



denn der einzelner Anlagen bekannt. Die Liefermengen, sprich die tatsächlich benötigten und die verloren gegangenen Luftmengen, ließen sich lediglich theoretisch anhand der registrierten Betriebsstunden feststellen. Im Herbst 2001 begann die Wende. Es kam zur Zusammenarbeit mit Hans-Jürgen Postberg und Peter Otto, den Geschäftsführern der Postberg + Co. GmbH. Sie erläuterten ihr Konzept zur konsequenten Überwachung des gesamten Druckluftverbrauches im Werk.

Die Geschäftsleitung von Kraft beauftragte die Firma Postberg mit einer Analyse des Ist-Zustandes und mit einem Wirtschaftlichkeitsnachweis, um über die Realisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen befinden zu können. Ein zweiwöchiger „analyseCheck“ mit Strommessungen an den Kompressoren führte zu der Überzeugung, dass jährlich etwa 75000 Euro an Stromkosten gespart werden könnten. Zwar wurde die Druckluft sehr kostengünstig erzeugt, aber 26 m<sup>3</sup>/min konnte man Undichtigkeiten im Netz zuschreiben. Umgerechnet auf den Volumenstrom der Kompressorstation von 32 Mio. m<sup>3</sup>/a lagen die Verluste bei 37%. Seit langem im Unternehmen etablierte Institutionen diskutierten die Ergebnisse der Analyse. Das bei der Geschäftsleitung angesiedelte Energiemanagement gehörte ebenso dazu wie TVB, die „Teamentwicklung und Verbesserungsprozess Berlin“. Die TVB entspricht dem weltweit bei Kraft Foods eingeführten Continuous Improvement Process (CIP), dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess.

Der zuständige CIP-Koordinator Reinhard Rappmund (**Bild 2**) schildert, wie das im November 2001 gestartete Projekt zur umfassenden Überwachung des Druckluftverbrauches und zur Minimierung der Druckluftverluste Zug um Zug in die Praxis umgesetzt wurde. Er freut sich besonders darüber, wie engagiert die sieben Mitglieder seines TVB-Teams Nr. 4 an dem Projekt mitgewirkt haben. Jeder der rund 150 Werksemitarbeiter ist verpflichtet, in einem der 18 TVB-Teams mitzuarbeiten. Einander kennen lernen und Verständnis für die Arbeit in den einzelnen Betriebsbereichen und für den gesamten Produktionsablauf entwickeln, das seien die übergeordneten Zielsetzungen der TVB-Teams. Das Team



**3: Typische Messstelle in einer Stichleitung**

Nr. 4 verstand sich mit seinem von außen gekommenen Mentor und Animator Hans-Jürgen Postberg dem Vernehmen nach prächtig. Das Endergebnis für alle an dem Druckluftprojekt Beteiligten ist beeindruckend. Entstanden ist eine Pilotinstalla-



**4: Messstelle an einem Palettierautomaten; Teammitarbeiter Andreas Wolfram hat ein mobiles Messgerät angeschlossen**

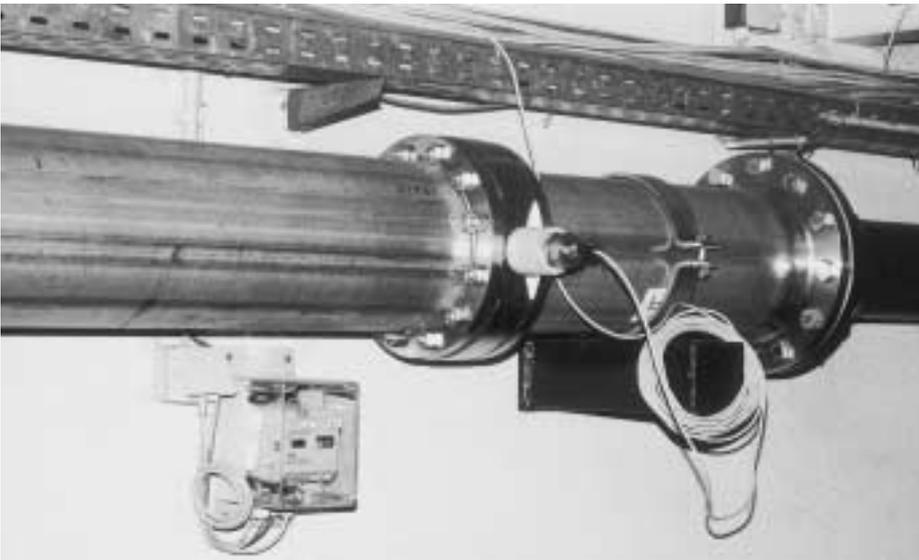
tion zur perfekten Überwachung der Druckluftversorgung einer ganzen Fabrik.

