



Datenplausibilität am Motorprüfstand

Wie wichtig ist der Faktor Mensch?

© HAW Hamburg

Bei der Integration einer Datenplausibilität am Motorprüfstand sollten wichtige fachliche Themenbereiche beachtet werden. Aber auch die Mitarbeiter können aus wirtschaftspsychologischer Sicht an den verschiedenen Stellen der Prozesskette vorbereitet und unterstützt werden. Dazu gehört die aktive Gestaltung von Rahmenbedingungen, die eine reibungslose und nachhaltige Einführung der Datenplausibilität ermöglichen.

STEIGENDE DATENMENGEN

Um die hohen Anforderungen an die heutigen Verbrennungsmotoren erfüllen zu können, finden in allen Tätigkeitsbereichen der Motorentwicklung enorme Entwicklungsanstrengungen statt. So werden Verbrennungsmotoren besonders im Bereich der Brennverfahrensentwicklung, des Motorversuchs und der Applikation ständig am Motorprüfstand getestet und weiterentwickelt. Dabei entsteht

eine Vielzahl an Mess- und Berechnungsgrößen, die das Prüfstandspersonal (Versuchingenieur oder Prüfstandsfahrer) aufgrund des hohen Entwicklungsdrucks, der Datenmenge und der komplexen Motorzusammenhänge nicht ohne methodische Unterstützung schnell und zutreffend auf Plausibilität überprüfen kann, **BILD 1**.

Zusätzlich wird die Situation des Prüfstandspersonals durch die hohen Prüfstandskosten erschwert, die sich beson-

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Hanno Ihme-Schramm ist Professor für Thermodynamik und Verbrennungsmotoren des Studiendepartments Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau der HAW Hamburg.



Alexandra Schramm, B. Sc. ist Senior Referentin Personalentwicklung, Wirtschaftspsychologin, Mediatorin und systemischer Coach in Hamburg.

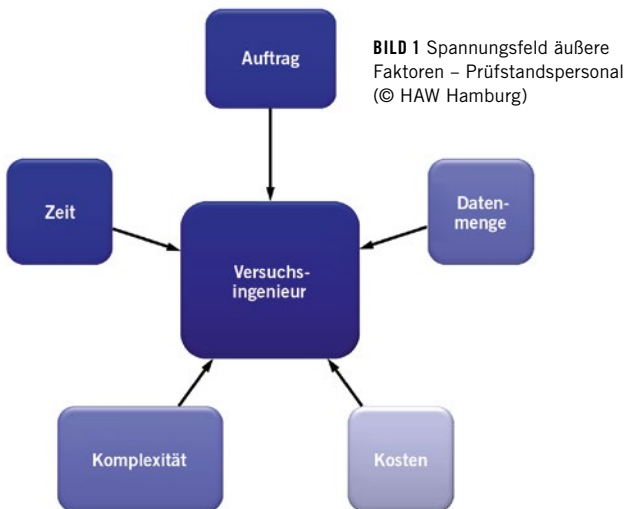


BILD 1 Spannungsfeld äußere Faktoren – Prüfstandspersonal (© HAW Hamburg)

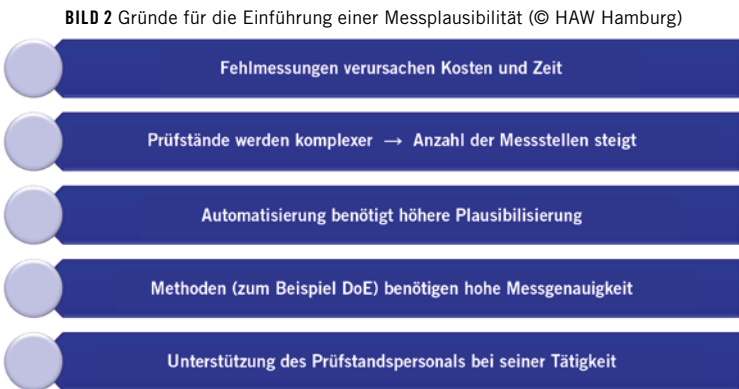


BILD 2 Gründe für die Einführung einer Messplausibilität (© HAW Hamburg)

ders bei Fehlmessungen bemerkbar machen. Diese können zum Beispiel durch den Ausfall von Sensoren und Messgeräten oder schleichende Bauteilschäden entstehen. Häufig werden diese nicht umgehend erkannt und somit weitere unnötige Messdaten und Kosten erzeugt. Dies wirkt sich nicht selten negativ auf die weitere Motivation des Prüfstandspersonals aus.

