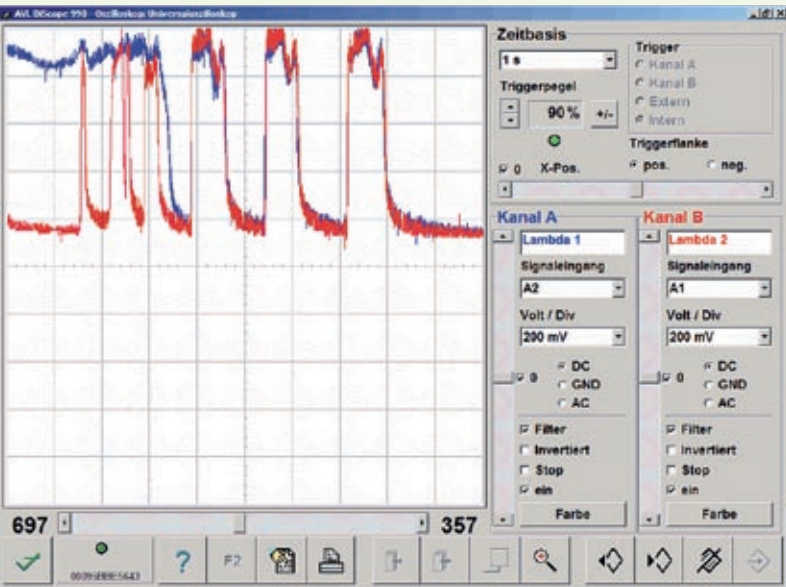


Bild 14: Die Lambdasondensignale von neuen, bereits schon einmal gewechselten Lambdasonden liessen sich nur mit wiederholten Gasstößen in der Pendelbewegung halten. Trat jedoch konstanter Leerlauf oder Teillastbetrieb auf, ... (Fortsetzung Bild 15)

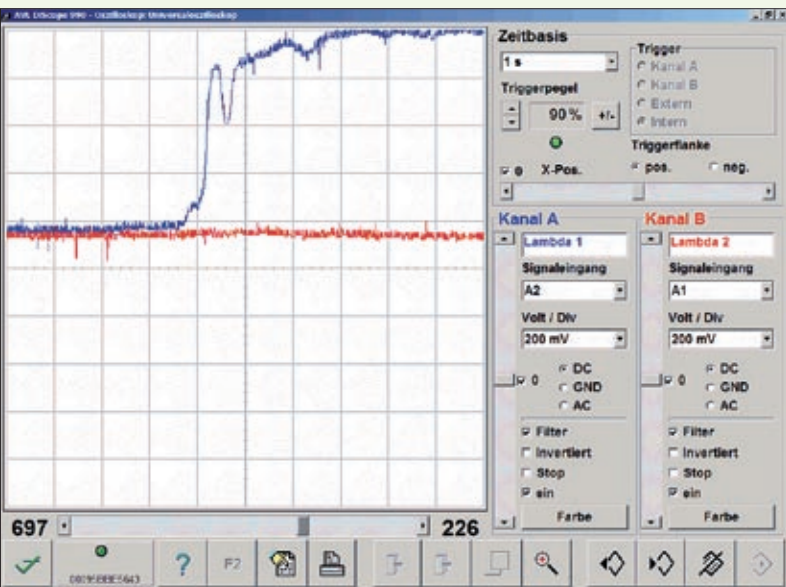


Bild 15: ... trennten sich die Spannungslinien in einem Moment und gingen immer weiter auseinander ... (Fortsetzung Bild 16)

eingebaut trat nach einigen Kilometern erneut das gleiche Phänomen zutage. Dem Motor mangelte es an Leistung und ständig verrußten die Zündkerzen. Schließlich kam der BMW zu FCD. Die Diagnose-Experten vor Ort vermuteten die Ursache bei den Lambda-Sonden.

