



Messraum zum Bau von Messgeräten und Messmaschinen. Durch konstante Raumklimabedingungen wird eine Genauigkeit von einem Tausendstel Millimeter erreicht. Vor der Montage der Messmaschine auf einem Granitblock wird das Fundament wochenlang temperiert, bis die definierte Zieltemperatur erreicht ist.

Mahr saniert Messräume und spart ein Drittel Energie

# Präzises Raumklima sichert Qualität

**An kaum eine industrielle Raumklimaanlage werden so hohe Anforderungen gestellt, wie an die in Messräumen. So wird beim Bau hochwertiger Messmaschinen zum Prüfen ganzer Motorblöcke eine Temperaturkonstanz von deutlich besser als  $\pm 0,2$  K gefordert. Auch deshalb wurden bei der Mahr GmbH in Göttingen, Hersteller von Präzisionsmessgeräten, drei in den 80er Jahren gebaute Messräume vor Kurzem bei laufendem Betrieb modernisiert und ein weiterer neu hinzugebaut. Die erzielte Energieeinsparung von etwa 33 % resultiert aus der Verbesserung der Beleuchtung, der hydraulischen Sanierung der Kälteanlagen und einem grundlegend neuen Regelungskonzept auf der Basis des Industrieautomatisierungssystems Simatic S7 300 von Siemens.**

Innovationen im Investitionsgüterbereich werden heute mit einem Zuwachs an Qualität und Präzision gleichgesetzt. Dies gilt bei der Herstellung von Otto- und Dieselmotoren ebenso wie bei Synthesefasern, optischen Geräten, elektronischen Bauteilen oder Herzklappen. Spielte sich „Präzision“ vor zehn Jahren noch in der Größenordnung von einem Hundertstel Millimeter ab, so ist heute oft eine Genauigkeit von einem Tausendstel Millimeter und weniger gefordert. Wegbereiter des kompromisslosen Qualitätsdenkens sind

Zulieferer im Bereich des Messwesens, die Forschungs- und Entwicklungsergebnisse verifizieren und durch immer ausgefeiltere und genauere Messmethoden die stetig nach oben korrigierten Qualitätsstandards in den Herstellungsprozessen der Wirtschaft absichern.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen zur Durchsetzung geringerer Messtoleranzen beim Bau von Messgeräten und Bearbeitungszentren wie auch bei der Produktion von Präzisionsteilen sind stabile Raumklimabedingungen. Das hat die

in Göttingen ansässige Mahr GmbH schon frühzeitig erkannt und bereits im Jahr 1986 für die damalige Zeit vorbildliche Messräume zum Bau von Präzisionsmessgeräten und -messmaschinen erstellt. Dadurch war es möglich, Präzisionsmessgeräte herzustellen, die unter exakt definierten Raumklimabedingungen bei einer Temperaturkonstanz von nur noch  $\pm 0,2$  K die geforderten sehr hohen Genauigkeiten erreichen.

Generell wird bei Mahr folgende Faustregel eingehalten: Die Messgenauigkeit muss um den



Bild: Siemens Building Technologies

*Der Austausch älterer Beleuchtungen lohnt sich gleich mehrfach: Die Lichtausbeute ist höher, der Stromverbrauch geringer und die Kühllast niedriger.*



Bild: Siemens Building Technologies

*Die Kälteverteilung inklusive der Kaltwasser-Umwälzpumpen wurde neu dimensioniert und komplett erneuert. Allein die Einsparung an Pumpenstrom liegt bei rund 52,5 MWh/a.*



Bild: Siemens Building Technologies

*Die waagerechte eingebaute Regelapparatur (vorne) beinhaltet die Strahlpumpe zur trockenen Kühlung, die senkrecht eingebaute Regelapparatur das Drosselventil zur Entfeuchtung.*



Bild: Siemens Building Technologies

*Solide Raumklimageräte zahlen sich aus: Die großzügig dimensionierten Geräte wie auch die Luftkanäle ermöglichen einen energiesparenden Betrieb. Durch Nachrüstungen mit 3D-Tropfwannen für die Kühler sowie Frequenzumformer für die Ventilatoren sind sie wieder auf dem Stand der Technik.*

Faktor 10 höher sein als die geforderte Fertigungsgenauigkeit der zu messenden Werkstücke. Da bei vielen Anwendern der Mahr Messeinrichtungen (z. B. Automobil- und Elektronikindustrie, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt) die Messgeräte produktionsnah unter weniger kontrollierbaren Raumklimaverhältnissen zum Einsatz kommen, werden in vielen Fällen abweichende Umgebungsbedingungen rechnerisch kompensiert. Um diese rechnerische Kompensation erfolgreich durchführen zu können, ist wiederum eine Maschinenabnahme unter sehr stabilen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnissen zwingend erforderlich. Grundlage zum Bau des Messraums bei Mahr war die Richtlinie VDI/VDE 2627 „Anforderungen an Messräume“.

