

Abgasanlagen schneller zur Serienreife

Moderne Betriebsfestigkeits-Prüfstände holen die Realität ins Labor

Moderne Betriebsfestigkeits-Prüfstände ermöglichen es Kfz-Herstellern und Systemlieferanten, Abgasanlagen parallel zu anderen Kfz-Komponenten termingenau zur Serienreife zu entwickeln. Sie simulieren die Betriebsbelastung im Zeitraffer absolut realitätsnah und decken innerhalb weniger Tage Schwachstellen auf, die sich im realen Fahrbetrieb vielleicht erst nach 200.000 km Laufleistung zeigen. Mit weiterentwickelter Hard- und Software hat IST als erfahrener Hersteller solcher Prüfstände die Praxisnähe dieser Tests jetzt noch weiter gesteigert.



Klaus Kirstaetter (47) ist Leiter Vertrieb und Anwendungsberatung bei Instron Structural Testing Systems in Darmstadt. Er studierte Feinwerktechnik in Karlsruhe.

Verbrennungsvorgänge und vom Motor ausgehende Massenkräfte, Fahrbahn-Unebenheiten, abrupte Fahrmanöver, Luftströmungen und Temperaturänderungen gehören zu den Faktoren, die Abgasanlagen zu nieder- und hochfrequenten, das Material ermüdenden Schwingungen anregen. Mit Hilfe von Betriebsfestigkeits-Prüfständen für Abgaslinien lassen sich eventuelle Schwachpunkte solcher Anlagen im zeitgerafften Maßstab ermitteln.

Ihr Grundprinzip ist leicht verständlich: Die komplette Abgasanlage einschließlich Krümmer, Flexrohr, Katalysator etc. wird an den gleichen Punkten und mit der gleichen Beweglichkeit fixiert wie am realen Kfz. Im Test werden die Aufhängungspunkte so angeregt, dass die gesamte Abgaslinie möglichst realitätsnahe Bewegungen ausführt. Wie exakt dabei die Realität simuliert wird und welche Zeitrafferfaktoren dabei erreicht werden, beruht maßgeblich auf dem Know-how des Prüfstand-Herstellers sowie auf der Leistungsfähigkeit der servohydraulischen Elemente und der Software.

IST (Instron Structural Testing Systems, früher: Instron Schenck Testing Systems) in Darmstadt/Deutschland, ein weltweit renommierter Hersteller servohydraulisch betriebener Betriebsfestigkeits-Prüfstände, hat die Technologie der Prüfung von Abgasanlagen weiterentwickelt und neue Prüfstandkonzepte entwickelt, die die Realität nahezu unverfälscht ins Labor bringen.

Innere oder äußere Korrelation

Die dynamische Belastung der Abgasanlage wird maßgeblich von zwei Komponenten beeinflusst – dem Motor und der Karosserie. Über die Anbindungspunkte übertragen diese Systeme Kräfte und Momente in allen sechs Freiheitsgraden auf das Abgassystem. Für die Simulation werden die auf der Teststrecke an definierten Messpunkten registrierten Beschleunigungen per Software analysiert und so komprimiert, dass im Labor zeitgerafft nur die für die Schädigung tatsächlich relevanten Frequenzen und Amplituden an den Aufhängpunkten der Abgasanlage reproduziert werden.

Zur Simulation der Antriebseinflüsse beim Beschleunigen, Schalten und Abbremsen wird ein realer Motor oder ein Motor-Dummy auf einen Rütteltisch mit sechs Freiheitsgraden montiert, dessen Bewegungen separat gesteuert werden. Für die Simulation der Anregungen, die durch die Aufhängung des Abgassystems am Unterboden eingebracht werden, existieren zwei Grund-Philosophien:

- Die Korrelation nach äußeren Belastungen simuliert lediglich die an den Systemgrenzen (Befestigungspunkten) wirkenden Anregungen. Dazu reicht ein starrer Rütteltisch, der den Fahrzeug-Unterboden darstellt. Diese relativ einfache, auch ‚Frame Level Korrelation‘ genannte Näherung erlaubt durchaus Aussagen über die Lebensdauer der Abgasanlage, Abweichungen von der Realität werden jedoch bewusst in Kauf genommen.
- Deutlich realistischer ist die ‚Exhaust Level Korrelation‘, bei der die in der Simulation aufgeprägten Anregungen zusätzlich auf die im geprüften Abgassystem auftretenden Dehnungen abgestimmt sind. Jeder Aufhängungspunkt wird individuell mit genau den Beschleunigungen angeregt, die zu den spezifischen Dehnungen im System führen. Die Bewegungen der Aufhängungspunkte sind dabei nicht mehr mit den realen Bewegungen in der Praxis identisch. Anders als beim einfachen Nachfahren der Feldanregung sind so auch Dehnungsveränderungen kompensierbar, die durch elastische Veränderungen und Nichtlinearitäten verursacht sind.

