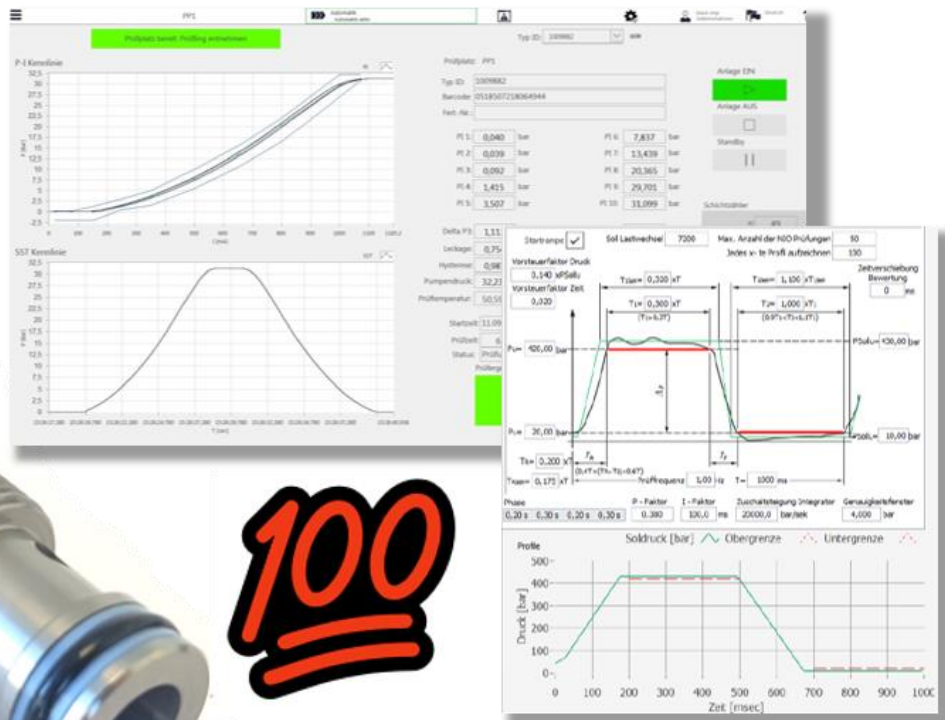


# Fallstudie End-of-Line Prüfstand

Hochautomatisierte 100%-Prüfung am Beispiel der Massenfertigung von Proportionalventilen



# Problemstellung

**Moderne verkettete Fertigungslinien sind eine Komposition von verschiedenen Anlagen und Maschinen mit verbindenden Transportsystemen. Eine Unterbrechung in der Linie führt zum Stillstand aller Anlagen, wodurch immense Kosten entstehen. Prüfstände in der Linie liefern einen wichtigen Beitrag für die Verhütung von Ausfällen. In diesem Beitrag beschreiben wir anhand einer Ventulfertigung, wie ein Prüfstand am Ende einer Fertigungslinie beschaffen sein muss, wie verschiedene Produktvarianten geprüft werden können und wie ein Maximum an Verfügbarkeit und Automatisierung durch die Johannes Schäfer GmbH realisiert wurde.**

Unser Kunde ist ein führender Hersteller von Ventilen für mobile Anwendungen, wie der Baumaschinenteknik, der Automobiltechnik oder für spezielle Anwendungen, wie die Ausrüstung von Kommunalfahrzeugen. Ein typischerweise verwendetes Ventil in diesen Anwendungen ist ein Proportionaldruckminderventil. Mit diesem Ventil ist es möglich, durch die Vorgabe eines elektronischen Signals, bspw. eines Stroms, einen hydraulischen Druck einzustellen. Die Regelgüte des Ventils hängt von der Qualität und Fertigungsgüte der verwendeten Komponenten und deren Montage ab. Das Ventil ist als Cartridge ausgeführt, d.h., dass es in einen Ventilblock eingeschraubt wird. Die Außengeometrie des Ventils ist daher exakt mit der Bohrung des Blocks abgestimmt. Die Bohrungen, auch Cavities genannt, unterliegen engen Geometrie- und Toleranzforderungen. Es gibt spezielle Normungen, die die Anforderungen an die Bohrungen festlegen.

