

Verdichten und Wahrheit

Robert Hilfiker

In DRUCKLUFTECHNIK 9-10/98 erschienen

Verdichten und Wahrheit

Robert Hilfiker

Aus Anlass des 75. Firmenjubiläums der Pneumofore, Turin, fasst der Seniorchef, der während 40 Jahren die Geschicke der Firma mitgestaltete, nachfolgend einige technische Gedanken und persönliche Erfahrungen zusammen. Die verschiedenen Kompressorenbauarten werden nicht nur hinsichtlich ihrer Leistungscharakteristika gegenübergestellt, sondern auch im Hinblick auf ihre Anpassungsfähigkeit an neuere Anforderungen wie z.B. Energiesparen und Umweltschutz.

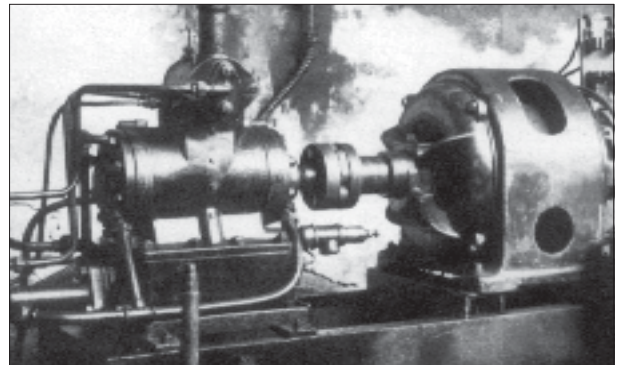


Bild 2 - Der allererste Rotationskompressor mit Öleinspritzkühlung aus dem Jahr 1927 (Pneumofore mod. A12, 25 PS)

Die Entwicklung der Kompressorenbauarten

Die ersten Kolbenkompressoren waren einstufig mit fast isentropischem Verdichtungsverlauf. Sie wurden ersetzt durch zweistufige Kompressoren mit Zwischenkühlung und einem höheren Wirkungsgrad (siehe T-S-Diagramm (Bild 1), worin die Flächen der geleisteten Arbeit entsprechen), jedoch mit komplexem mechanischem Aufbau. Probleme: Störende Schwingungen, teurer Unterhalt. Aus diesen Gründen werden heute zweistufige Kolbenkompressoren praktisch nur für Spezialanwendungen hergestellt.

In allen früh industrialisierten Ländern gab es viele Hersteller von Kolbenkompressoren. Rotationskompressoren waren damals gleichbedeutend mit Drehschieberkompressoren. Die ersten Rotationskompressoren arbeiteten zweistufig und waren mit Tropföler und Zwischenkühlung ausgerüstet. Es folgte die Entwicklung von einstufigen Rotationskompressoren mit Umwälzschmierung. Nur wenige Hersteller entwickelten die Rotationskompressoren weiter und brachten sie zur Produktionsreife.

Vor etwa 30 Jahren tauchten die einstufigen Schraubenkompressoren mit Öleinspritzung auf, die als Nachfolger der Kolbenkompressoren galten. Energetisch gesehen waren dies nicht nur ein, sondern zwei Schritte zurück. Warum? Der Kolbenkompressor mit elastischen Kolbenringen verfügt, wie der Verbrennungsmotor, über eine aktive Abdichtung gegenüber dem Zylinder, wogegen die Schrauben der Schraubenkompressoren die Außenwand nicht berühren dürfen – eine passive Dichtung mit Verlusten und Rückströmungen. Die Problematik nimmt zu, sobald das Radialspiel der Rollenlager durch Abnutzung

größer wird. Der vorprogrammierte Lebenszyklus einer Schraubenstufe beträgt darum nur 25000 Betriebsstunden, was ein ausgesprochener Nachteil ist.