Bei beiden Prinzipien kann zusätzlich der Einfluss des heißen Abgasstroms berücksichtigt werden. Dazu wird entweder ein realer Motor mit einer Wirbelstrombremse kombiniert am Abgassystem betrieben, oder die thermischen Belastungen werden über ein Gebläse aufgebracht.

Höchstmögliche Realitätsnähe erreicht

Um höchstmögliche Realitätsnähe bei der Prüfung der Betriebsfestigkeit von Abgasanlagen zu erreichen, folgt IST bei der Konzeption seiner Prüfstände dem Prinzip der ‚Exhaust Level Correlation‘. Anstelle der konventionellen Kombination zweier Rütteltische bestehen die modular aufgebauten, kundenspezifisch konfigurierten Systeme aus einem weiterentwickelten Rütteltisch für die Simulation der Motoranregungen und einer separat verfahrbaren Aufspannplatte für die Portale, an denen die einzelnen Hydraulikzylinder für die Anregung des Abgassystems aufgehängt sind. Die Größe der Prüfstände und die Positionierbarkeit der Hängepunkte sind dabei so gewählt, dass sie sich an die Abmessungen aller erdenklichen Abgasanlagen für Pkw und Kleintransporter adaptieren lassen (Bild 1).



Bild 1. Beispiel für ein Betriebsfestigkeits-Prüfsystem von IST für Abgasanlagen

Der Gesamt-Prüfstand kann mit bis zu sechzehn Zylindern ausgestattet sein – sechs für die sechs Freiheitsgrade des Rütteltischs und bis zu zehn weitere für vertikale und horizontale Hubbewegungen zur Darstellung der komplexen Verhältnisse im Fahrbetrieb. Am Rütteltisch sind dabei in allen drei Raumrichtungen Bewegungen von ± 50 mm sowie Rotationen von $\pm 5^\circ$ in den Drehachsen um X und Z und von $\pm 8^\circ$ um die Y-Achse möglich. Die Beschleunigungen reichen bis zu 130 m/s^2 .

Die Aufspannplatte für die Simulation der Hängepunkte ist mit drei bis fünf Portalen ausgestattet, an denen die Zylinder für die individuelle servohydraulische Anregung der Hängepunkte in Z- und optional auch in Y-Richtung fixiert sind (siehe Tabelle 1). Die Justierung erfolgt über Linearmotoren, das Einspannen der Befestigungspunkte erfolgt automatisch über hydraulische Spannbacken.

Tabelle 1. Daten des Systems zur Anregung der Hängepunkte

Eigenschaft	Wert
Nennbelastung	je ± 10 kN
Eigenfrequenz	ca. 40 Hz
Verfahrbarkeit in Z-Richtung	500 mm
Verfahrbarkeit in Y-Richtung	2020 mm
Verfahrbarkeit in X-Richtung	ca. 4000 mm
Mindestabstand in X-Richtung	ca. 150 mm
Kolbenhub	-+50 mm
Beschleunigung bei 20 kg Nutzlast	max. 400 m/s^2

Die Servohydraulik stellt dabei nicht nur die hauptsächlich relevanten Frequenzen bis rund 50 Hz dar, die Technik ist so ausgelegt, dass mit Sonderausführungen auch höhere Frequenzen bis 250 Hz erreichbar sind.

Für effizientes Arbeiten optimiert

Besonders Augenmerk haben die Entwickler von IST auf die Konstruktion der Portale gelegt. Konventionelle Bauweisen mit geschlossenen Portalen (die also einen vollständigen Rahmen über die Abgasanlage spannen) lassen sich zwar sehr steif auslegen, was unter schwingungstechnischen Gesichtspunkten angestrebt wird, sie behindern aber bei der Montage des Abgassystems. Weil die Rüstzeiten bei hoher Auslastung des Prüfstands maßgeblichen Einfluss auf die Effektivität bei der Bereitstellung von Daten haben, verwendet IST alternativ hochsteife offene Portale, die freie Zugänglichkeit von der Längsseite her bieten. Damit entfällt auch der Bedarf für zusätzlichen Freiraum im Prüflabor, weil die komplette Abgaslinie statt von der Stirnseite her seitlich eingebracht wird. Die Hängepunkte mit den Befestigungssystemen sind gut zugänglich, was die Montage und Justierung deutlich erleichtert. Insgesamt lassen sich auf diese Weise beachtliche Einsparungen bei der Rüstzeit und damit eine sehr effektive Auslastung der Anlage verwirklichen. Hinzu kommt, dass die komplette Abgasanlage während der Prüfung vollständig sichtbar ist.