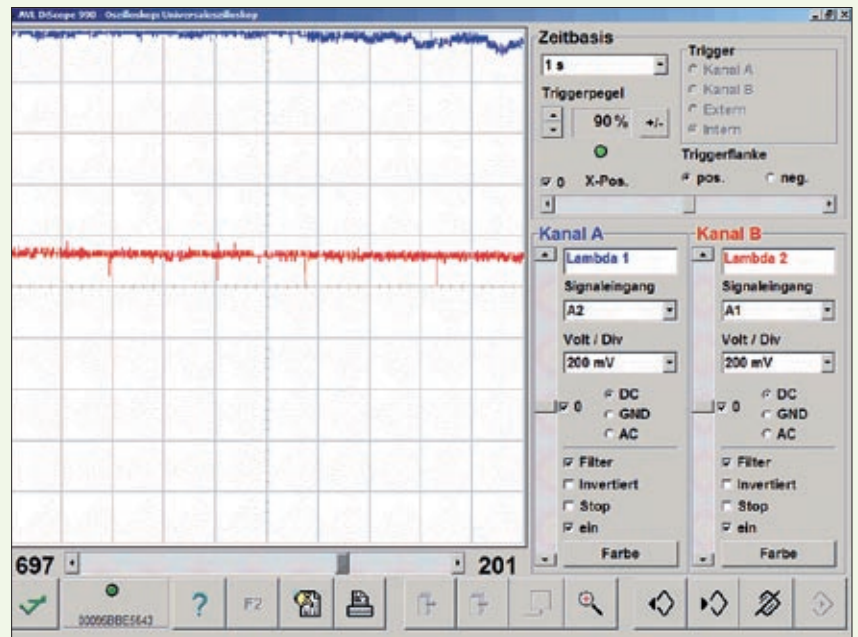


Bild 16: ... bis der Motor wieder schwere Laufprobleme hatte. Das blaue Lambdasondensignal fing langsam an, die Sauerstoffanteile von der unvollständigen Verbrennung der Zylinder 4, 5 und 6 zu registrieren. Dieser Umstand half der einen Hälfte (Zylinderbank) des Motors, am Laufen zu bleiben. Die Zündkerzen der Zylindern 1, 2 und 3 sind zu diesem Zeitpunkt bereits schon stark verrußt.

## Fehlersuchplan/Diagnosebeschreibung

Da der Fehlerspeicher die Zündausfälle wahrscheinlich nur als Folge eines Defekts am Heizungsrelais der Lambdasonden meldete, hat der FCD-Techniker den Heizungsstrom direkt an beiden Lambdasonden abgenommen. Der mit dem Oszilloskop gemessene Anheiz-Stromverlauf verriet wesentlich mehr als eine von Reparaturleitfaden vorgeschriebene Widerstandsmessung mit dem Multimeter: Die Lambdasonden erreichten ihre Temperatur erst nach der vorgeschriebenen Zeit.

Die Zündspannungsanalyse (Bild 13) hat ergeben, dass eine Hälfte der Zylinder kürzere – damit magere – und die anderen wiederum fettere Brennlinien aufwiesen. Die Kontrolle der Zündkerzen ergab jedoch einen korrekten Elektrodenabstand von



Bild 19: Die scheinbar verpolensicheren Lambdasondenstecker hatte ein Mechaniker versehentlich „ausgetrickst“, indem er die Lambdasonde der Zylinder 1, 2 und 3 mit der von Zylinder 4, 5 und 6 im Abgaskrümmer vertauscht hatte.

0,8 mm und zwar bei allen Zündkerzen. Dies war bei diesem Motor zwar der falsche Abstand, aber das hatte mit der unterschiedlichen Brenndauer nichts zu tun. Der Techniker hat den Elektrodenabstand auf die vorgeschriebenen 0,6 mm korrigiert. Nach einer „sportlichen“ Probefahrt von etwa 20 Kilometer verfügte der BMW zwar über seine volle Leistung, aber bereits nach wenigen Sekunden Fahrt in Teillastbereich bekam der Motor wieder die bekannten „Laufprobleme“ und Zündaussetzer. Der Blick auf die Dynamik der Lambdasondensignale zeigte, dass eine Hälfte des Motors immer nach ein paar Sekunden zu fett lief, während die andere wiederum viel zu mager war. Der kurze Gasstoß zeigte im Zündosilloskop nochmals die unterschiedliche Brenndauer. Die Zylinder 4, 5 und 6 waren zu mager (Bild 14 bis 16).

