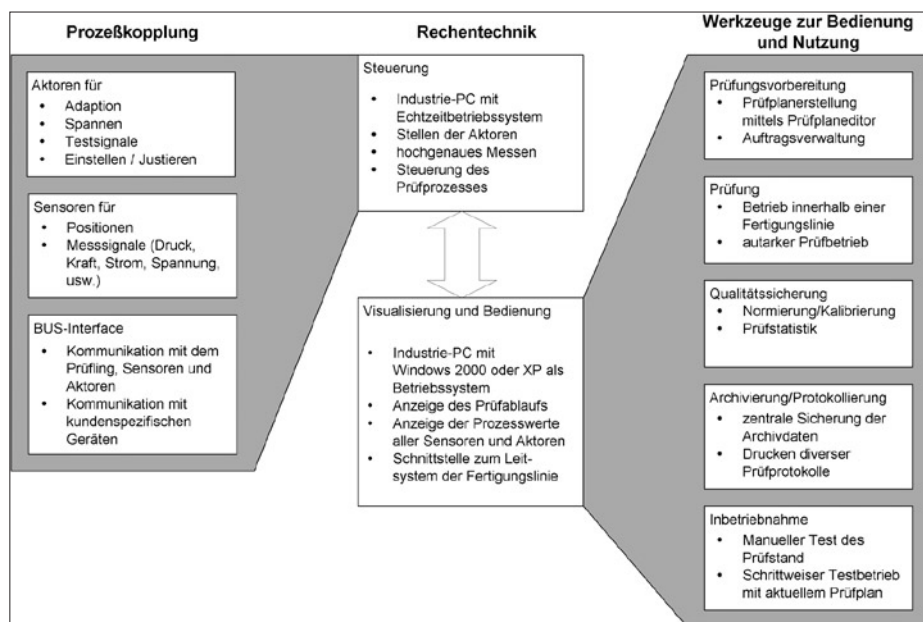


# Prüfstandstechnik für mechatronische Baugruppen

## Struktureller Aufbau, Funktionalität, Erfahrungen



1: Typische Struktur der Funktionsaufteilung eines Prüfstand

Prüfung, die sich in einer Vielzahl und Kompliziertheit von Prüflingen und Prüfschritten sowie in optimalen Prüfzeiten widerspiegelt,

- die Möglichkeit der automatischen Datensicherung und Seriennummernvergabe und der sofortigen rechentechnischen Verarbeitung aller Daten.

Alle diese Prüfaufgaben haben entscheidenden Einfluss auf die Fertigungskosten, weil eine Vielzahl von Geräten und Komponenten manuell nur noch unter hohen Kosten oder gar nicht mehr geprüft werden können.

Die Aufgaben, die ein Prüfstand erfüllen soll, können also sehr vielfältig sein. Neben den Grundfunktionen, die sich direkt aus der jeweiligen Prüfvorschrift ableiten lassen, muss es darüber hinaus möglich sein, typspezifische Merkmale des Prüflings zu erfassen und auszuwerten. Auf einer Fertigungslinie sind oft auch unterschiedliche Produkte innerhalb eines bestimmten Sortiments herzustellen und zu prüfen. Weitere Aufgaben können darüber hinaus Aussagen zur Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Prüflinge sein. Der Hersteller von Prüfständen sollte diese unterschiedlichen Aspekte bei der Planung in Betracht ziehen, weil damit der Entwicklungsaufwand erheblich reduziert werden kann und der Anwender den Vorteil hat, dass er für die Langzeiterprobung wie auch für die Fertigung über gleiche Prüfumgebungen verfügt, bei denen sich lediglich die Prüfprogramme unterscheiden.

Da auf Fertigungslinien oft Produkte für verschiedene Endkunden gefertigt werden, müssen die Prüfstände an deren besondere Wünsche anpassbar sein. Abstufungen zum Funktionsumfang und zur Prüfschärfe müssen dabei ebenfalls erfüllbar sein.