Es ist einfacher, Schraubenstufen einzukaufen als den Rotationskompressor weiter zu entwickeln. Und so kommt es, dass heute die meisten Anbieter von Schraubenkompressoren Standard-Elemente zusammenbauen. Der Anwender muss dann nachträglich auf eigene Kosten feststellen, welche Herkunft die verschiedenen Stufen in seinen Schraubenkompressoren haben. Nur Rotationskompressoren, die dauernd erneuert und verbessert wurden, konnten überleben. Neben Pneumofore sind in Europa Wittig, Hydrovane und Mattei aktive und erfolgreiche Hersteller von Rotationskompressoren.

Entwicklung des Drehschieberkompressors

Vor 90 Jahren entwickelte Wittig den Drehschieberkompressor, der zweistufig mit Zwischenkühlung 7 bar erreichte. Ein Dutzend Firmen übernahmen das Prinzip und produzierten jahrzehntelang zweistufige Rotationskompressoren mit Tropfölerschmierung und 24 Stahlschiebern.

1927, also vor 71 Jahren, entwickelte Pneumofore in Turin den allerersten einstufigen Rotationskompressor mit Öleinspritzkühlung und 15 Aluminiumschiebern (Kom-

pressor Typ A12, 156 m³/h, 25 PS; Bild 2).

Bereits 1930 erhielt Pneumofore das deutsche Reichspatent 510603 für das von ihr entwickelte System der Ölabscheidung. In den folgenden Jahren wurden laufend größere Modelle hergestellt bis zu Einheiten von 400 kW, die seit Jahrzehnten laufen und das Leben und Sterben zweistufiger Kolbenkompressoren überdauert haben.

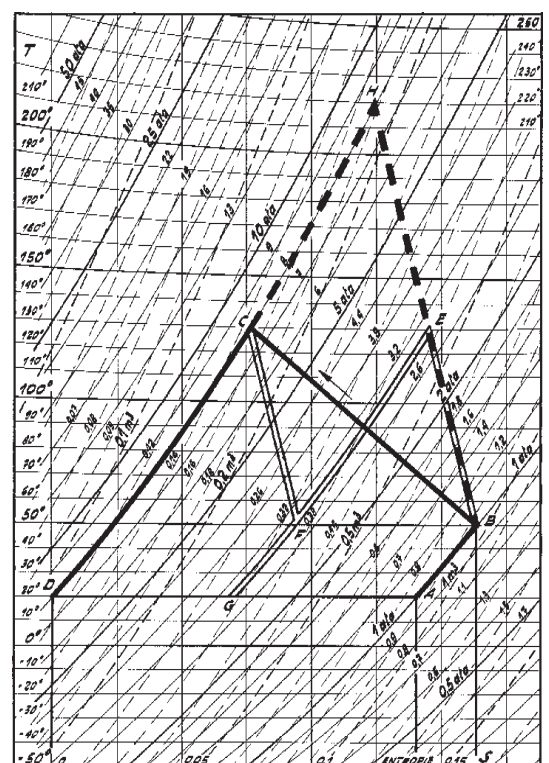


Bild 1 - T-S-Diagramm mit Beispiel eines einstufigen Kolbenkompressors, einer zweistufigen Verdichtung mit Zwischenkühlung und eines einstufigen Kompressors mit Öleinspritzkühlung.