Weitere Gründe, die für die Einführung einer Messplausibilität im Prüfstandsumfeld sprechen, werden in **BILD 2** genannt. In einem ersten Schritt müssen wichtige Module und Methoden integriert werden, die das Prüfstandspersonal künftig bei seiner Tätigkeit unterstützen und die Arbeit erleichtern.

Damit die Einführung der Datenplausibilität allerdings gelingen kann, müssen in einem zweiten Schritt auch die an den verschiedenen Positionen der Prozesskette beteiligten Personen und die auf sie einwirkenden Faktoren betrachtet werden. Diese Personen sind es, die letztendlich über die erfolgreiche Einführung und die

nachhaltige Durchführung der Datenplausibilität entscheiden. Vor diesem Hintergrund wird hier erstmalig auch der Faktor Mensch aus wirtschaftspsychologischer Sicht beleuchtet.

MESSPLAUSIBILITÄT AM MOTORPRÜFSTAND

Um eine Messplausibilität am Motorprüfstand sinnvoll integrieren zu können, sollte der in **BILD 3** dargestellte Ver-

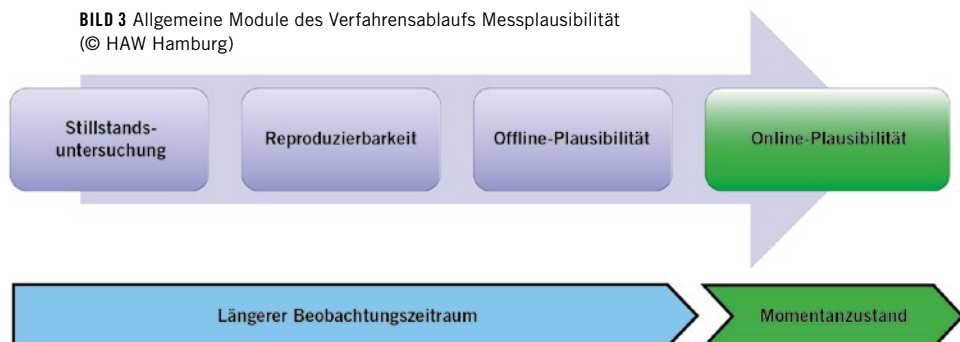


BILD 3 Allgemeine Module des Verfahrensablaufs Messplausibilität (© HAW Hamburg)

fahrensablauf [1] berücksichtigt werden. Die jeweiligen Einzelmodule kontrollieren im zeitlichen Ablauf die Mess- und Berechnungsgrößen des Motors.

Bei der Stillstandsuntersuchung werden vor dem Motorstart verschiedene Messgrößen auf den derzeitigen Umgebungszustand (etwa Druck, Temperatur) überprüft. Zusätzlich müssen im Stillstand bestimmte Messgrößen den Wert „0“ anzeigen (zum Beispiel die Drehzahl, das Drehmoment und der Kraftstoffverbrauch). Die anschließenden Reproduzierbarkeitspunkte werden bei warmgefahretem und laufendem Motor vermessen sowie die Mess- und Berechnungsgrößen mit denen der vorherigen Tage verglichen. Somit können Messfehler und Drifterscheinungen im Motorbetrieb erkannt werden. Erst dann starten die eigentlichen Messungen.

Mit der anschließenden Offline-Plausibilität kann der erzeugte Messdatensatz durch ein geeignetes und anwenderfreundliches Softwareprogramm am PC überprüft werden. Dabei kann die Überprüfung direkt im Anschluss an die Messungen oder aber erst viele Tage später erfolgen. Die Betriebspunkte mit vielen Messdaten werden eingelesen, auftretende Fehler können angezeigt oder durch Standardbilder gesucht und visualisiert werden, **BILD 4**. Aufgrund der umfangreichen Zusammenhänge benötigt der Versuchsingenieur hierbei Erfahrung und Übung bei der Anwendung des Programms.