## Typische Prüfstandsstruktur

Um die vorstehend genannten Forderungen an die Funktionalität eines Prüfstands in einem konkreten Projekt umzusetzen, erweist es sich als vorteilhaft, ein gestuftes Steuerungskonzept einzusetzen (**Bild 1**). Für die hardwarenahe Steuerung kommt aus Gründen der Sicherheit und der schnellen und genauen Messwertverarbeitung nur ein Echtzeitbetriebssystem in Betracht.

Christian Truöl

**Die ADG Automatisierung Dresden GmbH entwickelt und baut seit ihrer Gründung im Jahr 1991 Prüfstände für mechatronische Komponenten und Geräte. In diesen Jahren wurde ein einheitliches Konzept für Prüfstände entwickelt, das damit alle wesentlichen Wünsche der Kunden erfüllt. Die dabei gesammelten Erfahrungen sind geeignet, hier einige grundsätzliche Gesichtspunkte zur Konzipierung und Realisierung von Prüfstandsprojekten darzulegen. Denn bevor man sich entschließt, für die Fertigung einen Prüfstand einzusetzen oder aber herzustellen, ist es notwendig, sich über nachfolgende Punkte weitgehende Klarheit zu verschaffen.**

**Autoren:** Dr.-Ing. Chr. Truöl ist Mitarbeiter der ADG Automatisierung Dresden GmbH, Dresden

## Ziele vollautomatischer Prüfstände

Was soll mit dem Einsatz vollautomatischer Prüfstände erreicht werden?

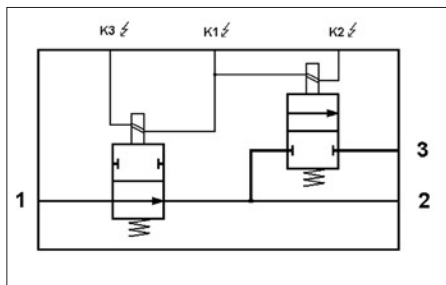
Produktprüfungen sind notwendig:

- für die Prüfung der Qualität der eigenen Produkte und der von Zulieferern,
- zur Erfüllung von Prüfvorgaben der Kunden,
- zur Erfüllung der Forderung von Gesetzgebern.

Üblich sind Stichprobenprüfungen mit stark zunehmender Tendenz zu 100 %-Prüfungen, wobei in modernen Fertigungsstraßen heute vorrangig vollautomatische Prüfstände eingesetzt werden. Die Vorteile einer automatischen Prüfung liegen darin, dass das subjektive Prüfergebnis, das einer manuellen Prüfung zwangsläufig innewohnt, objektiviert wird, d.h. alle Prüflinge werden funktionell gleich und im gleichen Zeitrahmen geprüft. So ist z. B. die Bewertung von Trends bei einer manuellen Messung, etwa durch die Abschätzung des Endwertes über die Zeigergeschwindigkeit eines Manometers bei automatischen Prüfungen nicht mehr möglich.

Als weitere Kriterien für den Einsatz von automatischen Prüfständen sind zu nennen:

- die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Reproduzierbarkeit der Prüfungen,
- die erreichbare hohe Komplexität der



2: ABS-Bremsventil –  
1 = Anschluss der Versorgung, 2 = Bremsanschluss, 3 = Entlüftung

Hierbei sind Abtastzeiten von 1 bis 10 ms realisierbar. Im linken Teil von Bild 1 ist die hardwarenahe Funktionalität dargestellt. Besondere Beachtung verlangen hier die möglichen BUS-Interfaces, da diese stark variieren können. Der rechte Teil zeigt die Funktionen, die dem Anwender in der Form der Prüfstandssoftware üblicherweise gegen-über-treten. Dabei ist neben der reinen Funktionalität wichtig, dass die Software intuitiv bedienbar ist und ergonomische Aspekte bei der Gestaltung beachtet werden.

