



# Gesamtsystemoptimierung

## Stationen der Optimierungsbetrachtung:

1. **Bestandsaufnahme: Beurteilung des Ist-Zustands**
2. **Engineering – Konzeption**
3. **Gesamtsystembetrachtung**
4. **Schnittstellenreduzierung**
5. **Wirtschaftlichkeit der Druckluftherzeugung**
6. **Systemnachführung – Systemoptimierung**
7. **Outsourcing der Druckluftversorgung**
8. **Organisatorische Änderungen.**

Die Optimierung von Komplettsystemen ist im Zeitalter der Rationalisierung in Industrieanlagen auch in der Drucklufttechnik ein sehr wichtiges Werkzeug zur Effizienzsteigerung.

Erscheint es zu Beginn einer Betrachtung meist, als wäre in den vergangenen Jahrzehnten die Planung und Projektierung der entsprechenden Druckluftanlage und eventueller Erweiterungen zu kurz gekommen, so erweist sich die Problematik bei näherer Betrachtung doch als vielschichtiger. So fiel beispielsweise in der Vergangenheit die Druckluftanlage oftmals in die Zuständigkeit von gänzlich „technikfernen“ Abteilungen und wurde dort so „nebenbei“ mit-

betreut. Dieser „Wildwuchs“ wurde noch durch den Vorteil der Druckluft „Ihrer Unfallsicherheit“ gefördert bzw. verstärkt. Dass die Druckluft eine der teuersten Energien ist, wurde dabei oftmals aus den Augen verloren.

Durch die Betrachtung des Gesamtsystems mit seinen vielfältigen Stellschrauben sind, teilweise mit geringem Aufwand, ganz beachtliche Einsparungen zu erzielen. Hierbei gibt es aber einige Dinge zu beachten, wobei hier die Lieferung von Denkanstößen und Hilfestellungen für die Praxis im Vordergrund steht.

Im Folgenden werden einige Möglichkeiten der Anlagenoptimierung im Rahmen einer Gesamtsystembetrachtung dargestellt.

## **Bestandsaufnahme: Beurteilung des Ist-Zustands**

### **Das Druckluftsystem besteht aus den Bereichen:**

- **Erzeugung**
- **Aufbereitung**
- **Verteilung**
- **und zugehörige Verbraucher.**

Zur Beurteilung des Anlagenzustandes sollte durch die Aufnahme des Anlagen-, Raum- und Rohrschemas ein erster Überblick über den Ist-Zustand der

Anlage gewonnen werden. Mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Messtechnik (Abb. 1), können die relevanten Parameter wie Volumenstrom, Fliessdruck, Druckluftqualität (Temperatur, Feuchte, Druck) aufgenommen werden. Zusätzlich können alternativ Werte für die Stromaufnahme der Verdichter (Last-/Leerlaufmessungen), mit anschliessender Darstellung von Lastprofilen oder der Messung von Leckagemengen vorgenommen werden (siehe dazu das Infoblatt Messtechnik).



Abb. 1: Messtechnik

Gerade auf die vorherrschenden Druckverhältnisse muss dabei ein starkes Augenmerk gelegt werden. Oftmals ist der wichtigste Abnehmer am letzten Ende des Netzes (eventuell sogar über eine Stichleitung versorgt) angeordnet und damit bestimmend für den Erzeugungsdruck der Station. Teilweise wird auch eine „historisch entwickelte Druckhöhe“ gefahren, die im Wesentlichen aus Netz- und Anlagenerweiterungen entstanden ist, die bei näherer Betrachtung und zum Teil durch geringe Änderungen im Netz, z. B. durch Ringschlüsse reduziert werden können.

Aus den zuvor genannten Einzelmessungen können wertvolle Informationen zum Anlagenzustand (z. B. Zu- und Abluftprobleme, Überlastung von Aufbereitungseinheiten, Kühlung usw.) gewonnen werden. Zu überprüfen sind in diesem Zuge auch die Vorgaben für die benötigte Druckluftqualität. Alle Forderungen, die vom üblichen Standard (ölgeschmierte Luft mit Kältetrockner aufbereitet, mit einfachem Filter mit 1 µm Partikelgrösse und 1 mg/m<sup>3</sup> Restölgehalt, Drucktaupunkt +3 °C) abweichen, erfordern zusätzliche Investitionen und Betriebskosten durch dann notwendige Aufbereitungsmassnahmen (siehe Infoblatt Aufbereitung).