Das Ventil wird in großen Stückzahlen verbaut, daher ist dem Kunden sehr wichtig, dass keine Fehlfunktion oder Abweichungen von der vorgegebenen Funktionalität bei der Auslieferung vorliegt, sondern, dass das Ventil genau das erwartete Verhalten zeigt.

Andernfalls kann es zu umfangreichen Rückrufaktionen kommen, die erhebliche Konventionalstrafen nach sich ziehen. Unser Kunde entscheidet sich daher, eine 100% Endprüfung der Ventile durchzuführen. Alle gefertigten Ventile werden vor der Auslieferung umfangreichen Tests unterzogen. Neben der Funktionskontrolle sollen Kennwerte aus den gewonnenen Prüfdaten berechnet werden, mit denen die Fertigung im Rahmen der Qualitätssicherung überwacht, bewertet und dokumentiert wird.

Dafür wird ein End-of-Line Prüfstand benötigt, der am Ende der Fertigungslinie integriert wird. Die Bedienung soll möglichst einfach sein, um den Schulungsaufwand für die MitarbeiterInnen gering zu halten und gleichzeitig die Fehlerwahrscheinlichkeit auf ein Minimum zu reduzieren. Folglich muss der Prüfstand einen hohen Automatisierungsgrad aufweisen um der BedienerIn viele Funktionen abnehmen zu können.

Extrem wichtig ist die Verfügbarkeit des Prüfstands. Fällt er aus oder produziert längere Stillstandzeiten, muss die komplette Fertigungslinie gestoppt werden. Und da typischerweise kaum Lagerkapazität zur Pufferung vorhanden ist (Stichwort: Just-In-Time Lieferung) kommt es zu Lieferengpässen. Hohe Regressforderungen sind die Folge. Daher ist die Überwachung der Produktmerkmale und der Prüfstandkomponenten von hoher Wichtigkeit für die Sicherstellung der Verfügbarkeit des Prüfstands und der gesamten Fertigungslinie.

Gleichmäßig wichtig ist die Sicherheit. Unter keinen Umständen dürfen Gefahren für Mensch und Maschine vom Prüfstand ausgehen. Gliedmaßenquetschungen und Verletzungen, die von herumspritzendem Fluid und herausfliegenden Teilen hervorgerufen werden, sind unter allen Umständen zu vermeiden. Dieser Aspekt ist

besonders im Hinblick auf die Integration des Prüfstands in die Linie von Bedeutung.

Je nach Endanwendung werden unterschiedliche Cavities benötigt. Daher hat unser Kunde unterschiedliche Ventilgeometrien im Portfolio, die mit dem Prüfstand getestet werden müssen.

Ähnliches gilt für die elektrische Kontaktierung des Ventils. Die elektrische Ansteuerung erfolgt über Stecker. Jede Anwendung hat einen individuellen Stecker, mit dem der Anschluss an die Steuerung erfolgt. Der Stecker stellt sicher, dass die Anschlüsse nicht verpolt werden.

Die Prüfung der Ventile folgt dem Takt der Fertigung. Die Einhaltung der Prüfzykluszeit ist essentiell für die Integration des Prüfstands in die Fertigungslinie.

Die Kennwerte müssen mit kalibrierten Messmitteln bestimmt werden. Dadurch ist es notwendig, dass die Sensoren regelmäßig überprüft werden müssen.

Je nach Anwendungsfall werden unterschiedliche Prüfprogramme benötigt, um die Betriebsbedingungen realitätsnah abzubilden.

Die notwendigen Daten für die Prüfungen sollen aus dem übergeordneten Datenbanksystem des Unternehmens einlesbar sein. Das macht eine Anbindung des Prüfstandes an das vorhandene ERP-System notwendig. Die Kommunikation muss zügig und fehlerfrei funktionieren.

Zusammengefasst stand unser Kunde vor den folgenden Herausforderungen:

- Notwendigkeit einer 100%-Prüfung bei einer Stückzahl von 80.000/ Jahr
- Unterschiedliche Ventilgeometrien und Steckervarianten (insgesamt 8 Geometrien mit 3 Steckervarianten = 21 Modellvarianten)
- Anbindung an das ERP-System des Unternehmens
- Hoher Automatisierungsgrad
- Schnelle und einfache Parametrierung auf unterschiedliche Produktvarianten
- Selbstständige Identifizierung des Prüflings, der Cavities und des Oberwerkzeugs und Abgleich mit ERP-Daten
- Selbstständiges Laden der benötigten Prüfprogramme
- Schreiben der relevanten Qualitätsdaten in das übergeordnete QS-System
- Kurze bzw. passende Zykluszeiten
- Einfache Kalibriermöglichkeit der verwendeten Sensoren
- Übersichtliche und klare Kommunikation mit dem Prüfstandbediener
- Energieeffizienter Komponentenaufbau
- Hohe Verfügbarkeit und schnelle Fehlerdiagnose