Die optimale Lösung wäre ein Online-Diagnose-Tool, **BILD 5**, das auf dem Motorprüfstand integriert wird und somit den Motor, die Messgeräte, die Mess- und Berechnungsgrößen online kontrolliert. Tritt während des Motorbetriebs ein Messfehler auf, erscheint ein Fehlersig-

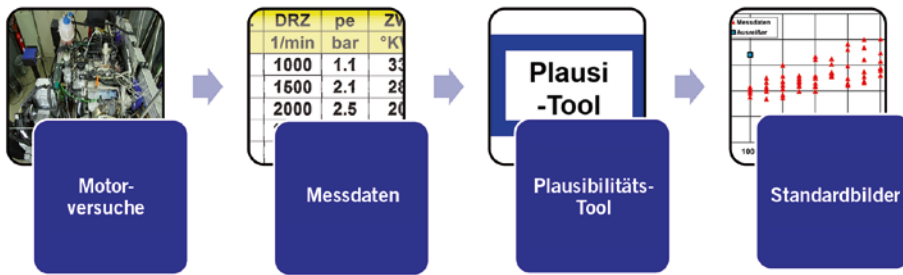


BILD 4 Verfahrensablauf Offline-Plausibilität (© HAW Hamburg)

nal und warnt das Prüfstandpersonal. Die Erstellung und Umsetzung eines Online-Diagnose-Tools ist allerdings aufgrund der komplexen Zusammenhänge sehr aufwendig und kompliziert. Es können nicht alle Mess- und Berechnungsgrößen kontrolliert werden. Deshalb sollten in einem ersten Schritt nur die wichtigsten Größen überwacht werden. Tritt ein Fehler auf, sollte der Versuchsingenieur genau wissen, wie er weiter vorzuge-

hen hat. Häufig ist die Fehlerursache nicht sofort zu erkennen, da nur die Auswirkungen des Fehlers sichtbar werden. Neben einem Schulungsprogramm für das Prüfstandpersonal sollte auch ein Fehlermanagement in der Form integriert werden, dass jederzeit auf Messplausibilitätsexperten zurückgegriffen werden kann, die im Ernstfall unterstützend beziehungsweise beratend tätig werden können.

PLAUSIBILITÄTSMETHODEN

Die eingesetzten Methoden zur Fehlererkennung können unter anderem auf motorischen Erfahrungen, physikalischem Wissen, Bilanzgleichungen, Vergleichen, Grenzwerten, Motormodellen oder visueller Kontrollen basieren. An zwei konkreten Beispielen sollen die unterschiedlichen Methoden aufgezeigt werden, BILD 6.

Indizierdaten können sehr einfach kontrolliert werden. Dazu wird aus dem Innenmitteldruck und dem Nutzmitteldruck der Reibmitteldruck ermittelt. Die Motorphysik besagt, dass der Reibmitteldruck immer größer Null ist und über der Drehzahl ansteigen muss. Beides ist aus der Punktwolke der roten Messdaten in BILD 6 zu erkennen. Die blauen Punkte (Ausreißer) weichen deutlich von der Tendenz ab. Entweder ist bei der Indiziermessung ein Fehler aufgetreten oder der aus der Drehmomentenmessung ermittelte Nutzmitteldruck ist fehlerhaft. Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, muss nun die Fehlerursache weiter verfolgt werden.

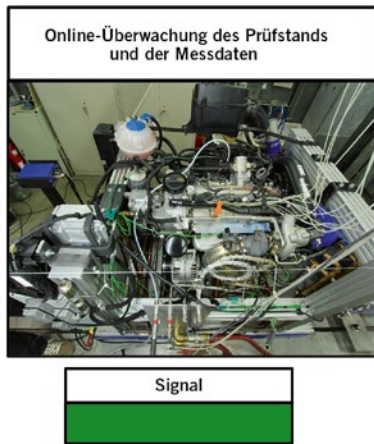


BILD 5 Umsetzung und Schwierigkeiten der Online-Messplausibilität (© HAW Hamburg)