Zurzeit sind in der dimensionellen Messtechnik zwei Trends zur Steigerung der Präzision zu beobachten:

- Verbesserung der Qualitätskontrolle durch Messeinrichtungen in der laufenden Produktion unter Umgebungsbedingungen (fertigungsnahe Messen)
- weiter steigende Ansprüche an die Messgenauigkeit bei Forschung und Entwicklung hochpräziser Bauteile wie Deseinspritzpumpen oder Herzklappen.

Voraussetzung hierfür sind Messräume mit Wand-/Deckenkühlung, oft auch in Kombination mit Schwerkraftkühlung. An den eigentlichen Messstellen müssen jegliche Luftturbulenzen und Temperaturschwankungen ausgeschlossen werden. Schon die Änderung der Anzahl der Personen in einem Messraum beeinflusst die Raumtemperatur und damit das Messergebnis. Das thermische Gleichgewicht wird in vielen Fällen dadurch gewahrt, dass Personen beim Verlassen des Raums eine 100-Watt-Glühbirne einschalten und beim Eintreten wieder ausschalten. Aus diesem Grund

bleibt in den meisten Fällen die Beleuchtung von Messräumen rund um die Uhr an 365 Tagen im Jahr eingeschaltet.

### Modernisieren statt erneuern

Vor dem Hintergrund weiter steigender Kundenansprüche an die dimensionelle Messtechnik hat Mahr seine drei rund 20 Jahre alten Messräume im Werk Göttingen vor kurzem einer Generalsanierung unterzogen. Äußerer Anlass war die Einstellung von Ersatzteillieferungen für eine speicherprogrammierbare Industriesteuerung, die speziell für die Regelung der Klimaanlage für die Messräume programmiert war. Auch sollten im Zuge der Modernisierung die bereits vor 20 Jahren getroffenen Vorgaben über die Temperaturkonstanz von  $20\text{ °C} \pm 0,2\text{ K}$  bei 50 % rel. F. auf  $\pm 0,1\text{ K}$  als Zieldefinition verbessert werden.

Eine intensive Analyse der Messräume wie auch der raumluftechnischen Anlagen (hygienischer und physikalischer Zustand, Betriebsfunktionen) durch das Ingenieurbüro Geese, Hardeggen, ergab folgendes Bild:

- die Hauptanlagenkomponenten waren trotz ihres Alters von 20 Jahren und Betriebszeiten von 8600 h/a in einem sehr guten Zustand,
- die verstellbaren, eingeregelt Zuluft-Drallluftauslässe in den Messräumen waren in gutem Zustand; Messungen bestätigten die guten Lufteinbringverhältnisse; der Einbau neuer Luftauslässe hätte keine wesentliche Verbesserung der Raumströmung und somit der Temperaturkonstanz gebracht,
- als eindeutige Schwachstellen stellten sich die Regelungen der Klimaanlage, der Betrieb und die Hydraulik des Kaltwassersystems, unnötig hohe Luftmengen sowie die ineffiziente Beleuchtung heraus.



Bild: Mahr

### Wer ist Mahr?

Seit der Gründung vor 145 Jahren in Esslingen am Neckar ist Mahr als mittelständische Unternehmensgruppe der

*Das Göttinger Unternehmen Mahr gilt weltweit als die Nummer 3 in der dimensionellen Messtechnik.*

Investitionsgüterbranche zu einer festen Größe in der Fertigungstechnologie geworden. Neben hochwertigen Messgeräten zum Prüfen der Werkstückgeometrie sind auch Spinn- und Dosierpumpen, u. a. für die Textilfaserproduktion, und hochgenaue Kugelführungen als universelle Bauelemente für mechanische Konstruktionen wesentliche Bestandteile des Mahr-Programms. Hauptabnehmer sind die Automobilindustrie, die Werkzeugmaschinenindustrie, die Maschinen- und Anlagentechnik sowie feinwerktechnische Betriebe (auch aus den Bereichen Optik und Elektronik). Spinnpumpen werden in erster Linie an die Hersteller von Synthefasern, Elastomeren und deren Zulieferer sowie die kunststoffverarbeitende Industrie geliefert. Weltweit zählen rund 20 Gesellschaften mit insgesamt etwa 1500 Mitarbeitern zu der in Göttingen ansässigen Mahr-Gruppe. Mit einem Exportanteil von ca. 60 % gilt Mahr als Nummer 3 im Weltmarkt der dimensionellen Messtechnik. Der konsolidierte Umsatz in der Gruppe lag 2005 bei 152 Mio. Euro.