# Lösung

**Mit diesen Randbedingungen trat der Kunde an uns, die Johannes Schäfer GmbH, heran. In enger Abstimmung mit dem Kunden entwickelten wir einen maßgeschneiderten Prüfstand, der die beschriebenen Anforderungen erfüllt.**

Der Prüfstand wird mit zwei Prüfplätzen ausgeführt. Eine BedienerIn kann parallel zwei Ventile prüfen. Dadurch ist selbst bei dem Ausfall eines Prüfplatzes sichergestellt, dass die Linienfertigung nicht zum Stillstand kommt.

Für die schnelle Instandsetzungsfähigkeit des Prüfstands werden konsequent smarte Komponenten im Prüfstand verwendet. Diese sind in der Lage, ihren aktuellen Zustand regelmäßig an die Steuerung zu melden. Wenn sich beispielsweise ein Parameter kontinuierlich von seinem Sollwert wegbewegt, kann auf einen Ausfall der Komponente hochgerechnet werden und entsprechende, vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen geplant werden. Wird ein Austausch einer kompletten Komponente notwendig, wird der Parametrierungssatz der alten Komponenten auf die neue aufgespielt. Aufwendige Einstellarbeiten entfallen dadurch und der Prüfstand bzw. der Prüfplatz ist schnell wieder verfügbar. Für die Realisierung der Instandhaltungsfähigkeit müssen hochgenaue und stabile Sensoren und Regelkreise verwendet werden, da andernfalls die geforderte Auflösung, die für die Überwachung und Analyse notwendig ist, nicht realisiert werden kann.

Im Folgenden wird der prinzipielle Aufbau des Prüfstands erläutert. Der Prüfplatz verfügt über eine Aufnahme (Cavity) die das Ventil zur Prüfung aufnimmt. Außerdem ist eine Klemmvorrichtung vorhanden, die das Ventil zur Prüfung fixiert. Oberhalb des

Ventils ist ein Oberwerkzeug angeordnet, das die elektrische Kontaktierung des Ventils aufnimmt und vor der Prüfung an das Ventil herangeführt wird. Hat das Ventil die Prüfung erfolgreich absolviert, wird es mit einem integrierten Markiersystem als „i.O.“ markiert. Erst danach ist die Entnahme möglich. Um diese möglichst einfach zu gestalten wird ein Auswurfwerkzeug vorgesehen, welches das Ventil aus der Cavity herausdrückt.

Es folgt die Beschreibung des prinzipiellen Arbeitsablaufs.

Die zuständige MitarbeiterIn meldet sich mit einem personalisierten Schlüsselchip (EKS: Electronic Key System) am Prüfstand an. Dadurch ist die Zuordnung der Prüfungen zu der PrüferIn möglich. Anschließend erfolgt der Startprozess des Prüfstands. Das Fluid wird auf die erforderliche Prüftemperatur eingeregelt. Gleichzeitig werden alle Systeme hochgefahren und auf Funktion geprüft. Außerdem erfolgt die Anmeldung des Prüfstands beim ERP-System. Nach Abschluss des Startprozesses ist der Prüfstand für die Prüfaufgaben vorbereitet.

Das zu prüfende Ventil (Prüfling) wird von der BedienerIn in die Cavity eingesteckt. Auf dem Prüfling ist ein Barcode angebracht, durch den das Ventil eindeutig identifizierbar ist. Über eine Lichtschranke wird die korrekte Orientierung des Ventils festgestellt. Der Prüfstand prüft daraufhin mit einem Binärcodescanner, ob die richtige Cavity im Prüfstand eingesetzt ist. Außerdem wird über einen RFID-Chip, der an dem Oberwerkzeug befestigt ist, das Kontaktierungswerkzeug überprüft. Parallel wird das in der übergreifenden Datenbank hinterlegte Prüfprogramm geladen. In diesem Programm sind die zu ermittelnde Kennwerte, die elektrische Ansteuerung des Ventils, die Prüfdauer und Druckrampen hinterlegt. Ist alles in Ordnung und das korrekte Prüfprogramm geladen, startet die BedienerIn den Prüfvorgang durch Drücken

des Startknopfes. Der Prüfraum wird verschlossen und der Prüfling mittels der Klemmvorrichtung in die Cavity hineingedrückt und fixiert. Daraufhin fährt das Oberwerkzeug herunter und stellt die elektrische Kontaktierung her.