### Zum Leistungsumfang der Prüfstände

Um die vielfältigen Anforderungen an einen Prüfstand und damit dessen Funktionalität anschaulich darstellen zu können, sollen die einzelnen Funktionskomplexe am Beispiel eines pneumatischen ABS-Bremsventils vorgestellt werden. Derartige Ventile werden z.B. in Lkws und in deren Anhängern eingesetzt. Dabei gibt es neben den klassischen Varianten auch intelligente Varianten mit Busanschluss. Bild 2 zeigt den pneumatischen Aufbau eines solchen Ventils.

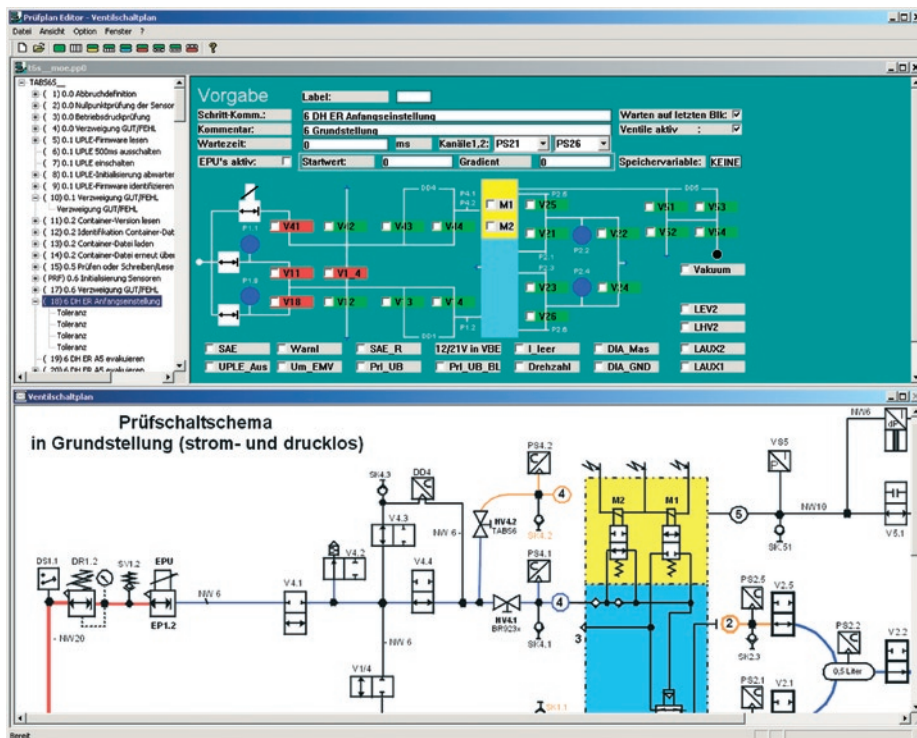
Der Prüfstand muss es erlauben, die in der Prüfvorschrift definierten Gerätefunktionen einzeln oder in ihrer Gesamtheit zu testen. Dazu muss mit dem Prüfstand eine Prüfperipherie bereitgestellt werden.

Diese Prüfperipherie erfüllt folgende Aufgaben:

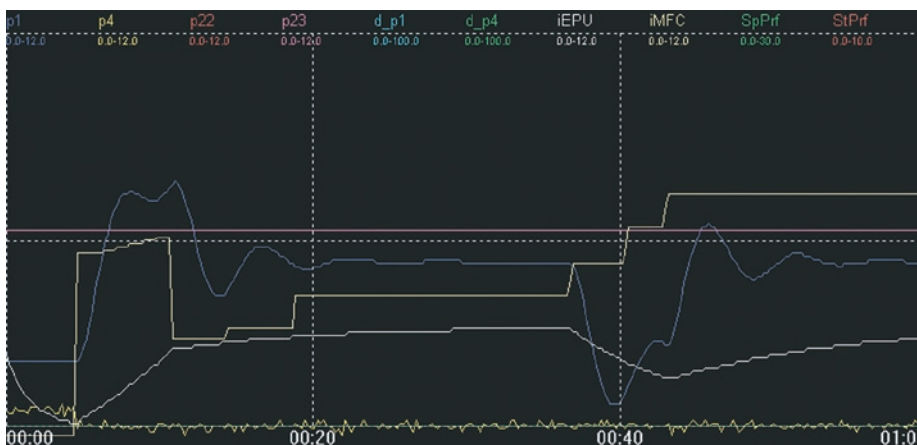
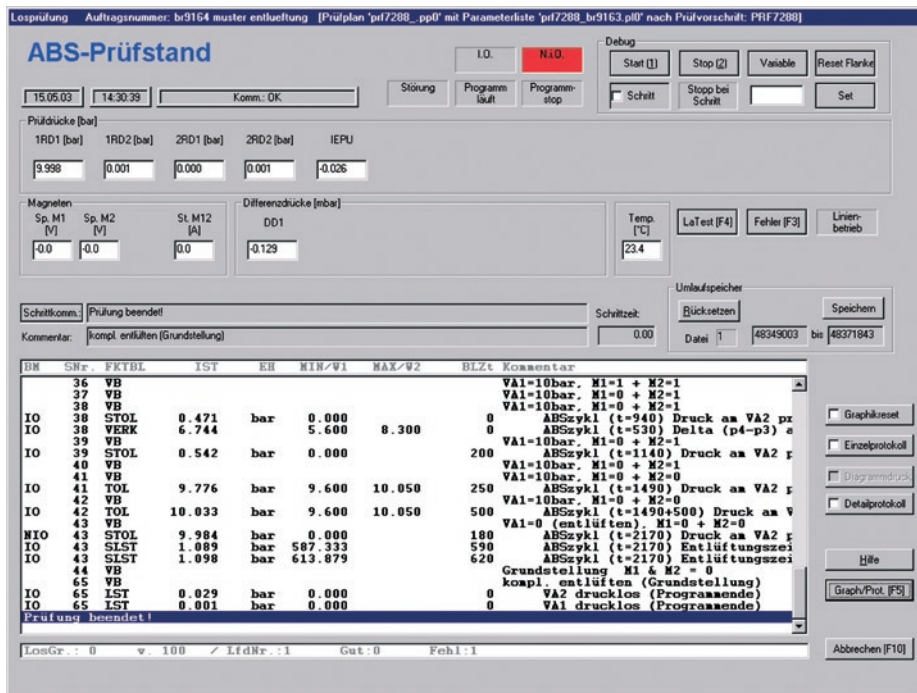
- Umsetzen der Prüfvorschrift in ein konkretes Prüfprogramm (Prüfplaneditor)
- Automatische Prüfung der Komponenten und Auswertung der Prüfergebnisse
- Protokollierung und Archivierung der Prüfergebnisse
- Qualitätssicherung (Normierung/ Kalibrierung der Sensoren und Aktoren sowie statistische Analyse der Prüfergebnisse)
- Inbetriebnahme des Prüfstands