Eine umfangreiche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Abschätzung der Energieeinsparungsmöglichkeiten durch eine geeignete Modernisierungsvariante ergab, dass durch Optimierungsmaßnahmen und Teilerneuerung des Kaltwassersystems, eine neue Beleuchtung sowie neue Regelungen rund 33 % an elektrischem Energieaufwand eingespart werden könnte. Im Vergleich dazu hätte eine Komplettsanierung der Anlagen keine wesentlich höheren Einsparungen erwarten lassen. Für die Modernisierungslösung sprach außerdem die Zusage des Ingenieurbüros gegenüber Mahr, das Projekt so zu steuern, dass der Betrieb in den sensiblen Messräumen durch die Umbauarbeiten an den Luftaufbereitungsgeräten, am Kaltwassersystem und den Regelungsanlagen bzw. Schaltschränken in keiner Weise beeinträchtigt werde. Daraufhin entschied sich Mahr für folgende Erneuerungsmaßnahmen:

- Ersatz der alten Langfeldleuchten durch hocheffiziente Leuchtentechnologie, T5 Leuchtmittel, Dimmbarkeit jeder Leuchte nach Bedarf über Bustechnik, hochverspiegelte Reflektoren mit einer Lichtausbeute von 84 % und Reduzierung der Lichtstärke von bisher etwa 1400 Lux auf benötigte 700 Lux. Durch die Dimmbarkeit der neuen Leuchtmittel kann die Beleuchtung genau an die aktuelle Belegung und Nutzung

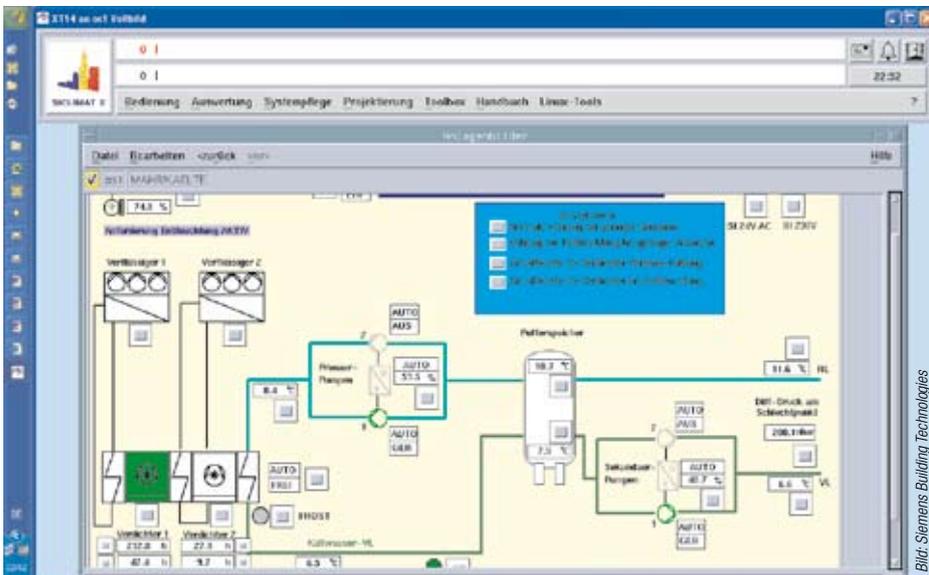


Bild: Siemens Building Technologies

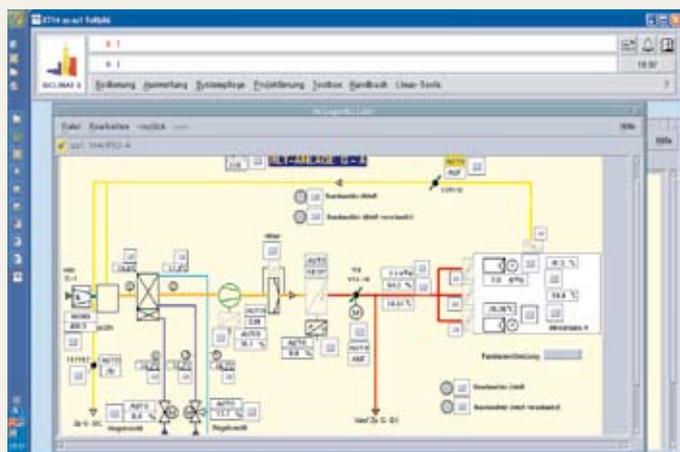
Anlagenbild Kälteerzeugung mit Primär- und Sekundärpumpen. Die Sekundärpumpe wird druckkonstant auf 200 mbar für den Betrieb der Strahlpumpen drehzahl geregelt.