Rund-um-Support

IST liefert das Gesamtsystem aus einer Hand. Neben der kompletten servohydraulischen Testanlage gehört dazu auch die bauliche Planung inkl. Fundamentierung sowie die volldigitale Regel- und Steuereinheit, die das mehrmalige Durchfahren absolut identischer Prüf-abläufe ermöglicht, und ein umfangreiches, unter Windows NT 4.0 laufendes Software-Paket. Die zentralen Module des Kontrollsystems sind die Labtronic Steuerung und die RS-Labsite Software für die Datenaufbereitung, die Simulation, die Durchführung und Dokumentation der Prüfung sowie die Auswertung der Prüfergebnisse (Bild 2).

- Das Software-Paket ‚RS-TWR‘ übernimmt die Umrechnung der bei Messfahrten gewonnenen oder synthetisch erzeugter Signale in die zur Reproduktion erforderlichen Bewegungsabläufe an den Aufhängepunkten der Abgaslinie und reduziert dabei die realen Belastungen auf die schädigungsrelevanten Anteile.
- Der ‚Scheduler‘ übernimmt das Steuern der komplexen Prüfabläufe. Dabei spricht diese Software nicht nur die einzelnen Hydraulikzylinder an, sondern auch Peripherieeinrichtungen wie Heizungen und Gebläse.
- Das Monitoring-Programm überwacht und dokumentiert die Veränderungen des Prüflings und kann bei Erreichen von Grenzwerten Alarmsignale auslösen oder beispielsweise per E-Mail versenden.
- ‚Tecware‘ schließlich ist der (von dem Durability Alliance Partner LMS entwickelte) zur Auswertung der Messdaten vorgesehene Softwareteil.

Darüber hinaus entwickelt IST auch individuelle Softwarelösungen für kundenspezifische Anforderungen.

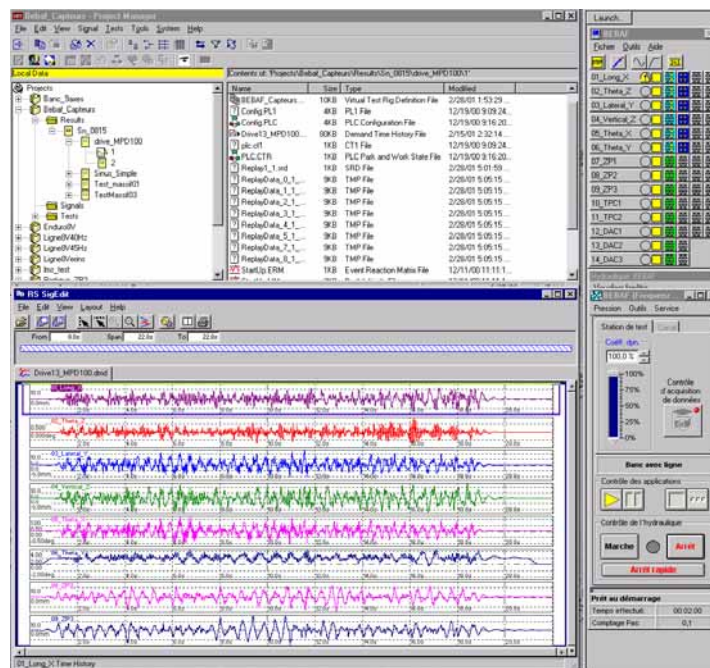


Bild 2. Prozessabbildung des Test-Rigs auf dem PC-Monitor

Mit intensiven Schulungen sorgt IST dafür, dass die Anlaufphase bei Neuinstallationen kurz ist und dass schnell verwertbare Daten produziert werden. Und auch nach der Inbetriebnahme helfen die Techniker von IST bei der raschen Problemlösung – per Ferndiagnose, Telefon oder direkt vor Ort.

In der Praxis bewährt

Die Vorteile der seit rund zwei Jahren lieferbaren Abgasanlagen von IST mit individueller Ansteuerung der einzelnen Aufhängungspunkte haben bereits eine Reihe von Kfz-Herstellern überzeugt. Beispiele dafür sind

- ein für Opel ausgeführtes System mit drei angeregten Hängepunkten für das Abgassystem und Betrieb eines realen Motors; rotatorische Bewegung für Gangwechsel-Simulation und Motorbewegung in zwei Freiheitsgraden
- ein für Renault ausgeführtes System mit temperaturgeregelter Heißgaserzeugung, drei Hängepunkten und sechs Freiheitsgraden für den Motor-Rütteltisch
- ein für PSA ausgeführtes System mit vier Hängepunkten für das Abgassystem und Betrieb eines realen Motors auf Rütteltisch mit fünf Freiheitsgraden und Gangwechselsimulation.

Weitere Prüfsysteme sind in der Zulieferindustrie im Einsatz. Die Interaktion von virtueller Simulation und realem Prüfstand gehört zu zukünftigen Erweiterungen im Sinne der Kunden.