

White Paper

Pneumatische Automatisierungskonzepte – ein Vergleich zwischen Einzelventil- und Ventilinsel



Einzelventil oder Ventilinsel zur Ansteuerung pneumatisch automatisierter Armaturen? Worin liegen die technischen und wirtschaftlichen Unterschiede der beiden Möglichkeiten? Ein Kostenvergleich stellt beide Möglichkeiten gegenüber. Welche Unterschiede bestehen bei der Inbetriebnahme? Welche Möglichkeiten der Diagnose bei Ventilinseln zur Reduzierung ungeplanter Stillstandszeiten gibt es? Diese Fragen behandelt der Beitrag.

Dieses White Paper enthält Informationen über:

- Vergleich von Einzelventil zu Ventilinselarchitektur
- Technische und wirtschaftliche Unterschiede
- Kostenvergleich
- Einsatz von Ventilinseln in PLT Schutzeinrichtungen (SIL)
- Beispiele aus der Praxis

Einleitung

Die pneumatische Automatisierung hat in den letzten Jahren gewaltige Fortschritte gemacht. War früher die Automatisierung mit einzelnen Ventilen, die am Antrieb montiert waren, der Standard, so sind heute leistungsfähige Ventilinseln mit integrierten elektrischen Ein- und Ausgängen erhältlich. Integrierte Steuerungen erlauben kleine Automatisierungsaufgaben vor Ort zu lösen.

Ventilinseln können aufgrund der SIL Zertifizierung auch in PLT Schutzeinrichtungen eingesetzt werden. Damit können Sicherheitskreise bis SIL2 auch über diese Technik realisiert werden.

Die Intelligenz wandert ins Feld

Die Ventilinsel ist das Kernelement der dezentralen pneumatischen Automatisierung. Mit ihr lassen sich dezentrale Automatisierungslösungen schnell und einfach aufbauen. Die in Abbildung 1 dargestellte Ventilinsel (Festo CPX/MPA) ist vollständig modular. Sie kann bis zu 64 Spulen von Magnetventilen ansteuern sowie digitale und analoge elektrische Signale verarbeiten. Die Kommunikation erfolgt über einen Feldbus mit überlagerten Automatisierungssystemen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die Ventilinsel mit einer Steuerung auszurüsten, so dass Anlagenteile unabhängig von einem zentralen Prozessleitsystem betrieben werden können.

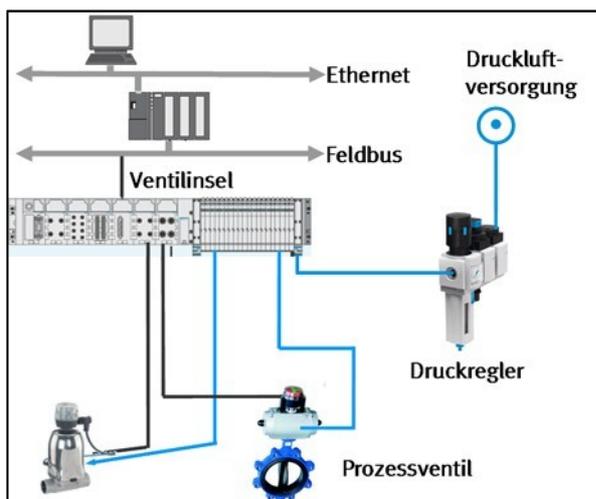


Abbildung 1: Pneumatische Automatisierungsarchitektur.

Mit diesen Elementen ist es möglich maßgeschneiderte und durchgängige Automatisierungskonzepte vom Prozessventil bis zur eigentlichen Leitebene aufzubauen.

Wichtig dabei sind präzise aufeinander abgestimmte Komponenten, damit alle Elemente der Steuerungskette optimal funktionieren. Häufig resultieren Probleme aus Kleinigkeiten: Werden Schläuche und Verschraubungen mit zu kleinem oder zu großem Durchmesser oder mit für die Anwendung ungeeignetem Material ausgewählt, kommt es zu Verzögerungen der Signalübertragung. Ist der Kostenunterschied bei der Investition noch gering, kann es beim späteren Betrieb der Anlage richtig teuer werden, falls ein Austausch notwendig wird.