Sobald die Anforderungen an die Menge, Druckluftqualität und erforderlicher Verfügbarkeit und der damit verbundenen Redundanz geklärt sind, kann der Anlagenbestand daraufhin geprüft werden, was für den weiteren Betrieb der Anlage hinsichtlich Zustand, Altersstruktur, Energieeffizienz usw. noch weitergenutzt werden kann.

Für die Beurteilung des nachgeschalteten Druckluftnetzes ist es sinnvoll, im Rahmen einer Leckagebetrachtung die auftretenden Netzverluste, die im Normalfall zwischen 15 und 40 % (Erfahrungswerte) liegen werden, zu beziffern.

Die Erfassung der Leckagen kann entweder über die Nachspeisung des Netzes bei Betriebsstillstand oder, sofern dies nicht möglich ist, während des Betriebes aus den gemessenen Druckkurven errechnet werden. Hierzu ist ein mathematisches Auswerteverfahren verfügbar. Zur Abschätzung des Leckagepotenzials ist bei laufendem Betrieb ebenfalls die Leckagedetektion mittels Ultraschalltechnologie hilfreich.

Ein weiterer Aspekt stellt die übergeordnete Steuerung von mehreren Verdichtern in einer Station und damit in einem Netz dar. Hier sind insbesondere in den letzten Jahren mit der integrierten Prozessortechnik sehr grosse Innovationen am Markt verfügbar, so dass eine separate Betrachtung der Steuerung und Leittechnik auf jeden Fall Sinn macht.

Nach aktuellen Untersuchungen werden Leerlaufzeiten, beispielsweise bei unregelmässigen Schraubenverdichtern von bis zu 30 % und elektrischer Leistungsbedarf im Leerlauf von ebenfalls 30 % der Antriebsleistung als Ansatzpunkte für eine mögliche Optimierung in Verbindung mit dem Einsatz modernster Steuerungs- und Regelkonzepte angeführt (siehe Infoblatt Steuerung).

Die Bestandsaufnahme sollte durch einen detaillierten Bericht, über sämtliche durchgeführte Arbeiten und Vorgänge mit entsprechender Bebilderung und Darstellung von Messkurven, P&IDs (evtl. durchgeführter Potenzialanalysen), sowie der Erarbeitung von Optimierungsvorschlägen abgeschlossen werden.

### **Engineering – Konzeption**

Bei der Umsetzung der aus der Bestandsaufnahme erlangten Kenntnisse muss ein ganz besonderes Augenmerk auf die Gesamtkonzeption, (gewissermassen ein Blick über den Tellerrand hinaus) gelegt werden:

Die Rahmenparameter, wie z. B. die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften und eines evtl. vorhandenen Entsorgungskonzepts (z. B. für Kondensat) müssen zwingend eingehalten werden.

Das Energiekonzept ist nicht als abgeschlossene Einheit zu betrachten, sondern muss in Verbindung mit einer evtl. möglichen Wärmerückgewinnung und Synergieeffekten anderer benötigter Energien, wie z. B. Stickstoffbedarf betrachtet werden. Ferner kommt es bei Erweiterungen, Erneuerungen und Neuerrichtungen darauf an, dass schon bei der Auswahl der einzelnen zum Einsatz kommenden Komponenten einschliesslich Redundanzen, richtig, im Sinne des Gesamtkonzeptes, ausgewählt wird.

Anhand moderner integrierter Leittechnik (Stichworte Tele-Service, Fernüberwachung und Fernsteuerung) kann die Verfügbarkeit der Anlage deutlich erhöht werden. Dabei ist i. d. R. die grösste Verdichtereinheit abzusichern bzw. für diese die entsprechende Anlagenredundanz bereitzustellen. Eine entsprechende Ausfallsicherheit kann durch geschickte Verschaltung des Verteilnetzes (Vermaschung) erzielt werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Gesamtkonzeption des Wartungs- und Servicekonzeptes, die ganz wesentlich die anfallenden Folgeaufwendungen mitbestimmt.