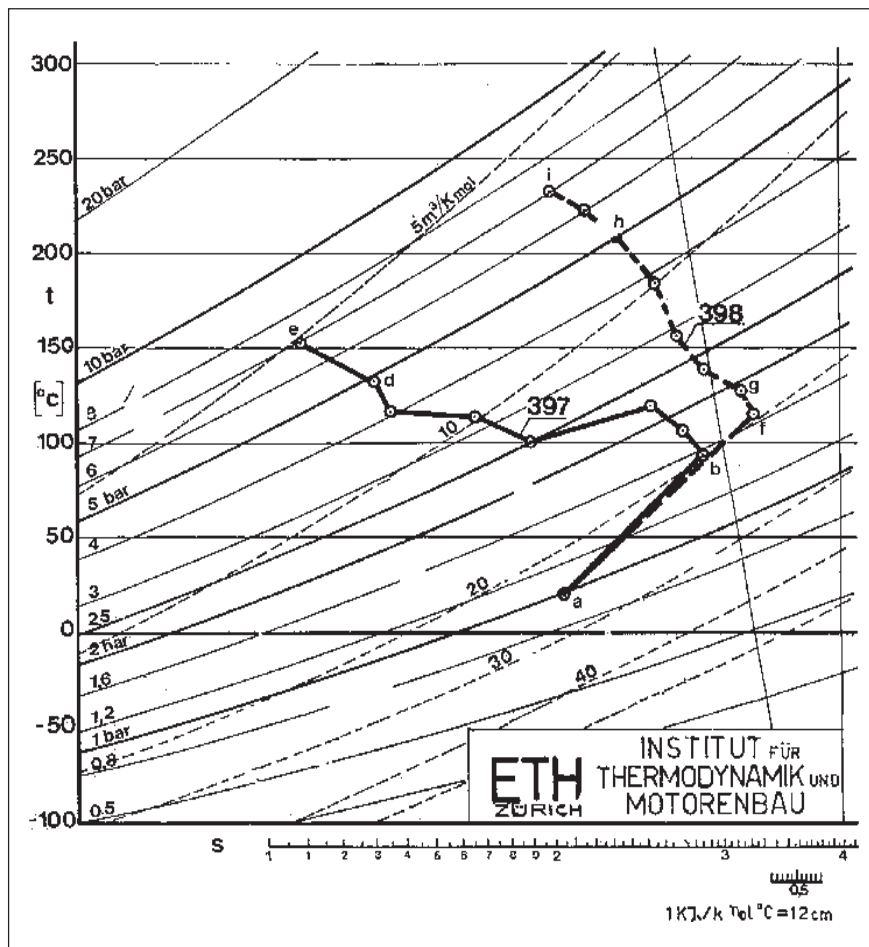


Bild 3 - T-S-Diagramm (Messung mit Piezoquarzen; 398: traditionelle Öleinspritzung; 397: Intensiv-Öleinspritzkühlung)

Vor über 50 Jahren wurde in England zu Rüstungszwecken ein neuartiger, luftgekühlter Drehschieberkompressor mit acht gusseisernen Schiebern und stufenloser Mengenregelung entwickelt.

Von Pneumofore in Zusammenarbeit mit Hochschulen durchgeführte Grundlagenforschung brachte umwälzende Neuerungen in die Kompressorenwelt. Das Intensiv-Öleinspritzsystem ist die einzige Neuerung der letzten Jahrzehnte, welche positiv in den thermodynamischen Verdichtungsprozess eingreift (Bild 3). Die Intensiv-Öleinspritzkühlung wird gut veranschaulicht durch die Definition „Bürsteneinspritzung“: Viele feine Ölstrahlen kühlen die Luft im Abschnitt der höchsten Druckzunahme.

Bei den meisten Schraubenkompressoren erfolgt die Öleinspritzung mit axialen Löchern von \varnothing 6-8 mm. Dabei kann es – entgegen anders lautenden Behauptungen – nicht zu einer Zerstäubung kommen, weil das Druckverhältnis zu niedrig ist. Das Öl wirkt somit hauptsächlich als Dichtung und Schmierung zwischen den Schrauben und dient nur geringfügig der Kühlung der verdichtenden Luft.

Weitere Grundlagenforschungen führten u.a. zur Erkenntnis, dass größere Drehschiebereinheiten betriebssicherer sind als große Schraubenstufen. Dies kann aufgrund der geometrisch-thermischen Zusammenhänge erklärt werden: Beim Drehschieber erfolgt das Ansaugen der Luft gleich-

mäßig verteilt senkrecht zur Drehachse, ebenso der Ausstoß der verdichteten Luft. Die entstehenden linearen Wärmedehnungen werden leicht durch die aktiv wirkenden Schieber kompensiert. Bei den Schraubenstufen erfolgt das Ansaugen an einem Ende des Gehäuses und der Ausstoß diagonal gegenüber am anderen Ende. Der diagonale Fluss der verdichtenden Luft erwärmt und deformiert das Gehäuse ungleichmäßig, wobei für die Schrauben zusätzliche radiale Verluste entstehen.