Dieses Oszilloskopbild hat klar gezeigt, was die mögliche Ursache des Problems war. Der 6-Zylinder-Motor des BMW besitzt zwei Abgaskrümmer: einen für Zylinder 1 bis 3 und einen für Zylinder 4 bis 6. Während am Abgaskrümmer von Zylinder 1, 2 und 3 kein Restsauerstoff registriert wurde, stieg am Krümmer von Zylinder 4, 5 und 6 der Restsauerstoff sprunghaft an. Es zeigt sich keine Spur einer geschlossenen Regelschleife an den beiden Lambdasonden. Im Gegenteil: Die Signale gingen umgekehrt auseinander. Die Lambdasonden waren also vertauscht in die Abgaskrümmer eingesetzt worden.

### Instandsetzung

Unter dem Fahrzeug fanden die FCD-Techniker zwei Lambdasondenstecker, die farblich und mechanisch kodiert waren, um eine mögliche Verwechslung zu vermeiden. Wer vermutet, man könne die Lambdasonden deshalb nicht vertauschen, irrt. Denn wenn man die Lambdasonden schon vom Anfang im Rahmen des Motorenumbaus in den „falschen“ Auspuffkrümmer montiert, ist der Servicetechniker bei einer anschließenden Fehlerdiagnose einer fast endlosen Suche ausgeliefert. Was den Elektrodenabstand betrifft, sagte der Besitzer des BMW: „Ich habe diese Zündkerzen nur deswegen verbaut, damit ich im Rahmen der Fehlersuche nicht die teuren Zündkerzen kaputt mache. Das Ergebnis war nämlich immer gleich, egal ob ich die Zündkerzen mit 0,8 mm oder 0,6 mm Elektrodenabstand eingebaut hatte.“ Damit war nun auch klar, weshalb der Motor nicht die volle Leistung hatte.

Fazit: Hätte der Servicetechniker wie in diesem Fall, wo der „Fehlerfaktor“ Mensch ein Problem verursacht hat, genau das gemacht, was ihm die menügeführte Diagnose vorgeschrieben hätte, wäre er irgendwann in einer Sackgasse gelandet. Doch in diesem Fall ging man noch einen Schritt weiter. Der Motor wurde aus- und eingebaut, alles nochmal mechanisch kontrolliert, alles eingestellt, alles visuell kontrolliert, Steuergeräte mehrmals getauscht, Software umprogrammiert – das Ganze hat mehr als ein Jahr Zeit in Anspruch genommen. Die gesamten Arbeiten kosteten dem Besitzer derart viel Nerven und Geld, dass er sein Fahrzeug irgendwann nicht mehr haben wollte.

Die dynamische Oszilloskop-Analyse mit logischen Strategien hat insgesamt drei Tage gedauert und auch deshalb nur so lange, da für die drei Tests, die durchgeführt wurden, mehrere

Male die Messwerkzeuge umgebaut werden mussten, was bei einem heißen Motor und einer heißen Auspuffanlage auf die Schnelle nicht möglich war.

### Die Dynamik der Signale in der Zeitachse

Nehmen wir zum Beispiel die dynamische Schwingung der Luftsäule im Saugrohr. Jeder Motor hat sie und jede Motorart zeichnet sich durch andere Form im Oszillogramm aus. Aber eines