### Durchflussmessungen nach dem kalorimetrischen Prinzip

Das Konzept dazu, vertreten von den Spezialisten Postberg und Otto, ist bei Kraft Foods auf vielfältige Weise bestätigt worden. In DRUCKLUFTTECHNIK 9-10/2002 wurde es auf den Seiten 62 bis 64 vorgestellt. Die Kernpunkte: Durchflussmessungen an allen entscheidenden Stellen des Versorgungsnetzes sind der Schlüssel für die effiziente Druckluftnutzung. Die gewünschte Messgenauigkeit ist in den vorgegebenen Messbereichen mit Sensoren zu erreichen, die nach dem kalorimetrischen Prinzip funktionieren und definiert in die Rohrleitungen eingebaut werden. Die Durchflussraten können nach Art der Stromzähler direkt vor Ort abgelesen, per Datenleitung an einen Zentralrechner oder via Datenfernübertragung an ein werksunabhängiges Controlling-Unternehmen weitergeleitet werden. Bei Kraft Foods werden alle Varianten verwirklicht.

Die schrittweise Umsetzung des gesamten Druckluftprojektes wurde sorgsam geplant. Nicht zuletzt, um auf der Lernkurve nach oben keine unliebsamen Rückschritte hinnehmen zu müssen. Bis heute sind nur die drei Gruppen von Großverbrauchern (Verpackung, Palettierung und Mühlen) Gegenstand der Messinstallation, der Auswertung ihrer Messungen und der vollzogenen Beseitigung festgestellter Leckagen. Ohne Lecks ging der Druckluftverbrauch der ersten von ihnen befreiten Verpackungsanlage um über 40% von 110 auf etwa 60 m<sup>3</sup>/h zurück. Inzwischen werden alle zwölf Verpackungslinien überwacht, für die die beseitigten Leckverluste mit durchschnittlich 30% angenommen werden.

Das galt noch bei einem Betriebsdruck von 7,2 bar, der mittlerweile im gesamten Netz auf 6,2 bar abgesenkt wurde. Auch dieser garantiert den Mindestdruck von 5,5 bar, auf den gewisse Aggregate angewiesen sind. Für ein gutes Mengenreservoir, das für den neuen Betriebsdruck unverzichtbar ist, sorgen jetzt neben vier erhalten gebliebenen Kompressoren zwei neue, drehzahlgeregelte anstelle zweier alter Ma-



**5: Messarmatur in der Sammelleitung nach den Kompressoren; die Druckluft strömt von links in die Messkammer mit eingeschraubtem Sensor; unterhalb der Rohrleitung die elektronische Auswerteeinheit („Druckluftzähler“)**

schinen. Die waren zwar erst sechs Jahre alt, aber mit 1 bar weniger Druck amortisierte sich die Neuanschaffung innerhalb von etwa zwei Jahren. Damit, so Reinhard Rapmund, sei der schnelle Entschluss zum Kauf der neuen Kompressoren voll gerecht fertig worden.

### 33 plus eine Messstelle

Nachdem die erste Verpackungsanlage deutlich weniger Druckluft verbrauchte, wurden auch die Stichleitungen für die übrigen elf mit Durchflussmessern ausgerüstet und deren Leckagen beseitigt (**Bild 3**). Eine zusätzliche Messstelle befindet sich in der Zuleitung der Druckluft in den Verteilerring, über den alle Anlagen versorgt werden. Der Druckluftverbrauch der 14 Palettierautomaten und der drei Wickelautomaten wird in deren Hauptzuleitung sowie in jeder Stichleitung gemessen (**Bild 4**). Insgesamt hatte man hier eine Verbrauchsminderung von 15% erwartet, tatsächlich waren es aber weniger als 5%. Ein Grund für das enttäuschende Ergebnis: Die Steuerungen dieser Automaten mit sehr kurzen Schaltzeiten gestatteten schon immer, Luftverluste schnell zu erkennen; bei der Anlagenwartung konnten Leckagen

| DN  | G      | Q <sub>min</sub><br>[Nm <sup>3</sup> /h] | Q <sub>max</sub><br>[Nm <sup>3</sup> /h] |
|-----|--------|--|--|
| 15  | 1/2"   | 1,0                                      | 50                                       |
| 20  | 3/4"   | 1,5                                      | 75                                       |
| 25  | 1"     | 2,5                                      | 125                                      |
| 32  | 1 1/4" | 4,0                                      | 200                                      |
| 40  | 1 1/2" | 6,2                                      | 310                                      |
| 50  | 2"     | 10,0                                     | 500                                      |
| 65  | 2 1/2" | 16,0                                     | 800                                      |
| 80  | 3"     | 25,0                                     | 1250                                     |
| 100 | 4"     | 40,0                                     | 2000                                     |
| 125 | 5"     | 65,0                                     | 3200                                     |
| 150 | 6"     | 100,0                                    | 5250                                     |
| 200 |        | 160,0                                    | 8000                                     |
| 250 |        | 260,0                                    | 12800                                    |
| 300 |        | 400,0                                    | 21000                                    |
| 400 |        | 640,0                                    | 32000                                    |