### Zum Prüfplaneditor

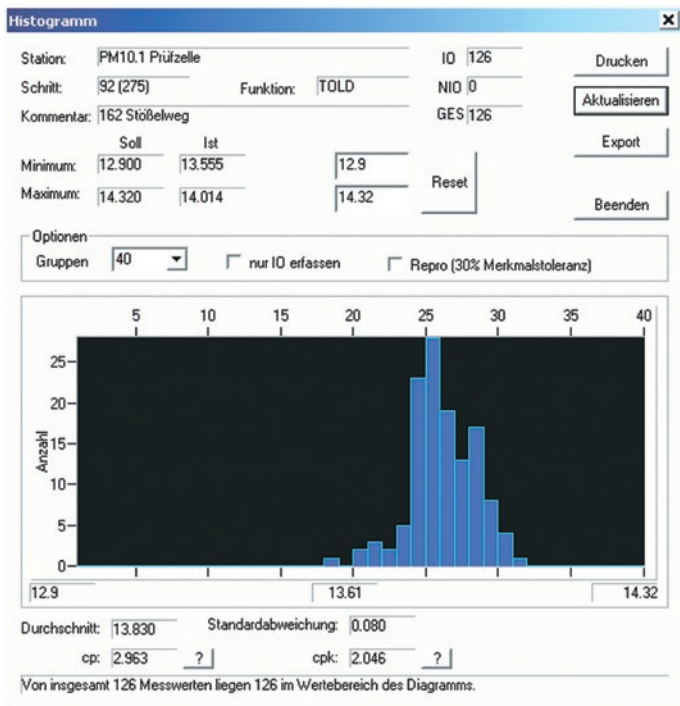
Die Komplexität der zu prüfenden Produkte spiegelt sich in umfangreichen Prüfvorschriften und Prüfparametern wider. Für die vollautomatische Prüfung müssen diese Prüfvorschriften in entsprechende Prüfprogramme/Prüfpläne umgesetzt wer-



3: Prüfplaneditor



4: Prüfmühen



5: Statistische Verteilung der Prüfergebnisse

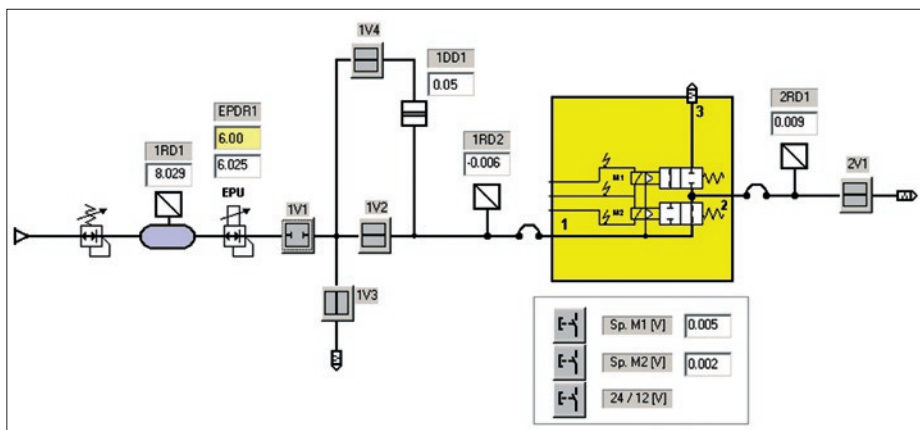
den. **Bild 3** zeigt einen komfortablen Prüfplaneditor, der es dem Technologen erlaubt, die Prüfvorschrift ohne besondere Programmierkenntnisse einfach in eine Abfolge von Prüfschritten umzusetzen. Für jeden Schritt wird definiert, welche Informationen/Ausgangsbelegungen der Prüfstand ausgeben soll. Die Ausgangsbelegungen können neben statischen Signalen (Ventil auf oder zu) z.B. auch Gradienten sein (linearer Druckanstieg mit x mBar/s). Außerdem wird dabei definiert, wie Messwerte/Prüfergebnisse zu verarbeiten und zu bewerten sind. Die Bewertung der Messwerte wird mit einer Vielzahl vorgefertigter Funktionen, die z.B. bestimmte Kriterien untersuchen, unterstützt. Solche vorgefertigten Funktionen dienen z.B. der Erfassung von Signalverläufen (Toleranzband, Knick, Minimum, Maximum, usw.), zur Bestimmung des Prüfungsablaufes (Schleifen, bedingte Sprünge, Unterprogramme) und Regelung von Prozessgrößen (Druck, Temperatur, Kraft).

