

Teure Nutzungsenergie Druckluft

Die Druckluftkosten sind ein Tabuthema. Anbieter von Drucklufttechnik halten sich vornehm zurück und Anwender vermuten: „...vielleicht etwas teurer als Atemluft. (Abb.1)

Wichtige Energiequellen der Industrie

Energiequelle	Einheit	Kosten
Erdgas	Nm ³	bekannt
Strom	kWh	bekannt
Wasser	m ³	bekannt
Dampf	kg	bekannt
Druckluft	m ³	??????



Der Weg zur Druckluftenergie ist lang und kostenträchtig: Aus (noch) relativ günstiger Primärenergie, z.B. Öl, Gas, wird, unter Verlust von 2/3, Sekundärenergie. Daraus produziert ein Kompressor ca. 100 % teuerster Nutz(?) -Energie sprich Wärme bzw. ein paar Prozent (<10 %) Druckluft. Fehlende Kenntnisse über die Komplexität der Druckluft sind dann die Ursache, dass von dieser mageren, unverzichtbaren und oft konkurrenzlosen Druckluftausbeute auf dem Weg zu den Verbrauchern noch die Hälfte verloren gehen kann (EU-Studie¹). Um den Spannungsbogen nun noch etwas zu verstärken: In den meisten Betrieben gibt es keine Übersicht über die Kosten (bis zu 40 Kostenarten) und auch dementsprechend keine Kostenstellenrechnung.

Organisatorisch dominiert die organisierte Unzuständigkeit, vielleicht ist noch jemand unter technischen Gesichtspunkten zuständig für die Kompressoren, um einen guten Servicegrad zu gewährleisten, aber es gibt oft niemanden, der die technische und wirtschaftliche Gesamtverantwortung trägt. Vor dem Hintergrund, dass in manchen Branchen 30 % des verwendeten Stroms für die Druckluftherzeugung benutzt wird, handelt es sich hier sicherlich um einen enorm wichtigen Kostenfaktor, besteht doch die Möglichkeit den Strombedarf unter Umständen erheblich zu reduzieren. bzw. Alternativenergien einzusetzen.

Daraus ergibt sich die obligatorische Notwendigkeit einer konkurrierenden Betrachtung aller Energiearten. Dazu ist aber notwendig überhaupt die Kosten der Druckluft zu kennen. Wenn dann Druckluft die Ultima ratio ist, dann sollte zumindest keine Druckluft auf dem Wege von den Kompressoren zu den Werkzeugen verloren gehen. Dieses Einsparpotenzial mit Leckagen (ca. 30%) sowie Flaschenhälse (ca. 20%) kann unter Umständen die Hälfte der insgesamt produzierten Druckluft ausmachen. Notwendige Sanierungsinvestitionen im Druckluftbereich amortisieren sich in der Regel

sehr kurzfristig in ein oder zwei Jahren. Der desolatte Zustandsbericht aus der EU-Studie² war für die DENA (Deutsche Energie-Agentur, Berlin) der Anlass zu einer Kampagne Druckluft-effizient, in der über einen Zeitraum von 4 Jahren der deutschen Industrie Aufklärung und Hilfestellung zum Ausschöpfen der Einsparpotenziale gegeben werden soll.

Worauf kommt es an?

Um die Einsparpotenziale auszuschöpfen, ist es nicht notwendig selbst zum Druckluftspezialisten zu werden. Notwendig ist es allerdings, die Komplexität der Drucklufttechnik kennenzulernen (siehe Literaturverzeichnis) und alle Gespräche nach dem Motto zu führen: Effizienzsteigerung heißt Systemkosten senken und zwar unter Kosten-/Nutzenrelation! Die energetischen Anforderungen an ein Druckluftsystem, bestehend aus den Segmenten Druckluftproduktion, Aufbereitung, Verteilung und Verbraucher, sind aus der Abb. 2 + 3 ersichtlich.

Planungsscheckliste Drucklufttechnik I

Festlegung und Dokumentation des Volumenstroms unter Berücksichtigung des Luftverbrauchs, der Einschaltdauer, des Gleichzeitigkeitsfaktors, der Leckagen, der Reserven für älter werdende Werkzeuge unter Berücksichtigung von Reserven für Wachstum. Zur Vermeidung der Qualitätsbeeinträchtigung empfehlen sich korrosions- und oxydationsfeste Premium-Rohrsysteme.

Die Druckluftqualität wird gewählt nach DIN ISO 83751 (nur so gut wie nötig). Die Gestaltung der Aufbereitung ergibt sich dann in Art und Umfang obligatorisch.

Die Aufbereitung sollte zentral erfolgen für die Standardqualität und dezentral für Sonderqualitäten.

Die Verdichtung sollte auf möglichst niedrigen Betriebsdruck (z.B. 6 bar oder weniger) abgestimmt werden: Maximaldruck am Kompressor: max. 1,5 bar höher als notwendiger Betriebsdruck am Verbraucher.

Aufteilung der Druckabfälle wie folgt:

Druck am Verbraucher:	6 bar
Anschlusszubehör:	0,5 bar
Rohrleitungsnetz:	0,1 bar
Aufbereitung:	0,4 bar
Druck am Kompressor:	0,5 bar

Bei der Dimensionierung der Druckluftverteilung sollten die Querschnitte obige Reserven, Leckagen etc. berücksichtigen. Die Rohrführung sollte eine spätere Vermaschung des Rohrnetzes ermöglichen.

Planungsscheckliste Drucklufttechnik II

Druckluftqualität nach DIN 8573-1 (nur so weit wie nötig)

– z. B. Werksluft 2/4/3, d. h. zentral reicht Kältetrockner

Fließdruck

– z.B. 6 bar am Werkzeug bedeuten ca. 7,5 bar am Verdichter

Druckabfälle

– ≤ 0,5 bar: Regelbereich Kompressor

– ≤ 0,6 bar: Aufbereitung

– ≤ 0,1 bar: Rohrnetz

– ≤ 0,3 bar: Anschlusszubehör

Volumenstrom (jetziger Verbrauch m³/h)

– plus Leckagen 10 bis 35 % je nach Rohrsystem

– plus Reserven 35 % Zuwachs nach des Anwenders

– plus Mehrverbrauch 5 bis 10 % für älter werdende Werkzeuge

Rohrsystem

Dokumentation der Dimensionierung nach anerkannten Verfahren; korrosions- und oxydationsfestes Rohrmaterial; spaltlose Rohrverbindungen; erweiterungsfähige Rohrführung; Leckagen max. 10 %!

Wo gibt es Beratung bezogen auf die Systemsegmente?

Als erstes empfiehlt es sich nach einem Gespräch mit dem Kompressorenlieferanten eine Lastaufnahme/Leistungsstruktur für die Kompressoren erstellen zu lassen. Das gehört meistens zum normalen, kostenlosen Beratungsaufwand. Heute sollten auch die Kompressorenhersteller, über Kompressoren hinaus, systemisch (bis zum Verbraucher) beraten können. Fehlen dazu Kenntnis oder Wille, suchen Sie sich einen anderen Berater. Im konkreten Fall des „Luftmangels“ sollte der Kompressorenverkäufer soviel Mut zur Fairness haben, ggfs. darauf hinzuweisen, dass weitere Kompressoren nicht erforderlich sind sondern besser die Leitungen wegen Leckagen abzudichten seien. Bei der Lastaufnahme werden Verbrauchsgrößen, -varianz, ersichtlich. Es ist in jedem Fall der Anwender gut beraten, durch organisatorische Maßnahmen Verbrauchsschwankungen zu egalisieren. Das Zu- und Abschalten der Kompressoren und das Vorhalten von Kompressoren zur Abdeckung der Spitzenlasten ist eine sehr teure Angelegenheit. Die Folge sind aufwändige Steuerungen und viele kaskadenmäßig zuschaltbare Kompressoren.

Ideal wäre als nächstes eine möglichst gleichmäßige Verdichtung. Der Anwender sollte Wert darauf legen, möglichst nur Verbraucher einzusetzen, die mit einem niedrigen Betriebsdruck arbeiten, d.h. z.B. 6 bar zu

¹ Radgen/Blaustein, Compressed Air Systems in the European Union, Stuttgart 2001, ISBN 3-932298-16-0

Luftqualität 2



ISO 8573-1 (2001) Klasse	Feststoffe/Staub				Feuchtigkeit		Gesamt-Ölgehalt
	max. Teilchenzahl pro m ³ von Partikeln mit d [μm]				μm	mg/m ³	Drucktaupunkt/ (x=Wasseranteil in g/m ³ flüssig)
	≦ 0,1	0,1 < d ≦ 0,5	0,5 < d ≦ 1,0	1,0 < d ≦ 5,0			
0	nach Betreibervorgabe						
1	-	100	1	0	-	-	≦ -70°C < 0,003 g/m ³
2	-	100.000	1.000	10	-	-	≦ -40°C ≦ 0,110 g/m ³
3	-	-	10.000	500	-	-	≦ -20°C ≦ 0,880 g/m ³
4	-	-	-	1.000	-	-	≦ +3°C ≦ 6,000 g/m ³
5	-	-	-	20.000	-	-	≦ +7°C ≦ 7,800 g/m ³
6	-	-	-	-	≦ 5	≦ 5	≦ +10°C ≦ 9,400 g/m ³
7	-	-	-	-	≦ 40	≦ 10	x ≦ 0,5
8	-	-	-	-	-	-	0,5 < x ≦ 5,0
9	-	-	-	-	-	-	5,0 < x ≦ 10,0

ersicht über die verschiedenen Qualitätsklassen der ISO 8573-1:2001

misch geschulten Kompressorenhersteller an einen Verteilungsspezialisten gegeben werden, um die Druckmesspunkte im Netz festzulegen.

Organisatorische Maßnahmen

In den meisten Betrieben ohne spezielle Kostenrechnung für Druckluft ergibt sich als Folge, dass eine Umlage auf Kostenstellen ziemlich willkürlich ist. Da wird mancher Betriebsteil nach dem Zufallsprinzip subventioniert und andere über Gebühr belastet. Nun sollte der normalerweise anzutreffenden organisatorischen Unzuständigkeit für dieses Kostenloch ein Ende bereitet werden, in dem eine Person, die vielleicht ohnehin für die Energie verantwortlich ist, auch die Verantwortung für die Druckluft vom Kompressor bis zum Werkzeug trägt. Diese Person ist dann auch für den konkurrenzfähigen Preis pro m³ Luft der definierten Qualität und dem definierten Fließdruck am Werkzeug zuständig.

betreiben sind. Sind für besondere Anwendungen zusätzlich höhere Drücke erforderlich, so empfiehlt es sich aus dem normalen Netz mittels eines Nachverdichters für diese Anwender die Luft höher zu verdichten. Das kostenmäßige Gegenteil wäre eine insgesamt höhere Verdichtung und eine Druckvernichtung über Reduzierventile. Bei der Luftqualität (nur so gut wie nötig) ist nach Absprache mit den Herstellern der Verbraucher die Klassifizierung nach ISO 8573-1 (Bild 4) vorzunehmen. Jede Klassifizierung der Luftqualität hat einen festgelegten, obligatorischen, zentralen Aufbereitungsaufwand. Es bringt nichts hinter den Kompressoren eine bald sterile Druckluft zu haben, deren Qualität durch Rost- oder Zinkgeriesel am Rohrende nur noch zum Sandstrahlen taugt. Für einzelne Anwendungen, die jeweils höhere Luftqualitäten benötigen, sollte dann eine Nach-/Aufbereitung dezentral erfolgen.

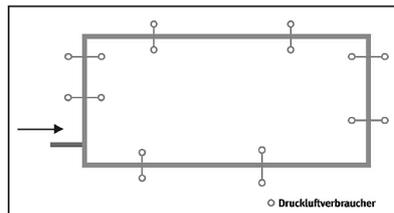
Der Druckluftverteilung sollte nach der EU-Studie die besondere Aufmerksamkeit gelten.

Ein Rohrsystem sollte korrosions- und oxydationsfest sein, um die Luftqualität nicht zu verschlechtern. Somit können all die bis dato bekannten dezentralen Aufbereitungseinrichtungen, die bei schwarzen, verzinkten Rohrsystemen aus früheren Zeiten notwendig wären, eigentlich entfallen. Sie verursachen nur hohe Druckabfälle und bedingen einen hohen Wartungsaufwand.

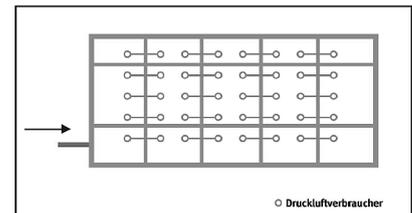
Zur Vermeidung der Leckagen über die gesamte Lebensdauer (z.B. 50 Jahre) sind spaltlose Rohrverbindungen zu empfehlen, d.h. in jedem Fall empfiehlt sich Löt-, Schweißen oder Kleben. Lösbarverbindungen, wegen der Gefahr späterer Leckagen, sollten nur vorgesehen werden, wo aus betriebstechnischen Gründen dies erforderlich ist. Unter diesem Gesichtspunkten empfehlen sich moderne Premiumrohrsysteme aus Kunststoff, die trotz aller Vorteile nicht mehr als konventionelle Rohrsysteme kosten. Für die Vermeidung bzw. Erkennen von druckvernichtenden Flaschenhälsen empfiehlt es sich einem Druckluftverteilungsspezialisten eine Schemaskizze der vorhanden oder geplanten Rohrführung hereinzugeben. Sie er-

halten dann einen optimalen Vorschlag mit der Art der Rohrführung (Abb. 5) und eine dokumentierte Dimensionierung (Abb. 6 + 7). Im Sanierungsfall sollte ein Rohrschema vor der Leistungsaufnahme durch den syste-

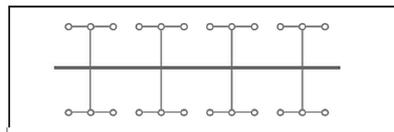
Bausteine eines Druckluftnetzes/2



Druckluftverteilung Ringleitung

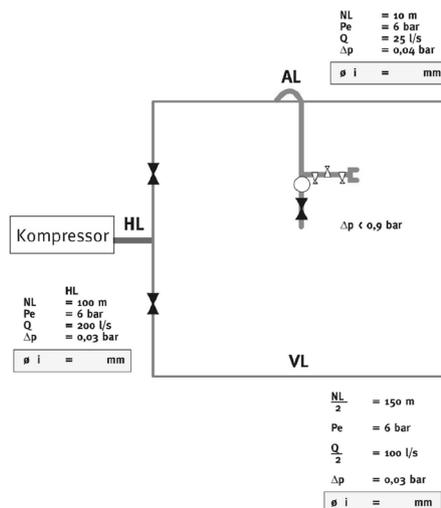


Druckluftverteilung vermaschtes System



Druckluftverteilung Stichleitung

Rohrdimensionierung/ 4



Metapipe Rohrdimensionierung/ 5



Dimensionsberechnung System Metapipe			
Projekt: Sparplan AG			
Leitungssektion	HL	VL	AL
Knotenpunkt (Anfang):	0	0	0
Knotenpunkt (Ende):	0	0	0
Betriebsdaten			
Betriebsdruck effektiv (bar):	6,0	6,0	6,0
Volumenstrom(m ³ /h):	720	360	90
Nennlänge (m) *:	100	150	10
Rohrrauhigkeit (mm):	0,015	0,015	0,015
Temperatur (°C):	20	20	20
Druckverlust: (bar):	0,03	0,03	0,04
Ergebnisse			
Dichte (kg/m ³):	8,32	8,32	8,32
Kinemat. Viskosität (m ² /s):	0,000002	0,000002	0,000002
Luftgeschwindigkeit (m/s):	6,04	4,29	10,56
Reynoldszahl:	2.1759E+05	1.2967E+05	1.0177E+05
Grenzschichtdicke mm:	0.105	0.138	0.054
Rohrreibungswert Lambda:	0.0154	0.0171	0.0179
Strömungsart:	turbulent	turbulent	turbulent
Hydraulisches Verhalten:	glatt	glatt	glatt
Betriebsdruck (Ende) (bar):	5.975	5.970	5.960
Innendurchmesser (mm):	78,1	65,6	20,9
Gemessene Rohrlängen zzgl. Ersatzlängen Einbauten, Formstücke, Absperrorgane			

Die Abb. 8 zeigt eine grobe Kostenaufteilung und aus der ist ersichtlich, dass der größte Teil der Druckluftkosten aus Energiekosten besteht.