**Tabelle 1: Rohrlungsdurchmesser und Bandbreite der Durchflussmessungen, die nach dem kalorimetrischen Prinzip jeweils genau gemessen werden können**

folglich frühzeitig beseitigt werden.

Bei den Mühlen schließlich, deren Luft über zwei Hauptleitungen unterschiedlicher Nennweiten zugeführt wird, hielt man eine Messstelle je Leitung für ausreichend. Der Verfügbarkeit der Gesamtanlage, darauf bestand die Betriebsleitung, müsse Priorität eingeräumt werden. Falle sie aus, werde sie zum teuersten Arbeitsplatz des Werkes. Leckagen seien von vornherein zu

vermeiden. Das von Postberg entwickelte und patentierte Messsystem wird dieser Forderung gerecht. In diesem Falle besteht die Möglichkeit, den nicht benötigten Luftstrang über ein elektrisch betätigtes Ventil per Knopfdruck abzusperrern. Alle Messsysteme sind übrigens so ausgelegt, dass ein Sensortausch sowohl bei abgesperrter Leitung als auch bei nicht unterbrochener Strömung möglich ist.

Summa summarum sind 33 anlagennahe Messeinrichtungen installiert worden: in den Verpackungsanlagen zwölf plus eine in der Hauptleitung, an den Palettierautomaten 17 plus eine, in den Mühlen je eine in den beiden Hauptleitungen. Die 33. Messstelle ist eine besondere. Der Gesamtverbrauch des Werkes, den sie ermittelt, wird gleich in der Kompressorstation in der zentralen Ableitung zu den Druckluftspeichern gemessen (**Bild 5**). Diese Messstation ist ein Beispiel dafür, dass es in einem komplexen Druckluftnetz nicht für jeden Messpunkt eine Standardlösung geben kann. Jedenfalls nicht für Durchflussmessungen nach dem kalorimetrischen Prinzip und der Zielsetzung, einen Messbereich von 1:100 abzudecken (**Tabelle 1**); also Luftströmungen von 6000 bis 60 m<sup>3</sup>/h zu erfassen. Weil der Sensor in der Sammelleitung nach den Kompressoren nur bis maximal 100 m/s exakt messen kann, wurde der Zulauf der kalibrierten Messstrecke gegenüber der Hauptleitung von DN 150 auf DN 200 vergrößert. Entsprechend der Erfahrungsregel, dass ein Rohr mit verstetigter (beruhigter) Strömung 15 x DN lang sein sollte, ist hier die Strecke vor dem Sensor 3 m lang, der Auslauf nach der Messstelle 1 m.

Die Qualität der Druckluft wird bekanntlich nach DIN ISO 8573-1 in Klassen unterteilt. Auf Kraft Foods übertragen entspricht der Gehalt an Reststaub der Klasse 1, das Restwasser Klasse 4 und der Gehalt an Restöl der Klasse 1. Zur Kompressorstation gehört eine zentrale Druckluftaufbereitung mit einem Kältetrockner (+3 °C DTP), ein Vor-, ein Aktivkohle- und ein Feinfilter sowie eine Kondensataufbereitung mittels Öl-Wasser-Trenner. Nach der Messstelle in der von allen Kompressoren beschickten Sammelleitung wird die Druckluft in vier Speicher mit einem Volumen von zusammen 20 m<sup>3</sup> geleitet.

## Druckluftdaten fürs Energiemanagement

Nach je einer Kennzahl für den Strom- und den Gasverbrauch des Werkes bekommt das Energiemanagement jetzt zusätzlich aussagekräftige Daten zum Druckluftverbrauch auf den Tisch. In Form von Trend-Charts sind sie auch auf den überall im Werk verteilten Monitoren von jedermann einsehbar. Das stärkt die Verantwortungsbereitschaft auf der ganzen Linie. Und all das zu einem sehr attraktiven Einstandspreis. Die Investitionen in das Projekt „Druckluft-Reduzierung“ im entscheidenden Jahr 2002 beliefen sich einschließlich der beiden neuen Kompressoren auf 160000 Euro. Eine Verbrauchsrechnung für das voran gegangene Jahr 2001 sah so aus: Stromkosten für das gesamte Werk 1,2 Mio. Euro. Den etwa 20%, die davon auf die Druckluftherzeugung entfielen, entsprachen rund 230000 Euro. Aufgrund der späteren Messungen steht ein Einsparpotential von mindestens 30% fest, entsprechend ungefähr 70000 Euro/a. Die Investitionskosten des Jahres 2002 amortisieren sich folglich in etwa zwei Jahren.

Ein kostengünstiger Gewinn auch für die Umwelt, bedenkt man die enorme Kapazitätsverringerng auf der Kraftwerksseite (EU-Studie), folgten die Druckluftnutzer generell dem Beispiel Kraft Foods. Stets gilt, was Dr.-Ing. Peter Radgen vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI lapidar mit dem Satz unterstreicht: „Nur was messbar ist, lässt sich langfristig auch kontrollieren.“ In Berlin ist der Druckluftverbrauch transparent geworden – und wird das von Monat zu Monat

mehr. Das hilft auch dort Kosten sparen, wo die Rechnung diffizil oder weniger interessant ist. Etwa bei den Rohkaffeesisilos und in der Rösterei. Oder bei der vorbeugenden Instandhaltung. Die kann mit jeder Verbesserung des Durchblicks nur effizienter werden.

Interessant ist, welche wesentlichen Leckagequellen bisher aufgedeckt wurden. Das waren zum einen alte Wartungseinheiten zur Drucküberwachung, die teilweise noch aus der Zeit der Werkseröffnung stammten. Hinzu kamen defekte Ventile und Schläuche, die vor allem an den Verbindungsstellen die Druckluft nutzlos entließen. Mit zunehmender Intimkenntnis der Leckageursachen entsteht ein Fundus an Wissen, der von vornherein zu Verbesserungen im Detail führen wird. Damit werden sich auch die Hersteller drucklufttechnischer Komponenten auseinander setzen müssen. Auch von Druckluft angetriebene mechanische Steuer- und Regelelemente werden ins Blickfeld geraten mit der Frage, ob sie sich nicht derart verbessern ließen, dass sie mit weniger Luft oder Druck auskommen. Die Transparenz der Verhältnisse ist auch bei der Druckluftversorgung eine Voraussetzung für innovative Verbesserungen.

### Controlling via Datenfernübertragung

Um der Leckageverluste nachhaltig Herr zu werden, ergänzt in Kürze ein umfassendes Controlling die Verbrauchsmessungen. Neben den von jedem einsehbaren Verbrauchstrends (Trend-Charts) lässt sich die Geschäftsleitung wöchentlich darüber informieren (Zitat), „wie viel Luft im Kaffee steckt.“ Die entsprechende Kennzahl korre-

liert den Druckluftverbrauch insgesamt mit der produzierten Kaffeemenge. Vor Beginn der durchgängigen Verbrauchskontrollen lag ihr Wert bei 217 L/kg Kaffee. Langfristig werden 116 L/kg angestrebt. Das Ziel ist durchaus realistisch, sind doch bereits 150 L/kg erreicht. Weil Leckagen immer wieder auftreten und die Kennzahl verschlechtern würden, wird jetzt ein ständiges Druckluft-Controlling vorbereitet. Die Jung-Otto Ingenieurgesellschaft in Kassel erhält als externer Dienstleister direkten Zugriff auf die 33 Messstellen. Vierteljährliche Audits werden dann mit dem Team Nr. 4 besprochen und Lösungen zur Beseitigung von Problemstellen erarbeitet. Per Datenfernübertragung wählt der Server die Messstellen an und analysiert kontinuierlich die Messwerte. Die genannte Kennzahl wird damit auf jede einzelne Anlage herunter gebrochen. Das führt auch zu einem Zeitgewinn für die Lecksuche und die Beseitigung der Leckagen.

### Anmerkung der Redaktion

Unsere Leser können durch Eintragen der ersten der beiden folgenden Kennziffern in ihre Leserdienstkarte ausführliches Informationsmaterial über die Komplettlösung Kombisystem der Postberg + Co. GmbH anfordern. Mit der zweiten Kennziffer können Informationen über das komplette Druckluft-Controlling der Jung-Otto Ingenieurgesellschaft in Kassel angefordert werden.

POSTBERG

231

JUNG-OTTO

232

*Bildnachweis: Dipl.-Ing. G. Hilscher, D-82418 Murnau/Grafenasthau*