### Von der Raumtemperaturregelung zum Präzisionsklima

Um die von Mahr gewünschte Temperaturkonstanz in den Messräumen von  $20\text{ °C} \pm 0,1\text{ K}$  zu erreichen, bedarf es eines optimalen Zusammenspiels von Kälteerzeugung, Pufferspeicher-Management, Vorbehandlung der Raumluft in der Außenlufteinheit und Nachbehandlung in den den jeweiligen Messräumen zugeordneten Klimageräten. Ganz wesentlich am Erreichen der hohen Temperaturkonstanz trägt die Vorregelung der hygienisch notwendigen Luftmenge in der Außenlufteinheit bei. Hier wird die Außenluft über Filter, Vorwärmer, Luftkühler und Befeuchter so weit vorkonditioniert, dass die Feinjustierung des Raumklimas in den nachgeschalteten Klimageräten ganz nach den Bedürfnissen der einzelnen Messräume vorgenommen werden kann. Sollwertgeber für die Messraumüberwachung ist ein PT-100 Messelement als Referenzmessgröße sowie vier weitere, im Raum verteilte PT-100 Fühler als reine Anzeigeinstrumente zur Kontrolle und zur Dokumentation.

Raumfeuchte und Luftfeuchtigkeit im Prozessverlauf werden als absolute Feuchte in Kombination mit PT-100 Referenzfühlern ermittelt und zur Regelung genutzt. Alle Größen zur Raumkonditionierung stehen somit zur Verfügung.

Die Kühlung der Zuluft der im Kühlfall durch Außenluft mit maximal 10 % Außenluftanteil, sonst mit variabler, vorkonditionierter Außenluftmenge betriebenen Klimageräte, erfolgt über zweigeteilte Kühlregister. Im unteren Bereich wird entfeuchtet, im oberen Teil trocken gekühlt. Die Regelung des Kaltwasserdurchsatzes im Luftkühler erfolgt über eine motorisch verstellbare Strahlpumpe im Kaltwasservorlauf, mit der die trockene Kühlung erreicht wird. Durch Rücklaufbeimischung in der geregelten Strahlpumpe wird die zur Kühlung benötigte Kaltwassertemperatur eingestellt, die in der Regel höher ist als die bereitgestellte Kaltwassertemperatur. Über die Strahlpumpe erfolgt keine Drosselregelung, sondern eine Mischregelung mit zwar variabler, jedoch im Normalregelbetrieb hoher Wassermenge im Verbraucherkreis. Der Einsatz von Strahlpumpen zur Kälte- regelung in der Klimatechnik ist sicher ein ungewöhnliches, aber ein bewährtes Regelungskonzept, das eine sehr präzise Sollwerthaltung möglich macht.



Anlagenbild RLT Klimaanlage Messraum A.

Wie üblich, wenn eine hohe Regelgenauigkeit gefordert ist, wird die Zulufttemperatur über eine Raumluft-Zuluft-Kaskadenregelung bestimmt. Zur schnellen Ausregelung von Störgrößen im Raum wirkt eine Überschreitung der Soll-Raumlufttemperatur direkt auf die Drehzahl des Ventilators ein. Diese Besonderheit des Regeleingriffs hat sich bestens bewährt. In einer festgelegten Bandbreite von nur 0,4 K, also von 20 bis 20,4 °C, wird die Ventilator-drehzahl vom Grundsollwert auf maximale Luftmenge für den

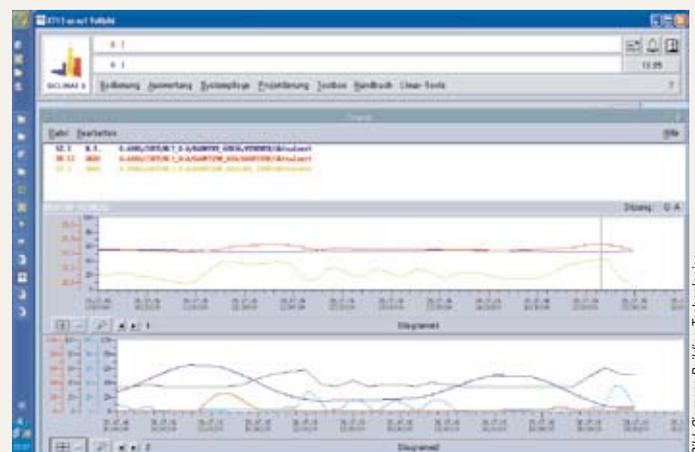
Raum linear erhöht. Je nach oberer Abweichung von der Solltemperatur im Raum variiert der Ventilator seinen Volumenstrom über einen SED 2 Frequenzumformer zwischen minimal etwa 10 000 m<sup>3</sup>/h und maximal 18 000 m<sup>3</sup>/h.