Für die unterschiedlichen Parameter

wird neben dem Prüfplan eine zum Prüfling gehörende Parameterliste angelegt, die die speziellen Prüfparameter aufnimmt. Damit kann auch flexibel auf spezielle Wünsche der Endkunden z.B. bei einer Verschärfung der Prüfkriterien reagiert werden.

**Automatische Prüfung der Komponenten und Auswertung der Prüfergebnisse**

Mit der Erstellung eines Prüfplans wurden die festen Rahmenbedingungen für die Ermittlung objektiver Messergebnisse geschaffen. Vor Prüfungsbeginn sind die für die Prüfung erforderlichen Auftragsdaten bereitzustellen. Die Auftragsdaten, wie Auftragsnummer, Lösgröße, Prüfprogramm, Parameterliste und eine eindeutige Kennzeichnung des Prüflings, werden von einem Leitrechner zum Prüfstand übertragen oder sie müssen manuell am Prüfstand eingegeben werden. Nach der Prüfung werden die Prüfergebnisse vom Prüfstand an den Leitrechner übertragen und dort üblicherweise mit den Montagedaten gespeichert. Außerdem erfolgt die Vergabe einer eindeutigen



6: Prüfstandsschema

Seriennummer. Beim autarken Betrieb des Prüfstands außerhalb einer Fertigungslinie ist dieser für die Sicherung der Daten und die Vergabe der Seriennummer selbst verantwortlich.

Ein mögliches Prüfmenü zur Visualisierung des Prüfablaufes ist in **Bild 4** zu sehen. In dessen oberen Teil werden die aktuellen Messwerte als Zahlen dargestellt. In unteren Teil werden der Fortschritt der Prüfung (abgearbeitete Schritte des Prüfplans) und die ermittelten Prüfergebnisse angezeigt. Alternativ besteht die Möglichkeit, im unteren Teil des Prüfmenüs die aktuell ermittelten Werte ausgewählter Prozesssignale in Abhängigkeit von der Zeit darzustellen.

**Protokollierung und Archivierung**

Vorgaben des Gesetzgebers verlangen die Archivierung ausgewählter Prüfergebnisse bis zu 15 Jahren. Diese Daten bilden auch die Grundlage für verschiedene Protokolle (Prüfprotokoll, erweitertes Prüfprotokoll, Prüfstatistik usw.). Neben den obligatorischen Testprotokollen können auch besondere Kundenprotokolle generiert werden. Für die Nachbearbeitung von fehlerhaften Komponenten sind Protokolle, die die Fehlerursache untersetzen, bereitzustellen.

**Qualitätssicherung**

Die Funktion der Sensoren und Aktoren muss in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Gegebenfalls sind diese Komponenten nachjustieren. Anstelle des Prüflings werden dann spezielle Dummies verwendet. Ein Durchlassdummy verbindet z.B. alle Ein- und Ausgänge. Ein spezielles Programm (Kalibrierprogramm) gibt Vorgabewerte, zum Teil automatisch aus. Mit geeichten Messinstrumenten wird der tatsächliche Wert gemessen. Das Kalibrierprogramm vergleicht die vom Prüfstand gemessenen Werte mit den tatsächlichen Werten und ermittelt für jeden Sensor und Aktor Korrekturdaten. Die Korrekturen werden protokolliert, um Trends zu erkennen und Wartungsmaßnahmen einzuleiten. Im späteren Prüfbetrieb wird jeder gemessene Wert entsprechend korrigiert.

Die weitere - für die Qualitätssicherung wichtige Funktion - erlaubt die Bestimmung der statistischen Verteilung der Prüfergebnisse. Anhand dieser Größen (**Bild 5**) kann der Verantwortliche über die Freigabe des Prüfstands für die weitere Nutzung entscheiden.