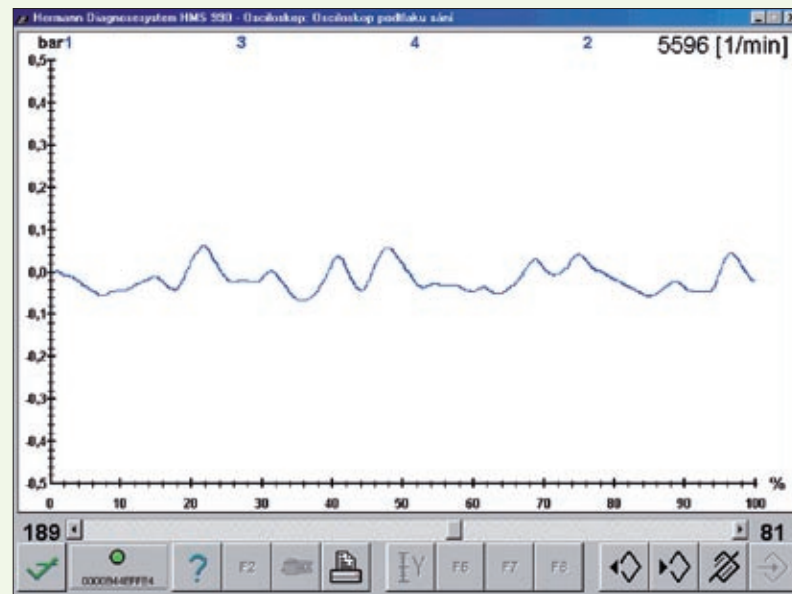


Bild 20: Die Darstellung der dynamischen Luftschwingung ergab eine Kurve, die deutlich über dem Atmosphärendruck – dargestellt durch die 0-bar Linie – lag. Der Grund dafür war die Verwendung eines Motorenöls mit anderer Viskosität. Dadurch funktionierten die Hydrostößel im oberen Drehzahlbereich nicht mehr einwandfrei und die Ventile konnten den Brennraum nicht mehr korrekt abdichten.

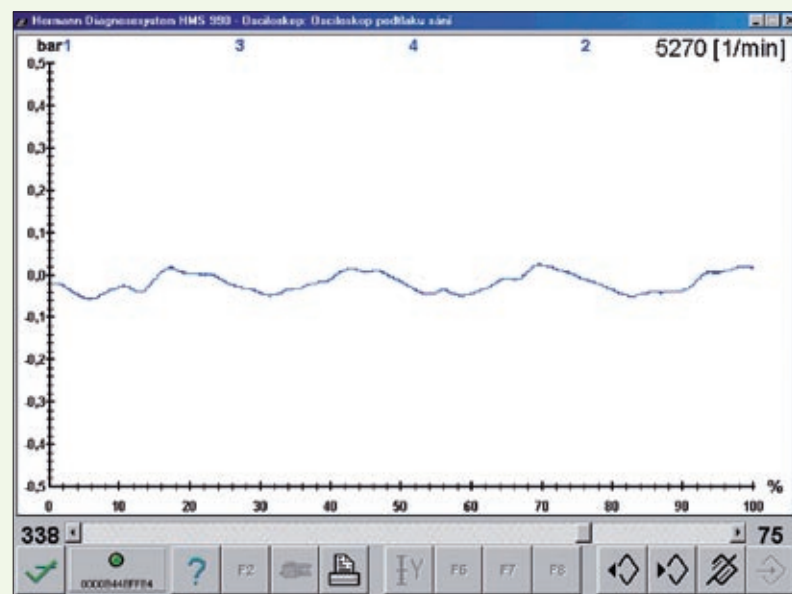


Bild 21: Die Kurve im gleichen Drehzahlbereich des Vergleichsfahrzeugs zeigte eine deutlich ruhigere Luftdruck-Dynamik im Saugrohr, als der Motor mit der Beanstandung.

haben alle gemeinsam: Die Druckwellen reagieren auf nichts so sensibel, wie auf die Ventilsteuerung. Nicht mal die Zündaussetzer bringen diese Signal-Kurven so durcheinander wie eine Undichtigkeit an den Ventilsitzen oder ein falsch eingestelltes Ventilspiel.

## Dynamik-Beispiel an einem Skoda mit „Ölproblem“

Der Inhaber eines Skoda Fabia kam wegen eines „Nachbarschaftsneids“ zu FCD. Durchaus berechtigt, wie es schien, denn beide Nachbarn besaßen das gleiche Fahrzeug. Doch das Fahrzeug des anderen Nachbarn war bei einer Bergauffahrt mit voller Besetzung schneller als das Fahrzeug dieses Kunden, besetzt lediglich mit dem Fahrer. „Das kann doch nicht sein“, dachte dieser. Eine durchgeführte Leistungsmessung ergab eine Minderleistung von stolzen 12 PS. Alle Prüfungen verliefen zunächst ohne Erfolg. Alles war bei beiden Fahrzeugen gleich: Abgaswerte sowie Signalwerte der MAP-Sensoren, Einspritzventile, Lambdasonden, Drosselklappen, etc.

Durch einen Zufall wurden die FCD-Techniker auf den Fehler aufmerksam. Bei einem Gasstoß bis zur Abregeldrehzahlgrenze ging plötzlich die Motor-Kontrolllampe an. Dies war neu für den Kunden, drehte er seinen Motor für gewöhnlich nicht so hoch. Doch bei jedem wiederholten Gasstoß leuchtete sie erneut auf. Die Meldung im fahrzeugseitigen Fehlerspeicher lautete: „Saugrohrdruck – Atmosphärendruck – unplausibles Verhältnis“. Erst durch eine dynamische Untersuchung konnten die FCD-Techniker im oberen Drehzahlbereich die Ursache mit Hilfe des Speicheroszilloskops aufnehmen (Bild 20 und 21).