Anschließend erfolgt ein Spülprozess. Dieser ist aus zwei Gründen notwendig: Zum einen muss die im Ventil vorhandene Luft aus dem Prüfling entfernt werden, da anderenfalls die Prüfung verfälscht würde. Zum anderen strömt temperiertes Fluid durch das Ventil und sorgt für dessen Vorwärmung.

Nach dem Spülprozess erfolgt die Prüfung. Diese setzt sich aus vielen unterschiedlichen Prüfabschnitten zusammen. Die Auswertung erfolgt in anspruchsvollen Schritten. Am Ende der Prüfung werden die Messungen auf ein Prüfergebnis reduziert. Ist der Prüfling in Ordnung, wird er markiert. Der BedienerIn wird dies klar und deutlich auf dem Display dargestellt. Das Oberwerkzeug wird zurückgefahren und das Ventil aus der Cavity herausgedrückt. Der Prüfraum wird geöffnet und die BedienerIn kann das Ventil entnehmen und ein neues einlegen. Aus den gewonnenen Prüfungsdaten werden Qualitätskennzahlen ermittelt und dem ERP-System des Kunden über Datenbanken, zusammen mit den BedienerInnendaten und weiteren Prozessdaten, zur Verfügung gestellt. Im seltenen Fall, dass ein Ventil nicht die geforderten Anforderungen erfüllt, wird dies der BedienerIn ebenfalls signalisiert. Das Ventil muss dann separat aufbewahrt werden, damit es nicht zufällig mit ausgeliefert wird. Die BedienerIn wird aufgefordert, das Ventil in eine Schublade zu werfen, die mit einer Lichtschranke ausgestattet ist. Dadurch ist sichergestellt, dass das Ventil tatsächlich von den i.O. Ventilen repariert wird. Erst nach Einwurf des Ventils wird der Prüfstand für weitere Prüfungen freigegeben.

Die Steuerung des Prüfstands erfolgt mittels LabVIEW. Dabei handelt es sich um ein

grafisches Programmiersystem von National Instruments. Durch die optische Visualisierung wird die BenutzerIn sehr klar durch den Prüfprozess geleitet. LabVIEW kommuniziert mit einer übergeordneten Sicherheits-SPS. Durch die Trennung von Steuerung und Sicherheitsfunktionen ist der Prüfstand funktional sicher.

Beim Variantenwechsel müssen lediglich die Cavity und das Oberwerkzeug gewechselt werden. Dies ist leicht und schnell durch ein herausziehbares Schubladensystem umsetzbar. Die gesamte Cavitybaugruppe wird nach vorne herausgezogen und kann dann leicht getauscht werden. Das Oberwerkzeug wird mittels einer Schnellwechseleinrichtung getauscht. Die Erkennung erfolgt über die bereits erwähnten 2D-Codelesegeräte.

Neben den von der Johannes Schäfer GmbH bereitgestellten Prüfprogrammen kann der Kunde eigene Programme durch den bereitgestellten Sequenzeditor erstellen. Aus Gründen der Sicherheit sind dazu nur speziell geschulte Personen befugt. Die Freigabe dafür erfolgt durch die personalisierten Schlüsselchips. Der Prüfstand gleicht die Berechtigung mit den Daten in der BenutzerInnenverwaltung ab und gibt die entsprechenden Funktionalitäten frei. Im Sequenzeditor sind zahlreiche Funktionsbausteine abgelegt, die durch Drag-and-Drop zu komplexen Programmen verschaltet werden können.

Die verwendeten Prüfmittel müssen regelmäßig überprüft werden, um die geforderte Konformität der Prüfungen sicherzustellen. Der Prüfstand ist durch eine zentrale Anordnung von Prüfanschlüssen dafür ausgelegt eine regelmäßige Kalibrierung, schnell und einfach auszuführen.