### **Gesamtsystembetrachtung**

Bei der Betrachtung beispielsweise der betrieblichen Messtechnik muss ein sehr starkes Augenmerk auf den sinnvollen Einsatz der Technik gelegt werden. Es ist festzulegen, welche permanenten Messungen von z. B. Energieaufnahme, Leckageüberwachung, Druckverluste, spez. Gesamtleistung zur Systemüberwachung neben den „normalen“ Betriebsmessungen wie Volumenstrom, Druck und Drucktaupunkt vorgenommen werden sollen. Dabei ist entsprechend der Massnahmen sinnvollerweise eine Kosten-Nutzen-Analyse aufzustellen.

Hinsichtlich einer möglichen Steuerung gilt es zu prüfen, ob eine automatische Regelung bzw. eine stufenlose Regelung installiert werden sollte (siehe Infoblatt Steuerung).

*Anmerkung:* Gemäss der EU-Studie „Compressed Air Systems in the European Union“ ist durch den Einsatz von effizienten und übergeordneten Steuerungen ein Energieeinsparpotenzial von ca. 20 % realisierbar.

### **Schnittstellenreduzierung**

Ein weiterer wichtiger Punkt stellt auch die Überprüfung der organisatorischen Einordnung der Druckluftanlage dar. Hierbei sollte überprüft werden, ob es sinnvoll ist, die Druckluftstation in eine eigene organisatorische Einheit zu überführen. Ein grosser Vorteil ist dabei die Kostentransparenz und damit verbunden eine bessere Kostenkontrolle. Bisher wurde die Drucklufttechnik bewusst oder unbewusst auf verschiedene Konten gebucht, wodurch eine Überprüfung der angefallenen Kosten nur noch sehr schwer möglich war.

Dies ändert sich dann, wenn zur weiteren organisatorischen Verbesserung ein Projekt- und damit Kostenverantwortlicher eingesetzt wird.

Bei der Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsmassnahmen ist die langfristige Planbarkeit der Arbeiten von Vorteil. Dabei sollten in der Praxis die

notwendigen Checklisten und Wartungspläne frühzeitig erstellt werden, um damit die lückenlose Wartung der Anlagenteile zu gewährleisten (Stichwort Störungsmanagement).



Abb. 2: Druckluftanlage

### **Wirtschaftlichkeit der Druckluft-erzeugung**

Zur Feststellung der Wirtschaftlichkeit können die m<sup>3</sup>-Kosten als Kennzahl für Energie/Wartung/Kapital herangezogen werden. Die Bestimmung der Komponenten durch die spezifische Leistung und Servicekosten ist ebenfalls möglich. Der Quervergleich mit anderen Verbrauchern bzw. Projekten mit anschließenden Optimierungsvorschlägen ist zu empfehlen.

Nach diesen Bewertungen sollte die Abschätzung des Potenzials unter Einbeziehung der Berechnung der zusätzlichen internen Kosten, der Betrachtung der Investitionskosten, der Bestimmung der Ersatzinvestitionen, der Berücksichtigung der Betriebskosten und der Berechnung der Wartungs- und Instandhaltungskosten erfolgen.

Als nächster Schritt ist die Durchführung der Bilanzierung der Druckluftanlage zu empfehlen. Dazu gehört die Ermittlung der spez. Kennzahlen, des Wirkungsgrades, samt zugehöriger Netzparameter.

Eine weitere Steigerung der Energieeffizienz kann z. B. über eine Untersuchung der Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung erzielt werden. Ferner muss ein wesentliches Augenmerk bei der Systemoptimierung auf die missbräuchliche Verwendung der Druckluft, wie z. B. das Kühlen der Mitarbeiter an heissen Tagen usw. gesehen werden. Hierbei geht es um die Sensibilisierung des Personals für die Thematik.

Schliesslich folgt die Umsetzung von erzielten Verbesserungen in die Praxis.

## **Systemnachführung – Systemoptimierung**

Dazu ist es notwendig, die Grundsatzuntersuchungen wie Überprüfung der Energieeffizienz mit Alternativen und der Untersuchung vorhandener Energieformen wie z. B. von Kraft-Wärme-Kopplung durchzuführen. Verbunden damit ist aber die allgemeine Betrachtung der vorhandenen Betriebs- und Aufstellungsbedingungen und der Wartungsfreundlichkeit.