Der Grund für den seltsamen Leistungsmangel war die Verwendung eines Motorenöls mit anderer Viskosität. Dadurch funktionierten die Hydrostößel im oberen Drehzahlbereich nicht mehr einwandfrei und die Ventile konnten den Brennraum nicht mehr korrekt abdichten.

## Geburt des Diagnoseportals FCD

Vor fünf Jahren haben die mit einem innovativen Mehrkanal-Speicheroszilloskop arbeitenden Servicetechniker in Tschechien angefangen, die ersten Erfahrungen untereinander auszutauschen. Das geschah auf der Internetseite von IHR-Technika. Das Internet war damals nur für wenige Kfz-Betriebe und Servicetechniker ein Thema. Für die Kommunikation auf der Homepage von IHR-Technika sorgte ein kleiner Server. Die Seite hieß damals Autodiagnostika und diente nur einem kleinen Kreis von Diagnoseleuten.

Doch durch die zunehmende Popularität dieser Seite und einer erfolgreichen Mund-Propaganda war der Server aufgrund zu zahlreicher Zugriffe bald überlastet. Das FCD-Portal wurde ins Leben gerufen und inzwischen bereits zweimal modernisiert. Es verfügt jetzt über zahlreiche Features, die dem Diagnosefachmann das Arbeiten spürbar erleichtern.

Um einen noch größeren Leser- und Besucherkreis dieses Portals in die Lage zu versetzen, die innovative Fehlersuche-Philosophie zu verstehen und in der Praxis anzuwenden, begann



Bild 22: Die LD-Diagnosetrainings werden von jungen, jedoch sehr erfahrenen FCD-Trainern durchgeführt.



Bild 23: Die animierten Theorieunterlagen bereiten die kleine Gruppe schnell auf das Praxistraining vor.

FCD eigene Diagnosetrainings anzubieten. Diese Trainings erläutern nicht Grundlagen. Sie setzen einen gewissen Grundwissen des Kfz-Mechanikers voraus. Nur damit ist eine sinnvolle Wissensvermittlung der logischen Diagnose möglich. Angeboten werden die Kurse unter der Abkürzung „LD-Trainings“.

FCD dringt in seinen Trainingskursen tief in die Materie ein, ohne das Ganze kompliziert zu machen, im Gegenteil. Jede Fehlerart wird nicht nur durch bestimmte Symptome erkennbar, die wir als Fahrer spüren, hören oder sehen. Sie wird für das Auge des Servicetechnikers genauso durch das Sichtbarmachen von Begleitsymptomen erkenn- und feststellbar. Mit Hilfe des Speicheroszilloskops ist alles durch die Kurven sichtbar und mit einer gewissen Erfahrungen auch „lesbar“. Auch dank dieses Portals ist die IHR-Technika seit nunmehr acht Jahren Vorreiter in der dynamischen Oszilloskopanalyse und der logisch geführten Strategie der Fehlersuche.

## Funktionen des FCD-Portals

Die Quickhelp-Funktion ist eine schnelle Hilfe für die Werkstatt. Auf dem FCD-Portal tauschen sich täglich zirka 300 Service-



Bild 24: Das FCD-Portal ist übersichtlich in unterschiedliche Fahrzeug- und Diagnose-Rubriken gegliedert.



Bild 25: Die andere Art der geführten Fehlersuche: Das FCD-Portal unterstützt den Servicetechniker bei Diagnose-Problemen.

techniker untereinander aus und helfen sich so gegenseitig. Sie unterstützen zudem auch das FCD-Team. Die unterschiedlichen Fachrubriken des Portals bieten dem Nutzer zahlreiche Möglichkeiten zum Studium der innovativen Diagnose.

Das Archiv birgt weiteres Potenzial für die Fehlerbehebung. Hier lassen sich Fehlerbeschreibungen geordnet nach verschiedenen Symptomen und Fehlermeldungen, aber auch nach Komponenten, Herstellern oder Fahrzeugmodellen finden. Das Archiv beinhaltet eine große Zahl an Diagnosefällen mit einer detaillierten Beschreibung der Symptome, der Fehlersuche-Strategie und Bildern.

Mit der so genannten „Coolline“ – einer Telefon-Hotline – werden die Diagnosefälle geklärt, die nicht mithilfe der Quickhelp-Funktion erfolgreich abgearbeitet werden konnten. Der Servicetechniker ruft zum Ortstarif die Coolline an und bereitet anschließend das Fahrzeug zur Prüfung vor. Ein FCD-Techniker ruft kurze Zeit später zurück und geht „live“ mit der Werkstatt

die Fehlersuche durch und unterstützt den Servicetechniker so aktiv bei der Fehlerbehebung.

Für Fahrzeughersteller und deren autorisierten Servicebetriebe steht noch eine weitere Funktion zur Verfügung: der diskrete „Quickfeedback“. Hinter dieser Funktion verbirgt sich die Möglichkeit der schnellen Benachrichtigung des Kundendienstes eines Fahrzeugherstellers, Importeurs oder Teile-Zulieferers, wenn ein Bauteil eines Fahrzeugs als Fehlerursache bei einer Reparatur festgestellt wurde.

## Die innovative Diagnosemethode

Nicht feste Fehlersuchpläne, sondern eine flexible, von Erfahrung und Vorstellungsvermögen unterstützte Diagnosestrategie mit vielen kombinierten, jedoch einfachen Messungen und Simulationen sind der Schlüssel zum Erfolg. Diese führen bei jedem System, bei jedem Fahrzeug schnell und mit hoher Sicherheit zum Ziel. Neben der Philosophie, dass man alle Ereignisse in der Elektronik dynamisch beobachten und diagnostizieren muss, sind die Erfolgsregeln sehr simpel: Bei allen Sensoren werden die Signale der Masse- und der Spannungsversorgung kontrolliert. Zudem werden unterschiedliche Zustände (z. B. Drehzahl, Last, etc.) simuliert und alle Signale gemessen, die man angreifen kann. Bei Aktoren misst man dagegen nur unter Last, und dynamischen Strommessungen sind Spannungsmessungen vorzuziehen.

Zu Lokalisierung von Fehlerquellen werden „einfache Tricks“ der Messsonden-Umstellung benutzt. Bei nur sporadisch auftretenden Fehlern werden mit einem Mehrkanal-Speicheroszilloskop die wichtigsten Signale aufgenommen und diese mit Dynamikkurven von gesunden Systemen verglichen. Dabei werden auch die Daten im Bezug auf ihre Toleranzbereiche ausgewertet. Arbeitet eine der Komponenten sehr nah an der Toleranzgrenze, kann man davon ausgehen, dass diese Grenze ab und zu überschritten wird und man kann so ein Auftreten des Fehlers leichter und erfolgreicher provozieren. Von so genannten Brake-Out-Boxen – Messadapterboxen, die zum Beispiel bei Steuergeräten für Messungen vor- oder zwischengeschaltet werden – sollte man Abstand nehmen. Denn mögliche Kontaktfehler von Bauteilen und Steckverbindungen bleiben so unentdeckt oder werden möglicherweise dadurch sogar noch zusätzlich eingebaut.

Die dynamische Oszilloskop-Analyse in Verbindung mit den logischen Diagnosestrategien wird auch in Zukunft sehr erfolgreich sein. Voraussetzung dafür sind qualifizierte Mechaniker und Servicetechniker. Denn ein gering geschultes Personal mit wenig Systemkenntnissen, so wie es heutzutage bei der Eigen diagnose leider häufig der Fall ist, wird mit dem Werkzeug Oszilloskop wenig Erfolg haben.

Libor Fleischhans

<sup>1</sup> Quelle:  
Prof. Dr. Matthias Becker: Diagnosearbeit im Kfz-Handwerk als Mensch-Maschine-Problem. Bielefeld, Bertelsmann, 2003.

## RÜCKBLICK

Verzeichnis der in der Vergangenheit erschienenen Servicetechniker-Beiträge.  
Sie finden die Beiträge auch in unserem Online-Archiv unter [www.kfz-betrieb.de](http://www.kfz-betrieb.de) in der @-info 5931.