Der Beitrag von Pneumofore zur Entwicklung der Rotationskompressoren

Der energetische Vergleich hinsichtlich des Stromverbrauchs zwischen den einstufigen Pneumofore-Rotationskompressoren und den zweistufigen Kolbenkompressoren war für Pneumofore eine große Herausforderung. Sie führte nach langjähriger Grundlagenforschung in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich zur Entwicklung und Realisierung der bereits erwähnten Intensiv-Öleinspritzkühlung (Bild 5).

Wiederholte Messungen ergaben, dass im Bereich der Öleinspritzung die Verdichtung isothermisch erfolgt. Auch bei geringen thermodynamischen Kenntnissen ist die markante Einsparung an Energie offensichtlich. Tiefe Drucklufttemperatur am Zylinderaustritt, großflächige Kühler mit

überdurchschnittlicher Ölkühlung sowie die außergewöhnlichen Erfolge bei der Vorabscheidung sind die grundlegenden Voraussetzungen für optimale Ölabscheidung. Tiefe Temperaturen bedingen große Öltropfen und umgekehrt.

Die Annäherung an den isothermischen Kompressionsverlauf im Einflussgebiet der „Bürsteneinspritzung“ belegt eindeutig die dadurch entstehende Energieeinsparung.

Heute baut Pneumofore in Turin nur einstufige Drehschieberkompressoren mit Luftkühlung mit Einheiten bis 250 kW. Große Kühlflächen erlauben den normalen Volllastbetrieb auch bei über 40° C Umgebungstemperatur (Bild 6). Im praktischen Einsatz behauptet sich das verlustarme Pneumofore-System überzeugend gegenüber den üblichen Schraubenkompressoren.

Die seit 1970 kontinuierlich angewendete, senkrechte Anordnung der luftgekühlten Einheiten war ebenfalls eine Pionierleistung. Neben weniger Bedarf an Grundfläche – eine Anforderung, die in den letzten Jahren an Bedeutung gewann – ermöglicht die senkrechte Anordnung die Verwendung eines großflächigen Öl- und Nachkühlers. Als „Nebenprodukt“ konnte die Vorabscheidung des Öls optimiert werden und damit ein weiterer Schritt zur besseren Druckluftqualität erfolgen.

1998 feiert Pneumofore sein 75-jähriges Bestehen. In all diesen Jahrzehnten beschäftigte sich das Unternehmen fortlaufend mit der Weiterentwicklung der Rotationskompressoren und eilte den allgemeinen Bedürfnissen oft voraus.

Vernebelung statt Information

Die ersten Schraubenstufen mit asymmetrischem Profil wurden mit einem um 16 % höheren Wirkungsgrad angepriesen. In Wahrheit handelte es sich um 16 % mehr Schöpfvolumen, weit entfernt von einer Änderung des Gesamtwirkungsgrades solchen Ausmaßes. Eine zweite Vernebelung erfolgt bei der Angabe der effektiven Liefermenge durch die seit Jahrzehnten festgelegte Messung bzw. Bewertung des Austrittsvolumens des Kompressors.

Diese Norm war bei Kolbenkompressoren wegen des pulsierenden Luftstroms selbstverständlich angebracht. Nach DIN 1952 steht fest, dass

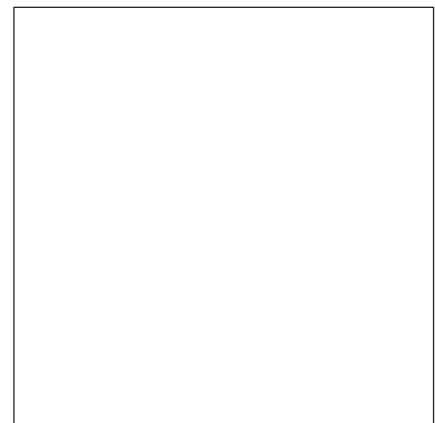


Bild 4 - Laminare Strömungsverteilung in rundem Rohr (T1: Messung am Rand; T2: Messung in der Hauptströmung)



Bild 5 - Schnittmodell des Kompressors UF26 mit 160 kW Antriebsleistung; das Intensiv-Öleinspritzsystem ist ersichtlich.

die effektive Liefermenge dem Ansaugvolumen gleich ist, da die Liefermenge in atmosphärischem Zustand angegeben wird. Die von Pneurop und ISO-Normen vorgeschriebene Messung am Kompressoraustritt bedingt eine Bewertung mit mehreren Koeffizienten, Multiplikatoren, Divisoren und, und... Wo steckt das Problem? Der Druck verteilt sich gleichmäßig über den Rohrquerschnitt und kann genau gemessen werden, d.h. fast so genau wie ein Barometerstand. Die Temperatur verteilt sich im Rohr analog zur Luftgeschwindigkeit bei laminarem Fluss parabolisch (Bild 4). An der Wandung werden z.B. 40°C gemessen (T1), aber im Rohrkern übersteigt die Temperatur leicht 70° bis 80°C (T2). Beim isobaren Zustand verändert sich das Luftvolumen um 1% bei je 3°C Temperaturveränderung. Wenn also am Kompressoraustritt der Luftstrom mit 40°C gemessen wird, die wirkliche Temperatur aber bei 70°C liegt, werden – frei nach Norm – 10% mehr Liefermenge vortauscht. Die Messdaten müssen nachträglich mit Formeln und Faktoren auf den atmosphärischen Zustand zurückgeführt werden, wobei unterwegs zusätzliche Faktoren für das „Make-up“ eingefügt werden können.

Boom der frequenzgeregelten Kompressoren

Bei der Auslegung jeder Maschine werden die Parameter so geändert und angepasst, dass im Betriebspunkt der höchste spezifische Wirkungsgrad erreicht wird. Bei höheren, bzw. niedrigeren Drehzahlen bzw. Betriebsdrücken steigt die spezifische Leistungsaufnahme.

Warum werden die frequenzgeregelten Kompressoren trotzdem so hoch gepriesen? Der Frequenzumrichter löst bei Schraubenkompressoren

zwei Probleme auf einmal:

- Die konzeptionelle Limitierung der Ein-Aus-Schaltungen auf 6 bis 8 pro Stunde.
- Die Leistungsaufnahme im Leerlauf erreicht und übersteigt bei den meisten Schraubenkompressoren und bei einigen Drehschieberkompressoren 30 bis über 40% der Vollastleistung.

Zu a): Bei öleingespritzten Schraubenkompressoren treibt die Hauptschraube durch Reibung die Nebenschraube an. Da die Zahnzahl ungleich ist, entsteht zwischen den Schrauben zusätzlich eine axiale Bewegung. Bei jedem Anlauf gibt die Hauptschraube einen unsanften Schlag auf die Nebenschraube, der durch den Ölfilm etwas gedämpft wird. Die Beschränkung auf 6 bis 8 Ein-Aus-Schaltungen pro Stunde beruht auch auf der Notwendigkeit, den Schrauben möglichst wenige Schläge zu verabreichen. Auch bei geringem technischen Verständnis wird klar, dass solche Schläge mechanische Folgen haben.

Zu b): Die Handhabung des Leerlaufzyklus trennt eindeutig die Newcomer (Schrauben) vom moderneren „Oldtimer“ (Drehschieber). Dank der tieferen Drehzahl im Leerlauf bei Schrauben mit Frequenzumrichter, sinkt die prozentuale Leistungsaufnahme von 40 auf 25 % der Vollastleistung. Moderne Drehschieberkompressoren begnügen sich mit der Hälfte: 12 %).

Eine weitere Lösung zu den Punkten a) und b) ist das sogenannte turn valve. Diese vermindert stufenlos die Liefermenge, beschränkt die Anzahl der Ein-Aus-Schaltungen, jedoch nicht den Gesamtwirkungsgrad.

Vakuumpumpen sind wegen ihrer aktiven Dichtung meistens Drehschieber, die einen hohen Vakuumgrad erreichen. Drehschieberkompressoren werden im Leerlauf zu Vakuumpumpen und

bewirken so den notwendigen Ölumlaufl. Hier kann Pneumofore auf reiche und langjährige Erfahrungen zurückgreifen. Schraubenkompressoren und einige Drehschieberkompressoren gehen nie auf Leerlauf, sondern verdichten weiter auf etwa 2 bar, um die Schmierung der rotierenden Teile zu sichern. Daher die hohe Leerlaufleistung von 30 bis über 40%. Im Leerlauf muss der Öldruck auch verbleibende Axialkräfte kompensieren. Bei Drehzahländerungen bleibt der Ölumlaufl konstant, so dass entweder zu wenig bzw. zu viel Öl in den Verdichtungsraum fließt. Zuviel Öl bedingt Ölquetschung, d.h. mehr spezifische Leistungsaufnahme; und zu wenig Öl bringt höhere Verdichtungstemperaturen.

Es ist jedoch klar, dass Elektroschütze und Elektromotoren allgemein, z.B. bei 30 Ein-Aus-Schaltungen pro Stunde, zu Schaden kommen können. Beim Drehschieber entstehen aber keine mechanischen Schäden. Bei entsprechender Drehzahlregulierung kann der Betriebsdruck praktisch konstant gehalten werden, was bei einigen Anwendungsfällen wichtig ist. Energieeinsparung ist jedoch auch hier ein weit von der Wirklichkeit entfernter Wunsch.

Was Umweltschutz bedeutet

Viele sprechen davon, sehr wenige tun etwas dafür. Dies gilt auch für die Kompressorenhersteller. Ein deutliches Beispiel war die Hannover Messe 1994, wo viele wassereingespritzte Schraubenkompressoren vorgestellt wurden. Warum war Pneumofore nicht auf diesen Gedanken gekommen? Weil Wassereinspritzung ein „alter Socken mit vielen Löchern“ ist. So war denn diese Neugierigkeit an der Hannover Messe 1997 wieder verschwunden. Neue, nicht ausgereifte Lösungen zu präsentieren, ist weniger aufwendig als mit Hilfe der Strömungslehre, der Thermodynamik und der spezifischen Erfahrung Neues zu entwickeln. Billige und kompakte Einheiten erreichen bei der Ölabscheidung meist wenig Qualität bedingt mehr Aufwand und mehr Kosten.

Heute sind die meisten Kompressoren ölgekühlt. Nun beginnt die Kunst, mit wenigen und einfachen Mitteln das Öl möglichst gründlich aus der Druckluft zu entfernen. Das Öl tritt als Fluss großer und kleiner Tropfen und Aerosol auf. Aerosol entsteht bei Kompressoren mit schlechter Kühlung, kleinem Ölkühler sowie bei Vergrößerung des Radialspiels der Schrauben (d.h. Zunahme des Aerosols um 2 bis 3 Größenordnungen). Tiefe Verdichtungs-temperaturen verlangen einen hohen Dichtegrad im Verdichtungsraum, z.B. zweistufige Verdichtung mit effizienter Zwischenkühlung und optimaler Öleinspritzung zur Kühlung im Kompressor. Zu beachten ist, dass das Thermometer am Stufenaustritt nicht die Lufttemperatur, sondern die Öltemperatur misst, weil das Öl am Fühler klebt während die wärmere Luft vorbeiströmt.

Wie erwähnt, befasste sich Pneumofore bereits 1930 intensiv mit der Ölabscheidung ölgekühlter Kompressoren; ein Paket von Erfahrungen, das Pneumofore 1930 wie 1998 immer eine Spitzenstellung einnehmen ließ. Die Intensiv-Öleinspritz-



Bild 6 - Kompressor UF26 ohne Türen; deutlich zu erkennen der 2,6 große m² Ölkühler.

kühlung brachte die Ölabscheidung einen gewaltigen Sprung nach vorne. Um 50°C tiefere Temperaturen führen zu größeren Öltröpfchen, die viel leichter aufgehalten werden können als ein Nebel kleiner Tröpfchen. Größere Öltröpfchen können mit Hilfe von Zentrifugal- und Gravitationskräften aufgehalten werden. Die dazu benötigten Höhenunterschiede führten zur senkrechten Bauart. Gleichzeitig standen dadurch große Kühlerflächen zur Verfügung.

Umweltschutz verlangt auch die Einsparung von Energie und dies nicht nur auf geduldigem Papier. Intensiv-Öleinspritzkühlung ist das einzige und einfachste Mittel, den Verdichtungsprozess thermodynamisch zu beeinflussen. Man sieht im T-S-Diagramm (Bild 3), dass im Einflussgebiet der Öleinspritzung die Verdichtung isothermisch verläuft.

Die direkte koaxiale Kupplung zwischen Motor und Verdichterstufe verteuert die Einheit, da zu jeder Stufe nur eine Motorengröße passt. Dafür spricht die verlustfreie und unterhaltsfreie Kraftübertragung.

Der bei Schraubenkompressoren bis zu 400 kW Antriebsleistung verwendete Riemenantrieb erlaubt mit einer einzigen Stufe, mehrere Einheiten aufzubauen, einzig durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses. Dagegen spricht der Kraftverlust des Riementriebes (4 bis 6%), was bei größeren Einheiten mehr ins Gewicht fällt und den Ersatz nach etwa 5000 Betriebsstunden bedingt.

Bei Verwendung derselben Stufe von 3000 bis über 6000 min⁻¹ wird vergessen, dass auch die Stufe (dieser „Energiefresser“) eine optimale Geschwindigkeit besitzt, bei welcher die spezifische Leistungsaufnahme am kleinsten ist.

Energieeinsparung – gewusst wie!

Energiebewusste Hersteller von Kompressoren verwenden nur direkt gekuppelte Elektromotoren, bauen nur luftgekühlte Einheiten und sparsame Regelsysteme. Pneumofore ist in dieser Hinsicht sehr auf Umweltschutz und Energiesparen ausgerichtet. Sehr wenige Hersteller können dieses Paket von Anforderungen erfüllen.

Vergleich zwischen Riemen- und Direktantrieb

Riemenantriebe erlauben von der Herstellung her hohe Flexibilität, da durch Änderung des Riemenscheibendurchmessers dieselbe Kompressorstufe für eine weite Palette von Liefermengen verwendet werden kann. Durch optimierte Riemenantriebssysteme kann der Schlupf vermindert werden. Da jedoch der Schlupf – wenn auch reduziert – trotzdem bleibt, und die Keilriemen nicht alle die genau gleiche Länge aufweisen, entsteht ein Übertragungsverlust von etwa 4 % der Gesamtleistung. Wer dies nicht glauben will, kann sich durch Berühren der Riemen nach längerem Betrieb vergewissern. Wenn die Riemen warm sind, ist ein Energieverlust vorhanden. Dieser fällt bei 4-kW-Einheiten nicht sehr ins Gewicht, jedoch umso mehr bei Einheiten von 250 kW: 4 % von 250 kW sind 10 kW!

Wasser- oder Luftkühlung?

„Vom Himmel kommt es, zum Himmel steigt es.“ - Wir leben mit dem immer gleichen Wasser, das vor Millionen von Jahren entstanden ist. Die Zahl der Erdbewohner ist um das vieltausendfache angewachsen, das Wasser bleibt dasselbe, aber es wird immer mehr verseucht. Schmutziges Wasser zu reinigen, ist ein sehr kostspieliger Vorgang. Es ist der Menschheit Pflicht, mit Wasser und mit Energie sparsam umzugehen. Zu oft hören wir die dumme Bemerkung: „Warum Energie sparen, wir haben ja Steckdosen.“

Pneumofore hat es sich daher zur Pflicht gemacht, ausschließlich luftgekühlte Kompressoren bis 250 kW und Vakuumpumpen bis 1850 m³/h zu produzieren. Es ist ganz klar, dass die Luftkühlung eines auf Dauervollast ausgelegten Industriekompressors gegenüber kleinen Wasser-Öl-Wärmetauschern Mehrkosten für die Radiatoren bedingt. Hinzu kommt die ebenfalls kostspielige Entsorgung des Kühlwassers, das u.U. Öl- und Metallspuren aufweist.

Durch kalkhaltiges Wasser entstehen Kalkablagerungen und Überhitzungen; bei der Entthärtung des Wassers können freie Ionen entstehen, welche Lochfraß bewirken. Kühltürme wirken als

Distillatoren (Kalkablagerungen). Bei Meerwasser entsteht Korrosion. Hinzu kommt, dass die an sich schon hohen Wasserpreise weiter steigen. Dies alles spricht für die Luftkühlung. Diese Lösung bedarf jedoch großflächiger Ölkühler. Aus Kostengründen werden oft (zu) kleine Ölkühler eingebaut – im Sommer bzw. in warmem oder heißem Klima laufen daher solche luftgekühlten Kompressoren zumeist bei offenen Türen. Moderne luftgekühlte Kompressoreinheiten sind leichter zu bewirtschaften, da die Temperaturen selbsttätig thermostatisch gesteuert werden (Bild 6).

Regelsysteme

Durch verschiedenartige Regelsysteme wird auf vielfältige Weise versucht, Energie einzusparen, z.B. durch Vermeidung von langen Leerlaufzeiten, turn valve, tieferem Betriebsdruck und optimalem Einsatz des kleinsten Kompressors für den momentanen Verbrauch. Alle diese Maßnahmen sind jedoch sekundäre Lösungen, sie packen das Problem nicht an der Wurzel. Warum nicht den primären Energieverbrauch bei der Verdichtung grundlegend untersuchen und den Verdichtungsprozess thermodynamisch beeinflussen? Kostspielige Grundlagenforschung führt nicht unbedingt zu direkten Erfolgsergebnissen, erforderlich ist das einvernehmliche Zusammenwirken von Theorie und langjähriger praktischer Erfahrung. Dies ist zwar leicht gesagt, aber schwierig zu realisieren (Bild 5).

75 Jahre Pneumofore ist kein Ziel, sondern Fundament für die Weiterentwicklung des Produktes, die weitere Reduktion des Energieverbrauchs und das Erreichen einer möglichst reinen Druckluft. Die kontinuierliche Verbesserung des Produktes und die Orientierung an den Bedürfnissen der Anwender, wird auch in Zukunft Herausforderung und Auftrag an die nächste Pneumofore-Generation sein.

Robert Hilfiker absolvierte nach einer praktischen Ausbildung im Ausland sein Ingenieur-Studium an der ETH in Zürich. Daraufhin begann er seine Karriere bei dem vom Vater in Turin gegründeten Familienunternehmen, Pneumofore. Als Geschäftsführer während über 40 Jahren gestaltete Herr Hilfiker ein wesentlicher Teil der Geschichte dieser Firma, die nun ebenfalls von seinen zwei Söhnen mitgeleitet wird. Herr Hilfiker dient auch seit einigen Jahren der Stadt Turin als Schweizerischer Honorarkonsul.

Bemerkung: Der Titel des Artikels wurde durch das Goethe-Werk "Dichtung und Wahrheit" inspiriert.