Vorteile eines dezentralen pneumatischen Automatisierungskonzeptes sind:

- Flexibilität durch Feldbus, leichte Integration und Erweiterbarkeit
- Zeitgewinn durch paralleles Engineering von Baugruppen
- Sicherheit durch zuvor autark getestete Baugruppen
- Reduzierter Installationsaufwand
- Maximale Anlagenverfügbarkeit durch Systemdiagnose

Mit Ventilinseln lassen sich im Vergleich zu Einzelventillösungen signifikant Kosten einsparen. Dies gilt besonders in Anlagen mit vielen örtlich eng beieinander liegenden Armaturen wie etwa in der Fein- und Spezialitätenchemie, Biotechnologie/ Pharmazie, Lebensmittelherstellung, bei Filteranlagen oder in Faultürmen von kommunalen Klärwerken.

Anders könnte die Situation bei Großanlagen in der Chemie oder Petrochemie sein, wo die Armaturen oft räumlich weit auseinander liegen. Ein Kostenvergleich stellt die Ventilinseltechnologie nachfolgend der Einzelventil-Architektur gegenüber.

Kostenvergleich Ventilinsel – Einzelventil bei Großanlagen

Abbildung 2 zeigt eine reale Produktionsanlage aus der Fein- und Spezialitätenchemie, die für den Vergleich als Basis genommen wurde. Sie hat eine Größe von ca. 20 x 20 m, ist 15 m hoch, besteht aus vier Etagen und produziert Grundstoffe für Körperpflegeprodukte und Waschmittel.

Die Anlage wird durch etwa 100 pneumatisch automatisierte Armaturen gesteuert, überwiegend Kugelhähne, Sitzventile und Klappen der Nennweiten 25 bis 200.

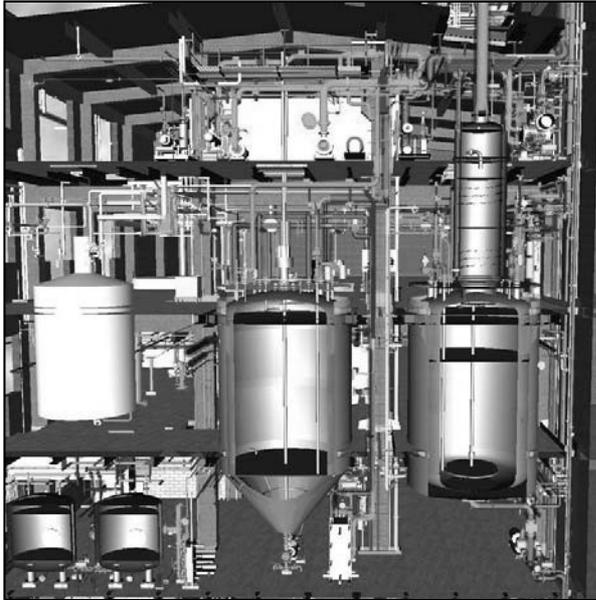


Abbildung 2: Beispielanlage für den Vergleich zwischen Einzelventil und Ventilinsel.

Die Anlage ist mit Einzelventilen und Endschalterboxen an den Antrieben oder einer Box mit Endlagenrückmeldern und integriertem Magnetventil ausgerüstet. Für den Kostenvergleich wurden nur die Auf/Zu-Armaturen betrachtet. Basis für die Berechnung sind die auf der Anlage vorhandenen Schaltschränke.

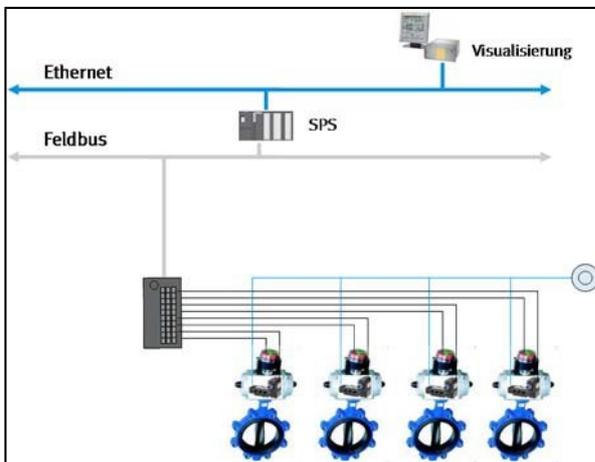


Abbildung 3: Architektur der Anlagenautomatisierung mit Einzelventilen.