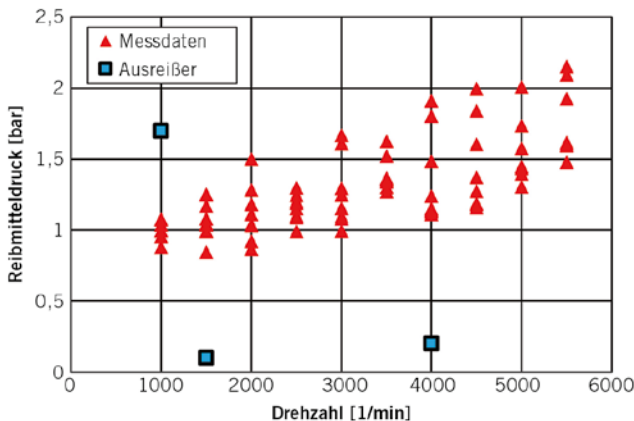


BILD 6 Überprüfung der Indizierdaten durch den Reibmitteldruck für einen Ottomotor (© HAW Hamburg)

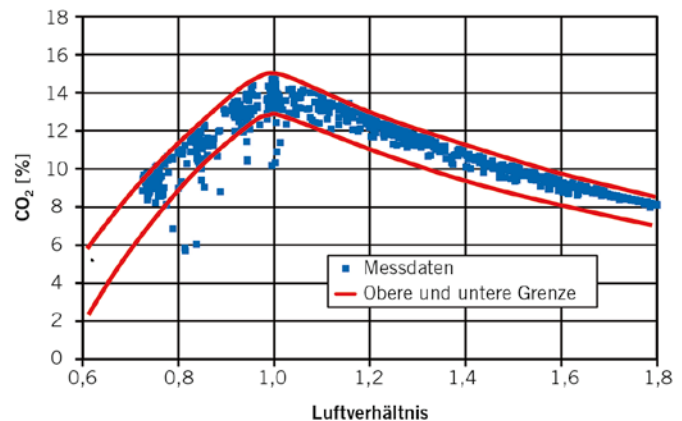


BILD 7 Überprüfung der gemessenen CO₂-Werte (© HAW Hamburg)

In dem zweiten Beispiel wird die Messgröße CO₂ der Abgasmessanlage untersucht. Der Zusammenhang zwischen CO₂ und dem Luftverhältnis (für Otto- und Dieselmotoren) wurde aus der Motorphysik entnommen und in **BILD 7** dargestellt. Die gemessenen CO₂-Werte müssen innerhalb der Toleranzgrenzlinien liegen. Tritt eine Grenzüberschreitung auf, ist dies ein Hinweis darauf, dass eventuell ein Messfehler vorliegt. Dieser muss dann von dem geschulten Prüfstandpersonal überprüft und verfolgt werden.

Beide hier dargestellten Methoden können sowohl im Offline- als auch im Online-Betrieb eingesetzt werden. Beide Beispiele zeigen deutlich auf, dass die gemessenen Betriebspunkte durch eine visuelle Darstellung schnell kontrolliert werden können.

Um dem Prüfstandpersonal den Einsatz der beschriebenen Methoden sowie des verwendeten Messplausibilitätsprogramms zu erleichtern, sollte der Verfahrensablauf in den einzelnen Teilschritten standardisiert und strukturiert werden. Diagramme und Auswertungen sollten immer gleich aussehen, um die Einarbei-

tung zu erleichtern und einen hohen Wiedererkennungswert zu generieren. Der Versuchingenieur sollte durch ständiges Üben an aktuellen Messdaten sein Wissen und Können im Bereich der Messplausibilität kontinuierlich erneuern und erweitern.

Zum Einsatz kommen sollten sowohl standardisierte als auch möglichst individuelle Schulungen des Prüfstandspersonals. Die genaue Ermittlung des Schulungs- und Entwicklungsbedarfs kann über psychologische Eignungsverfahren erfolgen. So kann die optimale Unterstützung und Begleitung des Prüfstandspersonals – basierend auf den Stärken der jeweiligen Mitarbeiter – zur Sicherstellung einer hohen Datenqualität gewährleistet werden. Zusätzlich sollten unternehmensinterne Fachexperten die permanente fachliche Unterstützung im Prozess sicherstellen.