**Inbetriebnahme**

Ebenso komplex wie die Prüfung der Komponenten wird sich die Inbetriebnahme des Prüfstands gestalten. Um einen Prüfstand in akzeptabler Zeit in Betrieb zu nehmen, müssen geeignete Hilfsmittel bereitgestellt werden. Das in **Bild 6** dargestellte Prüfstandsschema reduziert sich auf den eigentlichen Prüfbetrieb; es wird dem Bedienmenü hinterlegt.

Mit diesem Bedienmenü kann die Funktionsfähigkeit aller Sensoren und Aktoren schnell und einfach interaktiv überprüft werden. Außerdem ist es möglich, den Prüf-ablauf experimentell per Hand nachzuvollziehen.

Ein wichtiges Werkzeug zur weiteren Analyse des Prüfungsverhaltens ist die graphische Darstellung des im Steuerungs-PC installierten Umlaufspeichers (Bild 7). Vom Echtzeitbetriebssystem werden in jedem Takt (üblich sind 1 bis 10 ms) die Messergebnisse aller Sensoren sowie die Werte der Aktoren aufgezeichnet. Diese können bei Bedarf in einer separaten Datei gespeichert und dort komfortabel ausgewertet werden. Typische Aufgaben sind z.B. die Untersuchung zeitlicher Abläufe der Prüf-operationen.

Neben dieser generellen Inbetriebnah-mehilfe muss ein Prüfstand weitere Eingriffe gestatten. So muss es möglich sein, nur bestimmte Teile der Prüfvorschriften abzu-arbeiten oder andere Teile müssen schrittweise abgearbeitet werden können bzw. mittels Haltepunkten unterbrechbar sein.

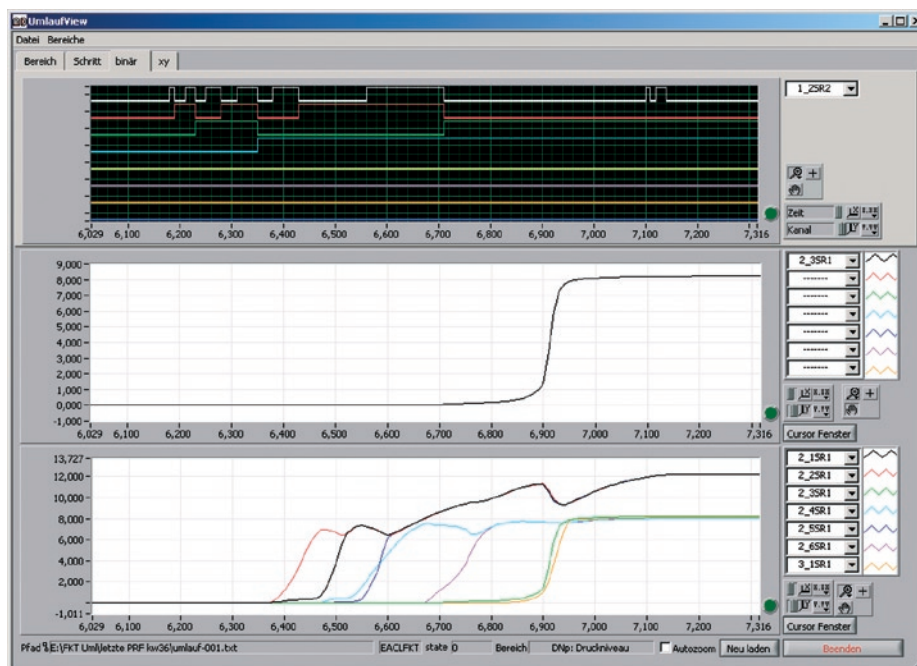
## Flexibilität und Bedienung

Die bisherigen Ausführungen lassen erkennen, dass ein derart konzipierter Prüfstand ein komplexes Automatisierungsobjekt darstellt. Die Realisierung erfordert einen nicht geringen finanziellen Aufwand. Um so wichtiger ist es, den Prüfstand so zu strukturieren, dass damit flexibel auf unterschiedliche Anforderungen reagiert werden kann, d.h. der Prüfstand muss leicht an unterschiedliche Prüflinge und sich ändernde Prüfanforderungen der Endkunden anpassbar sein.