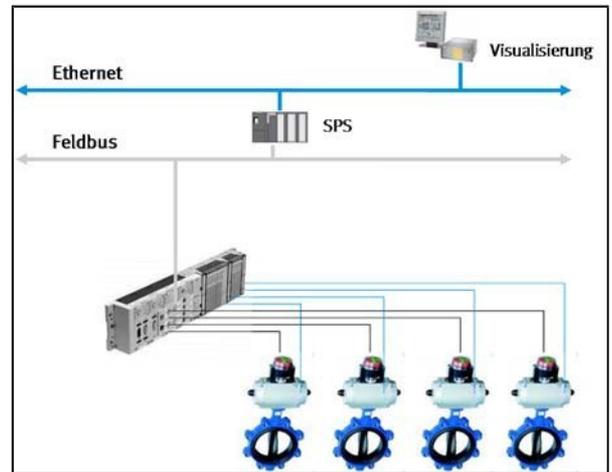


Abbildung 4: Architektur der Anlagenautomatisierung mit Ventilinsel.

Die Automatisierung der Anlage über Einzelventile ist in Abbildung 3 und über Ventilinseln in Abbildung 4 dargestellt. Die Einzelventile sind mittels Namur-Schnittstelle direkt am Armaturentrieb montiert. Einzelventile und Endlagenschalter sind über Remote I/O an den Feldbus gekoppelt. Die Architektur über Ventilinsel ist einfacher: Feldbusanschluss, Remote I/O und Magnetventile bilden eine Einheit als dezentrale Steuerungsebene. Bei Anwendung der Ventilinseltechnologie entfällt im Vergleich zum Einzelventilkonzept der Binärausgang der Remote I/O zur Ansteuerung der Einzelventile inklusive Verdrahtung, Verlegung etc. Die Ventilinseln wurden so in der Anlage platziert, dass die Anforderungen des Prozesses in Bezug auf Öffnungs- und Schließzeiten der Prozessventile erreicht werden.

Für die Berechnung werden weiterhin folgende Annahmen getroffen:

- Installationsaufwand/ Anschlusskosten der Einheit Einzelventile mit Remote I/O ist gleichgesetzt mit der Einheit Ventilinsel Typ CPX/MPA.
- Bei der Einzelventillösung wird ein mehrdrahtiges Kabel zur Ansteuerung von Magnetventil und Sensorbox verwendet. Bei der Ventilinsel dagegen reduziert sich lediglich die Anzahl der Adern des Kabels. Dieser Kostenunterschied ist vernachlässigbar. Eine mögliche Ansteuerung der Einzelventile mit zwei Kabeln ist nicht berücksichtigt.

Basis der Berechnung sind Listenpreise marktüblicher Produkte (Magnetventile, Ventilinseln, Schläuche, Leitungen etc.). Die Kosten beinhalten die Komponenten, die Installation der Leitungen abhängig von der Länge sowie die Anschlusskosten. Installations- und Anschlusskosten sind Daten, die der Betreiber zur Verfügung gestellt hat.

Durch eine sorgfältige Aufnahme vor Ort werden für alle Magnetventile die elektrischen und pneumatischen Leitungen, die genaue Lage ermittelt und in einen Layoutplan übertragen. Der Layoutplan dient der Ermittlung der Leitungslängen. Die Detailbetrachtung für das Erdgeschoss als Einzelventil- und Ventilinselkonzept enthält Abbildung 5 und 6. Analog wird für die übrigen Stockwerke verfahren. Die Berechnung wird für vier Bereiche durchgeführt:

- Indoor, Nicht-Ex
- Indoor, Ex-Zone 2
- Outdoor, Ex-Zone 2
- Outdoor, Ex-Zone 1.

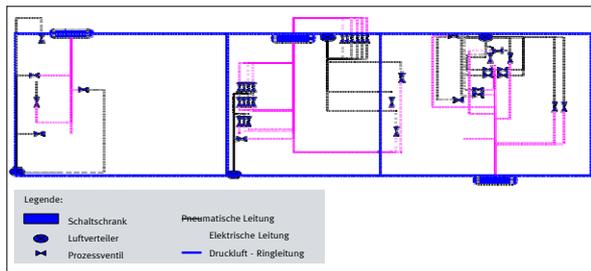


Abbildung 5: Detailbetrachtung Erdgeschoss – Einzelventile.

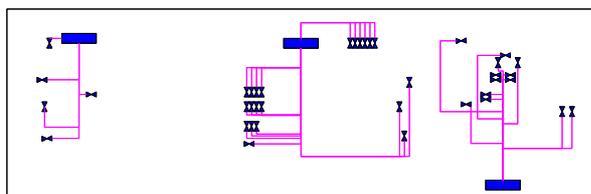


Abbildung 6: Detailbetrachtung Erdgeschoss – Ventilinselkonzept (die pneumatischen Leitungen sind nicht dargestellt).

Die Ergebnisse in Abbildung 7 zeigen für alle Bereiche einen signifikanten Kostenvorteil zugunsten der Ventilinsellösung. Er beträgt für die Produkt- und Installationskosten zwischen 14 und 42 %. Das Rechenmodell erlaubt die Übertragung auf andere Anlagengrößen zur Orientierung.

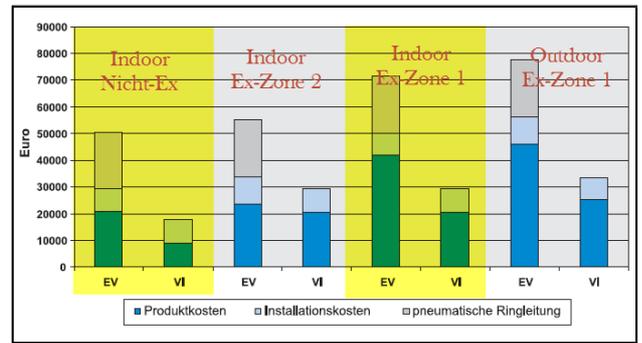


Abbildung 7: Ergebnisse des Kostenvergleichs Einzelventile (EV) – Ventilinselkonzept (VI).

Reduzierte Druckluftinfrastruktur bringt zusätzliche Einsparungen

Die Druckluftversorgung der Beispielanlage besteht aus einer Ringleitung mit Luftverteilern für jedes Stockwerk (siehe z. B. Abbildung 5, blau eingezeichnete Leitungen). Diese Installationsart ist typisch und häufig in Anlagen der Fein- und Spezialitätenchemie zu finden.

Kann auf die Ringleitungen mit Luftverteilern verzichtet werden, ergibt sich bei den Investitionskosten eine zusätzliche Einsparung in fünfstelliger Höhe zugunsten der Ventilinsellösung. In Abbildung 7 sind diese Kosten nicht berücksichtigt.

Kostenbetrachtung über den Life Cycle

In diesem Kostenvergleich sind nur die Kosten der Investition enthalten. Weitere Einsparungen, die durch die konsequente Anwendung der Ventilinseltechnologie im Rahmen des Life Cycles von Produktionsanlagen erzielbar sind, sind hier nicht berücksichtigt. Zum Beispiel können durch die Anwendung von Diagnoseverfahren störungsbedingte Betriebsstillstände vermieden werden, beziehungsweise durch dedizierte Angabe von Fehlerorten signifikant verkürzt werden.

Vorteile bei der Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme wird während der Planungsphase häufig außer Acht gelassen. Abbildung 8 zeigt eine typische Rohrleitungsinstallation der Filteranlage eines Wasserwerks. Bei einer Trockeninbetriebnahme mit Einzelventilen ist die Anlage komplett verdrahtet und verschlachtet.

Druckluft wird angelegt und die Magnetventile über die Handhilfsbetätigung geschaltet, um zu erkennen, ob die Einzelventile richtig angeschlossen sind. Bei der dargestellten Anlage sind viele Armaturen schwer zugänglich, häufig ist eine Leiter erforderlich. Das Prüfen der Belegliste vor Ort ist nicht möglich.



Abbildung 8: Rohr Keller in einer Wasseraufbereitungsanlage.

In Abbildung 9 ist die Situation ähnlich. Hier ist der Rohr Keller von zwei Faultürmen – die Schlammbehandlung einer kommunalen Kläranlage – abgebildet. Viele Rohrleitungen mit den zugehörigen Armaturen verlaufen unter der Decke.



Abbildung 9: Rohr Keller in einer Abwasserbehandlungsanlage.

Bei dieser Anwendung sind anstelle von Einzelventilen Schaltschränke mit Ventilinseln installiert (Abbildung 10). Die Schaltschränke sind für den Bediener gut zugänglich. Das bedeutet eine enorme Wegersparnis bei der Trockeninbetriebnahme. Außerdem ist ein systematisches Vorgehen während der Inbetriebnahme einfach zu realisieren. Die Stellung der Armaturen wird über Wegenschalter rückgemeldet. Die Signale sind zu den E/A- Modulen auf der linken Seite der Ventilinsel verdrahtet. Jedes Eingangs- und Ausgangssignal (z. B. auch am Magnetventil) wird direkt durch LEDs angezeigt. Ist zusätzlich der Feldbus aktiv, kann der Programmierer die Belegung der Signale entsprechend der Anlagenkennziffern (AKZ) direkt prüfen. Zusätzlicher Vorteil beim Einsatz von Ventilinseln: Funktionsblöcke oder Anlagenteile lassen sich zusammenfassen und auf der Ventilinsel abbilden. Das hilft, auch komplexe Anlagen modular und übersichtlich zu automatisieren. Der Betreiber gewinnt Transparenz.



Abbildung 10: Schaltschrank mit Ventilinsel.

Transparenz ist insbesondere wichtig, wenn ein Betreiber mehrere Anlagen zu bedienen hat oder in Anlagen mit mehreren tausend Armaturen wie etwa in der Pharmaindustrie.

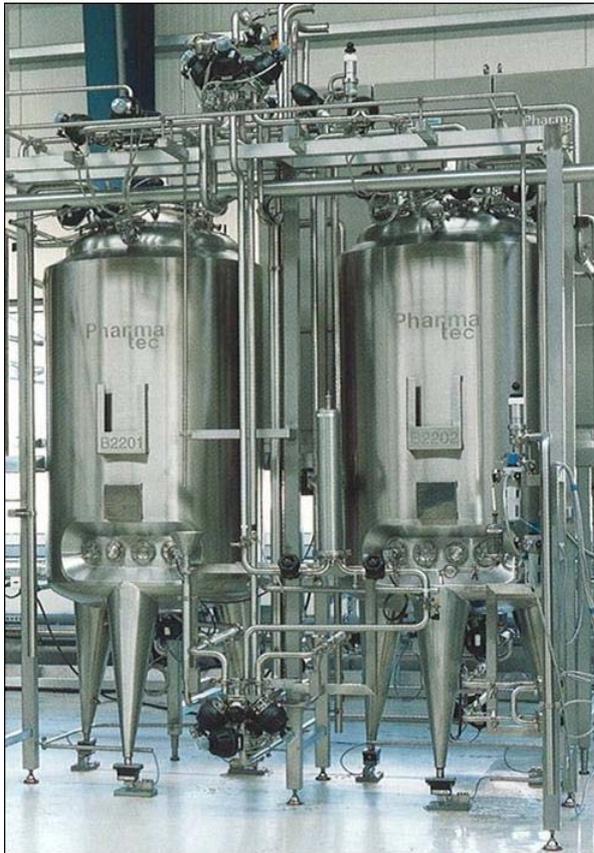


Abbildung 11: Ansatzsystem einer Pharmaanlage.

Das Ansatzsystem einer Pharma-Anlage ist in Abbildung 11 abgebildet. In solchen Anlagen sind oft über 10.000 Armaturen beziehungsweise medienberührte Ventile im Einsatz, zumeist mit einfach wirkenden pneumatischen Antrieben. Die Direktmontage von Magnetventilen ist vielfach nicht möglich. Eine wirtschaftliche Automatisierung mit Ventilinseln ist hier unumgänglich. Sind mehrere Firmen am Bau einer Anlage beteiligt – Normalität bei Anlagen dieser Komplexität – ist es sinnvoll, die Schaltschränke mit den Ventilinseln zu standardisieren, um Transparenz für den Betreiber zu erreichen und Kostenvorteile über den Life Cycle in Bezug auf Lagerhaltung, Wartungspersonalausbildung etc. zu realisieren.

Ventilinseln in PLT-Schutzeinrichtungen

Immer mehr bestehende und alle neuen prozesstechnischen Anlagen müssen einer Sicherheitsbetrachtung nach IEC 61511 unterzogen werden.



Ergibt sich aus der HAZOP-Analyse (Hazard and Operability) ein Sicherheitsrisiko für Personen, die sich in oder in der Nähe der Anlage aufhalten, bzw. die Umwelt, so muss dieses Risiko durch geeignete Maßnahmen auf ein akzeptables Maß reduziert werden.

Die Risikoreduzierung kann durch bauliche/konstruktive wie auch organisatorischen Maßnahmen erreicht werden. Häufig müssen aber auch Vorkehrungen in der Steuerung der Anlage getroffen werden.

Bestimmte Funktionen in der Anlage müssen je nach gefordertem SIL-Level so ausgelegt sein, dass ihre Ausfallwahrscheinlichkeit möglichst gering ist. Zu diesen Funktionen gehören z. B. Überfüllsicherungen, Druck- und Temperaturüberwachungen.

Abbildung 12 zeigt einen typischen SIL-Kreis bestehend aus Sensor, Barriere, Eingang, Sicherheitssteuerung, Ausgang, Barriere, ESD-Magnetventil (Emergency Shut Down) und Prozessventil.

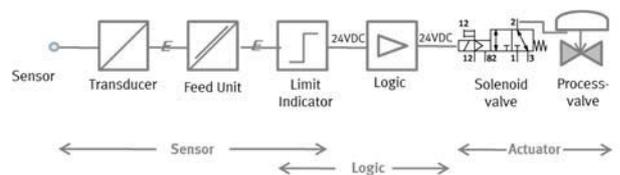


Abbildung 12: Typischer PLT-Schutzkreis nach SIL.

Aufgabe der ESD-Ventile ist es, die Arbeitskammer der Antriebe im Anforderungsfall sicher zu entlüften. Damit soll sichergestellt sein, dass der Antrieb mit Hilfe des Federpaketes in die definierte Sicherheitsstellung fährt. Die Sicherheitsstellung kann dabei offen oder geschlossen sein, je nach Anforderung des Prozesses.

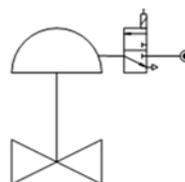


Abbildung 13 Auf-Zu-Armatur mit ESD-Ventil – Sicherheitsposition entlüftet

In PLT-Schutzkreisen bis SIL2 kann die Funktion des ESD-Ventils in eine Ventilinsel integriert werden, sofern eine SIL-Zertifizierung der Ventilinsel vorliegt.

Applikationsbeispiel: Anlage zur Produktion von Pflanzenschutzmitteln

Einer der weltweit führenden Hersteller von Pflanzenschutzmitteln hat dieses Konzept in seiner Produktionsanlage umgesetzt. Die Anlage dient zur Produktion von Pflanzenschutz-Wirkstoffen. Pro Jahr werden ca. 2.500 t hergestellt.

Die Anlage besteht aus diversen Reaktoren, die mit etwa 1.600 Ventilen automatisiert werden. Die Ventile sind auf ca. 100 Ventilinseln verteilt. Alle Steuerventile sind 3/2-Wegeventile und steuern einfachwirkende Antriebe verschiedenster Art. Die gesamte Anlage ist nach ATEX Zone 2 ausgelegt.



Abbildung 14: Ventilinselschrank in ATEX Zone 2 mit Ventilen für die PLT Schutzeinrichtung.

Die Kommunikation zum Leitsystem erfolgt über Profibus DP für alle nicht sicherheitsrelevanten Ventile. Alle Ventile, die Teil der PLT-Schutzeinrichtung sind, sind über Multipolkabel direkt an die I/Os der Sicherheitssteuerung angeschlossen.

Wie in Abbildung 14 ersichtlich, sind sowohl die über Profibus DP angebotenen Ventilinseln als auch die Ventilinseln, die an die Sicherheitssteuerung angeschlossen sind, in einem Schrank montiert.

Vorteile für den Kunden sind:

- Zentrale Installation aller Komponenten in einem Schrank
- Einfachere Wartung
- Zuverlässiger Betrieb

Festo AG & Co. KG
E-Mail: chemicals@festo.com
www.festo.com