Es genügt nicht, das System nur einmalig zu optimieren. Vielmehr ist es notwendig, das System regelmässig an die sich ändernden Anforderungen aus der Praxis (Verbräuche, Netzdrücke usw.) anzupassen. Verursacht werden die Veränderungen im Netz durch nicht zentral koordinierte Umbaumaassnahmen. Es ist daher sehr wichtig, dass interne Netzveränderungen melde-, besser noch genehmigungspflichtig sein müssen.

In der Praxis haben sich in der Vergangenheit auch immer wieder verschiedene Kontrollmechanismen, wie beispielsweise die Kostenkontrolle und Systeme zur Leistungserhaltung bewährt. Ein gutes Werkzeug ist die Prognostizierung des Systems, in der das Verhältnis der heutigen gegenüber der zukünftigen Anforderungen betrachtet werden.

## **Outsourcing der Druckluftversorgung**

Hier muss das Für und Wieder sorgfältig abgewogen werden. Für das Outsourcen der Drucklufttechnik spricht eine Garantie des Contractors auf die Energieaufnahme pro Nm<sup>3</sup> Druckluft. Damit steht es im Interesse des Contractors, dass die Anlage effizient läuft. Zusätzlich ist eine fachkompetente Betreuung der Anlage gewährleistet und das eigene Personal kann von artfremden Aufgaben entlastet werden.

Dagegen spricht, dass die Kernkompetenzen für die Druckluftoptimierung, für die Planung von Druckluft-Neuanlagen und für die Wartung der Druckluftanlagen beim Kunden verloren gehen. Bei Wiedereinbindung der Druckluftanlagen müssen die Kompetenzen neu aufgebaut werden. (Siehe hierzu den Contracting-Leitfaden.)

## **Organisatorische Änderungen**

Hierbei hat sich in der Praxis gezeigt, dass im Allgemeinen die Wertschätzung durch die Geschäftsführung für die Druckluftanlagen fehlt. Für diesen Umstand sind die Zuständigen grösstenteils aber selbst verantwortlich, da sie wichtige Vorgänge in der Druckluftanlage nicht an die Geschäftsleitung weitergeben und damit ein „Mauerblümchendasein“ führen.

Die Personalsituation muss beleuchtet werden. Nötigenfalls muss das Personal für die entsprechenden Aufgaben geschult werden. Eine weitere Möglichkeit ist auch die Einsetzung eines Druckluft-Beauftragten.

## **Fazit**

Neben dem Einsatz energieeffizienter Einzelkomponenten bei der Erzeugung, Aufbereitung, Verteilung und Nutzung der Druckluft kommt der optimalen Abstimmung aller Komponenten untereinander eine besondere Bedeutung zu. Die Summe effizienter Komponenten führt nicht zwangsläufig zu einem vernünftigen Gesamtergebnis. Das vorhandene Optimierungspotenzial ist dabei beträchtlich.

Hier ist sicher häufig professionelle Hilfe von aussen erforderlich, es kommt jedoch auch darauf an, die richtigen Fragen im Projektvorlauf, bei der Planung und Ausführung zu stellen.

Die Kampagne effiziente Druckluft Schweiz motiviert und unterstützt Betreiber von Druckluftanlagen in der Schweiz bei der Umsetzung von Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz der Druckluftversorgung. Die Kampagne wird vom Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung geleitet und von Bundesamt für Energie (BfE) und dem Stromsparmifonds des Elektrizitätswerks Zürich (ewz) unterstützt. Sie ist eingebunden in das Programm EnergieSchweiz. Mitträger sind die folgenden Unternehmen aus der Druckluftbranche: Airtag, Atlas Copco, Donaldson, Dopag, Kaeser, Oetiker, Prematic, Servatechnik, Vektor.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch)

Dieses Infoblatt wurde im Rahmen der Kampagne „Druckluft effizient“ erstellt, die zwischen 2001 und 2004 in Deutschland durchgeführt wurde. Diese Kampagne wurde von der Deutschen Energie Agentur (dena), dem Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI, Gesamtprojektleitung) und dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) mit Unterstützung des Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) und Industrieunternehmen durchgeführt (<http://www.druckluft-effizient.de/kontakt/partner/industrie.php>).

© Druckluft effizient / Druckluft Schweiz, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Juni 2006



effiziente Druckluft – eine Kampagne von EnergieSchweiz  
[www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch)