

O+P-Gesprächsrunde: Druckluftherzeugung und -aufbereitung

Gegenstand der Fachgruppe Drucklufttechnik im VDMA sind Druckluftstationen, die sich aus Kompressoren und Aufbereitungsgeräten für Kondensatabscheidung, Filterung und Trocknung zusammensetzen. Der Umfang einer Druckversorgungsanlage richtet sich nach den verschiedenen Anwendergruppen. Das reicht von einfachen Geräten für Heimwerker bis zu umfangreichen Anlagen zur Druckluftversorgung eines ganzen Industriewerkes. Dabei werden in wachsendem Maß die Möglichkeiten der elektrischen Antriebstechnik, Sensortechnik und digitalen Signalverarbeitung eingesetzt, um die Anlagen energiesparend und betriebssicher zu machen. Die damit verbundenen Probleme sollen in dem Gespräch diskutiert werden.

Druckluft ist eine wichtige, aber teure Energieart. Das hängt damit zusammen, dass das kompressible Medium sich bei der Druckerhöhung erwärmt, wobei die erzeugte Wärme, die 94 % der aufgewendeten Energie ausmacht, im Prinzip nicht erwünscht ist.

Nur in Ausnahmefällen wird die Wärmeenergie genutzt, obwohl dadurch erhebliche Energiesparpotenziale gegeben wären. Vielfach wird aber die erzeugte Wärme verlustbehaftet weggekühlt. Die Energiekosten können je nach jährlichen Betriebsstunden bis zu 90% der Gesamtkosten einer Druckluftherzeugungsanlage betragen. Eine Energieeinsparung z. B. durch Nutzung der Kompressionswärme kann die Investitionskosten in relativ kurzer Zeit amortisieren. Daher sind auch Bemühungen zu verstehen, den Wirkungsgrad von Kompressoren aller Ausführungen zu verbessern. Neben konstruktiven Maßnahmen zur Verminderung mechanischer Verluste tragen vor allem zweckmäßige Regelungsverfahren dazu bei.

Zu den konventionellen Ausschalt- und Aussetzerregelungen sind als energiespa-



rende Regelungsarten die Ansaugdrosselung, die Drehzahlregelung und bei den Rotationskompressoren die Verdrängerregelung (Turn-Valve) hinzugekommen. Hierbei wird der erzeugte Volumenstrom dem Verbrauch angepasst, wodurch hohe Energieersparnisse möglich sind. Die Vielzahl der Kompressorbauarten haben jeweils ihre besonderen Vor- und Nachteile. Welche Kompressorbauart – Kolben-, Rotations- oder dynamische Kompressoren – oder welche Kombination unterschiedlicher Prinzipien eingesetzt werden, hängt von der jeweiligen Anwendung mit ihren Anforderungen und vorherrschenden Betriebsbedingungen ab.

Die Tatsache, dass der Kompressor aus dem großen Behälter der Atmosphäre Luft ansaugt, ist der Grund dafür, dass auch alle darin befindlichen Verschmutzungen mit angesaugt werden. Das sind einerseits feste Partikel, Flüssigkeitstropfen oder Wasserdampf. Dazu kommt, dass einige Kompressorbauarten (Schrauben- und Lamellenkompressoren) mit Öleinspritzung arbeiten, wodurch vermehrt Ölteilchen und Dampf in das Druckmedium gelangen.

In diesem Zusammenhang ist interessant, dass die Kühlung durch Wassereinspritzung sich bisher nicht durchsetzen konnte, obwohl das zur Vermeidung von Ölanteilen in der Druckluft führen würde. Materialprobleme und die hohen Anforderungen an den Wasserkreislauf hinsichtlich Filtrierung und Entkeimung stellen hierbei besondere Probleme dar.

Die Teilnehmer:

Hans-Peter Achenbach, IMI-Norgren-Herion Fluidtronic GmbH & Co. KG, Fellbach
Dipl.-Ing. **Frank Bauer**, Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen der RWTH Aachen

Heinz Bauer, Bauer Kompressoren GmbH, München

Prof. Dr.-Ing. **Georg Benes**, Fachhochschule Giessen-Friedberg, Friedberg

Dipl.-Ing. **Johannes Braun**, Hoerbiger-Origa, A-Wiener Neustadt

Dipl.-Ing. **Gerd W. Cromm**, Boge Kompressoren GmbH, Bielefeld

Dipl.-Ing. **Hans Moritz Eberhard**, Daimler Chrysler AG, Stuttgart

Stefan Hacker, Bauer Kompressoren GmbH, München

Berthold Koch, Beko Technologies GmbH, Neuss

Udo Preußler, Festo AG & Co., Esslingen
Dipl.-Ing. **Poorna B. Raitore**, Oberland Glas AG, Bad Wurzach

Dipl.-Ing. (FH) **Hans M. Ruckh**, J. Lorch Ges. & Co. GmbH, Waldenbuch

Dipl.-Ing. **Erwin Ruppelt**, Kaeser Kompressoren GmbH, Coburg

Dipl.-Ing. **Reimund Scherff**, Atlas Copco Kompressoren GmbH, Essen

Dipl.-Ing. (FH) **Joachim Schmid**, Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik, Frankfurt

Prof. Dr. **Eckhart Wiederuh**, Fachhochschule Giessen-Friedberg, Friedberg



Em. Univ. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.mult. Wolfgang Backé:
„Sehr wichtig scheint mir, dass wir die Aussage „Druckluft ist eine teure Energie“ abmindern, indem wir mit guten Wirkungsgraden arbeiten. Und da habe ich das Gefühl, dass sich die Hersteller große Gedanken machen“

Je nach Einsatzbereich werden an die Druckluft unterschiedliche Qualitätsanforderungen gestellt, die durch Güteklassen gekennzeichnet sind. Diese schreiben unterschiedliche maximale Teilchengröße und Teilchendichte, maximale Ölkonzentration und den maximalen Drucktaupunkt als Maß für den Feuchtigkeitsgehalt der Druckluft vor. Neuartige Drucktaupunkt-Messgeräte nach dem Kondensatorprinzip haben eine digitale Messwertanzeige oder liefern 4 bis 20 mA an einen Analogausgang.

Als Aufbereitungsgeräte für die Druckluft werden im allgemeinen Kondensatabscheider, Filter und Lufttrockner eingesetzt. Es ist erstaunlich, welche Kondensatmengen im Laufe der Zeit bei Kompressoranlagen anfallen. Schon bei einem kleinen Gerät mit 7 kW Antriebsleistung können bis zu 3700 Liter Kondensat im Jahr abgeführt werden. Dabei ist es wichtig, dass das Kondensat einerseits sicher abgeleitet wird, andererseits möglichst keine Druckluft hierbei verloren geht. Daher werden heute niveaugeregelte Kondensatableiter eingesetzt, die sich selbst überwachen und bei Fehlfunktion Alarmmeldungen geben.

Nach dem Wasserhaushaltsgesetz von 1987 und den entsprechenden Verordnungen muss das Kondensat entweder entsorgt oder aufbereitet werden, da es vielfach die WGK3 hat. Bei nicht emulgiertem Öl in Wasser ist die Schwerkrafttrennung möglich. Insbesondere bei Kompressoren mit Öleinspritzung kann das Kondensat stabile Emulsionen enthalten. Hierbei sind zur Trennung des Ölanteiles besondere Maßnahmen erforderlich, wie z.B. die Ultrafiltration durch Keramikmembrane, die eine Restölmenge von weniger als 5 mg/L ermöglicht.

Um die Problematik der Kondensataufbereitung zu entschärfen, wurden biologisch abbaubare Kühl- und Schmieröle entwickelt, die es gestatten, das Kondensat direkt in das Abwasser einzuleiten. In die gleiche Richtung zielen Kompressoren oh-

ne Öleinspritzung. Der ölfreie Schraubenkompressor gehört zu den am schnellsten zunehmenden Kompressorbauarten.

Zur Entfernung von vor allem festen Partikeln dienen die unterschiedlichsten Filterarten. Ihre Porengröße entscheidet bis zu welcher Partikelgröße die Luft gefiltert wird. Wenn feinste Öltröpfchen als Aerosole abgeschieden werden sollen, werden z.B. Aktivkohle als Filtermaterial oder Fiberglasmembrane eingesetzt, die nach dem Coalescing-Effekt die Aerosole festhalten und zu größeren Tropfen ansammeln. Diese fließen dann in einem Behälter ab. Wenn Sterilisation der Druckluft erreicht werden soll, werden spezielle Tiefenfilter eingesetzt.

Für bestimmte Anwendungen wird trockene Druckluft mit einem festgelegten Drucktaupunkt gefordert. Lufttrockner arbeiten vor allem nach dem Prinzip der Kältetrocknung oder nach der Adsorptionstrocknung. Bei der Kältetrocknung hat das Verbot des ozonzerstörenden FCKW R12 zur Umstellung z.B. auf das neue Kühlmittel H-FKW R134a geführt. Bei der Adsorptionstrocknung wird die aufgenommene Flüssigkeit in einem parallel geschalteten Adsorber durch Desorption aus dem Trockenmittel (z.B. Silikatgel) durch warme oder kalte Regenerierluft ausgetragen. Dabei kann die Wärme der Regenerierluft aus der Kompressionswärme stammen. Neuerdings werden auch Lufttrockner nach dem Membranprinzip eingesetzt, bei denen die Feuchtigkeit durch Membranen diffundiert und auf der Außenhaut von hochselektiven Hohlfasern durch getrocknete Spülluft abgeführt wird.

Neben den Anwendungen, die trockene und ölfreie Luft benötigen, gibt es in mechanischen Werkstätten und Montagehallen pneumatisch gesteuerte Handhabungs-, Förder- und Fertigungseinrichtungen, für die die Druckluft durch Wartungseinheiten speziell aufbereitet werden muss. Diese umfassen meistens einen Druckfilter mit Kondensatabscheider, einen Druckluftregler sowie einen Öler. Der sogenannte Proportionalöler sorgt dafür, dass unabhängig vom Luftdurchsatz der Ölanteil in der Luft weitgehend konstant bleibt. Mikro-Nebelöler erzeugen einen Ölnebel mit Tropfengrößen von 2...4 µm, die auch über lange Zuleitungen nicht ausfallen, sondern bis an die zu schmierenden Geräte gelangen. Zur Vermeidung lungengängiger Öltröpfchen besteht aus Gesundheitsgründen die Forderung nach Bauelementen der Pneumatik – vor allem Ventile, Zylinder und Motoren –, die ohne Ölschmierung auskommen.

Allgemein besteht die Tendenz, an den Kompressoren und Aufbereitungsgeräten Sensoren einzusetzen und deren Signale durch Mikroelektronik auszuwerten. Auf diese Weise können Funktionen überwacht, Betriebszustände optimiert (z.B. Minimierung der Kosten für Filter) und Betriebsgrößen auf Wartungsmonitore angezeigt werden, um bei Schadensfällen rechtzeitig mit der Wartung und Instandhaltung einzugreifen. Auf diese Weise kann die Betriebsbereitschaft der Druckluftversorgung

erheblich erhöht werden. Eine weitere Tendenz stellt die Kompaktlösung dar, bei der Kompressor und Aufbereitungsgeräte zu einer Einheit zusammengefasst werden.

Die nachfolgenden Fragen dienen als Leitlinie für die sich anschließende Diskussion. Die ersten fünf Fragen behandeln Entwicklungen und Tendenzen im Kompressorenbau. Weitere vier Fragen beschäftigen sich mit der Thematik der Druckluftaufbereitung und die letzten drei Fragen konzentrieren sich auf die Diagnose und Überwachung von Druckluftstationen.

1. Gibt es neuartige Kompressorbauarten?
2. Der Marktanteil welcher Kompressorbauart wird sich in Zukunft vergrößern?
3. Welches sind die Vor- und Nachteile von Schraubenkompressoren mit und ohne Einspritzkühlung?
4. Welche Möglichkeiten der Energieeinsparung erscheinen als besonders aussichtsreich?
5. Welche Vorteile hat die Kompaktlösung aus Kompressor und Aufbereitungsgeräten?
6. Welche Qualitätsanforderungen an Druckluft einer bestimmten Güteklasse erfordert den höchsten Aufwand?
 - max. Partikelgröße und Partikelkonzentration,
 - max. Feuchtigkeitsgehalt,
 - max. Ölgehalt.
7. Welches Prinzip der Öl-Wasser-Trennung von Emulsionen ist hinsichtlich Aufwand und erreichbarer Qualität besonders vorteilhaft?
8. Werden sich biologisch abbaubare Kühl- und Schmierstoffe für Kompressoren auf die Dauer durchsetzen?
9. Werden sich ölfrei arbeitende Pneumatikbauelemente in Zukunft durchsetzen?
10. Welche Betriebsgrößen müssen vorrangig überwacht werden?
 - bei Kompressoren,
 - bei Kondensatabscheidern,
 - bei Filtersystemen,
 - bei Lufttrocknern.
11. Ist die Ferndiagnose für Druckluftanlagen sinnvoll?
12. Welche Möglichkeiten der Funktionsoptimierung von Aufbereitungsgeräten und Wartungseinheiten sind durch den Einsatz von Sensoren und Mikroelektronik gegeben?

Gibt es neue Kompressorbauarten?

Prof. W. Backé: Das wären so weit meine Fragen, die wir im Rahmen dieses Kreises diskutieren sollten. Beginnen wir vielleicht mal mit der etwas naiven Frage, ob es neue Kompressorbauarten gibt?

J. Schmid: Im Jahre 1997 haben wir von der Fachgemeinschaft Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik aus eine Delphi-Studie durchgeführt, wobei Experten aus Europa, USA und Japan befragt wurden. Ein interessantes Ergebnis dieser Studie lautet, dass es etwa im Jahre 2008 neue mechanische Verdichtungsprinzipien und im Jahre 2017 neue nichtmechanische Verdichtungsprinzipien geben wird. Ansonsten



Dipl.-Ing. (FH) Joachim Schmid: „Laut einer Delphi-Studie wird es im Jahre 2008 neue mechanische Verdichtungsprinzipien geben und im Jahr 2017 wird es neue nichtmechanische Verdichtungsprinzipien geben“

sehen die Experten in naher Zukunft keine vielversprechenden neuen Verdichtungsprinzipien und ein nennenswerter Anteil von ca. 30 % ist sogar der Meinung, es wird überhaupt keine neuen Verdichtungsprinzipien mehr geben.

G. W. Cromm: Es gab immer schon und es wird auch immer wieder neue Verdichtungsprinzipien geben, jeder der Kompressorenhersteller weiß das. Wenn ich an meine 30 Jahre in der Kompressortechnik denke, gab es den Wandel der unterschiedlichen Kompressorenarten.

Wir haben im letzten Jahr den sogenannten Progressor (Schubstangenkompressor) vorgestellt. Hierbei handelt es sich um einen ölfreien Verdichter auf Kolbenbasis. Im Gegensatz zu konventionellen Kompressoren arbeitet dieser Verdichter mit einer gewissen Kreuzkopfführung. Wenn man das Preis-/Leistungsverhältnis für die Druckluftzeugung im luftgekühlten Bereich sieht, ist das eine sehr gute Alternative zum Scroll-Kompressor.



Dipl.-Ing. Gerd W. Cromm: „Grundsätzlich glaube ich, dass der Trend immer weiter zur ölfreien Verdichtung geht“

Neue Verdichterarten, die zur Zeit auf den Markt kommen, sind die wassereinspritzgekühlten Schraubenkompressoren. Diese haben es allerdings nicht leicht, da die erste Generation der wassereinspritzgekühlten Schraubenkompressoren auf dem Markt waren, bevor das Produkt überhaupt ausgereift war. Wenn heute jemand mit einer guten Wassereinspritzkühlmaschine auf den Markt kommt, dann wird er erst einmal gegen diese Vorurteile kämpfen müssen.

R. Scherff: Grundsätzliche neue Verdichtungsarten sehe ich nicht. Ich sehe auch noch nicht, dass die wassereingespritzten Schraubenkompressoren schon marktfähig sind. Sie sind zwar schon am Markt vorhanden, es dauert aber noch sicher seine Zeit, bis das Produkt ausgereift ist. Die Idee, die Kühlung mit Wasser zu realisieren, hört sich wirklich phantastisch an. Wasser ist ein Produkt, das wirklich en masse auf der Welt vorhanden ist und zudem überhaupt keine Probleme mit der Umwelt bereitet im Gegensatz zum Öl.

Der Marktanteil welcher Kompressorbauarten wird sich in Zukunft vergrößern?

G. W. Cromm: Grundsätzlich glaube ich, dass der Trend immer weiter zur ölfreien Verdichtung geht. Welche Verdichterart sich aber letztlich durchsetzen wird, hängt wesentlich davon ab, wie hoch die Mehrkosten für die ölfreie Luft bei gleicher Verfügbarkeit sind. Die Druckluft ist nämlich aus der Sicht unserer Kunden ein notwendiges Übel, die zwar viele Vorteile hat, aber auf der anderen Seite sehr teuer ist.

R. Scherff: Die Rotationsverdichter haben heute einen Marktanteil von rund 45 bis 48 %. Im unteren Leistungsbereich bis 4 kW und bei höheren Betriebsdrücken über 20 bar hat der Kolbenkompressor sein Arbeitsfeld.

Bei der ölfreien Verdichtung ist der Scrollkompressor im Leistungsbereich von 1 bis 15 kW und der Dreh Zahn- und Schraubenkompressor ab 15 kW dominierend.

Ferner stoßen die öleingespritzten Kompressoren in den Leistungsbereich unterhalb von 5 kW vor.

All diese Tatsachen lassen einen weiteren Anstieg des Marktanteiles für Rotationskompressoren erwarten.

G. W. Cromm: Man muss unterscheiden zwischen ölgeschmierten und ölfreien Kompressoren. Bei den ölgeschmierten Kompressoren ist der Kolbenkompressor im luftgekühlten Bereich mengenmäßig das weit verbreitetste Produkt und vom Fördervolumen her gesehen ungefähr vergleichbar mit den Rotationskompressoren.

Bei den ölfreien Kompressorensystemen werden sich im oberen Leistungsbereich die Turbo- und Schraubenkompressoren durchsetzen. Im unteren Leistungsbereich bis ca. 7,5 kW sehe ich hingegen sehr große Marktanteile für den Kolbenkompressor.

Der Schraubenkompressor hat zwar langfristig gesehen schon einige Marktanteile gewonnen, es wäre jedoch nicht fair zu sagen, der Schraubenkompressor ist im Leistungsbereich bis 4 kW die dominierende Verdichterart.

E. Ruppelt: Wenn man die Marktanteile der unterschiedlichen Kompressoren vergleichen will, muss man zwischen den Stückzahlen und den geförderten Kubikmetern unterscheiden. Im Heimwerkerbereich haben die Kolbenkompressoren stückzahlmäßig eindeutig die Nase vorne. Betrachtet man jedoch den Handwerks- und Industriebereich, dann ist der Kolbenkompressor eindeutig auf dem Rückmarsch, auch wenn es manche vielleicht gerne anders sehen würden. Wir reden nämlich heute nicht mehr nur über reine Energie- und Wartungskosten, sondern in erster Linie über Lebenszykluskosten. Und hier hat der Kolbenkompressor im industriellen Nutzungsbereich im Gegensatz zu den Rotationskompressoren eindeutige Nachteile.

Welches sind die Vor- und Nachteile von Schraubenkompressoren mit und ohne Einspritzkühlung?

G. W. Cromm: Der Schraubenkompressor mit Wassereinspritzkühlung hat theoretisch gesehen viele Vorteile. Die Probleme in der Praxis, wie z. B. Korrosion, Wirkungsgradverluste oder die Zuverlässigkeit, tragen allerdings dazu bei, dass sich die Wasserschraube auf dem Markt bislang noch nicht durchsetzen konnte. Bei den ölfreien Kompressoren hatten wir früher ähnliche Probleme. Die eingesetzten Dichtungsringe waren so schnell verschlissen, dass sie nach 2000 bis 3000 Betriebsstunden gewechselt werden mussten. Inzwischen gibt es neue Technologien, wie z. B. eine entsprechende Beschichtung von Zylinder und Kolben, bei denen man Standzeiten bis zu 40-tausend Stunden erreicht. Diese Entwicklungen muss die Wasserschraube erst einmal durchstehen. Wenn sich bestimmte Dinge – wie die Wasserqualität, die Korrosionsbeständigkeit usw. – verbessern, dann werden auch die Wasserschrauben Einzug halten.

Welche Möglichkeiten der Energieeinsparung erscheinen als besonders aussichtsreich?

E. Ruppelt: Das eigentliche Einsparungspotenzial, das ich in diesem Bereich sehe, ist die Optimierung der vorhandenen Systeme. Ich bin überzeugt, dass in den Produkten, die wir heute in der Industrie einsetzen, noch ein riesiges Entwicklungspotenzial steckt. Bei den Schraubenkompressoren zum Beispiel wurden in der Vergangenheit Riemenantriebe oder Zahnradgetriebe mit Verlusten von ca. 3% eingesetzt. Diese Getriebe sind zumindest bei den öleingespritzten Kompressoren überhaupt nicht mehr Stand der Technik. Heute bieten wir eine Palette direktgekuppelter

Schraubenkompressoren, bei denen die Motordrehzahl gleich der Verdichterdrehzahl ist. Durch eine Modifikation der Verdichterblöcke und eine individuelle Anpassung an die Motordrehzahl wird der Schraubenkompressor immer nahezu im optimalen Arbeitspunkt des charakteristischen so genannten Badewannenprofils betrieben, Übertragungsverluste werden vermieden und die Energiekosten reduziert.

Es ist offensichtlich, dass solche kurzfristig durchführbare Maßnahmen der ganzen Energiediskussion viel mehr nutzen, als wenn wir uns über neue Verdichterprinzipien unterhalten. Ein weiteres Potenzial sehe ich in der feineren Abstimmung der Steuerung. Die meisten Anlagen, die heute in der Industrie eingesetzt werden, haben regelungstechnische Defizite, weil die Betreiber entweder zu große oder zu kleine Kompressoren oder vom Druckniveau her



Dipl.-Ing. Reimund Scherff: „Die Drehzahlregelung kann heute wirtschaftlich eingesetzt werden, weil die Elektromotor- und auch die Steuerungsindustrie die Komponenten zu einem Preis zur Verfügung stellen können, so dass sie letztendlich den erhöhten Einsatz an Investitionskosten amortisieren können“

nicht optimale Kompressoren eingekauft haben.

G. W. Cromm: Das Problem bei der Auslegung der Kompressoren liegt in der Regel darin, dass Sie den eigentlichen Bedarf der Maschine, also die Abnahme, im Voraus gar nicht kennen. Man muss deshalb dafür sorgen, beim Kunden die Gelegenheit zu bekommen, die täglichen Liefermengen zu bestimmen und zu analysieren. Es nützt Ihnen also nichts, die Drehzahl auf einen optimalen Betriebspunkt auszulegen, wenn sie den Verbrauch nicht kennen.

E. Ruppelt: Wenn die Kompressoren im Volllastbereich optimal ausgelegt werden, d. h. wenn die Basiswirtschaftlichkeit der Anlage stimmt, dann werden sie normalerweise auch im Teillastbereich eine wirtschaftliche Maschine haben.

Prof. W. Backé: Welche Chancen hat denn der drehzahlgeregelte Kompressor als Regelungsart, man ist doch heute in der La-

ge, durch Frequenzregelung den Motor in der Drehzahl zu verstellen?

E. Ruppelt: Da ein Verdichterblock über seinen gesamten möglichen Drehzahlbereich hin kein kontinuierliches Verhalten bezüglich seiner spezifischen Leistung zeigt, sind der Drehzahlregelung meines Erachtens Grenzen gesetzt. Damit will ich sagen, dass man den Verdichterblock prinzipiell zwar von 0 bis 100% regeln kann, ob dies jedoch überhaupt sinnvoll ist, ist eine andere Frage. Die Aufgabe der Kompressorenhersteller besteht heute nicht nur darin, einen Kompressor zu bauen, sondern vielmehr eine für den Betreiber richtige Regelungsart und eine richtige Zusammenstellung der Kompressorstation zu finden. Da ist die Drehzahlregelung eine, aber nicht die einzige und immer passende Lösung.

R. Scherff: Vor etwa 10 Jahren wurde ein Kompressor ausschließlich über einen Druckschalter geregelt. Der Kompressor wechselte in Abhängigkeit des Netzdruckes zwischen Last-, Halblast- und Leerlaufbetrieb. Zur Minimierung der Leerlaufzeiten wurde durch ein Zeitrelais der Motor gestoppt.

Heute wird eine Verdichterstufe in einer Kompressorbaureihe mit verschiedenen Drehzahlen und Motorleistungen betrieben, wobei die spezifischen Leistungswerte dicht beieinander liegen.

Durch die heute von der Steuerungs- und Antriebsindustrie zur Verfügung gestellten preiswerten Komponenten hat die Drehzahlregelung bei Kompressoren eine ausgezeichnete Chance als Standardantrieb eingesetzt zu werden. Die wirtschaftlichen Vorteile amortisieren schnell die erhöhten Investitionskosten. Lediglich die Grundlastmaschinen werden noch mit der Vollast-leerlauf-Regelung betrieben.

Prof. G. Benes: Wir arbeiten seit nun mindestens acht Jahren an einem Programm zur Auslegung luftgekühlter Schraubenverdichteranlagen. Wenn man diese komplexen Anlagen mit allen eingeschlossenen Einheiten betrachtet, so kommen wir heute auf etwa 30 Parameter, die das Betriebsverhalten der Maschine beeinflussen.

Wenn wir diese Anlagen punktuell auslegen, d. h. jeden Parameter kennen, dann können wir diese Anlagen heute optimal auslegen. Fangen wir jedoch an zu regeln, dann verändert sich praktisch alles in der Maschine. Das bedeutet, dass wir nicht nur die Verdichterstufe, sondern alle Komponenten inklusive Kühler oder Gebläse in ihrem dynamischen Verhalten beschreiben müssen. Ein weiteres Problem liegt darin, dass wir leider noch nicht alle Parameter auf einmal erfassen können, dafür reicht die heutige Steuerung nicht aus. Das ist natürlich auch eine Frage der Kosten und jeder aus der Branche weiß, wie hart der Konkurrenzkampf auf dem Markt ist. Und solange der Kunde die erhöhten Kosten nicht akzeptiert, werden die Hersteller auch nicht reagieren.

Zusammenfassend bin ich also der Mei-

nung, dass wir gerade im Regelbereich noch einiges optimieren müssen. Ferner bestätigen unsere Untersuchungen bzw. die an der Uni Dortmund, dass wir noch recht wenig über die Vorgänge während des eigentlichen Verdichtungsprozesses kennen. Es ist also mehr oder weniger Zufall, welche Wirkungsgrade im Bereich von $\pm 5\%$ wir zur Zeit erzielen. In diesem Bereich sind also noch Feinabstimmungen nötig, so dass im Bezug auf die eigentliche Stufe noch Vorteile herausgeholt werden können.

Prof. W. Backé: Ich halte es für sehr wichtig, ein mathematisches Modell für den Kompressor zu haben, wenn man die Regelung der Anlage optimieren will. Habe ich das richtig verstanden, dass es zur Zeit noch kein mathematisches Modell für den Kompressor gibt?

Prof. G. Benes: Wir haben ein komplexes Berechnungsmodell für die gesamte Anlage. Dies beinhaltet z. B. die Berechnung des Kühlers, der Druckverluste in den Leitungen usw.. Das Problem stellt der eigentliche Schraubenverdichter dar. Wir sind heute leider noch nicht in der Lage, die komplexen thermodynamischen Vorgänge im Verdichter abzubilden. Hier sind wir nach wie vor auf Messergebnisse aus dem Versuchsfeld angewiesen.

J. Schmid: Im Zusammenhang mit den Energiesparmöglichkeiten möchte ich ein paar Ergebnisse einer Expertengruppe aus Herstellerkreisen im PNEUROPE bekannt geben. Diese Arbeitsgruppe hochkarätiger Fachleute aus dem Bereich des Kompressorenbaus und der Konzeption von Druckluftanlagen begleitet zur Zeit eine Studie der Europäischen Kommission zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Nach deren Aussagen könnte der Wirkungsgrad historisch gewachsener Anlagen mit den heutigen technischen Möglichkeiten bereits um 20% verbessert werden. Würde man die historisch gewachsenen Anlagen durch neue, moderne Anlagen ersetzen, so könnte der Energieverbrauch bis zu 40% reduziert werden. Gegenüber diesen Maßnahmen liegen die Verbesserungen der einzelnen Hersteller, die selbstverständlich auch notwendig sind, lediglich im kleinen einstelligen Prozentbereich.

Zu den Möglichkeiten, historisch gewachsene Anlagen durch modernste Technik zu ersetzen, zählt z.B. die Anlage mit unterschiedlichen Druckstufen zu betreiben und nicht einen Maximaldruck zu erzeugen, der an den einzelnen Verbrauchern reduziert wird. Hier sind Einsparungen im Bereich von 7 bis 7,5% möglich. Weitere 7% Einsparung werden durch den Einsatz der Wärmerückgewinnung gesehen. Durch die Verwendung von übergeordneten Steuerungen bei Anlagen, die aus mehreren Einzelmaschinen bestehen, können ebenfalls etwa 7,5% Energiekosten eingespart werden. Wer im übrigen mehr über Einsparungsmöglichkeiten erfahren möchte, sollte sich im eintägigen VDMA-Seminar „Wirtschaftliche Druckluftversorgung“ informieren.



Dipl.-Ing. Erwin Ruppelt: „Wir müssen endlich dazu kommen, dass sich sowohl die Druckluftherzeuger als auch die Druckluftanwender an einem Tisch zusammensetzen und überlegen, wie sie das System Druckluft optimieren können“

E. Ruppelt: Anhand zahlreicher Messungen bei unseren Kunden, die wir nun bereits seit 10 Jahren durchführen, kann ich die Aussagen der EU-Experten nur bestätigen. Man muss eben nicht unbedingt einen neuen Kompressor in die Station stellen, wenn die Optimierungsmöglichkeiten der Peripherie noch nicht ausgeschöpft sind. Senkt man etwa den Maximaldruck einer modernen Druckluftsteuerung um 1 bar, indem man die Schaltungen der Kompressoren z. B. auf einem Band zusammenlegt, dann spart man zunächst einmal ca. 6% Energiekosten ein. Mit der gleichen Methode reduzieren sich die Leckagen im Druckluftnetz von 20% auf etwa 15,5%, ohne überhaupt ein Loch im Druckluftsystem gestopft zu haben.

Wenn wir jedoch den Betriebsdruck um 1 bar reduzieren, dann müssen sich unsere Kunden natürlich auch mit den Herstellern der Pneumatikkomponenten auseinandersetzen. Es reicht dann nicht mehr aus, einen einfachen Druckminderer in die Anlage einzusetzen, der einen Vordruck um eine stark festgelegte Differenz reduziert. Deshalb halte ich es für sehr wichtig, dass sich



Dipl.-Ing. Hans Moritz Eberhardt: „Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen der unterschiedlichen Hersteller musste ich die Angebote zum Teil bis zur Unwirtschaftlichkeit hin korrigieren“

sowohl die Druckluftherzeuger, als auch die Druckluftanwender an einen Tisch setzen und überlegen, wie sie das System Druckluft optimieren können. Da liegt dann meines Erachtens ein wesentlich größeres Einsparungspotenzial, als wenn wir uns über ölfreie, ölgeschmierte oder öleingespritzte Kompressoren unterhalten.

Prof. W. Backé: Es sitzen ja hier zwei große Anwender von Druckluftanlagen am Tisch, vielleicht können sie einmal beschreiben, wie ihre Anlagen aufgebaut sind?

H. M. Eberhardt: Wir haben vor einigen Jahren eine Ausschreibung für das Druckluftsystem eines neuen Motorenwerkes angefertigt. Diese Ausschreibung berücksichtigte sowohl ölfreie und ölfreie Verdichterbauarten, als auch verschiedene Verdichterprinzipien, wie Turbo- und Schraubenkompressoren. Die Auslegung der Anlage haben wir natürlich nicht nur auf die Investitionskosten, sondern insbesondere auf die Betriebskosten der Anlage gestützt. Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen der unterschiedlichen Hersteller musste ich die Angebote zum Teil bis zur Unwirtschaftlichkeit hin korrigieren.

Für das geforderte Montagewerk, wo im Grunde keine ölfreie Luft gefordert wurde, war der öleingespritzte Kompressor die wirtschaftlichste Lösung. In anderen großen Werken ist die ölfreie Druckluft auf dem Vormarsch, weshalb wir das Druckluftnetz prinzipiell ölfrei gestalten.

P. B. Raithore: Die Kompressorenart wird bei uns wesentlich durch die Einsatzgebiete bestimmt. Wir haben in der Glasindustrie drei unterschiedliche Anwendungsbereiche, in denen wir extrem hohe Qualitätsanforderungen haben, wie z. B. getrocknete Luft bis -72°C . Das bedeutet, wir dürfen dort absolut kein Öl haben. In diesen Bereichen setzen wir in der Regel ölfreie Kolbenkompressoren und in manchen Orten ölfreie Schraubenkompressoren ein.

In den anderen vier Werken, die zum Teil historisch gewachsen sind, arbeiten wir sowohl mit Turbokompressoren als auch mit ölgeschmierten Kompressoren. Zur Energieeinsparung werden die ölgeschmierten Kompressoren seit Anfang der 90er Jahre verbrauchsabhängig in ihrer Drehzahl geregelt. Später haben wir diese Anlagen dann um eine Ringleitung ergänzt, um den Druckverlust im Druckluftnetz so gering wie möglich zu halten.

H. P. Achenbach: Als Komponentenhersteller und somit indirekter Abnehmer der Druckluft möchte ich einmal drei wesentliche Anforderungen an das Antriebsmedium Druckluft stellen, um die Energiekosten zu senken. Als Erstes sollte die Druckluft völlig ölfrei sein, denn das vom Kompressor kommende Öl ist nicht gerade verträglich mit den Pneumatikkomponenten. Zum Zweiten sollte die Druckluft wasserarm sein, hierfür gibt es physikalische Grundlagen. In den Pneumatikkomponenten unserer Kunden ist nämlich

häufig noch sehr viel Wasser drin. Das hängt sicherlich auch damit zusammen, dass die Kältetrocknung nur 100 % sicher und zuverlässig funktionieren kann, wenn sie regelmäßig gewartet wird. Und Drittens sollte die Druckluft in speziellen industriellen Anwendungen, wie z. B. der Lebensmittelbranche, keimfrei sein.

Ich könnte mir vorstellen, dass eine solche Basisluft, welche die zuvor genannten Eigenschaften weitestgehend erfüllt, hinterher anwendungsorientiert mit Additiven oder Ölen aufbereitet ein wirtschaft-



Dipl.-Ing. Poorna B. Raithore: „Die Kompressorenart wird bei uns wesentlich durch die Einsatzgebiete bestimmt“

liches Antriebsmedium für viele Kunden darstellt. Dann haben wir nämlich eine kalkulierbare Basisluft, und in der gesamten Prozesskette können wir wahrscheinlich nicht unwesentliche Kosten einsparen. Eine indirekte Kostenreduzierung ist gegeben durch eine Erhöhung der Verfügbarkeit.

B. Koch: Alle Techniken, die man benötigt, um die von Herrn Achenbach geforderte Basisluft zu generieren – egal, ob der Kompressor ölgeschmiert ist oder ölfrei – stehen heute bereits auf dem Markt zur Verfügung. Das einzige Problem, das wir auf unserem Markt haben, ist der extreme Wettbewerb, der viel zu früh über den Preis geht und dazu führt, dass man sich beim Kompressor oder bei den Aufbereitungsgeräten Komponenten einspart und an den Folgen zu leiden hat, weil diese Systeme auf Dauer einfach nicht zuverlässig funktionieren können.

E. Ruppelt: Eine weitere Möglichkeit der Energieeinsparung sehe ich in den Rohrleitungen. Es gibt nur sehr wenige Betriebe, die sich intensiv mit diesem Thema befassen. Das betrifft sowohl das Material der Leitungen als auch ihre ordnungsgemäße Verlegung. Was nützt eine noch so perfekte Druckluftstation, wenn ab der Schnittstelle zum Betrieb zu kleine Rohrleitungen unsachgemäß verlegt werden. Dann muss man sich nicht wundern, wenn bis zum Verbraucher 2 bar Betriebsdruck verloren gehen und der Anwender den nicht ausreichenden Druck reklamiert.

H. P. Achenbach: Ich habe mir eine Broschüre zum Thema Leitungsnetze angesehen, welche Hinweise gibt, wie man Rohrleitungen verlegt, wo man Wassersäcke anbringt usw. Leider sind das im Grunde genommen jedoch alles nur Maßnahmen an den Symptomen, weil die Ursache noch nicht dauerhaft und ausreichend beherrscht wird. Doch genau hier sehe ich die Chance der Pneumatik, dass man diese Systeme technisch und wirtschaftlich noch verbessern kann.

R. Scherff: Die Diskussion mit den Rohrleitungsnetzen hängt meines Erachtens wesentlich davon ab, ob wir von Neu- oder Altanlagen sprechen. Bei den Neuanlagen wird das System auf die Anzahl der Verbraucher abgestimmt, da sind die Rohrleitungsquerschnitte in der Regel in Ordnung. Aber wir haben natürlich auch sehr viele Altanlagen und dort treten die Probleme auf. Wenn der Druckluftverbrauch ansteigt, stellt man einfach den nächsten Kompressor hinzu und macht sich keine Gedanken über das Rohrleitungsnetz. Wenn der Kunde hier Energie sparen will, dann muss er zunächst Geld ausgeben. Und bei den knappen finanziellen Mitteln, die ihm heute zur Verfügung stehen, tut er sich schwer, dieses in die Druckluftverteilung zu investieren.

E. Ruppelt: Die Kompressorenhersteller wussten wahrscheinlich schon in den 50er und 60er Jahren, wie eine Rohrleitung zu verlegen ist. Das Problem, das wir allerdings nach wie vor haben, besteht darin, dass wir unser Fachwissen letztendlich an unsere Kunden weitergeben müssen, damit die richtig handeln. Andernfalls könnte es sein, dass Druckluft unverdient in den Ruf kommt, unwirtschaftlich zu sein.

G. W. Cromm: Da stimme ich Ihnen zu. Oft können sich die Kunden jedoch gar kein Fachpersonal leisten, die unser Fachwissen in ihren Anlagen umsetzen können. Und wenn sie Fachleute beschäftigen, dann wollen die uns nicht zuhören. Dann haben wir natürlich keine Chance.

E. Ruppelt: Ich denke, wir sollten es uns nicht so einfach machen und die Schuld beim Kunden oder sonst irgendwo suchen. Der Kunde wird ja manchmal auch dazu verführt, billige Anlagen zu kaufen. Die ersten Worte im Verkaufsgespräch beziehen sich meistens auf die Rabatte und nicht auf die technische Ausführung einer Anlage. Meiner Meinung nach muss die Technik klar in den Vordergrund gestellt werden und da sind alle gefragt, die hier am Tisch sitzen. Wir müssen die Probleme von der Verbraucherseite und von der Erzeugerseite angehen und dann wird es garantiert nicht mehr viele Kunden geben, die kein Interesse daran haben, kostengünstige Energie für ihre Produktion bereitzustellen.

Prof. G. Benes: Vor drei Jahren etwa haben wir einige Arbeiten für einen renommierten Automobilhersteller, der heute in seinem Spitzenfahrzeug eine Druckluftfederung

einsetzt, durchgeführt, welche Energie man zukünftig im Kraftfahrzeug verwenden soll. Das betraf die Bereiche Federung, Bremsen, Unterstützungshilfen usw.. Man hat sich in dieser Studie eindeutig gegen die Pneumatik für die Elektronik entschieden. Deshalb glaube ich, dass der Trend von der Pneumatik weg führt. Das ist vielleicht eine sehr einseitige Meinung. Meiner Ansicht nach muss die Druckluftindustrie heute eine andere Richtung ansteuern, um dem harten Wettbewerb entgegen zu wirken. Dabei ist es wichtig, kostengünstig, aber natürlich mit den entsprechenden Konsequenzen, auf dem Markt zu bleiben.

Prof. W. Backé: Ich glaube, dass man das nicht so generell sagen kann. Es besteht auch kein Gegensatz zwischen Elektronik, Pneumatik oder Fluidtechnik. Das sind verschiedene Bereiche, die unterschiedliche Aufgaben zu erfüllen haben. Die Elektronik wird in der Signalverarbeitung eingesetzt. Die Fluidtechnik findet man in den Antrieben z. B. die Pneumatik in der Automatisierungstechnik. Die Firma Siemens z. B. hat pneumatische Bauelemente in ihr Sortiment aufgenommen, weil man gesehen hat, wo der Trend hin geht. In der Automatisierungstechnik ist also die Pneumatik bei weitem nicht verschwunden, im Gegenteil, sie hat sogar einen Aufschwung zu verzeichnen. Es mag sein, dass die elektrischen Antriebe z. B. bei geregelten Rotationsantrieben ihre Vorteile haben, aber es gibt eine ganze Menge Anwendungen, wo die Fluidtechnik stark ist.

H. P. Achenbach: Ich bin wie viele Mitglieder der Pneumatikbranche sehr zuversichtlich, was die wirtschaftliche Entwicklung der Pneumatik betrifft. Sie wird allerdings in Zukunft einigen Veränderungen unterliegen. Die Pneumatik besteht nämlich nicht nur aus der Steuerung, den Ventilen und den Zylindern, sondern ebenfalls aus der Drucklufterzeugung und Druckluftaufbereitung. Deshalb halte ich es für eine sehr gute Idee, dass sich innerhalb der



Hans-Peter Achenbach: „Das Arbeitsmedium Druckluft sollte weitestgehend frei von Wasser, Öl und Ölresten sowie möglichst keimfrei sein. Eine solche Basisluft könnte in der gesamten Prozesskette wahrscheinlich nicht unwesentliche Einsparungen bringen“



Prof. Dr.-Ing. Georg Benes: „Wir sind heute leider noch nicht in der Lage, die komplexen thermodynamischen Vorgänge im Verdichter abzubilden“

Fachgemeinschaft die Kompressorenhersteller und Druckluftzeuger mit den Anwendern der Pneumatik gemeinsam an einen Tisch setzen. Dann können wir Probleme gemeinsam lösen und die Branche wird noch erfolgreicher sein. Das ist immer besser, als wenn jede Gruppe für sich selbst experimentiert.

J. Schmid: Wir arbeiten bereits an einer engeren Zusammenarbeit der genannten Fachverbände innerhalb des VDMA, weil wir das für einen sehr wichtigen Punkt halten.

Vorarbeit hierzu war die Einrichtung einer Fachgruppe Drucklufttechnik im VDMA, in der die Hersteller aus den Bereichen Druckluftzeugung, -aufbereitung und Kondensattechnik zusammengeführt wurden.

Diese Fachgruppe wird derzeit ergänzt um die Bereiche Druckluftverteilung, -speicherung und Messgeräte, um das komplette Druckluftsystem abbilden zu können.

Somit haben wir im VDMA die nötigen Strukturen geschaffen, damit sich die Drucklufttechnik und die Pneumatik fachverbandsübergreifend ergänzen können.

E. Ruppelt: Ich bin überzeugt, dass die Pneumatik nicht von der Bildfläche verschwinden wird. Es gibt sicherlich Bereiche, wo sie nicht angebracht ist. Wenn ich mir allerdings die Anwendungen in der industriellen Praxis ansehe, dann gibt es eigentlich kein Medium, mit dem so viele verschiedene Tätigkeiten durchgeführt werden können und das dabei so unproblematisch und sicher ist. Hier liegt ganz klar der Vorteil der Druckluft.

H. P. Achenbach: Neben diesen technischen Gesichtspunkten kann man auch wirtschaftlich argumentieren. Die Geschäftsvolumina die heute in der Pneumatik in Deutschland, in Europa, in der Welt umgesetzt werden, unterliegen Wachstumsraten, da würde sich manche andere Branche darüber freuen.

H. M. Eberhard: Zum Thema Wettbewerbsstreit zwischen der Elektronik und der

Pneumatik habe ich Folgendes erlebt. Wir haben bei der Planung des beschriebenen Motorenwerks sowohl den Strombedarf als auch den Druckluftbedarf bei den Maschinenplanern abgefragt. In der Realität war es allerdings so, dass wesentlich weniger Strom und deutlich mehr Druckluft verbraucht wurde als geplant war. Daraufhin habe ich mir die unterschiedlichen Anwendungen in unserem Werk einmal genauer angesehen und festgestellt, wie viele unterschiedliche Anwendungen es in der Pneumatik gibt.

Prof. W. Backé: Es ist sehr erfreulich zu hören, dass der Druckluftbedarf höher war als geplant. Umso wichtiger scheint es mir deshalb, dass wir die Aussage „Druckluft ist eine teure Energie“ abmildern, indem wir mit guten Wirkungsgraden arbeiten. Und da habe ich das Gefühl, dass die Hersteller intensiv daran arbeiten.

H. P. Achenbach: Ich glaube auch, dass viele namhafte Kunden heute mehr und mehr daran denken, eine komplette Systemverantwortung von draußen einzukaufen. Die kaufen nicht mehr nur einen Kompressor, ein Ventil, einen Zylinder oder ein paar Meter Leitungen. Und ich hoffe, dass sich diese Vorgehensweise, das System mit der Verantwortung auf dem Markt zu beziehen, durchsetzen wird. Denn die Kostensituation und die Wettbewerbssituation lässt uns allen keine andere Chance.

R. Scherff: Ich denke, der Kunde hat es heute wirklich gut, er erhält zum einen eine ausgezeichnete Beratung und bekommt eine Druckluftverbrauchsanalyse, die vor Jahren auch nicht Stand der Technik war. Ferner wird ihm die Auslegung der Anlage abgenommen. Er kauft keinen Kompressor mehr im eigentlichen Sinne, sondern ein Druckluftgerät mit Kompressor, Kältetrockner, Druckluftfilter und Öl-Wasser-Trenner. Das heißt, der Hersteller trägt die volle Ver-



Heinz Bauer: „Während sie in der Drucklufttechnik früher die klassische Trennung zwischen den Kompressorenherstellern und den Aufbereitern hatten, werden die Anlagen heute zunehmend komplett von einem Hersteller geliefert“



Berthold Koch: „Anwendungsbereiche für biologisch abbaubare Öle sehe ich lediglich bei Baustellenverdichtern oder bei den sehr kleinen Verdichtern, wo die Kondensataufbereitung aus Kostengründen immer eingespart wird“

antwortung für die Druckluftqualität, die definiert wurde. Und da sehe ich die Vorteile für den Kunden, indem ihm ein praktisches Energiemedium zur Verfügung gestellt wird.

Prof. G. Benes: Mit meinen Anregungen über die Zukunftsperspektiven der Pneumatik wollte ich die Hersteller sensibilisieren, dass sie nicht nur Konkurrenten untereinander sind, sondern dass auch aus anderen Antriebsbranchen eine Gefahr droht. Wir müssen heute sehr individuell auf die Probleme der Kunden eingehen und Systemlösungen anbieten. Denn wenn der Kunde nur den Kompressor kauft, sagt dieser spätestens nach einem Monat, dass er für seinen Verbraucher etwas ganz anderes wollte.

Welche Vorteile hat die Kompaktlösung von Kompressoren und Aufbereitungsgeräten?

Prof. W. Backé: Herr Bauer, Sie produzieren Kompressoranlagen mit sehr hohen Drücken. Wie sehen Sie die Kompaktlösung zwischen Kompressor und Aufbereitungsgeräten? Liefern Sie Ihren Kunden eine Systemlösung oder nur den Kompressor?

H. Bauer: Während sie in der Drucklufttechnik früher die klassische Trennung zwischen den Kompressorenherstellern und den Aufbereitern hatten, werden die Anlagen heute zunehmend komplett von einem Hersteller geliefert. Im Hochdruckbereich, wo wir zu Hause sind, war das schon immer so. Wir bieten grundsätzlich nur Systemlösungen an. In der Kunststofftechnik z.B. werden heute Hohlprofile mit der Gasinnendrucktechnik produziert. Da benötigt man sehr komplexe Anlagen mit Steuerungen im Millisekundenbereich. In diesen Anwendungsfällen kann der Kunde mit dem Kompressor alleine gar nichts anfangen. Das Problem für uns ist nur, dass diese Märkte im Gegensatz zum Niederdruckbereich sehr

klein sind. Das Gesamtumsatzvolumen dieser Branche liegt weltweit bei nur ca. 20 Millionen DM, obwohl man andererseits sehr viel Engineering benötigt.

Werden sich biologisch abbaubare Kühl- und Schmierstoffe für Kompressoren auf die Dauer durchsetzen?

B. Koch: Die Untersuchungen die wir bisher durchgeführt haben laufen darauf hinaus, dass biologisch abbaubare Öle, die in einem Schraubenverdichter eingeführt werden, nach einer Betriebszeit von 500 bis 1000 Stunden die gleichen CSB-Werte (chemischer Sauerstoffbedarf zur Neutralisation) aufweisen wie ein Mineralöl. Das liegt daran, dass insbesondere der öleingespritzte Schraubenverdichter alle Verunreinigungen aus der atmosphärischen Luft aufnimmt und ins Öl einmischt. Da spielt es dann keine Rolle, ob sie biologisch abbaubares Öl oder Mineralöl verwenden.

Ferner kommt noch ein anderer Faktor hinzu. Wenn die biologisch abbaubaren Öle ins Kondensat gelangen, dann entsteht in der Regel eine Emulsion und nicht mehr ein durch Schwerkraft separierbares Öl-Wasser-Gemisch. Und die Aufbereitung dieser Emulsion ist erheblich aufwendiger als herkömmliche Öl-Wasser-Gemische. Deshalb halte ich es für unsinnig, biologisch abbaubare Öle in Kompressoren einzusetzen.

Anwendungsbereiche für biologisch abbaubare Öle sehe ich lediglich bei Baustellenverdichtern oder bei den sehr kleinen Verdichtern, wo die Kondensataufbereitung aus Kostengründen immer eingespart wird. Aber auch das ist letztlich nur eine Alibi-funktion, da sich das umweltfreundliche biologisch abbaubare Öl nach einer gewissen Zeit nicht mehr vom Mineralöl unterscheiden lässt.

R. Scherff: Ich kann diese Aussage nur unterstützen. Oft wird sogar noch der Eindruck erweckt, dass man die biologisch abbaubaren Öle unaufbereitet in die Kanalisation einleiten darf und ich denke dieser Ansatz ist völlig falsch.

G. W. Cromm: Ich halte es für sehr wichtig, Öle einzusetzen, die eben nicht zur Emulsion neigen und sich somit sehr leicht separieren lassen. Wenn man nämlich einmal die Kosten für das teure biologisch abbaubare Öl und die Kosten für die komplizierte Trennung des Öl-Wasser-Gemisches der Emulsion sieht, dann ist es sicher günstiger, kein biologisch abbaubares Öl zu verwenden. Ferner ist es umweltfreundlicher und risikoärmer, eine konventionelle Öl-Wasser-Trennung einzusetzen.

H. Bauer: Bei uns laufen Anlagen, in denen Magnetventile ausfallen, weil die Öle so aggressiv sind. Wir haben hier pH-Werte bis 3 herunter gemessen. Deshalb sind wir mit dem Einsatz der synthetischen Öle sehr vorsichtig geworden.



Udo Preußler: „Wir wissen, dass die Nachbereitung der Druckluft heute unter Umständen sehr teuer werden kann, wenn wir an der Kompressoranlage nicht entsprechende Vorbereitungen getroffen haben“

E. Ruppelt: Das kommt daher, dass einige synthetische Öle Säurebildner aufweisen, die in Verbindung mit der Luft und der entsprechenden Luftfeuchtigkeit Säuren freisetzen können. Deshalb sollte man keine Öle auf reiner Estherbasis verwenden. Die normalen Kompressorenöle wirken heute eigentlich mehr basisch auf das gesamte System. Wir haben vor einiger Zeit eine Erhebung quer durch Deutschland gemacht und den pH-Wert der Kondensate in Druckluftstationen untersucht. Der mittlere pH-Wert lag hierbei zwischen 6 und 7. Bei Stationen mit ungeschmierten Kompressoren lagen die pH-Werte zwischen 3 und 5 noch niedriger. Wir vermuten, dass dies durch das Schwefeldioxid in der Atmosphäre hervorgerufen wird.

R. Scherff: Die Aussage, dass der pH-Wert bei der ölfreien Verdichtung bis 3 herabfällt, kann man so pauschal nicht sagen. Sicherlich gibt es den ein oder anderen Einsatzort, wo die Schwefelkonzentration in der Umgebungsluft etwas höher ausfällt, das hat jedoch nichts mit dem Verdichtungsprinzip zu tun.

Nehmen wir als Beispiel den ölfreien Verdichter. Wir saugen die feuchte Luft aus der Umgebung an. Das ist die Feuchtigkeit, die wir jeden Morgen als Tau auf unseren Autos finden. Da sind keine Öle drin enthalten. Wenn diese Luft nun in den Ansaugfilter gelangt, werden zunächst die Schwebstoffe, in denen auch die Schwefelpartikel enthalten sind, weitestgehend aus der Luft gefiltert. Im Anschluss wird die Luft verdichtet, gekühlt, nochmals verdichtet und wieder gekühlt. Und in dem Kondensat, das hierbei abfällt, können einfach keine hohen Schwefelkonzentrationen vorhanden sein, denn Gase verbinden sich nicht mit dem Kondensat.

E. Ruppelt: Tatsache ist, dass in der Luft Schwefeldioxid im Mikrogrammbereich vorhanden ist und das sind keine Partikel, sondern Gase. Davon braucht man nicht viel, um das Kondensat sauer zu machen.

U. Preußler: Wir wissen, dass die Nachbereitung der Druckluft heute unter Umständen sehr teuer werden kann, wenn wir an der Kompressoranlage nicht entsprechende Vorbereitungen getroffen haben. Deshalb halte ich es für wichtig, dass wir uns zusammen tun, um eine Durchgängigkeit der gesamten Druckluftkette anbieten zu können. Dann ist der Kunde, also unser gemeinsamer Anwender, viel besser beraten.

E. Ruppelt: Ich habe die Erfahrung gemacht, dass innerhalb der Druckluftanlagen häufig auch eine Kettenaufbereitung durchgeführt wird. Nur weil man an einer Stelle eine etwas besser aufbereitete Luft benötigt, wird die gesamte Kompressorstation bis zur Oberkante mit Filtern voll gestopft. Meines Erachtens sollte die Druckluft deshalb zentral so gut wie möglich aufbereitet und je nach Anwendungsfall, wie z. B. im Lebensmittelbereich, dezentral nachbereitet werden.

H. M. Ruckh: Vergleicht man die Intelligenz der zentralen Druckluftstation mit der der dezentralen Aufbereitungseinheiten, so stellt man fest, dass hier lange Zeit sehr steinzeitlich gearbeitet wurde. Heute sehen wir hingegen die Tendenz, das Öl ganz gezielt zuzuführen, die Filter zu überwachen, die Regler elektronisch anzusteuern, d. h. viel mehr Intelligenz in die dezentrale Druckluftaufbereitung zu integrieren.

Welche Möglichkeiten der Funktionsoptimierung von Aufbereitungsgeräten und Wartungseinheiten sind durch den Einsatz von Sensoren und Mikroelektronik gegeben?

E. Ruppelt: Es gibt heute ein elektronisches System, das den Differenzdruck am Filter misst, anzeigt und berechnet, wann der Filter unwirtschaftlich arbeitet. Dies ist zweifellos eine phantastische Lösung, um die Wirtschaftlichkeit einer Druckluftanlage zu erhöhen. Leider ist bei einigen Produkten die Genauigkeit durch den Einsatz von Drehwinkelmeßinstrumenten schlechter als die erforderliche Messgenauigkeit am Filter. Und genau dieses kritisiere ich an der Drucklufttechnik: Man hat zwar technisch brillante Ideen, bei der Umsetzung treten dann jedoch erhebliche Mängel auf. Das findet man nicht nur bei diesem Gerät, sondern auch in einigen anderen Systemen. Da tun wir uns alle keinen Gefallen und darüber sollte man eigentlich insgesamt in der Branche nachdenken.

Prof. W. Backé: Welche Betriebsparameter müssen in den modernen Kompaktanlagen vordringlich überwacht werden? Welche Möglichkeiten der Überwachung und Diagnose ergeben sich hierdurch?

R. Scherff: Zur Diagnose und Überwachung haben wir eine elektronische Steuerung in die Anlage integriert. Hierbei muss man

unterscheiden zwischen der sicherheitsrelevanten und der betriebsrelevanten Überwachung. Die wichtigsten Parameter bei der sicherheitsrelevanten Überwachung sind der Betriebsdruck und die Temperatur. Bei der öleingspritzten Schraube z. B. schreibt der Gesetzgeber eine Maximaltemperatur vor. Diese muss man kontrollieren und den Kompressor gegebenenfalls abschalten. Den Betriebsdruck überwachen wir zum einen elektronisch und zum zweiten, weil der Gesetzgeber es fordert, mit einem Sicherheitsventil.

Bei der betriebsrelevanten Überwachung wird die Laufzeit des Kompressors aufgenommen und es werden die Differenzdrücke über dem Ölseparator und über dem Druckluftfilter gemessen, so dass man eine zustandsorientierte Wartung ausführen kann. Der Zustand der Anlage wird dem Anwender entweder über eine Klartextanzeige am Kompressor dargestellt und es wird ein Summenwert an die Leitwarte gemeldet, dass eine Wartung erforderlich ist oder eine Störung an der Maschine vorliegt.

B. Koch: In diesem Zusammenhang vermisse ich in den Kompaktanlagen einen Feuchtigkeitssensor, der wirklich den Drucktaupunkt in der Maschine bestimmt und mit einem entsprechenden Grenzwertmelder reagiert, wenn die geforderten Werte überschritten werden.

Des Weiteren muss ich bemängeln, dass die Kondensatableitungen in diesen Maschinen standardmäßig auf einem sehr niedrigen Niveau aufgebaut sind. Stand der Technik wäre heutzutage ein elektronisch niveaugeregeltes System, das auch für kleinste Anlagen verfügbar ist.

E. Ruppelt: Da gebe ich Ihnen Recht, die standardmäßige Messung der Drucklufttrocknung liegt heute noch sehr im Argen. Nehmen wir als Beispiel die Kältetrockner. Hier gibt es heute die ISO 8573, Klasse IV, Taupunkt +3 °C, die im Regelfall für die normale Betriebsluft ausreicht. Im Marktgeschehen erleben wir jedoch, wie sich die Verkäufer untereinander unterbieten und den Kältetrockner immer noch eine Nummer zu klein anbieten. Folglich rutscht der Taupunkt auf +10 °C bis +15 °C hoch und beim geringsten Staubkörnchen im Kondensator ist das Gerät defekt. Ich halte es für sinnvoller, die Temperatur der Druckluft zu überwachen, gleichzeitig die Kondensatableitung zu kontrollieren und die Geräte mit ausreichender kältetechnischer Reserve auszustatten. Dann ist relativ sicher, was hinten aus der Anlage heraus kommt.

J. Braun: Ich beschäftige mich innerhalb unserer Firma mit der Druckluftaufbereitung und stehe sozusagen zwischen den Kompressorherstellern und Anwendern der Pneumatik. Für mich geht der Trend in der Druckluftaufbereitung ebenfalls in die Mikroelektronik, so wie es hier schon oft angesprochen wurde. Ich bin jedoch nach wie vor skeptisch, ob der Kunde das honorieren wird, wenn wir die gesamte Überwachung der Druckluft realisieren werden.



Dipl.-Ing. Johannes Braun: „Ich bin jedoch nach wie vor skeptisch, ob der Kunde das honorieren wird, wenn wir die gesamte Überwachung der Druckluft realisieren werden“

Man kann natürlich Qualität produzieren und verkaufen, aber es wird immer wieder Anbieter geben, die ihre Produkte über den Preis verkaufen. Hiermit muss man einfach leben, das ist die freie Marktwirtschaft.

Prof. W. Backé: Herr Eberhard, Sie haben eine neue Anlage geplant, welche Maßnahmen der Diagnose bzw. Ferndiagnose haben Sie vorgesehen?

H. M. Eberhard: Wir haben von einer Regelfirma einen übergeordneten Steuerstand aufbauen lassen, der die ganze Druckluftstation inklusive der Kompressoren, der Trockner usw. steuert und überwacht. Die Störmeldungen werden zum Teil einzeln und zum Teil gesammelt an eine Druckluftleitwarte weitergegeben.

R. Scherff: Interessieren Sie sich als Betreiber der Anlage auch für die analogen Werte in den einzelnen Komponenten der Anlage?



Dipl.-Ing. (FH) Hans M. Ruckh: „Vergleicht man die Intelligenz der zentralen Druckluftstation mit der der dezentralen Aufbereitungseinheiten, so stellt man fest, dass hier lange Zeit sehr steinzeitlich gearbeitet wurde“

H. M. Eberhard: Wir installieren zur Zeit eine neue Steuerung für zwei Druckluftstationen. Dort können wir uns auf einem Bildschirm ein Gesamtübersichtsbild der Druckluftstationen anschauen. Ferner können wir die einzelnen Verdichter einzeln betrachten und uns ein Schaltbild vom Verdichter anzeigen lassen. In diesem Schaltbild werden die Analogwerte, wie z. B. Kühlwasseraustrittstemperatur, Druck und Öltemperatur, getrennt aufgeführt.

E. Ruppelt: Wir erfassen die Analogwerte unserer Anlagen durch eine geeignete Sensorik, transferieren sie durch einen integrierten PC und eine entsprechende Bustechnik und übertragen sie in allgemeine Datennetze. Damit können wir heute schon eine Anlage, die auf der anderen Seite des Erdballs steht, über eine entsprechende Leittechnik genau diagnostizieren. Diese Technologie ist in unseren Kompressoren bereits Standard und wird sich auch in den Aufbereitungssystemen durchsetzen. Es kann sich einfach niemand mehr leisten, einen Monteur z. B. nach Asien zu schicken, um eine Druckluftanlage zu analysieren. Das wird in Zukunft über Teleservice geschehen und da stehen wir meiner Meinung nach noch ganz am Anfang.

Prof. W. Backé: Können Sie sich in die Steuerung Ihrer Kompressoranlage einloggen und dann sehen, welche Fehler auftreten?

E. Ruppelt: Wir betreiben Druckluftstationen, mit denen wir Druckluft zum Festpreis anbieten – sogenanntes Out-Sourcing oder auch Druckluft-Contracting. In diese Anlagen kann ich mich jederzeit einloggen, sowohl vom Computer an meinem Arbeitsplatz als auch vom Laptop an irgendeiner Telefonbuchse. Ich sehe dann genau, welche Kompressoren gerade laufen, in welchem Zustand sie sich befinden, wie der Differenzdruck an den einzelnen Filtern aussieht, welche Volumenströme gerade abgenommen werden usw. Das heißt, für uns ist eine Station beim Kunden heute genau diagnostizierbar, ohne dass wir selbst vor Ort sein müssen. Für den Kunden heißt das, die Wartungskosten werden geringer und die Druckluftverfügbarkeit wird merklich erhöht.

G. W. Cromm: Wir haben in diesem Bereich ein neues Marktsegment, wo der Kunde keine Druckluftstation mehr kauft, sondern einfach nur die Druckluft. Und die Anlagenbauer, die sich darauf spezialisiert haben, überwachen den Zustand ihrer Anlage mit einem Laptop und einem Mobiltelefon.

R. Scherff: Bei der Frage, wie viel Intelligenz man in eine Überwachung einer Druckluftstation integriert, sollte man beachten, welche Kompetenz der Anlagenbetreiber besitzt. Wenn der Hersteller die Anlage überwacht, dann macht es Sinn, dem Serviceverantwortlichen in seiner Leitwarte so viele Informationen zur Verfügung zu stellen wie eben möglich. Aber ich denke, das sind noch sehr wenige Einheiten mit wach-

sender Tendenz. Der Standardbetreiber, der seine Druckluftanlage noch selbst überwacht, das dürften heute mit Sicherheit 90% der Anwendungen sein, braucht diese Informationen einfach nicht. Im Gegenteil, die unzähligen Informationen verunsichern ihn und er weiß nicht, wie er diese beurteilen soll. Ich denke, es reicht, ihm die relevanten Messgrößen wie Druck, Temperatur und Feuchtegrad anzuzeigen. Das sind die Qualitätsmerkmale und die sollten analog zur Verfügung stehen, aber alle anderen Informationen, die der Kompressor noch hergeben könnte, sind meines Erachtens uninteressant.

G. W. Cromm: Wir haben die elektronische Überwachung in unseren Kompressoren so aufgebaut, dass zunächst einmal alle möglichen Daten aufgenommen werden. Die Entscheidung, welche Daten der Kunde davon sehen und verarbeiten will, überlassen wir dem Kunden selbst. Denn je mehr Überwachung und je mehr Monitore wir einbauen, desto mehr kann auch passieren.

E. Ruppelt: Ich gebe Ihnen ganz klar darin Recht, dass Überwachung eine Anlage nicht direkt betriebssicherer macht. Es ist viel mehr so, dass durch vorbeugende Wartung unvorhersehbare Störungen weitestgehend verhindert werden können. Man kann zudem heute Software über Layer und Zugangsberechtigungen so intelligent aufbauen, dass wichtige Informationen von weniger wichtigen Informationen getrennt werden und somit nur noch dem Fachpersonal zur Verfügung stehen.

G. W. Cromm: Wenn man für seinen Kunden Teleservice betreibt, dann sollte man sich auch über die rechtlichen Konsequenzen im Klaren sein. Denn wenn man in eine Druckluftstation eingreift und irgendetwas verändert, dann kann das unter Umständen katastrophale Folgen haben. Deshalb glaube ich, dass der 100%-ige Teleservice, wie sich den einige wünschen, noch ein paar Jahre auf sich warten lässt.

Prof. W. Backé: Wenn man sich vorstellt, dass man eine solche Menge von Informationen über die Druckluftanlage hat, ist dann vielleicht in der Zukunft die Möglichkeit gegeben, eine Optimierung durch die Software innerhalb der Anlage auszuführen zu lassen, ohne dass von außen eingegriffen wird?

E. Ruppelt: Ich halte das für einen ganz wichtigen Punkt. Deshalb haben wir auch unsere Kompressoren vor zwei Jahren mit PCs ausgestattet, weil wir hier eine Möglichkeit sehen, das Leistungspotenzial der Maschine weiter auszuschöpfen. Ferner können wir hiermit Messwerte aufnehmen, die wartungstechnisch interessant sind und somit die Lebensdauer der Anlage erhöhen.

H. P. Achenbach: Wir haben in den vorherigen Diskussionen eine Fülle von Möglichkeiten kennen gelernt, um wichtige Betriebszustände von Kompressoren und Aufbereitungsgeräten zu erfassen. Das ist zur Zeit die

Hightech, wo sich auch die Entwicklungen abspielen. Da funktionieren auch Ventile und unsere Zylinder einwandfrei.

In der Praxis draußen im Unternehmen hat man allerdings nicht immer dieses professionelle Personal, das sich voll- oder hauptamtlich mit der Drucklufttechnik befasst. Da findet man noch kleine Kompressoren mit einer unterdimensionierten Wartungseinheit, die eine Druckluft mit Luftfeuchtigkeit produziert. Deshalb gibt es inzwischen vermehrt Hersteller von Maschinen, die die Druckluftherzeugung in der erforderlichen Qualität bereits in ihre Maschine integrieren. Diese Hersteller riskieren es nicht mehr, ihre Hochleistungsmaschinen beim Kunden aufzustellen und dann aus einem uralten Kompressor oder einem veralteten Druckluftnetz versorgen zu lassen. Hiernit ist meines Erachtens eine Maßnahme ergriffen worden, um den Energieverbrauch der Anlagen nachhaltig zu reduzieren. Die wollen kein Monitoring, wo sie erkennen können, ob ein Ventil geschaltet hat oder nicht, die investieren ihr Geld lieber in die Betriebs- und Funktionssicherheit ihrer Anlagen. Das ist eine neue Welt, eine Veränderung, weil der Maschinenhersteller sagt, meine Anlage draußen muss funktionieren und da mache ich mich nicht von der Luftqualität meiner Kunden abhängig.

Prof. W. Backé: Meine Herren, wir haben die Thematik der Druckluftherzeugung und -aufbereitung meiner Ansicht nach sehr ausgedehnt diskutiert, haben die Schwächen und Stärken der Pneumatik herausgearbeitet und ich hoffe, dass sie auch einige Anregungen mit nach Hause nehmen können. Ich möchte Ihnen recht herzlich für Ihre wertvollen Beiträge danken.

Resümee

Bei der Vielzahl der Kompressorbauarten sind ganz neue Verdichterprinzipien nicht in Sicht, vielmehr scheint sich die Entwicklung mittelfristig in diesem Bereich auf konstruktive Modifikationen zu beschränken. Viele Vorteile sind mit der Wassereinspritzkühlung von Schraubenkompressoren verbunden. Die damit entstehenden Probleme hinsichtlich der Materialfragen und Wasseraufbereitung stehen jedoch einer baldigen Markteinführung entgegen.

Was die Marktanteile der verschiedenen Kompressorbauarten anbetrifft, so muss sehr genau nach dem Kundenkreis unterschieden werden. Im Heimwerkerbereich liegt der ölgeschmierte und luftgekühlte Kolbenkompressor zahlenmäßig vorn. Im Handwerk und in der Industrieanwendung überwiegen Rotationskompressoren. Ganz allgemein ist ein Trend zu ölfreier Verdichtung zu verzeichnen. Dazu sind vor allem Scroll- und Schraubenverdichter geeignet. Im hohen Leistungsbereich setzen sich bei ölfreier Verdichtung Turbo- und Schraubenkompressoren immer stärker durch.

Neuartige Materialien haben zur Zuverlässigkeit von Kompressoren beigetragen,

wie an dem Beispiel der Beschichtung von Zylindern und Kolben bei ölfreien Kolbenkompressoren deutlich gemacht wurde.

Intensiv wurden die Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei der Erzeugung und Verteilung der Druckluft diskutiert. Neben konstruktiven Maßnahmen – wie z. B. Direktantrieb des Kompressors ohne Zwischenschaltung von Getrieben durch den drehzahlgeregelten Motor – werden vor allem geeignete Regelungskonzepte als aussichtsreich zur Wirkungsgradverbesserung angesehen. Allerdings muss dieses Regelungskonzept sich nach der Zusammenstellung der Kompressorstation richten, die sehr unterschiedlich aufgebaut sein kann.

Ein weiteres Problem bei der energiemäßigen Optimierung von Kompressoranlagen ist, dass das Betriebsverhalten von einer großen Zahl von Parametern beeinflusst wird. Auch gibt es z. B. kein mathematisches Modell für die komplexen thermodynamischen Vorgänge bei der Verdichtung in Schraubenkompressoren, so dass man auf experimentelle Ergebnisse zurückgreifen muss.

Eine energiesparende Auslegung der Anlage setzt voraus, dass der erforderliche Druckluftverbrauch bekannt ist. Dann lässt sich z. B. durch Anpassung der Motordrehzahl ein optimaler Arbeitsbereich einhalten.

Es wurde von den Ergebnissen einer Expertengruppe von Herstellern berichtet (PNEUROP), die aussagt, dass mit den heute verfügbaren Mitteln der Wirkungsgrad von existierenden Druckluftzeugungsanlagen um 20 % verbessert werden könnte. Möglichkeiten dazu bieten z. B.: Anwendung unterschiedlicher Druckstufen, Reduzierung des Maximaldruckes, Minimierung der Leckage oder Wärmerückgewinnung. Bei Einsatz aller bekannten Maßnahmen zur Energieeinsparung könnte bei neu errichteten Anlagen der Energieverbrauch sogar um 40 % reduziert werden.

Ein Problem, das bei Anlagen auftritt, die im Laufe der Zeit erweitert werden, ist das dann nicht hinreichend dimensionierte Leitungsnetz, was zu hohen Druckverlusten führen kann. Von Verbraucherseite wurde hier die Installation einer Ringleitung vorgeschlagen, durch die größere Volumenströme zu weiteren Verbrauchern mit geringen Druckverlusten geleitet werden können.

Die Frage, inwieweit die Druckluft als Energieart von der Elektronik verdrängt werden könnte, wurde eindeutig verneint. Elektronik und Pneumatik ergänzen sich vielmehr, indem die Signalerzeugung, -weiterleitung und -verarbeitung elektronisch erfolgen und die eigentlichen Antriebsfunktionen pneumatisch geschehen. Am Beispiel einer komplexen Druckluftanlage für ein Motorenwerk wurde aufgezeigt, dass der Druckluftverbrauch wesentlich höher lag als ursprünglich geplant, da immer mehr Funktionen von der Pneumatik übernommen wurden.

Der Vorteil der Kompaktlösung aus Kompressor und Aufbereitungsgeräten liegt für den Kunden darin, dass ihm die Auslegung der Anlage abgenommen wird. Der Hersteller trägt die volle Verantwortung für die

Druckluftqualität, wie sie vom Kunden spezifiziert wurde.

Ziemlich einig waren sich die Kompressorenhersteller in der kritischen Haltung gegenüber biologisch abbaubaren Kühl- und Schmierstoffen. Es wurden dafür verschiedene Gründe genannt. So werden z. B. bei öleingespritzten Schraubenverdichtern alle Verunreinigungen aus der Luft in das Öl eingemischt. Bei Ölen auf Esterbasis führt die Zufuhr von Feuchtigkeit zur Bildung von sauren Anteilen. In gleicher Richtung wirkt möglicherweise das angesaugte Schwefeldioxid. Die abbaubaren Öle führen vielfach zu Emulsionen, die nicht mehr durch Schwerkraft separierbar sind, so dass eine aufwendige Trennung der Ölanteile notwendig wird. Ihre Entsorgung in die Kanalisation wird abgelehnt.

In Druckluftzeugungsanlagen sind heute Sensoren zur Diagnose und Überwachung integriert. Man kann sicherheitsrelevante und betriebsrelevante Überwachung unterscheiden. Für die Sicherheit sind die Überwachung des Betriebsdruckes und der Temperatur relevant. So muss z. B. bei einer vorgeschriebenen Maximaltemperatur bei öleingespritzten Kompressoren die Anlage abgeschaltet werden. Die betriebsrelevante Überwachung umfasst z. B. die Laufzeit des Kompressors, die Differenzdrücke am Ölseparator und den Filtern. Damit ist eine zustandsorientierte Wartung möglich. Als wünschenswert wird zusätzlich ein Feuchtigkeitssensor angesehen, der den Drucktaupunkt in der Anlage bestimmt.

Bei großen Druckluftanlagen ist eine Ferndiagnose üblich, die auf einem Monitor die Gesamtübersicht einer Station darstellt. Es können jedoch auch einzelne Anlagenteile wie Kompressoren betrachtet und in ihrer Funktion beurteilt werden. In dieser Ausbaustufe ist auch die Übertragung der gemessenen Daten durch entsprechende Bussysteme über große Entfernungen möglich.

Damit wird möglicherweise ein neues Marktsegment erschlossen, in dem der Kunde keine Druckluftstation anschafft, sondern die Versorgung mit Druckluft einkauft. Der Anlagenhersteller überwacht den Zustand seiner Anlage über einen Laptop und sichert die Funktion über Teleservice.

Der Standardbetreiber – das dürften über 90 % der Anwender sein – wird aber mit der Information über die relevanten Messgrößen wie Druck, Temperatur und Feuchtegrad ausreichend bedient sein.

Aus der Diskussion wurde deutlich, dass die gesamte Branche intensiv bemüht ist, den Ruf der Druckluft als teure Energieform zu verbessern und ihre Qualität den Anforderungen der Anwender möglichst wirtschaftlich anzupassen.