

## 4. Regelung von Kompressoren

Das Ziel der Regelung ist die Minimierung von Energieverbrauch und Verschleiß und die Maximierung der Verfügbarkeit.

Es gibt verschiedene Regelgrößen, abhängig von Bauart, Größe und Einsatzbereich:

- der Verdichtungs-Enddruck (Netzdruck).
- der Saugdruck.
- der geförderte Volumenstrom.
- die aufgenommene elektrische Leistung des Verdichtermotors.
- die Luftfeuchtigkeit hinter dem Verdichter.

Die Regelung des Verdichter-Enddruckes hat gegenüber allen anderen Regelgrößen die größte Bedeutung.

### 4.1 Druckdefinitionen

#### **Netzdruck $p_N$ [ bar<sub>ü</sub> ]**

Der Netzdruck  $p_N$  ist der Druck am Kompressorausgang hinter dem Rückschlagventil. Dabei handelt es sich um den Druck im Leitungsnetz.

#### **Der Netzdruck-Sollwert $p_{Ns}$ [ bar<sub>ü</sub> ]**

Der Netzdruck-Sollwert  $p_{Ns}$  ist der Druck der im Leitungsnetz mindestens vorhanden sein muß.

#### **Systemdruck $p_s$ [ bar<sub>ü</sub> ]**

Der Systemdruck  $p_s$  ist der Druck im Innern eines Schraubenkompressors bis zum Mindestdruck-Rückschlagventil.

#### **Einschaltdruck $p_{min}$ [ bar<sub>ü</sub> ]**

Der Einschalt-Druck  $p_{min}$  ist der Druck, bei dessen Unterschreiten der Kompressor einschaltet.

Der Einschalt-Druck  $p_{min}$  sollte mindestens 0,5 bar über dem Sollwert des Netzdrucks  $p_N$  liegen.

#### **Ausschaltdruck $p_{max}$ [ bar<sub>ü</sub> ]**

Der Ausschalt-Druck  $p_{max}$  ist der Druck, bei dessen Überschreiten der Kompressor abschaltet.

Der Ausschalt-Druck  $p_{max}$  sollte bei Kolbenkompressoren ca. 20 % über dem Einschalt-Druck liegen ( z.B. Einschalt-Druck 8 bar, Ausschalt-Druck 10 bar ).

Bei Schraubenkompressoren sollte der Ausschalt-Druck  $p_{max}$  0,5 bis 1 bar über dem Einschalt-Druck liegen ( z.B. Einschalt-Druck 9 bar, Ausschalt-Druck 10 bar ).

## 4.2 Betriebszustände

Der Betriebszustand ist die aktuelle Situation in der sich ein Kompressor befindet. Die Betriebszustände sind die Grundlage für die Kompressorregelungen.

### 4.2.1 Stillstand ( $L_0$ )

Der Kompressor steht still, ist aber betriebsbereit. Bei Druckluftbedarf schaltet er automatisch in den Lastlauf.

### 4.2.2 Leerlauf ( $L_1$ )

Der Antrieb des Kompressor läuft, es wird keine Luft verdichtet. Der Kompressor spart die zur Verdichtung notwendige Energie teilweise ein. Bei Druckluftbedarf schaltet er ohne Verzögerung in den Lastlauf.

Der Leerlaufbetrieb reduziert die Motorschaltspiele und vermindert damit den Verschleiß.

Zur Verwirklichung der Leerlaufregelung werden verschiedene Techniken angewendet:

#### **Umlaufschaltung**

Die Saugleitung wird direkt mit der Druckleitung verbunden. Es treten hohe Druckverluste auf und der Einbau eines Rückschlagventils ist unbedingt erforderlich.

#### **Rückströmschaltung**

Die Saugventile des Kompressors werden während des Verdichtungsvorgangs nicht geschlossen. Die Luft komprimiert nicht, sie strömt zur Ansaugseite zurück.

Die Rückströmschaltung ist auch zur Anlauf-Entlastung geeignet, da schon der erste Arbeitshub voll entlastet ist.

#### **Saugleitungsverschluß**

Ein Ventil verschließt die Saugleitung des Kompressors. Der Ansaugvolumenstrom wird auf Null reduziert und es steht keine Luft für die Verdichtung zur Verfügung. Die Druckverluste sind nur gering.

#### **Druckleitungsverschluß**

Ein Ventil verschließt die Druckleitung des Kompressors. Das Ausschleiben der komprimierten Druckluft wird verhindert. Es kann kein Volumenstrom entstehen.

## 4.2.3 Teillast

Die Liefermenge des Verdichters wird dem jeweiligen Bedarf an Druckluft angepaßt. Der Energiebedarf geht bei verringerter Liefermenge zurück. Der Netzdruck  $p_N$  ist konstant.

Es gibt verschiedene Methoden den Volumenstrom zu variieren. Gegebenenfalls können diese auch miteinander kombiniert werden:

### **Drehzahl-Regelung**

Eine Veränderung der Motordrehzahl variiert die Liefermenge des Kompressors. Bei elektrisch angetriebenen Kompressoren wird die Drehzahl-Regelung meist mit Hilfe eines Frequenzumrichters realisiert.

Die Liefermenge wird wirtschaftlich stufenlos von 25-100% geregelt.

### **Zuschaltraum-Regelung** ( nur Kolbenkompressoren )

Durch Vergrößerung des schädlichen Raums kommt es zu einer stärkeren Rückexpansion der verdichteten Luft. Öffnet man mehrere Zuschalträume nacheinander, läßt sich die Liefermenge stufenförmig senken. Es gibt auch Varianten, bei denen ein Zuschaltraum stufenlos erweitert werden kann.

### **Rückström-Regelung** ( nur Kolbenkompressoren )

Die Liefermenge des Kompressors wird durch Öffnen der Saugventile während des Verdichtungshubes reduziert. Die Öffnungszeit der Saugventile bestimmt die Verminderung des verdichteten Volumenstromes.

Es ist eine Teillastregelung von ca. 25 - 100% der Liefermenge möglich. Bleibt das Saugventil während des gesamten Verdichtungshubes geöffnet, geht die Liefermenge auf Null zurück.