**19/2005**

Antriebsstrang

**Viel Aufwand für hohen Komfort**

Funktion und Diagnose von Automatikgetrieben

**24/2005**

Fahrzeug und Sicherheit

**Licht für die Sicht**

Scheinwerferanlagen für Pkw

**37/2005**

Fahrzeug und Komfort

**Klare Hierarchien**

Energiemanagement für Bordnetze im Kraftfahrzeug

**28/2005**

Motor- und Mangamentsysteme

**Saubere Technik**

Abgasreinigung bei Benzinmotoren

**32/2005**

Motor- und Mangamentsysteme

**Einfach aber effektiv**

Der LIN-Bus leistet als „Untermieter“ des Can-Bus zuverlässige und billige Dienste

**46/2006**

Fahrzeug und Sicherheit

**Gepürfte Lebensretter**

Die Diagnose von Airbag-Systemen

**41/2006**

Navigation, Unterhaltung, Infotainment

**Keine Verbindung ohne Profil**

Die Technik von Bluetooth-Freisprechanlagen für Mobiltelefone

**1-2/2006**

Kraftstoffe und Antriebe

**Mit mehr Druck mehr sparen**

Turbo FSI und Twincharger FSI im Detail

**6/2006**

Fahrzeug, Reifen, Fahrwerk

**Wie auf Schwingen getragen**

Feder-Dämpfersysteme für die Fahrwerktechnik

**10/2006**

Instandsetzung und Diagnose

**Mängel in der Mechanik**

Verbrennungsstörungen bei Ottomotoren

**15/2006**

Sensoren und Aktoren

**Fühlen und Handeln**

Sensoren und Aktoren im Automobil

**19/2006**

Fahrzeugsysteme/Mechatronik

**Geradeaus geblickt**

Systeme zur Abstandsregelung

**32/2006**

Antriebsstrang

**Schalten und schalten lassen**

Automatisierte Schaltgetriebe im Pkw

**37/2006**

Bordnetz, Vernetzung, Kommunikation

**Kein Drängeln mehr im Bus**

Vom ereignisgesteuerten CAN- zum zeitgesteuerten Flexray-Datenbus

**41/2006**

Fahrzeug und Komfort

**Nach oben offen**

Das aufwändige Klappdach im neuen VW Eos

**45/2006**

Fahrzeug und Sicherheit

**Sicher vorausgeschaut**

Pre-Safe heißt der Trend, der aktive und passive Sicherheit verbindet

**49-50/2006**

Navigation, Unterhaltung, Infotainment

**Unterhaltung mit Lichteffect**

Einsatz von Digitalfernsehen, DVD- und MP3-Player in Multimedia-Systemen für Fahrzeuge

**1-2/2007**

Fahrzeug und Komfort

**Kühl fährt es sich besser**

Aufbau und Wartung von Klimaanlage

**6/2007**

Instandsetzung und Diagnose

**Dampfhammer in der Werkstatt**

Diagnose und Wartung getunter Fahrzeuge

**10-11/2007**

Fahrzeugsysteme/Mechatronik

**Licht, möglichst ohne Schatten**

Die Fahrzeugbeleuchtung stellt hohe Anforderungen an die Werkstatt

**15/2007**

Diagnose und Instandsetzung

**Diagnosestrategien**

Mit dem 5-Ebenen-Modell Fehler erfolgreich diagnostizieren und beheben

**20/2007**

Sensoren, Aktoren

**Alles was geht, geht auch kaputt**

Mit qualifizierter Oszilloskop-Diagnose Sensoren und Aktoren richtig prüfen

**24/2007**

Motor, Abgase und Umweltproblematik

**Manager auf Rädern**

Energieregulation für die Bremsenergie-Rückgewinnung von BMW

**29/2007**

Fahrzeug, Reifen, Fahrwerk

**Sicher in der Spur bleiben**

Diagnose von Fahrdynamikregelungen

**32/2007**

Fahrzeug und Komfort

**Komfortabel unterwegs**

Elektronische Bauteile sicher prüfen

**37/2007**

Antriebsstrang

**Über Stock und Stein**

Unterschiedliche Konzepte für Allradantrieb in Pkw

**42/2007**

Instandsetzung und Diagnose

**Gute Fahrt mit dem CAN-Bus**

Fehlerlokalisierung und Instandsetzung moderner Kfz-Elektronik

**46/2007**

Fahrzeug und Sicherheit

**Sicher aufgefangen**

Aufbau und Wirkungsweise von Insassenschutzsystemen

**3-4/2008**

Kraftstoffe und Antriebe

**Pflicht zur Sorgfalt**

Nachrüstung von Autogasanlagen