In der Prüfstandsteuerung sind Wartungs- und Kalibrierintervalle hinterlegt. Die erforderlichen Schritte werden der BedienerIn in klar dargestellten Anleitungen direkt am Prüfstandbildschirm ausgegeben.



Der von der Johannes Schäfer GmbH gefertigte Prüfstand verfügt über die folgenden Merkmale:

- Hohe Verfügbarkeit durch redundante Prüfplätze
- Smarte Komponenten, dadurch schneller Austausch und Überwachung von Prozessparametern möglich
- BenutzerInnenerkennung und Berechtigungserteilung durch Schlüsselchips
- Automatisierter Startprozess
- Identifizierung des zu prüfenden Prüflings
- Abgleich, ob richtige Werkzeuge im Prüfstand eingesetzt sind
- Orientierungsprüfung des Prüflings
- Prüfungsstart durch Knopfdruck, danach automatisierter Prüfablauf
- Klare Darstellung des Ergebnisses für die BedienerIn mit Handlungsaufforderungen
- Geringer Schulungsaufwand für BedienerInnen
- Generierung von QS-Kennzahlen und Abspeicherung im unternehmensweiten Datenbankensystem
- Einfache Kalibrierung durch gute Zugänglichkeit zu den Sensoren möglich.
- Überwachung der Wartungs- und Kalibrierintervalle sowie visuelle Schritt-für-Schritt Anleitung zur Durchführung
- Sequenzeditor für schnelles und einfaches Erstellen von Prüfprogrammen

Ein Highlight, auf das wir als Johannes Schäfer GmbH besonders stolz sind: Die geforderte Zykluszeit von ca. 50 s kann der Prüfstand deutlich unterschreiten. Er schaffte es, eine Zykluszeit von ca. 25 s zu realisieren.

## Ergebnis

Wir entwickelten und konstruierten den Prüfstand für die speziellen Randbedingungen des Kunden. Nach der Inbetriebnahme in unserem Hause haben wir den Prüfstand in enger Absprache mit dem Kunden in seine Fertigungslinie integriert und an das ERP-System angeschlossen. Des Weiteren wurden die vom Kunden benannten BedienerInnen in der Erstellung von eigenen Prüfprogrammen, in der Fehlersuche und in der Benutzerverwaltung, geschult. Damit ist unser Kunde in der Lage, die Produkte seiner Fertigung zu 100% zu prüfen, selbständig Prüfprogramme zu erstellen und die Qualität der Produkte anhand von gemessenen Kennzahlen zu überwachen.

Der Prüfstand ist seit 12 Monaten in Betrieb (Stand 01/2021) und hat in dieser Zeit insgesamt 45000 Ventile in 21 Varianten geprüft. Unser Kunde ist hoch zufrieden, auch weil wir als Johannes Schäfer GmbH die Funktionalitäten des Prüfstands kontinuierlich weiterentwickelt und regelmäßig Steuerupdates auf den Prüfstand aufgespielt werden.

## Fazit:

Johannes Schäfer GmbH ist Ihr Partner für Prüfstände in Ihrer Fertigungslinie. Wir entwickeln und fertigen hochautomatisierte Prüfstände und integrieren diese in Ihr Unternehmen, sowohl physisch in der Fertigungshalle als auch auf Softwarebasis in Ihr ERP-System.

**Für Ihre Prozesssicherheit – für Ihre Kundenzufriedenheit – für Ihren Unternehmenserfolg.**

## Ihr Kontakt

**„Wir bei Schäfer denken auch immer an den Kunden hinter dem Kunden. Mit dieser Philosophie sind wir in der Lage, die besten Prüfstände für unsere Partner zu liefern.“**

***-Timo Schäfer-***

Timo Schäfer studierte Wirtschaftsingenieurwesen Fachrichtung Maschinenbau an der Universität Siegen. Nach ersten Stationen in der Wirtschaft übernahm er 2008 als geschäftsführender Gesellschafter die technische Leitung der Johannes Schäfer GmbH. Mit ihm entwickeln hoch spezialisierte Ingenieure Lösungen für individuelle Prüfaufgaben.



**Timo Schäfer**

Technischer Geschäftsführer Johannes Schäfer GmbH

und

Experte für individuelle Prüftechnik

[Timo.Schaefer@js-gmbh.com](mailto:Timo.Schaefer@js-gmbh.com)

## Weitere Informationen:

