Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117 (1999)

Heft: 27/28

Artikel: Betriebsoptimierung an Haustechnikanlagen in der Industrie: Energieeinsparungen von 20000 MWh/a Wärme und 10000 MWh/a Strom

Autor: Herrmann, Martin / Suter, Hanspeter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79765

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

1
Vogelschau des F. Hoffmann-La Roche-AG-Areals in der Stadt Basel: Otto R. Salvisberg entwarf ab 1934 in Basel, Mailand und Welwyn (England) mehrere Projekte für den Konzern

Martin Herrmann, Rheinfelden, Hanspeter Suter, Basel

Betriebsoptimierung an Haustechnikanlagen in der Industrie

Energieeinsparungen von 20 000 MWh/a Wärme und 10 000 MWh/a Strom

Um rund 1 Mio m^3/h soll die Luftmenge im Rahmen eines Betriebsoptimierungsprojektes (BO-Projekt) im Werk eines Chemiekonzerns in Basel reduziert werden, was einer Reduktion des Energieverbrauchs des gesamten Areals um 10 % entspricht. Die prognostizierten Energieeinsparungen entsprechen dem Haushaltsenergieverbrauch einer Ortschaft mit rund 6000 Einwohnern pro Jahr.

Die gesamten Investitionskosten von 13,4 Mio. Franken amortisieren sich (bezogen auf die Gesamtinvestitionen) in 6,5 Jahren und (bezogen auf die reinen BO-Investitionen, ohne Erneuerungsinvestitionen) in 3 Jahren. Berechnungsbasis sind die variablen Energiekosten. Die Optimierungsmassnahmen sollen im Laufe der Jahre 1997–2000 in 12 Laborbauten (11 Teilprojekte) umgesetzt werden.

Das Projekt

Im Gesamtprojekt enthalten ist die Optimierung von 25 Klimaanlagen in 12 Bauten und 100 Umwälzpumpen im gesamten Areal. Für die Optimierung der Klimaanlagen wurde das Modell einer Raumdatentabelle (RDT) entwickelt. Wesentlichster Bestandteil der RDT ist die Definition von neuen Soll-Luftwechselzahlen unter Einhaltung der vorgegebenen Komfort- und Sicherheitsbedingungen. Einerseits waren die Luftwechselzahlen bei der ursprünglichen Anlagenplanung mit einem «Sicherheitsaufschlag» behaftet, andererseits wurden bei Nutzungsänderungen in den letzten Jahren und Jahrzehnten die Klimaanlagen nicht immer den neuesten Gegebenheiten angepasst.

Die im Projekt berücksichtigten 12 Laborbauten werden praktisch alle als Mischbauten genutzt (Büroräume, Laborräume mit und ohne Kapellen, Apparateräume, Sitzungszimmer, Tierhaltungsräume). Die daraus resultierenden vielfältigen Benutzerbedürfnisse in diesen 20–30 Jahre alten Bauten werden in den meisten Fällen mit 2-Kanal-Hochdruckanlagen mit raumindividuellen Mischboxen abgedeckt. Die Projektbearbeitung zeigt, dass die Luftmengen in vielen Bauten gegen 50 % reduziert werden können.

Unter Berücksichtigung der hohen externen thermischen Lasten (teilweise >20 W/m^2 Bodenfläche), hervorgerufen

durch ältere Sonnenschutzsysteme, wurden neue Luftwechselzahlen definiert (in Abhängigkeit zur Raumnutzung und Raumorientierung):

- Büroräume 4/h-5/h
- Laborräume, ohne Kapelle 5/h-6/h
- Apparateräume 10/h
- Tierräume 8/h-15/h

Für Laborkapellen wurde der bestehende Wert von 500 m^3/lfmh übernommen. Eine weitere Optimierung dieses Wertes unter Einhaltung definierter Sicherheitsbedingungen scheint jedoch möglich. Für die Tierhaltungsräume wurde eine bedarfsabhängige Klimatisierung angestrebt (Arbeitszeit Tierpfleger: 15/h, ausserhalb Arbeitszeit Tierpfleger: 8/h).

Standardisierte Projektbearbeitung

Die Ähnlichkeit der verschiedenen BO-Teilprojekte erlaubte eine standardisierte Projektbearbeitung zu entwickeln. Als Ziele dieser standardisierten Projektbearbeitung wurden folgende Punkte definiert:

- Effizienz: kosten- und terminoptimierte Projektbearbeitung
- Transparenz: transparenter Nachvollzug der Berechnungen und der Projektbearbeitung, ausgewiesene Kosten und ausgewiesener Nutzen pro Einzelmassnahme
- Einbezug der Nutzer: Berücksichtigung der Nutzer-Interessen im Bauprojekt
- Mutationen: Änderungen und nachträgliche Korrekturen sind auf einfache Art und Weise möglich
- Erfolgskontrolle: transparenter Nachvollzug der vorgegebenen Zielsetzungen (Kosteneinsparungen)

Diese Projektziele wurden in Form einer tabellarisch aufgebauten Struktur umgesetzt (Bild 2). Die logischen Entwicklungsschritte werden durch Pfeile dargestellt. Die wesentlichsten Eckpfeiler dieser standardisierten Projektbearbeitung sind:

- Betriebsdaten Ist/Soll: Raumdaten, Luftmengen, Luftwechselzahlen, Raumtypologisierungen
- Energien/Kosten heute: Verbrauch von Dampf, Fernwärme, Fernkälte, Strom
- Massnahmen: Luftwechselreduktionen, Stufenschaltungen, Sollwertkorrekturen, Tagesbetriebschaltungen, ausgewiesene spezifische Kosten und Nutzen pro Massnahme
- Energien/Kosten nachher: Verbrauch an Dampf, Fernwärme, Fernkälte, Strom
- Kennzahlen vorher/nachher: Energiekennzahlen nach SIA 380/1 und SIA 380/4, sowie finanzielle Kennwerte (Investitionen, Betriebskosteneinsparungen, Payback-Zeiten, Net present value)
- Erfolgskontrolle: Messstellen, Dampf, Fernwärme, Strom, Fernkälte

Grundlage der Projektbearbeitung waren die dem Projektingenieur aus einer Datenbank (Belegungsnachweis) des Auftraggebers zur Verfügung gestellten Raumdaten mit den aktuellen dazugehörigen Plangrundlagen.

Als «Nebenprodukte» der Projektbearbeitung ergeben sich Instrumente für eine effiziente Projektführung und eine transparente Dokumentation (Raumdatentabelle), sowie Erkenntnisse für die Verbesserung des bestehenden arealweiten Messkonzeptes.

Optimierung der Klimaanlagen

Die untersuchten Klimaanlagen stammen aus den Jahren 1961-1973 und sind im wesentlichen 2-Kanalhochdruckanlagen mit konstantem Volumenstrom und raumindividuellen Luftmischapparaten (pneumatische Raumtemperaturregulierung, in den Luftmischapparaten wird durch Luftmischung der Kalt- und der Warmluft die gewünschte Temperatur erzeugt). Die Räume verfügen über eine statische Grundlastheizung, die Resterwärmung der Raumluft im Winter und die Kühlung der Räume im Sommer wird durch die Klimaanlage erfüllt. Das Lufteinblassystem besteht aus einer abgehängten Lochdecke. Das oben beschriebene Klimaanlagensystem ist sehr flexibel und komfortabel, aber auch sehr energieintensiv und es widerspiegelt die Denkweise und Verhältnisse der 60er und frühen 70er-Jahre.

Die Untersuchungen zeigten sehr bald, dass installationstechnisch aufwendigere Massnahmen wie:

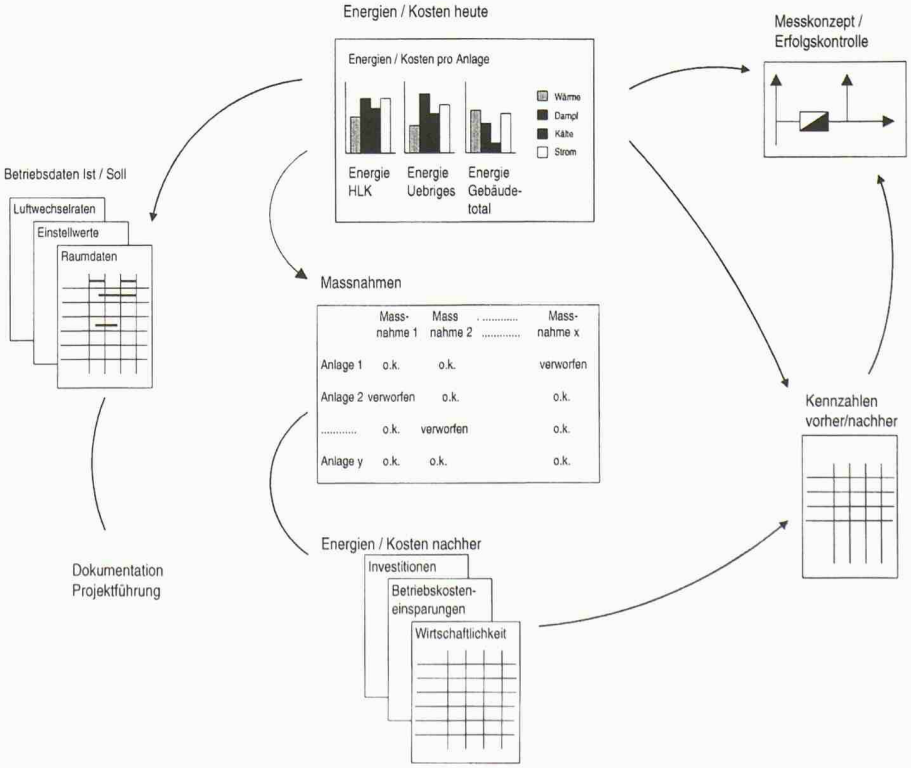
- Installation von Wärmerückgewinnungs-Anlagen (WRG-Anlagen)
- Umrüstung auf 1-Kanalanlagen
- Installation von 2-Kanal-VAV (variabler Volumenstrom)-Systemen

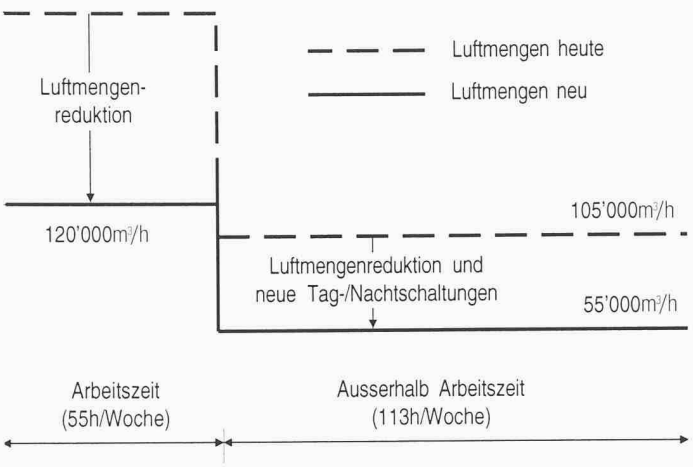
nicht mit wirtschaftlichen Projektzielen zu vereinbaren waren. Insbesondere die schlechte Payback-Zeit von WRG-Anlagen mag erstaunen, ist aber darin begründet, dass heutige Abluftsysteme aus Kunststoff-Einzelventilatoren bestehen, deren Abluft sehr aufwändig zusammengefasst werden muss. Bei der Installation von WRG-Systemen für die Luftvorwärmung stellt sich deshalb die Frage, ob man nicht auf dem Areal vorhandene Abwärme dafür nutzen soll. Vor ein paar Jahren wurde in Form einer Luftvorwärmung mit erwärmtem Kühlwasser in drei Bauten ein solches WRG-System mit Erfolg realisiert.

Die wesentlichen Optimierungspotentiale bei gleichzeitig guter Wirtschaftlichkeit resultieren aus den vier Haupteffekten:

- Heutiger Nutzung angepasste Betriebsführung: der Einfluss von Nutzungsände-

2
Standardisierte Projektbearbeitung





3
Luftmengen im Bau 69 vor und nach der Optimierung

rungen in den Räumen im Verlaufe der letzten Jahrzehnte wurde bei Klimaanlagen nur punktuell berücksichtigt. Mit dem vorliegenden BO-Projekt wird ein der Raumnutzung entsprechender Betrieb der Klimaanlagen angestrebt unter Wahrung einer gewissen Flexibilität.

▪

Abbau von Sicherheitsmargen: in früheren Jahrzehnten wurden Anlagen oft überdimensioniert. Der Abbau dieser «Sicherheitszuschläge» ist ebenfalls Bestandteil des BO-Projektes.

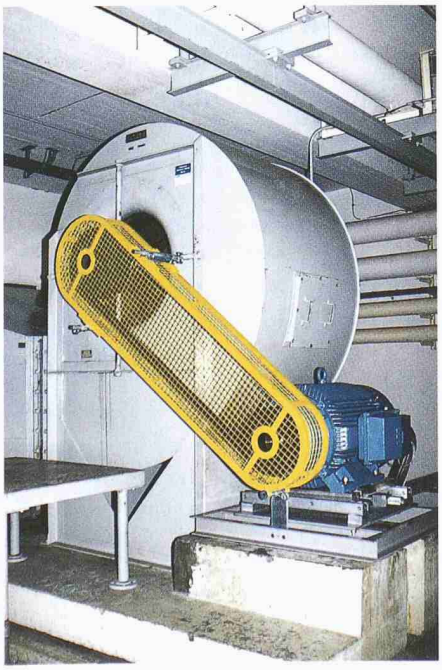
▪

Einsatz von hochinduzierenden Drallauslässen: bei identischer Luftmenge verbessern hochinduzierende Drallauslässe die Differenz zwischen eingeblasener Zulufttemperatur und Ablufttemperatur. Dadurch kann eine im Vergleich zu den bestehenden Lochdecken höhere thermische Wärmeabfuhr aus den Räumen realisiert werden (+30% bis + 40%). Es zeigte sich, dass der Einsatz von Drallauslässen von Fall zu Fall mit den wirtschaftlichen Projektzielen in Einklang gebracht werden muss.

▪

Nutzung von neuester pneumatischer Membrantechnologie: mit dem Einsatz von pneumatischen Regelgeräten der neuesten Generation können die bestehenden Luftmischapparate, die teilweise 35 Jahre alt sind, mit viel tieferen Luftmengen als ursprünglich vom Lieferanten angegeben gefahren werden. Umfangreiche Versuche haben gezeigt, dass der konstant zu haltende Differenzdruck über dem Mischteil des Luftmischapparates nicht mehr wie früher durch die pneumatische Regelungstechnik, sondern durch den Luftmischapparat selber begrenzt ist. Die evaluierten Werte liegen bei geeigneten Luftmischapparatetypen bei 0,4 mmWS. Die Regler mit neuester pneumatischer Membrantechnologie können sogar auf Differenzdrücke von 0,2 mmWS regulieren. Man stelle sich vor: über dem Mischteil des Luftmischapparates wird mit der beschriebenen Regelung ein Differenzdruck von 0,4 mmWS konstant gehalten (entsprechend einer konstanten Luftmenge) [1]. Die Anpassung der Klimaanlagen und der entsprechenden Umbauten erfolgt bei laufender Nutzung. Bisher gemachte (gute) Erfahrungen zeigen, dass vom Projektteam, von der Montageequipe und vom Betreiber ein hohes Mass an Flexibilität und Kommunikationsfähigkeit erbracht werden muss, um die Arbeiten speditiv zur Zufriedenheit der Benutzer durchführen zu können. Das erste Teilprojekt (Klimaanlage im Bau 69) konnte im Herbst 1998 mit der Stilllegung eines Ventilators (100 000m³/h) erfolgreich abgeschlossen werden (Bild 4).

4
Stillgelegter Zuluftventilator in Bau 69 (100 000 m³/h)



Optimierung von Umwälzpumpen

Im Werk Basel sind im Haustechnikbereich rund 1500 Pumpen im Einsatz. Der Ersatz von Pumpen im Bereich von Heizung/Kälte durch angepasst dimensionierte und den heutigen Erfordernissen entsprechende Pumpen ermöglicht die Realisierung von Stromeinsparungen mit äusserst kurzen Payback-Zeiten (zum Teil unter einem Jahr). Folgende drei physikalische Haupteffekte werden dabei ausgenutzt:

▪

Die aufgenommene elektrische Leistung einer Pumpe geht mit der dritten Potenz zur Wärmeabgabe einher. Eine Reduktion der elektrischen Aufnahmeleistung der Pumpe um 50% hat also eine (theoretische) Reduktion der Wärmeabgabe im Verteilsystem von nur rund 10% zur Folge.

▪

Wie schon erwähnt wurde die Auslegung der Pumpen in den vergangenen Jahren oftmals mit einem grossen Sicherheitszuschlag berechnet.

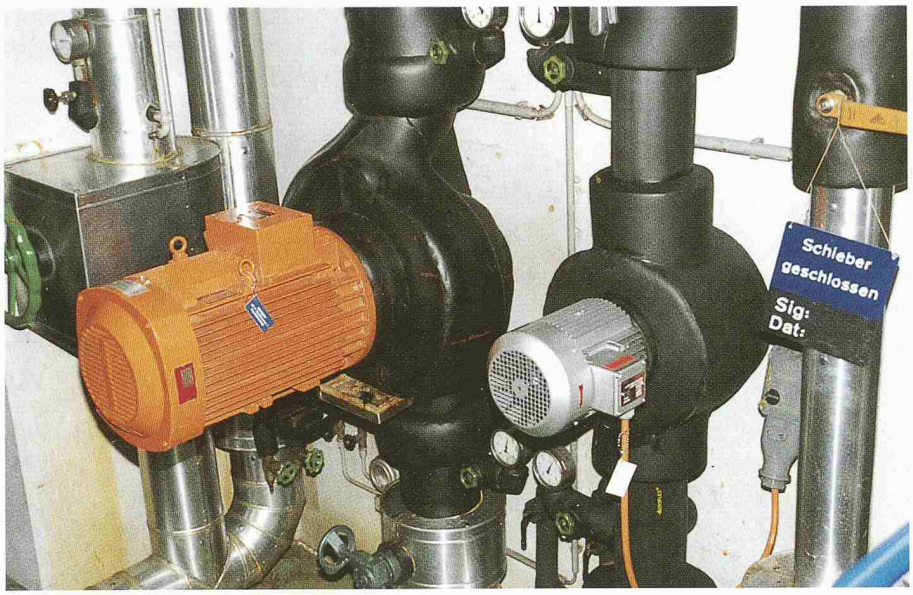
▪

Die internen Wärmelasten der Bauten haben in den vergangenen Jahrzehnten vorwiegend wegen interner EDV-Abwärme zugenommen. Der über die Klimaanlagen und die Heizkörper zu erbringende Wärmeeintrag ist also kleiner als früher.

Das Einsparpotential beruht also primär auf der Ausnutzung von physikalischen Gesetzmässigkeiten und der Berücksichtigung der technischen Gebäudeentwicklung und nicht auf dem Einsatz von neuen technologischen Entwicklungen. In jüngster Vergangenheit durchgeführte Untersuchungen von drehzahlregulierten Pumpen haben zudem ergeben, dass der Einsatz von neuen Pumpentechnologien (vor allem Drehzahlregulierungen) nicht zwingenderweise auch mit Stromeinsparungen gekoppelt ist [2].

Vor allem grössere und ältere Pumpen mit hohen Laufzeiten (vornehmlich im HLK-Bereich) weisen die grössten Optimierungspotentiale auf. Von den insgesamt 1500 Pumpen im Haustechnikbereich erwies sich der Ersatz von 112 Pumpen als wirtschaftlich. In bestimmten Fällen wurde modernste Ultraschallmesstechnologie zur Bestimmung des aktuellen Betriebspunktes herangezogen.

Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Pumpenlieferanten in einer frühen Projektierungsphase war es möglich, für die notwendigen Betriebsverhältnisse eine optimale Lösung zu finden.



5
Teilprojekt Pumpenersatz: bis anhin verwendete Pumpe (links) für ein Umluftkühlnetz, angepasst dimensionierte Pumpe (rechts), Paybackzeit < 1 Jahr

Die in diesem Teilprojekt veranschlagten Investitionskosten von Fr. 600 000.- amortisieren sich bei prognostizierten Stromkosteneinsparungen von Fr. 157 000.-/a in 3,8 Jahren. Praktisch der gesamte Investitionsbedarf sind Erneuerungsinvestitionen.

Termine und Qualität

Das gesamte BO-Projekt wird innerhalb von vier Jahren realisiert (1997-2000). Bis zum heutigen Zeitpunkt sind die ersten vier Teilprojekte praktisch abgeschlossen (Klimaanlagen der Bauten 61, 62 und 69 und Pumpenersatz). Die Realisierung weiterer 3 Teilprojekte (Bauten 65, 68, 70) ist für 1999 freigegeben worden. Die Umsetzung der restlichen Teilprojekte erfolgt ab Mitte 1999.

Die enge Abfolge der einzelnen Teilprojekte stellt an die Bauherrenvertretung, an das externe Projektengineering, das interne Projektteam und an die beteiligten Unternehmer hohe Anforderungen. Übergeordnete strategische Gebäudebenutzungsüberlegungen erfordern von allen Beteiligten ein hohes Mass an Flexibilität. Unter Ausnutzung der Synergiepotentiale wird die Bearbeitungseffizienz gesteigert und die Qualität der Arbeiten gesichert.

Betriebsoptimierungprojekt ist nicht gleich Sanierung

Die Kommunikation und die Vermittlung des BO-Begriffes ist zentral. Voraussetzung für ein erfolgreiches Projekt ist, dass die Projektidee von allen Beteiligten verstanden wird. Nicht immer bringt das, was aus betrieblichen oder unterhaltstechnischen Gründen sinnvoll wäre, auch die notwendigen Energieeinsparungen mit der entsprechenden Wirtschaftlichkeit. Mit dem Projekt wird die Abfolge des Grundsatzes «vermeiden» - «verringern» - «sinnvoll erzeugen» vollumfänglich eingehalten.

Arbeitsvolumen für die Region

Das BO-Projekt löst in der Region ein beträchtliches Arbeitsvolumen aus. Die Investitionen von 13 Mio. Franken entsprechen im Vergleich 20% der ausgeschütteten Beiträge des Investitionsprogramms E2000 für Private. Das Projekt wird vom Kanton Basel-Stadt im Rahmen der Aktion «Die bessere Lüftung» unterstützt.

Die Erfolgsfaktoren

Ein wesentlicher Bestandteil des BO-Projektes ist die Nähe zum technischen Betreiber der Anlagen. Das laufende BO-Projekt war das Resultat einer einjährigen Aktion, bei der der Betreiber durch einen externen BO-Spezialisten unterstützt wurde. In dieser Aktion wurden arealweit kurzfristige Optmierungsmassnahmen mit sehr geringen Investitionen umgesetzt. Die Teamorientierung und die Nachhaltigkeit der Massnahmen standen dabei im Mittelpunkt.

▪

Für die laufenden Projektierungs- und Bauleitungsaufgaben hat das externe Projektengineering in den Büroräumlichkeiten des Betreibers einen Stützpunkt. Somit ist eine aktuelle, direkte und persönliche Kommunikation gewährleistet.

▪

In den einzelnen Teilprojekten wird der zuständige Betreiber in das Planungsteam integriert. Die geplanten Massnahmen und Bedienungsfragen sind ihm somit frühzeitig bekannt. Eine rechtzeitige Einflussnahme ist möglich.

Es zeigt sich, dass dieses Vorgehen vom Betreiber sehr geschätzt wird. Daraus resultiert ein hohes Engagement und das Einbringen von eigenen Verbesserungsvorschlägen.

Benutzerorientierung

Sämtliche Umbau- und Anpassungsarbeiten müssen bei bezogenen Räumlichkeiten und bei vollem Gebäudebetrieb der Büro- und der Laborräumlichkeiten durchgeführt werden. Dies erfordert von allen Beteiligten ein hohes Mass an Flexibilität. Als Schlüsselperson erwies sich hierbei der bauleitende Monteur vor Ort. Nebst den üblichen technischen Fähigkeiten sind Flexibilität und kommunikative Fähigkeiten gefragt. Die sorgfältige Einführung des ausführenden Unternehmers in die hiesigen Verhältnisse führte auch von der Benutzerseite zu einem hohen Grad an Akzeptanz.

Fazit

In Basel wird zur Zeit eines der grössten Energiespar(bau)projekte der Schweiz umgesetzt. Der gesamte Energieverbrauch einer Ortschaft mit 6000 Einwohnern soll eingespart werden. Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist die teamorientierte Projektbearbeitung und die detaillierte Wirtschaftlichkeits- und Projektbeurteilung.

Adresse der Verfasser:
Martin Herrmann, dipl. Ing. ETH/SIA, Bereichsleiter Energie, J. Willers Engineering AG, 4310 Rheinfelden; *Hanspeter Suter*, dipl. Ing. HTL, Facility Management, F. Hoffmann-La Roche AG, 4070 Basel

Literatur:

[1]
Burri S., Blaser J.: Innovative Konzepte für die pneumatische Regelung. Spektrum der Gebäudetechnik 1/97

[2]
Humm O.: Energie sparen mit Umwälzpumpen in Heizanlagen. SI+A 24/96