

# Serienprüfung von Sensoren

## Fertigungsbegleitende Produktprüfung von induktiven, kapazitiven und optischen Sensoren

**R**eibungsloser Dauerbetrieb, Unempfindlichkeit gegen äußere Störeinflüsse und höchste Zuverlässigkeit sind charakteristisch für moderne Sensoren. Damit diese Eigenschaften sicher gestellt werden, ist ein großer Aufwand an Entwicklungs- und fertigungsbegleitenden Prüfmaßnahmen notwendig. Hierfür wurde ein System entwickelt, mit dem alle relevanten Parameter geprüft werden können. Der Beitrag beschreibt das Konzept und die Funktionsweise des Systems in Hinblick auf den Einsatz in der Serienfertigung sowie für die Bewertung von Nullserien.

Anfang der 90er Jahre wurde ein modulares System entwickelt, auf dessen Basis die damals üblichen Sensortypen (hauptsächlich induktive, kapazitive und optische Sensoren mit einfachen Schaltfunktionen) in der Serienfertigung auf ihre Funktion hin geprüft werden konnten. Diese auch noch heute im Einsatz befindlichen Anlagen waren in 19“-Racks aufgebaut und bedingt durch den ursprünglich definierten Einsatzbereich relativ unflexibel.

Neue Sensorkonzepte, insbesondere im Umfeld der optischen Sensoren, die in den letzten Jahren entstanden sind, stellten entsprechend neue Bedingungen an die Prüftechnik, so dass ein neues System entwickelt wurde. Ein wesentliches Augenmerk fiel dabei auf die Betriebssoftware, die eine flexible und individuelle Zusammenstellung der Prüfsoftware ermöglichen sollte.

### Das Gerätekonzept

Die Durchführung der einzelnen Prüfungen erfolgt mit einem Multifunktionsgerät, dem Sensor-Prüf-Gerät (SPG), welches von einem handelsüblichen PC kontrolliert wird. Dieses Gerät vereint in einem Gehäuse die Spannungsversorgung für den Prüfling, ein Multi-

meter, eine Lastdekade, ein Relaiskoppelfeld, eine Einrichtung zur Messung von Verzögerungszeiten, einen Positioniercontroller für das Target mit der Bedämpfungsfähne sowie etliche digitale Ein- und Ausgangskanäle für Bedienelemente und Aktoren. Einzelne Prüffunktionen werden als Befehlssequenz vom PC an das SPG übertragen, dort ausgeführt und die ermittelten Ergebnisse anschließend zurück geliefert.

Das hardwareseitige Konzept des SPG wurde unter Einbeziehung von programmierbaren Logikelementen sog. ‚Eraseable Programmable Logic Device‘ (EPLD) entwickelt. Damit ließen sich alle wesentlichen Funktionen auf einem Mainboard unterbringen. Lediglich periphere Baugruppen wie Leistungsstufen, Relaiskoppelfeld und Lastmodul wurden auf separate Leiterplatten verlagert. Dies geschah hauptsächlich um die Wartung des Gerätes zu vereinfachen.

Eine wesentliche Funktion stellt die Einrichtung zur Messung der Schaltabstände bzw. der Schalthysterese dar. Um speziell bei den Sensoren mit kleinen Schaltabständen eine hohe Wiederholgenauigkeit zu erreichen, wurde ein Messverfahren entwickelt, welches mit einem sog. Motion-Controller umgesetzt wurde. Diese IC sind digital arbeitende PID-Regelkreise, deren Eingangssignal (also die Stellgröße) von einem inkrementalen Meßsystem (Glasmaßstab) abgeleitet wird. Dieser Glasmaßstab ist fest mit dem Target, das auf einem Linearschlitten montiert ist, verbunden. Das Ausgangssignal des Reglers wird auf einen Servoverstärker geführt, womit ein Antriebsmotor für den Linearschlitten gesteuert wird. Durch

diesen Aufbau lässt sich das Target über entsprechende Verfahrbefehle sehr exakt positionieren. Ferner lassen sich Beschleunigung und Verfahrgeschwindigkeit individuell einstellen.

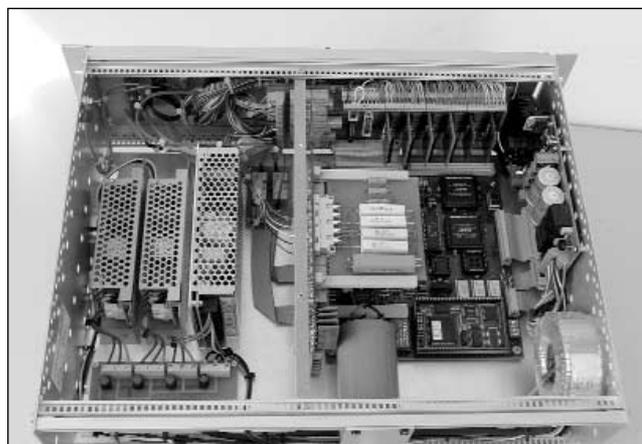
Über eine spezielle Schaltung, die in einem EPLD implementiert wurde, wird das Ausgangssignal des zu prüfenden Sensors auf einen Triggereingang des Motion-Controllers geführt. Wenn der Sensor nun seinen Ausgangszustand umschaltet, wird die aktuelle Position, auf der sich das Target zu diesem Zeitpunkt befindet, zwischengespeichert. Da dieser Vorgang vollständig auf Hardware beruht, liegen die Verzögerungszeiten vom Umschalten des Prüflings bis zum Triggern der Zwischenspeicherung in zu vernachlässigenden (< 100 ns) Bereichen. Auf dieser Basis erreicht die Wiederholgenauigkeit bei den Messungen Werte, die bei einer maximalen Auflösung des Glasmaßstabs von 5 µm bei 1 Digit liegen. Natürlich lassen sich mit diesem Verfahren auch höhere Auflösungen erreichen. Hierzu muss nur ein entsprechend höher auflösendes Messsystem vorgesehen werden.

Eine weitere Einrichtung, die hier näher beschrieben werden soll, dient zur Messung von Schalt- und Reaktionszeiten. Hierfür wurde ein Verfahren gewählt, das ursprünglich für die Messung von Prellzeiten von Kontakten o.ä. entwickelt wurde. Dieses ebenfalls digital arbeitende Verfahren basiert darauf, dass das zu prüfende Signal mit einer hohen Frequenz (bis zu 2 MHz) abgetastet wird. Wenn nun die Messung gestartet wurde, wird der Zustand des Ausgangs (also high oder low) permanent in einen Speicher geschrieben, der als Ringpuffer organisiert ist. Durch ein Triggersignal,

C.01

#### ► Autor

RAINER RABE entwickelt seit über 15 Jahren kundenspezifische Mess- und Prüfsysteme und ist Inhaber von Rabe Messtechnik; Bahnhofstrasse 73/1, D-72411 Bodelshausen  
Fon: 07471/7415155, Fax: 07471/7415156  
e-Mail: rainer.rabe@rabe-technik.de



**Abb.1:**  
Die Innenansicht des  
Sensorprüfgeräts

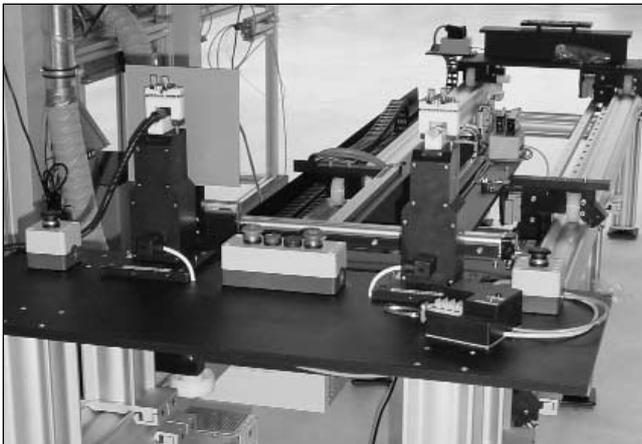


Abb.2: Prüfmechanik für optische Sensoren

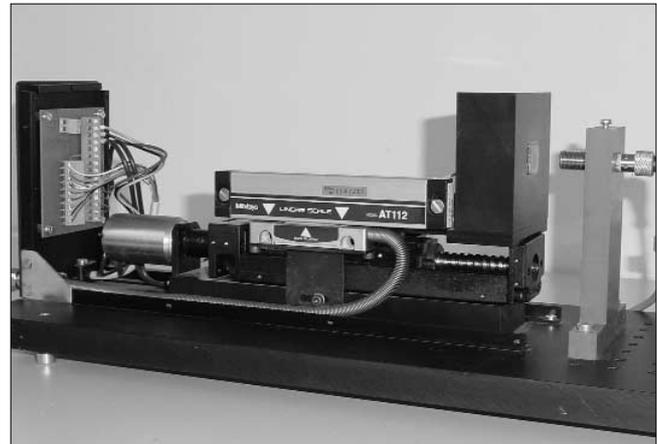


Abb.3: Prüfmechanik für induktive Sensoren

das z.B. beim Aufschalten der Betriebsspannung auf den Sensor abgeleitet wurde, wird erreicht, dass die Erfassung nur noch für eine festgelegte Zeit fortgesetzt wird. Gleichzeitig wird das Triggersignal auf einem weiteren Kanal (der max. 8 Kanäle) des Speichers festgehalten. Nach Beendigung der Erfassung wird der Speicher per Software ausgelesen. Die Analyse der Zustandsänderungen ergibt ein exakt rekonstruierbares Abbild des Schaltverhaltens. Durch die Auswertung der aufgezeichneten Signale lassen sich Messwerte für das Schaltverhalten des Sensors ermitteln. Die Funktionen des Schaltanalysators sind ebenfalls komplett in einem EPLD realisiert.

Weitere Funktionen, wie digitale Ein- und Ausgänge, Pulsweitenmodulatoren für die Erzeugung von Ansteuersignalen für Stimulationsspannungen oder Frequenzmesser sind ebenfalls in EPLDs realisiert. Die dadurch gewonnene Flexibilisierung hat sich bereits kurz nach der Einführung des Gerätes bemerkbar gemacht, als zusätzliche Funktionen benötigt wurden, die problemlos ohne Änderungen an den Leiterplatten ergänzt werden konnten.

Ein weiteres Merkmal für die Flexibilität des Systems hat sich gezeigt, als der Bedarf für die Prüfung der einzelnen Leiterplatten des Prüflings auftrat. Durch Entwicklung einer entsprechenden Adaptierschaltung die ebenfalls unter Zuhilfenahme eines EPLD konzipiert wurde, konnte mit geringem Aufwand ein Nadeladapter in das System integriert werden, um so die zusätzlichen Prüfpunkte am Sensor mit dem System zu kontaktieren.

Mit der beschriebenen Hardwarebasis lassen sich umfangreiche Tests an den heutigen Sensoren durchführen.

## Die Betriebssoftware

Die speziell für individuelle Prüfungen entwickelte Software zeichnet sich durch folgenden Merkmale aus:

- ▶ Alle Quellprogramme der Prüfschritte sind in einer Datenbank gespeichert
- ▶ Die Zusammenstellung der Prüfabläufe erfolgt unter Verwendung einer Pickliste
- ▶ Alle Prüfparameter und Ergebnisdaten werden in einer ODBC-konformen Datenbank gespeichert
- ▶ Die Vorgabeparameter lassen sich über einen komfortablen Editor programmieren
- ▶ Durch konsequente Client-Server Architektur ist die Fernwartung der Software problemlos möglich
- ▶ Neue Prüfschritte oder individuelle Anpassungen sind so in kurzer Zeit erstellt

Das Prüfsystem arbeitet zusammen mit zwei Datenbanken, der Prüfschrittdatenbank und der Kundendatenbank. Die Prüfschrittdatenbank enthält eine Ansammlung elementarer Prüfschritte, die z.B. eine Schaltabstandsmessung zur Folge haben. Diese Prüfschritte sind als Scripte aufgebaut und im Quellcode abgelegt. Damit hat der Betreiber die Möglichkeit, eventuelle Änderungen am Quellcode selbst durchzuführen. Durch die Verwendung von ‚VbScript‘ und den Einsatz des Internet Explorers sind keine Compiler oder Entwicklungssysteme hierfür notwendig.

Die vordefinierten Prüfschritte greifen auf Parametersätze zu, in welchen Grenz- und To-

### Diese Parameter können geprüft werden

In Verbindung mit dem SPG und einem Prüfrechner (PC) lassen sich folgende Parameter prüfen und protokollieren:

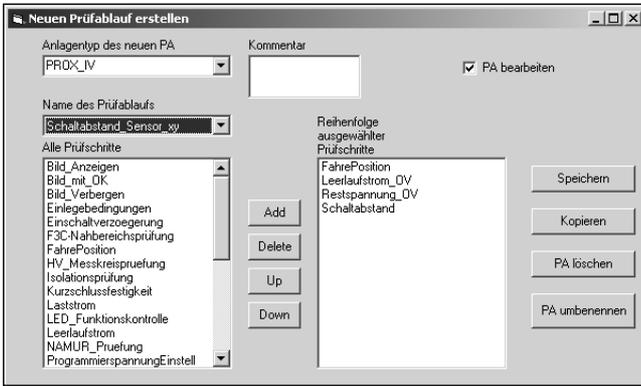
- ▶ Schaltabstand und Schalthysterese mit einer vom Meßsystem abhängigen Auflösung
- ▶ Leerlaufstrom
- ▶ Laststrom
- ▶ Restspannung (Spannungsabfall)
- ▶ Reststrom
- ▶ Einschaltverzögerung
- ▶ Einschaltflop
- ▶ Überstromabschaltung (Überstromtaktung)
- ▶ Verpolschutz
- ▶ Kurzschlußfestigkeit (mit gepufferter Spannungsversorgung)
- ▶ Überspannungsfestigkeit
- ▶ Kennlinienaufnahme bei analogen- und NAMUR-Sensoren
- ▶ optional Isolationsprüfung mit bis zu 1000 V/DC

### Die aufgeführten Prüfungen sind bei allen Sensortypen möglich:

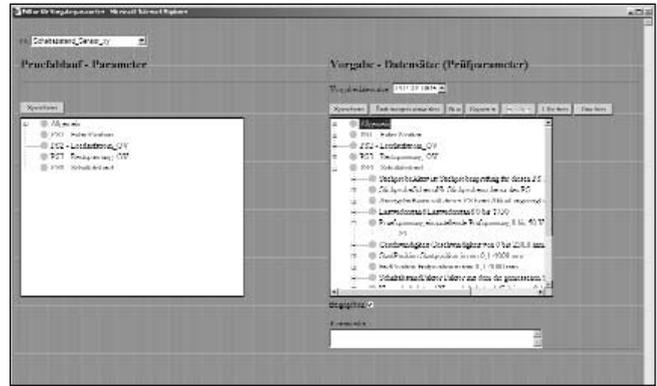
- ▶ NPN oder PNP-Sensoren in 2, 3 oder 4-Leiter-Technik
- ▶ NAMUR-Sensoren mit positiver oder negativer Kennlinie
- ▶ Analoge Sensoren in 3 oder 4-Leiter-Technik

### Für optische Sensoren lassen sich zusätzliche Prüfungen durchführen:

- ▶ Einschleifen von zusätzlichen Targets, Filtern oder Blenden
- ▶ Prüfung der Hintergrundausschleifung
- ▶ Prüfung von Einweg- oder Reflex-Tastern
- ▶ Kennlinienaufnahme von intelligenten Sensoren unter Berücksichtigung der vom Sensor selbst ermittelten Messwerte (Messwertabgleich)
- ▶ Weitere kundenspezifische Anforderungen



**Abb. 4: Pickliste zur PA-Erstellung**



**Abb. 5: Der Vorgabeeditor**

leranzwerte oder auch Einstellparameter festgelegt werden.

Durch einfaches, menügeführtes Aneinanderreihen der einzelnen Prüfschritte (die sich auch wiederholen dürfen) wird ein Prüfablauf entsprechend der Prüfaufgabe generiert. Zu jedem Prüfablauf müssen noch die einzelnen Einstellparameter mit dem systeminternen Editor definiert werden. Die Vorgabeparameter und Ergebnisse der Prüfungen sind in der Kundendatenbank gespeichert. Diese Datenbank wird vom Prüfsystem über ‚ODBC‘ angesprochen. Damit bleibt die Wahl des Datenbank-Management-Systems völlig frei, sofern es dem ODBC-Standard entspricht. So ist gewährleistet, dass der Betreiber des Systems auf die Daten unter Verwendung der üblichen Office-Tools zugreifen kann, sofern diese über einen ODBC-Zugriffsmechanismus verfügen.

In der Kundendatenbank werden die Prüfabläufe, die Vorgabeparameter aller Prüfabläufe und die Ergebnisse der durchgeführten Prüfungen gespeichert. Für einen Prüfablauf sind drei Tabellen erforderlich.

1. Die Tabelle ‚Pruefablaue‘  
 Diese Tabelle enthält die Felder ‚Name‘ und ‚Pruefschritte‘. Unter Name ist der Name eines PA abgelegt, der üblicherweise den Sensortyp der mit diesem PA zu prüfenden Sen-

sorfamilie angibt. Im Feld ‚Pruefschritte‘ sind die für diesen PA auszuführenden PS in der Reihenfolge ihrer Ausführung aufgelistet.

2. Die Tabelle ‚<PA\_Name> Vorgabe‘  
 Die vom Prüfablaufgenerator angelegte Tabelle enthält alle Felder, die im Feld ‚Vorgabeparameter‘ in der Tabelle ‚Pruefschritte‘ in der Prüfschrittdatenbank angegeben sind. Ein zusätzliches Feld ‚Name‘ dieser Tabelle enthält den Bezeichner des Vorgabedatensatzes, der seiner eindeutigen Identifizierung dient.

3. Die Tabelle ‚<PA\_Name> Ergebnis‘  
 Diese Tabelle wird ebenfalls für jeden gespeicherten Prüfablauf vom Prüfablaufgenerator neu angelegt. Sie enthält alle Felder, die im Feld ‚Ergebnisparameter‘ in der Tabelle ‚Pruefschritte‘ in der Prüfschrittdatenbank angegeben sind. In dieser Tabelle werden die Ergebnisse aller Prüfungen gespeichert. Ein zusätzliches Feld ‚ParamRSName‘ dieser Tabelle weist auf genau einen Vorgabeparameter-Datensatz. So ist über ‚ParamRSName‘ und den Namen des Prüfablaufs eine 100%-ige Rückführbarkeit auf die Prüfbedingungen der hier aufgeführten Ergebnisse gewährleistet.

Das Softwarekonzept ermöglicht die Ansteuerung mehrerer Geräte. Damit lässt sich

das System um Funktionen erweitern, die sinnvoller Weise nicht im Grundgerät (SPG) untergebracht sind. Eine dieser Funktionen ist die Isolationsprüfung von Sensoren mit Metallgehäuse.

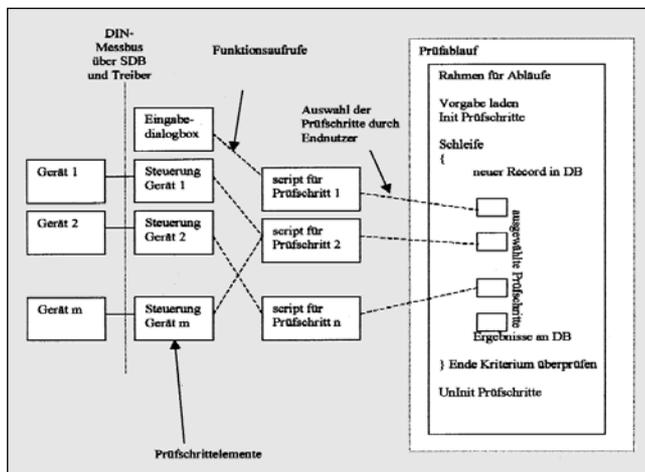
Eine weitere Variante für eine Systemlösung ergibt sich durch Erweiterungsmodulen deren Funktion das Bereitstellen von zusätzlichen digitalen Ein- und Ausgängen beinhaltet. Eine Anlage mit dieser Ausstattung wurde beispielsweise für die Prüfung von komplexen optischen Sensoren konzipiert. Durch dieses Modul können mehrere verschiedene Targets oder zusätzliche Blenden vom Softwaresystem bedient werden. In diesem Zusammenhang wurde außerdem ein Treibermodul für die Kommunikation zwischen intelligenten Sensoren mit dem Prüfrechner integriert. Damit lässt sich der zu prüfende Sensor aus einem Prüfablauf heraus nach Bedarf parametrisieren.

Den prinzipiellen Aufbau der Betriebssoftware verdeutlicht Abb. 6.

## Fazit

Durch die offene Datenstruktur der Betriebssoftware ist eine weitreichende Auswertung der ermittelten Prüfergebnisse möglich. Sei es zu statistischen Zwecken oder zur Erstellung von Prüfnachweisen über Fertigungslose oder die Aufnahme von Kennlinien für die Musterbewertung eines neuen Produktes – mit den zur Verfügung stehenden Prüfschritten und den dadurch aufgezeichneten Messwerten ist die individuelle Auswertung unter Zuhilfenahme von Standardsoftware jederzeit möglich.

**TEST**



**Abb. 6: Aufbau der Betriebssoftware**