FAKTOR MENSCH

Die Einführung und feste Verankerung einer Datenplausibilität am Motorprüfstand ist ein Veränderungsprozess, der

auf Herausforderungen und Ablehnung stoßen kann. Grundsätzlich bedeutet jede dauerhafte Änderung das Verlassen der bekannten und gewohnten Komfortzone. Die Komfortzone ist die Wohlfühlzone eines Menschen, in der jeder Handgriff bekannt ist und keine Überraschungen zu erwarten sind. Droht eine Veränderung, bedeutet das zunächst einmal Unbequemlichkeit und Unsicherheit. Die häufigste Reaktion darauf ist die Ablehnung und die Rückkehr zum gewohnten Arbeitsprozess. Deshalb ist es sehr wichtig, das Prüfstandpersonal als diejenigen, die die Veränderungen umsetzen sollen, frühzeitig mit in den Prozess einzubinden.

Zu Beginn der Einführung der Datenplausibilität sollte ein Bewusstsein für die Ist-Situation beim Prüfstandpersonal und den jeweiligen Führungskräften geschaffen werden. Da das Prüfstandpersonal häufig keine Rückmeldung, **BILD 8**, vom Entwicklungsingenieur darüber erhält, was mit den von ihnen produzierten Messergebnissen geschieht, beziehungsweise welche Kosten fehlerhafte Messungen verursacht haben, ist



PTS
PRÜFTECHNIK

Alternative Antriebstechnologien erproben – PTS-Prüftechnik

- CO₂- und kostenoptimale Erprobung von Triebstrangsystemen und Triebstrangkomponenten
- Signifikante Verkürzung der Versuchsdauer und Entwicklungszeiten durch Synchronisation von Realerprobung und Simulation
- Vollautomatisierte und vernetzte Prüfeinheiten für höchste Nutzungsgrade
- Einsatz effizienter Energie- und Wärmemanagementsysteme auf den Prüffeldern

Alternativlos – wenn es darum geht gemeinsam neue Mobilität zu entwickeln

www.pts-prueftechnik.de info@pts-prueftechnik.de   

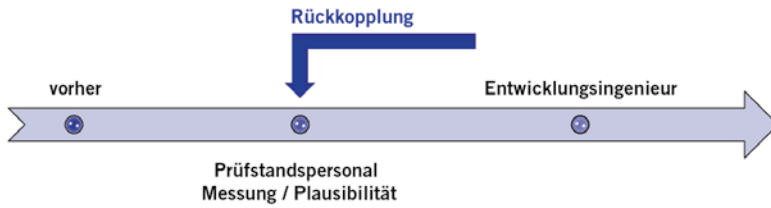


BILD 8 Rückkopplung im Prozess Datenplausibilität (© HAW Hamburg)

es wichtig, eine Rückkopplung zu schaffen. Es ist elementar, dem Prüfstandspersonal die große Bedeutung und Sinnhaftigkeit ihrer Arbeit für den Prozess aufzuzeigen. Das Prüfstandspersonal benötigt Kenntnisse über die gesamte Prozesskette im Motorentwicklungsprozess und regelmäßiges Feedback über anfallende Kosten. Erst dann können sie ein Gefühl für die eigene Verantwortung im Entwicklungsprozess entwickeln und die Tragweite von Fehlentscheidungen (ihrer eigenen und nachfolgender Entwicklungsingenieure) hinsichtlich fehlerhafter Messergebnisse verstehen.

Die Kenntnis über die beträchtliche Verantwortung des Prüfstandspersonals im Entwicklungsprozess sollte dann zu einem eigenen, hohen Interesse an einem möglichst fehlerlosen Messprozess führen. Dazu gehört die Einsicht in die Sinnhaftigkeit unterstützender Methoden, aber auch der Mut zu eigenverantwortlichem Handeln und schnellen Entscheidungen – auch mit dem Risiko von Fehlentscheidungen beziehungsweise dem kurzzeitigen Stillstand des Motorprüfstands. Hierfür

müssen zunächst aber weitere Voraussetzungen geschaffen werden.

Zum einen gilt es, die Unternehmenskultur, **BILD 9**, so zu verändern, dass eigenverantwortliches Denken und Handeln jedes Einzelnen erwünscht ist, ermöglicht und gefördert wird. Voraussetzung dafür ist eine Fehlerkultur, in der Fehler nicht geahndet, sondern als Lernchance zur Verbesserung verstanden und Erkenntnisse daraus offen geteilt werden. Es muss eine Vertrauenskultur zwischen Prüfstandspersonal, Entwicklungsingenieur und den jeweiligen Führungskräften geschaffen werden, die ein offenes und konstruktives Feedback zwischen den jeweiligen Beteiligten zulässt. Zum anderen gehören auch Maßnahmen dazu, die Erfolge kurzfristig sichtbar machen und dem Prüfstandspersonal Wertschätzung für die getroffenen Entscheidungen vermitteln. Dies könnte durch die Einführung von Belohnungssystemen und Incentive-Maßnahmen gelingen, beispielsweise bei Messergebnissen mit konstant hoher Datenqualität.

In Veränderungsprozessen, die die Unternehmenskultur betreffen, kommt sowohl dem Management als auch den Führungskräften eine große Bedeutung zu. Jede Kulturveränderung ist ein länger andauernder Prozess, der nur gelingt, wenn er konsequent und nachhaltig umgesetzt wird. Das bedeutet für das Management, eine klare Vision zu kommunizieren, wie die Kultur zukünftig aussehen soll und konsequent die entsprechenden Signale ins Unternehmen zu senden. Für die Führungskräfte jeder Ebene bedeutet es, diese Vision umzusetzen, als Vorbilder vorzuleben, von ihren jeweiligen Mitarbeitern einzufordern und sie im täglichen Prozess zu unterstützen. Damit Veränderungsprozesse möglichst reibungslos ablaufen, können sie von externen Coaches vorbereitet und begleitet werden. Anfänglich begleiten diese den Prozess enger, im voranschreitenden Prozess nur noch sporadisch, indem sie als Ansprechpartner zur Verfügung stehen.

FAZIT

Das Thema Messplausibilität am Motorprüfstand ist ein weitreichender Veränderungsprozess, der Herausforderungen birgt, Zeit benötigt und mit Einführungskosten verbunden ist. Im Ergebnis wird die nachhaltige Steigerung der Messqualität und die Reduzierung von durch Fehlmessungen entstandenen Kosten erreicht.

Über den dargestellten Verfahrensablauf hinaus sind aber auch die einzelnen am Prozess beteiligten Personen für eine nachhaltige Umsetzung der Messplausibilität und den damit verbundenen Erfolg entscheidend. Nur wenn alle Beteiligten die Notwendigkeit der Messplausibilität erkennen, dem Veränderungsprozess offen gegenüberstehen und bereit sind, ihn zu begleiten und mitzutragen, kann er gelingen. Dabei können sie optimal durch Coaches unterstützt, vorbereitet und weitergebildet werden, bis die neuen Prozesse als wichtige Bausteine und tragende Säulen im Unternehmen integriert sind.

LITERATURHINWEIS

[1] Ihme-Schramm, H.; Flohr, A.: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Messgenauigkeit einer Messeinrichtung, Patent DE 102006048730 A1 Volkswagen AG

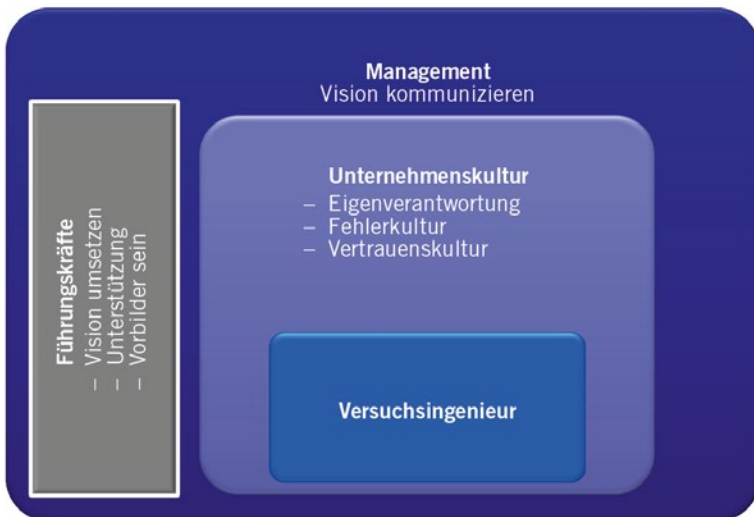


BILD 9 Zusammenspiel verschiedener Akteure im Veränderungsprozess Messplausibilität (© HAW Hamburg)