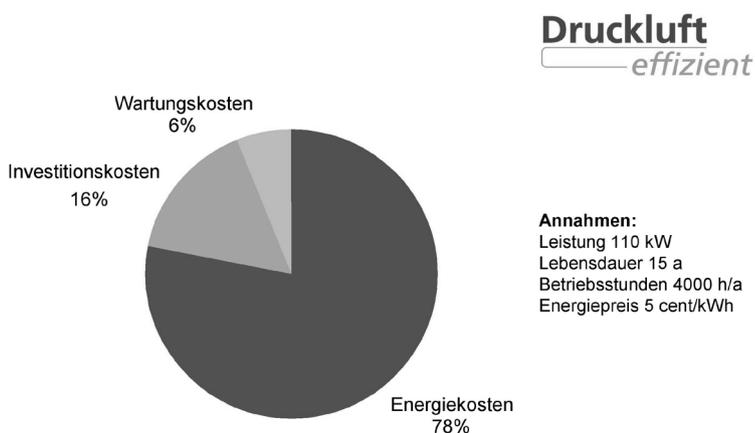
Die Druckluftkosten könnten zwar reduziert werden durch Verwendung der teilweise wiedergewinnbaren Wärme. Allerdings ist hier zu beachten, dass diese Wärme, die ja aus der sehr teuren Sekundärenergie entstanden ist, dreimal so teuer ist wie sonstige Nutzwärme und ohne zusätzliche Investitio-

nen in der Regel auch nicht sinnvoll verwendet werden kann. Bei optimaler ganzjähriger Rückgewinnung reduzieren sich die Druckluftkosten nach den bisherigen Erfahrungen nur um ca. 20 %.

Zur detaillierten Hilfe für den interessierten Anwender haben wir ein ausführliches Literaturverzeichnis erstellt und darüber hinaus auch Informationen, wo es im Internet Hilfe gibt.

K. H. Feldmann

Mehr als 2/3 aller Kosten einer Druckluftanlage entfallen auf die Energiekosten während der Lebensdauer



Literaturverzeichnis

Druckluftenergie – EU-Studie zeigt Schwachstellen, Nr. 2/2003, S. 63 – 59 in TECHNIK AM BAU (TAB)

Compressed Air Manual, 6. Auflage, Atlas Copco AB, S – 13182 Nacka – Schweden

Drucklufthandbuch, Essen 2003, ISBN 3-8027-2548-4

METASOFT
Handbuch für Druckluftberechnungen (Dimensionierung, Druckabfälle, Volumenströme)
www.druckluftverteilung.de/news.php

Murks auf fremde Rechnung
Nr. 1/2-2004, S. 33 ff
in BERATENDE INGENIEURE

Kosten von heute sind der Gewinn von morgen, Nr. 7/8-2001, S. 55 ff
in DRUCKLUFTECHNIK

Energiekosten und Leckagen, Projekt-Info ENERGIEAGENTUR NRW, Wuppertal (www.ea-nrw.de)

Optimale Druckluftverteilung
Renningen 2003, ISBN 3-8169-2064-4

Compressed Air Systems in the European Union
Radgen/Blaustein, Stuttgart 2001, ISBN 3-932298-16-0

Systematisierung der Potenziale und Optionen
Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Dezember 2001

Internethilfe

www.druckluft-effizient.de
Kampagne Druckluft-effizient

www.energie.ch
Energie CH

www.druckluft-e-market.de
Druckluft-e-market

www.ea-nrw.de
Energieagentur NRW

www.druckluft-news.de
Aktuelle Infos Drucklufttechnik

www.knowpressure.org
Compressed Air Challenge