### **Saugdrossel-Regelung**

Eine verstellbare Drossel in der Ansaugleitung reduziert das Ansaugvolumen. Nimmt der Netzdruck ab, so öffnet sich das Drosselventil entsprechend und der Kompressor saugt mehr Luft an, die Liefermenge steigt. Sobald der Netzdruck stabil bleibt schließt das Drosselventil und der Kompressor arbeitet im Leerlauf.

Die Liefermenge variiert stufenlos von 0 - 100%. Dabei sinkt der elektrische Leistungsbedarf nicht unter 70%.

## 4.2.4 Lastlauf ( $L_2$ )

Der Kompressor liefert seine maximale Liefermenge. Er verbraucht dabei die maximale Energie.

# Regelung von Kompressoren

## 4.3 Regelung einzelner Kompressoren

Die Regelung von Kompressoren verfolgt zwei Ziele: Energieersparnis und Verschleißminimierung.

Um diese Ziele zu erreichen, werden die 4 Betriebszustände der Kompressoren in den verschiedenen Regelungsarten miteinander kombiniert. Welche Regelung zum Einsatz kommt, hängt von den Randbedingungen ab.

### 4.3.1 Aussetz-Regelung

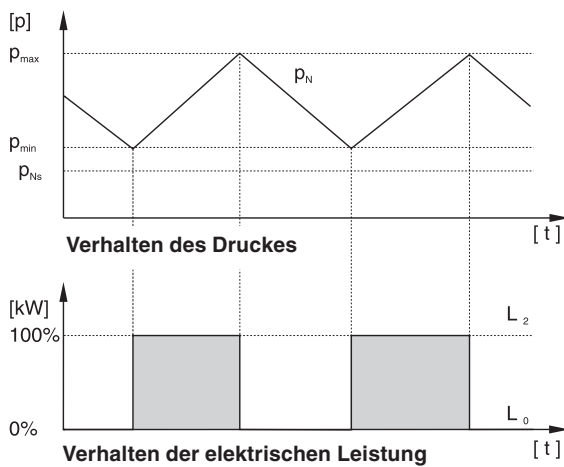


Bild 4.1 : Funktionsdiagramm der Ausschalt-Regelung

Bei der Aussetzregelung schaltet ein Druckschalter, ein Drucksensor oder ein Kontaktmanometer den Kompressor netzdruckabhängig.

Der Verdichter hat zwei Betriebszustände, **Lastlauf ( L<sub>2</sub> )** und **Stillstand ( L<sub>0</sub> )**.

Diese Regelung hat die günstigste Energiebilanz aller Regelungsarten. Sie empfiehlt sich, wenn ein großer Druckluftbehälter zur Verfügung steht. Ein großes Speichervolumen reduziert außerdem die Zahl der Motorschaltspiele.

- Der Netzdruck  $p_N$  steigt bis zum Ausschaltdruck  $p_{max}$ . Der Kompressor schaltet in den **Stillstand ( L<sub>0</sub> )**.
- Der Netzdruck  $p_N$  fällt auf den Einschaltdruck  $p_{min}$ . Der Kompressor schaltet in den **Lastlauf ( L<sub>2</sub> )**.

Die Aussetzregelung ist die typische Regelung von Kolbenkompressoren.

### 4.3.2 Leerlauf-Regelung

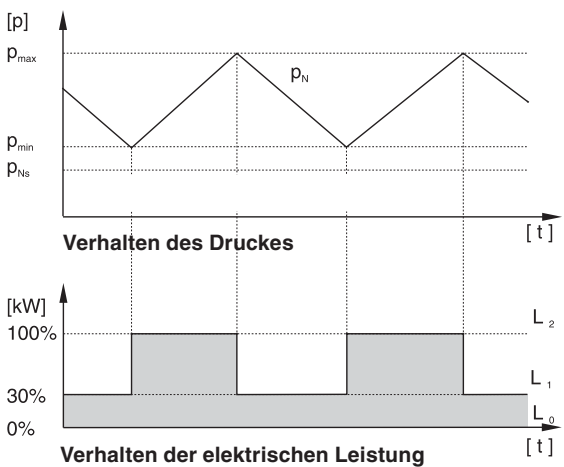


Bild 4.2 : Funktionsdiagramm der Leerlauf-Regelung

Ein Druckschalter oder ein Kontaktmanometer schaltet den Kompressor netzdruckabhängig in Last- oder Leerlauf.

Im **Leerlauf ( L<sub>1</sub> )** läuft der Antriebsmotor ununterbrochen weiter, ohne daß der Kompressor Druckluft fördert. Der elektrische Leistungsbedarf sinkt auf ca. 30% des Lastlaufbedarfs.

Der kontinuierliche Lauf des Antriebs minimiert die Motorschaltspiele, die besonders bei großen Motoren erhöhten Verschleiß verursachen.

Der Leerlaufbetrieb wird bei Druckluftnetzen mit relativ kleinem Speichervolumen eingesetzt um die zulässige Schalthäufigkeit des Antriebsmotors nicht zu überschreiten.

- Der Netzdruck  $p_N$  steigt bis zum Ausschaltdruck  $p_{max}$ . Der Kompressor schaltet in den **Leerlauf ( L<sub>1</sub> )**.
- Der Netzdruck  $p_N$  fällt auf Einschaltdruck  $p_{min}$ . Der Kompressor schaltet in den **Lastlauf ( L<sub>2</sub> )**.

## 4.3.3 Verzögerte Aussetz-Regelung

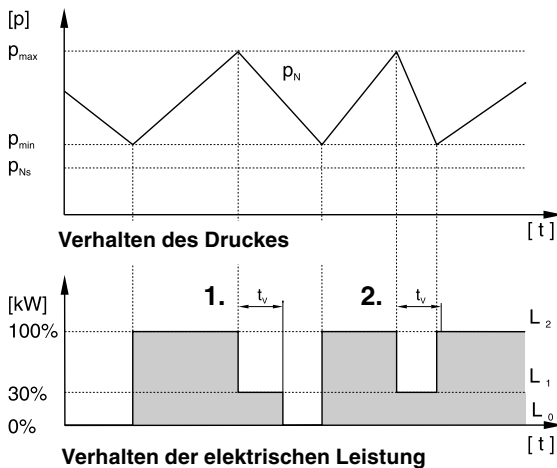


Bild 4.3  
Funktionsdiagramm der verzögerten  
Ausschalt-Regelung

Ein Druckschalter, ein Drucksensor oder ein Kontaktmanometer arbeitet mit einem Zeitelement zusammen und steuert den Kompressor netzdruckabhängig.

Der Kompressor durchläuft die Betriebszustände **Lastlauf** ( $L_2$ ), **Leerlauf** ( $L_1$ ) und **Stillstand** ( $L_0$ ). Die Betriebszustände werden über das Zeitelement  $t_v$  miteinander verknüpft.

Die verzögerte Aussetzregelung verbindet die Vorteile der Aussetzregelung und der Leerlaufregelung miteinander. Sie ist ein Mittelweg mit günstigerem Energieverbrauch als die Leerlaufregelung.

Die verzögerte Aussetz-Regelung arbeitet mit zwei Schaltvarianten :

### 1. Variante

- Der Netzdruck  $p_N$  steigt bis zum Ausschaltdruck  $p_{max}$ .  
Der Kompressor schaltet in den **Leerlauf** ( $L_1$ ).
- Der Netzdruck  $p_N$  hat den Einschaltdruck  $p_{min}$  nach Ablauf der Zeit  $t_v$  nicht erreicht.  
Der Kompressor schaltet in den **Stillstand** ( $L_0$ ).
- Der Netzdruck  $p_N$  fällt unter den Einschaltdruck  $p_{min}$ .  
Der Kompressor schaltet in den **Lastlauf** ( $L_2$ ).

### 2. Variante

- Der Netzdruck  $p_N$  steigt bis zum Ausschaltdruck  $p_{max}$ .  
Der Kompressor schaltet in den **Leerlauf** ( $L_1$ ).
- Der Netzdruck  $p_N$  erreicht den Einschaltdruck  $p_{min}$  vor Ablauf der Zeit  $t_v$ .  
Der Kompressor schaltet in den **Lastlauf** ( $L_2$ ).

Es gibt 2 Möglichkeiten der Aktivierung des Zeitelements  $t_v$  :

1. Beim Einschalten des Kompressors ( $p_{min}$ ) startet das Zeitelement  $t_v$  (Mindest-Motor-Laufzeit MML).  
Hier ergeben sich geringere Leerlaufzeiten und somit geringere Energiekosten als bei 2.
2. Beim Erreichen des Ausschaltendrucks ( $p_{max}$ ) startet das Zeitelement  $t_v$  (Feste Nachlaufzeit NLZ).

# Regelung von Kompressoren

## 4.3.4 Teillast-Regelung

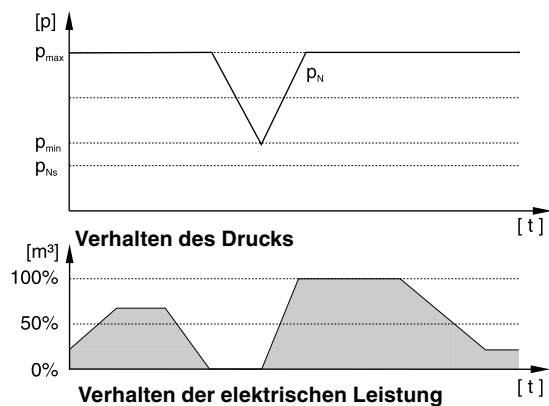


Bild 4.4 Funktionsdiagramm der Teillast-Regelung

Der Volumenstrom des Verdichters wird dem jeweiligen Bedarf an Druckluft angepaßt.

Der Netzdruck  $p_N$  ist auf Grund der variablen Leistungsregelung weitgehend konstant. Die Schwankungen von  $p_N$  sind, je nach Methode der Teillast-Regelung, unterschiedlich.

Die Teillast-Regelung wird bei Systemen mit kleinem Speichervolumen und/oder starken Verbrauchsschwankungen eingesetzt. Die Anzahl der Schaltspiele sinkt.

### 4.3.4.1 Stufenlose Leistungsregelung

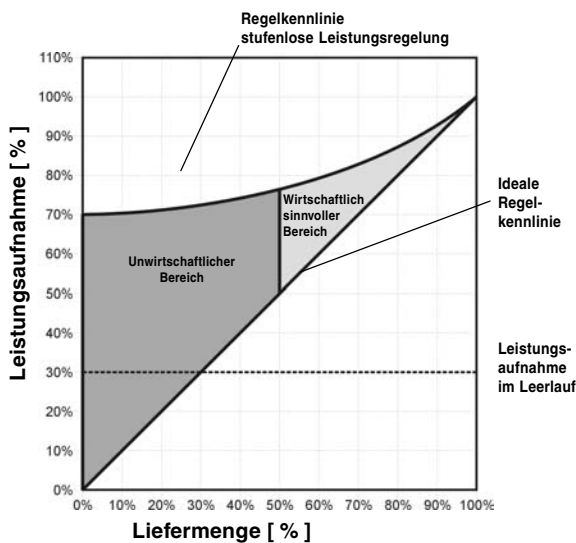


Bild 4.5a: Zusammenhang zwischen Liefermenge und Leistungsbedarf beim Einsatz der stufenlosen Leistungsregelung.

Unabhängig von der ARS-Steuerung bietet BOGE optional eine **stufenlose Leistungsregelung** für Schraubenkompressoren mit Öleinspritzkühlung an. Diese Regelung greift in die Vorgänge des Ansaugreglers ein und arbeitet nach dem Saugdrosselprinzip. Sie paßt die tatsächliche Liefermenge an den aktuellen Druckluftbedarf an.

Die **stufenlose Leistungsregelung** von BOGE ist werkseitig auf eine Fördermenge zwischen 50 und 100% der Liefermenge eingestellt. Sinkt die Liefermenge unter 50% arbeitet der Kompressor unwirtschaftlich. Je nach Schaltzyklus schaltet der Kompressor aus oder arbeitet im Leerlaufbetrieb weiter. Generell werden durch die Liefermengenanpassung Schaltvorgänge und Leerlaufverluste minimiert und dadurch zusätzlich Energie eingespart.

Durch die stufenlose Anpassung der Liefermenge an den tatsächlichen Verbrauch erhält man einen konstanten Netzdruck, da immer nur so viel gefördert wird, wie verbraucht wird. Der Netzdruck kann so auf den tatsächlich benötigten Druck reduziert und energieaufwendige Höhverdichtung vermieden werden. Diese Art der Liefermengenregulierung ist im Vergleich zur meist üblichen Frequenzregelung preiswerter in der Anschaffung und ideal einzusetzen in einem Spitzenlastkompressor, bei kleinem Druckluftbehälter und bei schwankendem Druckluftbedarf.

Im alltäglichen Betrieb lassen sich bei durch den Einsatz einer stufenlosen Leistungsregelung teilweise erhebliche Einsparpotentiale realisieren.

## 4.3.4.2 Frequenzregelung

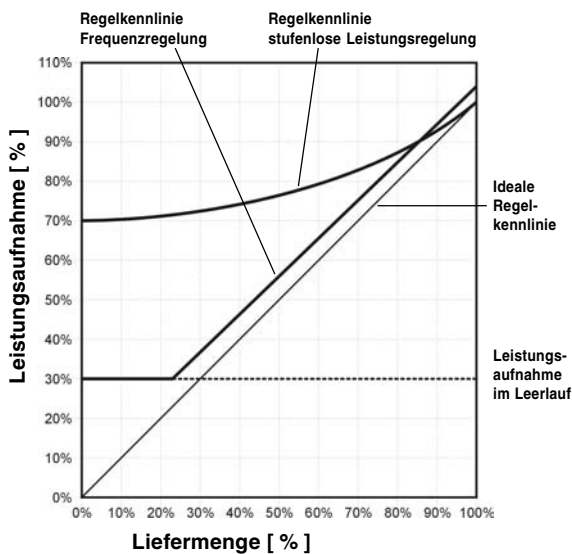


Bild 4.5b:  
Gegenüberstellung Zusammenhang Liefermenge und Leistungsbedarf bei stufenloser Leistungsregelung und Frequenzregelung

Die Frequenzregelung ermöglicht eine sehr breite Liefermengenregelung von 25% bis 100%. Die Anpassung an den Druckluftbedarf erfolgt durch stufenlose Drehzahländerung des Antriebsmotors, der durch einen Frequenzumrichter angesteuert wird. Gleichzeitig wird dadurch die Drehzahl der Verdichterstufe verändert.

Der Frequenzumrichter ermöglicht weiche Starts und Stopps des Antriebsmotors. Die Anlaufströme liegen ohne Stromspitzen beim Einschalten im Bereich der Nennströme. Gerade bei größeren Antriebsleistungen ist dies ein Vorteil in der Energiebereitstellung.

Sinkt die Liefermenge unter 25% arbeitet der Kompressor unwirtschaftlich. Je nach Schaltzyklus schaltet der Kompressor aus oder arbeitet im Leerlaufbetrieb weiter. Durch die variable Anpassung der Liefermenge werden Schaltvorgänge und Leerlaufbetrieb aber weitgehend vermieden, so daß der Schraubenkompressor tatsächlich in dem für ihn günstigsten Durchlaufbetrieb arbeiten kann.

Die Leistungsaufnahme eines frequenzgeregelten Kompressors ist, bedingt durch die Verluste des Frequenzumrichters, bei Volllast ca. 3 bis 5% höher als die eines unregulierten Kompressors. Demgegenüber hat die Frequenzregelung den Vorteil, daß bei einer Regelung der Liefermenge durch die Drehzahl des Motors, und damit der Drehzahl der Verdichterstufe, die Leistungsaufnahme gleichzeitig nahezu proportional abnimmt. Die Vorteile der Frequenzregelung liegen daher bei der Regelung in kleineren Liefermengenbereichen, wo die stufenlose Leistungsregelung über den Ansaugregler unwirtschaftlich arbeitet. Anhand des Vergleichs der beiden Regelkennlinien erkennt man, daß bei durchschnittlichen Liefermengen von 100% bis ca. 85% die stufenlose Leistungsregelung über den Ansaugregler Vorteile hat und darunter die Frequenzregelung weit wirtschaftlicher arbeitet. Daraus ergibt sich der ideale Einsatzbereich für die Frequenzregelung bei stark schwankendem Druckluftbedarf bis in kleine Liefermengenbereiche.

Durch den sehr breiten Regelbereich bei der Frequenzregelung ist es auch bei kleinem Druckluftbedarf möglich, die Liefermenge dem Luftbedarf anzupassen. Kompressorschaltspiele und Leerlaufzeiten werden so fast gänzlich vermieden.

Durch die Liefermengenanpassung kann der Netzdruck im Idealfall bis auf 0,1 bar konstant auf den benötigten Netzdruck gehalten werden. Die bei unregulierten Kompressoren durch die Differenz zwischen Ein- und Ausschaltdruck vorgegebene Überverdichtung wird vermieden, und pro bar Höherverdichtung ca. 6% bis 10% Energie eingespart.

Durch die sehr breite, kontinuierliche Volumenstromregelung ist die Frequenzregelung sehr gut geeignet für stark schwankende Druckluftverbräuche. Und zwar gleichermaßen als einzelner Kompressor wie auch als Spitzenlastkompressor in einem Kompressorenverbund.

Die Energieeinsparungen, die sich durch Nutzung einer Frequenzregelung ergeben können sind, je nach Ausgangssituation, immens. Einsparpotentiale ergeben sich durch Einsparung der Höhverdichtung, Minimierung der Leerlaufzeiten und Verluste durch Schaltspiele des Kompressors und Anpassung der Leistungsaufnahme an die tatsächlich benötigte und gelieferte Druckluftmenge.

In dem für die stufenlose Leistungsregelung am Ansaugregler angesprochene kleinere Liefermengenschwankung gelten diese Einsparpotentiale in ähnlicher Weise.



## 4.4 Das ARS-Steuerungskonzept

BOGE-Schraubenkompressoren und superschallgedämmte Kolbenkompressoren sind mit dem modernen **ARS**-Steuerungskonzept ( **A**utotronic, **R**atiotronic, **S**upertronic ) ausgestattet.

Die **ARS**-Steuerung unterscheidet sich in der Ausstattung und den Überwachungsfunktionen.

**ARS** ist ein integriertes Steuerungs- und Überwachungskonzept, das zwei Ziele anstrebt:

- Energieeinsparung und damit Reduzierung der laufenden Kosten.
- Verlängerung der Lebensdauer des Kompressors durch möglichst geringen Verschleiß.

Die ARS-Steuerung strebt bei Schraubenkompressoren über einen Microcontroller den kostengünstigen Aussetzbetrieb unter Berücksichtigung der max. zulässigen Motorschaltspiele an. Kolbenkompressoren arbeiten nur im wirtschaftlichen Aussetzbetrieb.

Alle programmierten Daten werden in einem Speicherbaustein ( EEPROM ) gespeichert, der elektrisch beschrieben und wieder gelöscht werden kann. Die gespeicherten Informationen sind dadurch auch nach einem Spannungsausfall wieder verfügbar.

### **Modularer Aufbau**

Die ARS-Steuerung setzt sich aus einzeln erhältlichen Standardkomponenten zusammen. Die einzelnen Bauteile können auch nachträglich leicht ergänzt werden. Die Steuerungen lassen sich auf diese Weise optimal den individuellen Ausstattungswünschen des Kunden anpassen. Die schnelle Austauschbarkeit der Steuerungen bei Ausfällen erhöht die Verfügbarkeit des Kompressors. Die zeit- und kostenaufwendige Fehlersuche durch Spezialisten entfällt.

# Regelung von Kompressoren

## 4.4.1 Autotronic



Bild 4.6 :  
Die BOGE Autotronic

Die **Autotronic** ist eine intelligente Steuerungs- und Überwachungseinheit für Schrauben- und Kolbenkompressoren. Sie bietet:

- Komfortables und übersichtliches LC-Display mit 7-Segment Anzeige und internationaler Symbolik, alle Daten werden direkt und präzise angezeigt.
- automatische Wahl der günstigsten Betriebsart.
- Betriebsstundenanzeige.
- programmierbare Steuerung.
- Schutz der wichtigen Programm-Parameter durch Codeabfrage.
- Drucksensortechnik statt Druckschalter.
- Permanente Ist-Verdichtungstemperatur- und Ist-Druckanzeige.
- Digitale Druck- und Temperaturanzeige.
- Automatischer Frostschutzbetrieb.
- Leerlaufregelung bei extremen Kurzzeitbetrieb.
- Anzeige von Stör- und Wartungsmeldungen, Überwachungsmöglichkeiten, Autorestart.
- Softwareupdate vor Ort möglich.
- RS 485 Schnittstelle

## 4.4.2 Ratiotronic



Bild 4.7 :  
Die BOGE Ratiotronic

Die **Ratiotronic** ist eine Erweiterung der Autotronic für Schrauben- oder Kolbenkompressoren. Sie bietet folgende zusätzliche Möglichkeiten:

- Anbindung an diverse Bus-Systeme.
- Fern Ein-Aus (z.B. durch Leitwarte).
- Überwachung einer Druckluft-Aufbereitungskomponente.
- Zusätzlicher Systemdrucksensor.
- Ringspeicher der 30 letzten Fehler.
- Potentialfreie Kontakte für Stör- und Wartungsmeldungen und Betriebszustand.

## 4.4.3 Supertronic

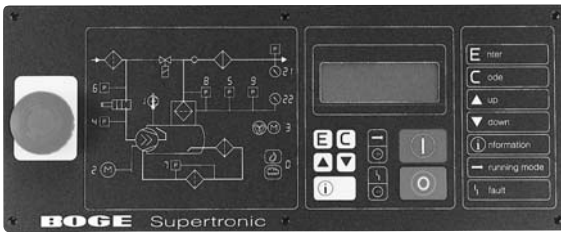


Bild 4.8 :  
Die BOGE Supertronic für Schraubenkompressoren

Die **Supertronic** ist eine komplexe Bedien- und Überwachungseinheit für Schraubenkompressoren. Im Vergleich zu den anderen Steuerungen hat sie umfangreiche zusätzliche Funktionen :

- Übersichtliche LCD-Anzeige mit 4 x 20 Zeichen mit Klartextausgabe.
- Einstellung des Netzdruckes über Tastatur.
- Umfangreiche Anzeige und Überwachung der wichtigen Betriebsdaten.
- Umfassende Überwachung des Kompressors Anzeige der Störungs- und Warnmeldungen in der LCD - Anzeige.
- Integrierte, elektronische Echtzeituhr für Ein- / Ausschaltung. Die Bedienung erfolgt über Tastatur.
- Einstellbarkeit aller Betriebsparameter über die Tastatur.
- Zugriffsmöglichkeit auf alle Funktionen mit wenigen zusätzlichen Tasten.

## 4.5 Regelung von mehreren Kompressoren

Für Druckluftanwender mit hohem, stark schwankendem Verbrauch ist es ungünstig, einen einzelnen Großkompressor zu installieren. In diesen Fällen ist ein Kompressorverbundsystem, das aus mehreren Kompressoren besteht, die Alternative. Dafür spricht eine größere Betriebssicherheit und die höhere Wirtschaftlichkeit.

Betriebe, die stark von Druckluft abhängig sind, können durch ein Kompressorverbundsystem ihre Versorgung zu jeder Zeit sicherstellen. Fällt ein Kompressor aus, oder sind Wartungsarbeiten nötig, übernehmen die anderen Kompressoren die Versorgung.

Mehrere unterschiedlich große Kompressoren können leichter dem Druckluftverbrauch angepasst werden als ein großer Kompressor. Darüber hinaus sind die Leerlaufkosten eines großen Kompressors höher als die des kleinen Bereitschaftskompressors eines Verbundsystems. Aus diesen Tatsachen ergibt sich die höhere Wirtschaftlichkeit.

Ein Kompressorverbundsystem wird mit Hilfe einer übergeordneten Regelung wirtschaftlich und verschleißarm gesteuert.

### 4.5.1 MCS 1 und MCS 2

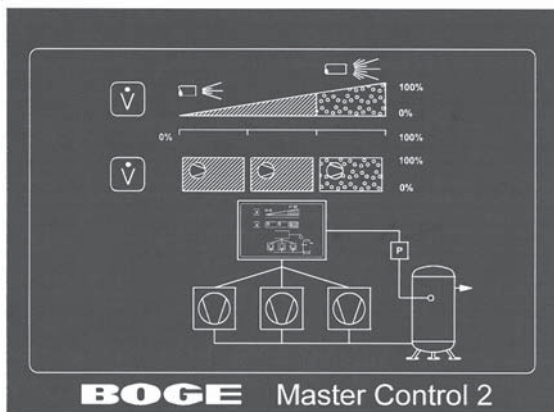


Bild 4.9 : Das BOGE Master Control System 2

**MCS 1** steuert 2 Kompressoren gleicher Größe als Grundlast und Spitzenlast. Die Kompressoren werden zyklisch getauscht und über eigene Druckschalter ein- und ausgeschaltet. Die Steuerung bietet:

- Zyklisches Vertauschen über eine Schaltuhr.
- Zeitversetztes Zu- bzw. Abschalten der Kompressoren bei Anforderung der Steuerung durch eine Druckstaffelung.
- Gleichmäßige Auslastung der Kompressoren.
- Konstanten Druck im Druckbandbereich.
- Minimale Schaltdifferenz  $\Delta p = 0,8$  bar

**MCS 2** steuert bis zu 3 Kompressoren gleicher Größe als Grundlast, Mittellast und Spitzenlast. Die Kompressoren werden zyklisch getauscht und über eigene Druckschalter ein- und ausgeschaltet. Die Erweiterung auf 3 Kompressoren ist neben der größeren Schaltdifferenz der einzige Unterschied zur MCS 1. Ansonsten bietet sie dieselbe Ausstattung.

- Minimale Schaltdifferenz  $\Delta p = 1,1$  bar

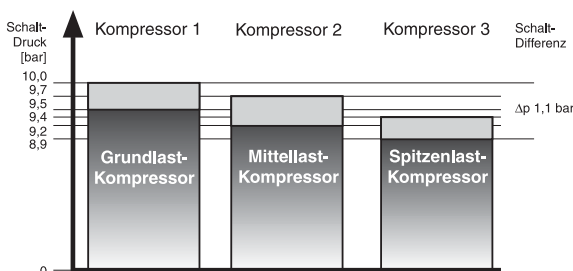


Bild 4.10 : Das Schaltdiagramm der BOGE MCS 2

## 4.5.2 MCS 3



Bild 4.11 :  
Das BOGE Master Control System 3

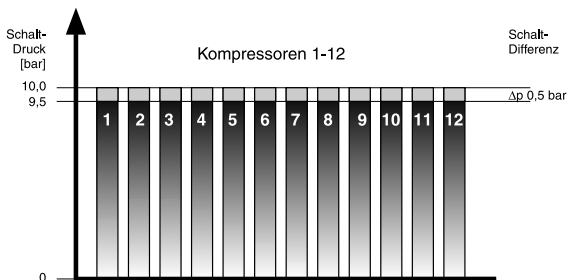


Bild 4.12 :  
Das Schaltdiagramm der BOGE MCS 3

**MCS 3** steuert maximal 4, 8, oder 12 Kompressoren gleicher und/oder unterschiedlicher Größe und Bauart in einem Kompressorverbundsystem. Alle Kompressoren werden dabei über einen gemeinsamen Drucksensor am Druckluftbehälter geregelt.

Die **MCS 3** hat mit 0,5 bar eine sehr kleine Schaltdifferenz. Den einzelnen Kompressoren sind keine festen Ein- und Ausschaltdrücke zugewiesen. Alle Kompressoren arbeiten im gleichen Druckbandbereich ( $\Delta p = 0,5 \text{ bar}$ ). Die Kompressoren schalten dynamisch-bedarfsabhängig über eingestellte Zwischendruckwerte zu- und ab. Es wird die Druckabfall- bzw. Druckanstiegsgeschwindigkeit gemessen. Die Kompressoren schalten entsprechend dynamisch zu- bzw. ab.

Die Steuerung bietet:

- Dynamische Druckregelung durch Microcontroller in Verbindung mit dem elektronischen Druckregler für eine minimale Schaltdifferenz von 0,5 bar.  
( keine Überverdichtung → Energieersparnis )
- Zeitabhängige Einteilung der Kompressoren in Rangstufen für Schichtbetrieb mit unterschiedlichem Druckluftbedarf.
- Individuelle Zuordnung der einzelnen Kompressoren in die Lastbereichsgruppen mit gleichmäßiger Auslastung der Kompressoren.
- Einstellbarer Grundlast-Wechselzyklus.
- Unabhängige Rotation der Kompressoren in den Lastbereichsgruppen.
- Zeitversetztes Zu- bzw. Abschalten der Kompressoren bei Anforderung durch die Steuerung.
- Übersichtliche LCD-Anzeige mit 4 x 20 Zeichen und Klartextausgabe.
- Überprüfungsmöglichkeit aller Ein- / Ausgänge über ein Testmenü.
- Automatische Umschaltung auf die Druckschalter bzw. -sensoren der Einzelkompressoren bei Spannungsausfall.
- Die einzelnen Kompressoren arbeiten ohne die **MCS 3** selbstständig. Sie werden dann von ihren eigenen Druckschaltern gesteuert.

# Regelung von Kompressoren

## 4.5.3 MCS 4



Bild 4.13 :  
Das BOGE Master Control System 4

**MCS 4** steuert maximal 4 oder 8 Kompressoren gleicher und/oder unterschiedlicher Größe und Bauart in einem Kompressorverbundsystem. Alle Kompressoren werden dabei über einen gemeinsamen Drucksensor am Druckbehälter geregelt.

Die Grundlast deckt bei dieser Steuerung üblicherweise der größte Kompressor oder die größte Kompressorkombination. Der kleinste Kompressor bestreitet die Spitzenlast. Kompressoren gleicher Größe wechseln in der Grundlast.

Aus den programmierten Kompressorleistungen und den Informationen des Drucksensors errechnet die **MCS 4** ständig den Druckluftverbrauch. Sie wählt den Kompressor aus, der dem Bedarf am nächsten liegt.

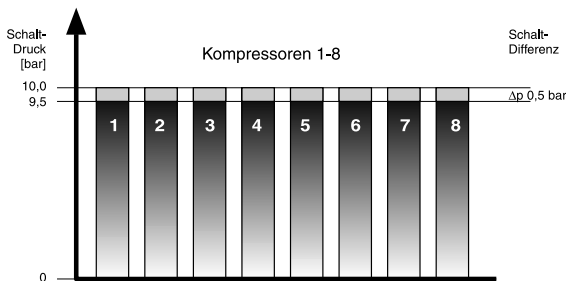


Bild 4.14 :  
Das Schaltdiagramm der BOGE MCS 4

Die Steuerung bietet :

- Bedarfsorientierten Einsatz der verschiedenen Kompressoren und Kompressorkombinationen.
- Optimale Ausnutzung der Vorteile der Schrauben- und Kolbenkompressoren.
- Minimale Schaltdifferenz von 0,5 bar. ( keine Überverdichtung → Energieersparnis )
- Drei unterschiedliche Druckprofile pro Tag durch ein Schaltuhrprogramm zur Anpassung der Steuerung an unterschiedlichen Druckluftbedarf.
- Zeitversetztes Zu- bzw. Abschalten der Kompressoren bei Anforderung durch die Steuerung.
- Übersichtliche LCD-Anzeige mit 2 x 20 Zeichen und Klartextausgabe.
- Überprüfungsmöglichkeit aller Ein- / Ausgänge über ein Testmenü.
- Automatische Umschaltung auf die Druckschalter bzw. -sensoren der Einzelkompressoren bei Spannungsausfall.
- Die einzelnen Kompressoren arbeiten ohne die **MCS 4** selbstständig. Sie werden dann von ihren eigenen Druckschaltern / Drucksensoren gesteuert.
- Mehrere potentialfreie Kontakte für die Ansteuerung von Zusatzkomponenten.

## 4.5.4 MCS 5

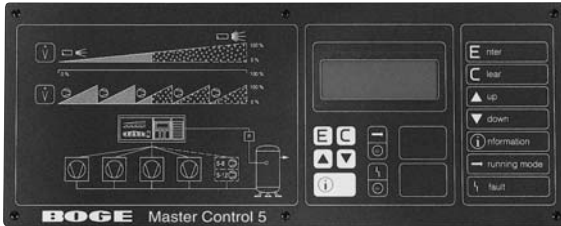


Bild 4.15 :  
Das BOGE Master Control System 5

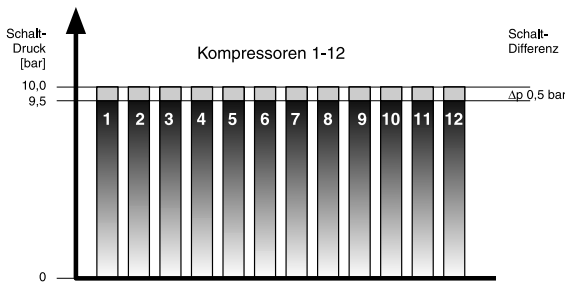


Bild 4.16 :  
Das Schaltdiagramm der BOGE MCS 5

**MCS 5** steuert maximal 4, 8, oder 12 Kompressoren mit stufenloser Leistungsregelung gleicher und/oder unterschiedlicher Größe und Bauart in einem Kompressorverbundsystem. Alle Kompressoren werden dabei über einen gemeinsamen Drucksensor am Druckluftbehälter geregelt. Der Spitzenlastkompressor regelt entsprechend dem Druckluftbedarf über seine stufenlose Leistungsregelung.

Bei sinkendem Druckluftbedarf schaltet dieser Kompressor aus und der Mittellastkompressor übernimmt nun die Regelung über seine stufenlose Leistungsregelung je nach Rangstufe.

Bis auf die Nutzung der stufenlosen Leistungsregelung ähneln sich die **MCS 3** und die **MCS 5**.

Die Steuerung bietet :

- Anpassung der Liefermenge an den Druckluftbedarf durch Stufenlose Leistungsregelung des Spitzenlastkompressors.
- Minimale Druckschwankungen im Druckluftnetz.
- Dynamische Druckregelung durch Microcontroller in Verbindung mit dem elektronischen Druckregler für eine minimale Schaltdifferenz von 0,5 bar. ( keine Überverdichtung → Energieersparnis )
- Zeitabhängige Einteilung der Kompressoren in Rangstufen für Schichtbetrieb mit unterschiedlichem Druckluftbedarf.
- Individuelle Zuordnung der einzelnen Kompressoren in die Lastbereichsgruppen mit gleichmäßiger Auslastung der Kompressoren.
- Einstellbarer Grundlast-Wechselzyklus.
- Unabhängige Rotation der Kompressoren in den Lastbereichsgruppen.
- Zeitversetztes Zu- bzw. Abschalten der Kompressoren bei Anforderung durch die Steuerung.
- Übersichtliche LCD-Anzeige mit 4 x 20 Zeichen und Klartextausgabe.
- Überprüfungsmöglichkeit aller Ein- / Ausgänge über ein Testmenü.
- Automatische Umschaltung auf die Druckschalter / Drucksensoren der Einzelkompressoren bei Spannungsausfall.
- Die einzelnen Kompressoren arbeiten ohne die **MCS 5** selbstständig. Sie werden dann von ihren eigenen Druckschaltern bzw. Drucksensoren gesteuert.

# Regelung von Kompressoren

## 4.5.5 MCS 6

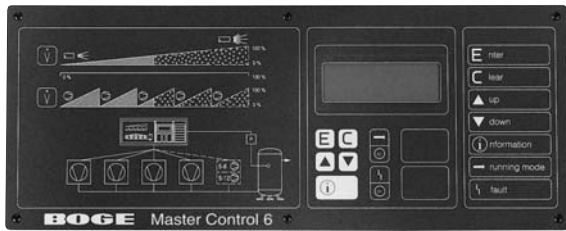


Bild 4.17 :  
Das BOGE Master Control System 6

**MCS 6** steuert maximal 4, 8 oder 12 Kompressoren mit Drehzahl-Frequenzregelung gleicher und/oder unterschiedlicher Größe und Bauart in einem Kompressorverbundsystem. Alle Kompressoren werden dabei über einen gemeinsamen Drucksensor am Druckluftbehälter geregelt. Der Spitzenlastkompressor regelt entsprechend dem Druckluftbedarf über seine Drehzahl-Frequenzregelung.

Bei sinkendem Druckluftbedarf schaltet dieser Kompressor aus und der Mittellastkompressor übernimmt nun die Regelung über seine Drehzahl-Frequenzregelung.

Bis auf die Nutzung der Drehzahl-Frequenzregelung ähneln sich die **MCS 3** und die **MCS 6** Steuerungen.

Die Steuerung bietet :

- Anpassung der Liefermenge an den Druckluftbedarf durch Drehzahl-Frequenzregelung des Spitzenlastkompressors.
- Minimale Druckschwankungen im Druckluftnetz.
- Dynamische Druckregelung durch Microcontroller in Verbindung mit dem elektronischen Druckregler für eine minimale Schaltdifferenz von 0,5 bar.  
( keine Überverdichtung → Energieersparnis )
- Zeitabhängige Einteilung der Kompressoren in Rangstufen für Schichtbetrieb mit unterschiedlichem Druckluftbedarf.
- Individuelle Zuordnung der einzelnen Kompressoren in die Lastbereichsgruppen mit gleichmäßiger Auslastung der Kompressoren.
- Einstellbarer Grundlast-Wechselzyklus.
- Unabhängige Rotation der Kompressoren in den Lastbereichsgruppen.
- Zeitversetztes Zu- bzw. Abschalten der Kompressoren bei Anforderung durch die Steuerung.
- Übersichtliche LCD-Anzeige mit 4 x 20 Zeichen und Klartextausgabe.
- Überprüfungsmöglichkeit aller Ein- / Ausgänge über ein Testmenü.
- Automatische Umschaltung auf die Druckschalter bzw. -sensoren der Einzelkompressoren bei Spannungsausfall.
- Die einzelnen Kompressoren arbeiten ohne die **MCS 6** selbstständig. Sie werden dann von ihren eigenen Druckschaltern / Drucksensoren gesteuert.

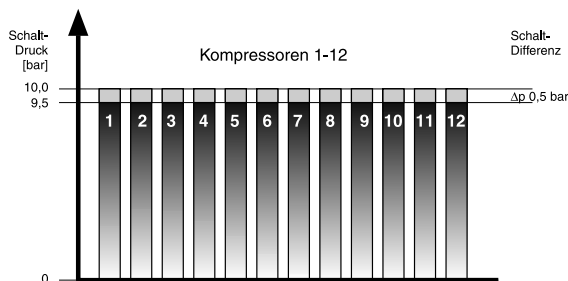


Bild 4.18 :  
Das Schaltdiagramm der BOGE MCS 6



## 4.5.6 MCS 7

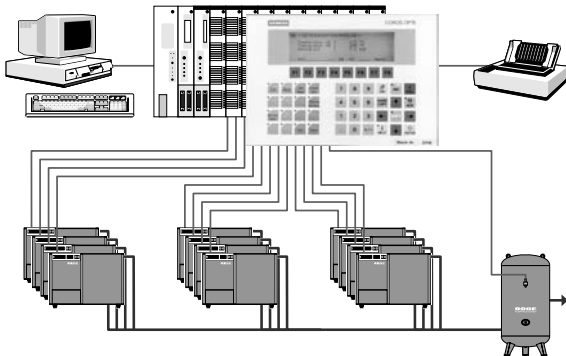


Bild 4.19 :  
Das BOGE Master Control System 7

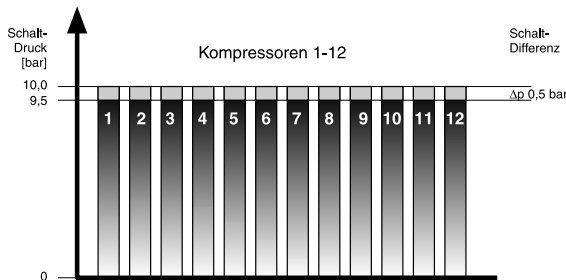


Bild 4.20 :  
Das Schaltdiagramm der BOGE MCS 7

**MCS 7** steuert, regelt und überwacht eine komplette Druckluftstation mit der Siemens-Steuerung **S 5 (S7)** und dem Bedienerterminal **OP 15**.

Zur Grundausstattung gehören :

- 8 Kompressoren.
- 2 Kälte-Drucklufttrockner.
- 2 Adsorptionstrockner.
- 10 Bekomaten.
- 2 potentialfreie Schaltkanäle für die Ansteuerung von Zusatzgeräten.

Die **MCS 7** ist in drei Ausführungsvarianten lieferbar :

### Ausführung 1

Die Ausführung 1 bietet ein erweitertes Software-Programm der **MCS 3**. Sie realisiert eine druckabhängige Regelung bis 8 oder 12 Kompressoren gleicher und / oder unterschiedlicher Größe durch Rangstufen und Schaltuhrprogramme.

### Ausführung 2

Die Ausführung 2 bietet ein erweitertes Software-Programm der **MCS 5**. Sie realisiert eine druckabhängige Regelung bis 8 oder 12 Kompressoren gleicher und / oder unterschiedlicher Größe mit stufenloser Leistungsregelung.

### Ausführung 3

Die Ausführung 3 bietet ein erweitertes Software-Programm der **MCS 6**. Sie realisiert eine druckabhängige Regelung bis 8 oder 12 Kompressoren gleicher und / oder unterschiedlicher Größe mit Drehzahl-Frequenzregelung.

Die Steuerung bietet zusätzlich zu den Funktionen der jeweiligen Basissoftware :

- Betriebszustandserfassung für die Kompressoren und die weiteren Komponenten der Kompressorstation.
- Speicherung der Betriebs-, Warnungs- und Störmeldungen. Die Wartung und die Reparatur der Kompressoranlage wird erheblich vereinfacht.
- Steuerung und Überwachung von Komponenten der Druckluftaufbereitung und des Druckluftnetzes.
- BUS-Kopplung über Profibus ( Option )  
Dadurch wird eine Anbindung an eine zentrale Leittechnik ermöglicht.
- Anlagensvisualisierung in übergeordnete Leittechnik ( Option )  
Es können umfangreiche Informationen über die gesamte Druckluftversorgung abgerufen werden.