Die Unterschiede werden unter anderem durch den Einfluss einzelner Geräteausführungen und Entwicklungsetappen, die ein Produkt durchläuft, bedingt. Neue Produkte wie auch Produktmodifikationen erfordern die ständige Anpassbarkeit des Prüfprozesses. Dies gewinnt umso stärker an Einfluss, je mehr Funktionen und „Features“ durch die Software realisiert werden.

Ganz entscheidend für die Akzeptanz einer Prüfstandslösung ist ein in sich geschlossenes Bedienkonzept. Dafür benutzte moderne Betriebssysteme stellen intuitiv bedienbare Oberflächen bereit. Neben der Beachtung ergonomischer Belange darf die Erweiterbarkeit der Oberflächen um zukünftige Funktionen nicht außeracht gelassen werden. Dies geschieht durch die Bereitstellung geeigneter flexibler Schnittstellen.

Einen tragenden Beitrag zur Flexibilität des Prüfkonzeptes leistet ein wohlstrukturiertes Softwarekonzept. Erprobte und geprüfte Softwaremodule sichern eine fehler-sichere Funktion. Hierarchische Nutzungsrechte für besonders wichtige Bedienhandlungen wie Parametrieren, Programmieren,



7: Auswertung des Umlaufspeicher. (Bildabschnitt oben: Schaltfolgen der Ventile, Bild Mitte: Druckverlauf an einem einzelnen Ausgang, Bildabschnitt unten: gleichzeitige Darstellung des Druckverlaufs verschiedener Messstellen)

Einrichten und Kalibrieren erhöhen mittels Passwort die Sicherheit, da nur hinreichend geschultes bzw. zugelassenes Bedienpersonal diese Aktionen ausführen darf.

## Erfahrungen

Das hier beschriebene Prüfstandskonzept basiert auf langjährigen Erfahrungen, die bei der Realisierung einer Vielzahl von verschiedenen automatischen und vollautomatischen Prüfständen sowie Laborprüfständen gewonnen werden konnten. Nicht unerheblich waren dabei auch die speziellen Anforderungen und Wünsche der Kunden, die sich teilweise erst nach längerem Betrieb ergaben. Hersteller von Komponenten für Nutz- und Schienenfahrzeugen setzen die Prüfstände der Firma ADG innerhalb ihrer Fertigung als einzelne Prüfstände oder innerhalb von Fertigungslinien erfolgreich ein. Weitere Prüfstände in anderen Industriezweigen arbeiten nach dem gleichen Konzept im Bereich von Dauerlauf- und Belastungsuntersuchungen.

Da die Firma ADG auf eine im eigenen Haus entwickelte, erprobte und geprüfte Software zurückgreifen kann, konnten die Projekte relativ kurzfristig und auch kostengünstig zur Zufriedenheit der Kunden umgesetzt werden.

Dabei hat sich oft gezeigt, dass für kurze Innovationszyklen der Abgleich zwischen Komponentenentwicklung und Produktion der Komponenten eine entscheidende Bedeutung für die Prüfstandsanforderungen hat. Dies wird umso wichtiger, je mehr unterschiedliche Partner an der Entwicklung der immer komplexer werdenden Geräte Anteil haben. Sollen Prüfstandsprojekte -

wie hier beschrieben - erfolgreich umgesetzt werden, müssen Entwicklung, Fertigung und der Hersteller der Prüfstände eng zusammenarbeiten.

Weitere Informationen erteilt:

ADG Automatisierung Dresden GmbH  
Lingnerallee 3  
01069 Dresden  
Telefon 0351 / 43 815 30  
Telefax 0351 / 43 519 39  
E-mail:  
mail@adg-dresden.de  
Internet:  
www.automatisierung-dresden.de