Die Grundaussregelung der Kühlanforderung erfolgt über die parallel und in Sequenz geschalteten Kühlventile, als geregelte Strahlpumpe und/oder Drosselventil (im Entfeuchtungsfall) mit Verstellung durch den Kaskadenregler.

Ist Entfeuchtung notwendig, übernimmt ein Durchgangsventil mit üblicher Drosselregelung die Kühl-Kaltwasserversorgung über den separat angeschlossenen unteren Teil des Kühlregisters. Die Strahlpumpe wird abgeschaltet und erst bei nicht ausreichender Gesamtkühlleistung stetig wieder geöffnet. Umgekehrt gilt gleiches; reicht die Kühlung über die Strahlpumpe allein nicht aus, wird nach Folgeumschaltung in Sequenz das Kühl-Drosselventil geöffnet, eine besonders komplexe Programmieranforderung an die „S7“.

Im Entfeuchtungsfall wird gleichzeitig die Kaltwassertemperatur im Kältekreis gleitend auf bis zu 6 °C abgesenkt. Zudem ist das Kühlregister so verschaltet, dass der Rücklauf aus dem „Entfeuchter“ den Vorlauf für den trockenen Bereich des Kühlers bildet. Dadurch wird auch im Entfeuchtungsfall – und nicht nur im Strahlpumpen-Kühlbetrieb – eine hohe Rücklauf-temperatur durch Nutzung der vorhandenen großen Wärmeübertragerfläche der Kühler erzielt, was der Minimierung der umlaufenden Wassermenge dient und entscheidend mit zur Verbesserung des COP-Wertes im Kältemaschinenbetrieb beiträgt.

Sowohl die hydraulische Schaltung als auch das Regelungskonzept hat sich im zurückliegenden heißen Sommer bestens bewährt. Trotz anhaltend hoher Außentemperaturen lagen die gemessenen maximalen Raumtemperaturabweichungen an den extremen Tagen und zusätzlich hohen inneren Raumbelastungen bei nur  $\pm 0,2\text{ K}$ ; die üblichen Abweichungen liegen mit Bestwert bei  $\pm 0,05\text{ K}$ , der Durchschnitt bei  $\pm 0,1\text{ K}$ . Die außergewöhnlich komplexen Anforderungen mit den zu integrierenden energiesparenden Regelungsverknüpfungen zwischen Kältemaschine, Luftkühlung und Drehzahlregelung des Zuluftventilators sowie die erreichte Stabilität und Genauigkeit der Regelkreise ist in erster Linie auf den Einsatz der S7-Steuerung und die erfahrene praktische Umsetzung durch fundierte Sachkompetenz der Beteiligten zurückzuführen. Wichtig sind auch die vom Siclimat X-System angebotenen Kontrollmöglichkeiten. Die daraus resultierenden Erkenntnisse und die darauf basierenden Verbesserungen zur Feinoptimierung machen „Präzision“ in dieser Qualität und Konstanz erst möglich.



Trendkurve „Temperaturverlauf“ Messraum A vom 28. Juli 2006. Oberes Diagramm: Rot: Raumtemperatur, blau: relative Feuchte im Raum, gold: Zulufttemperatur. Unteres Diagramm: Blau: Stellsignal Kühlventil/Entfeuchten, hellblau: Stellsignal Strahlpumpe/trockene Kühlung, schwarz: Stellsignal Ventilator-drehzahl.

der Messräume angepasst werden. Der elektrische Leistungsbedarf für Beleuchtung konnte von früher nominal ca. 36 kW auf heute etwa 15 kW gesenkt werden. Entsprechend hat sich auch die Kühllast reduziert, d. h. die Maßnahme wirkt sich doppelt auf die Einsparungen aus.

- Zur Verbesserung der Lüfthygiene in den Messräumen wurden zu den vorhandenen Umluftanlagen für die Messräume A, B, C, D sowie dem neuen Messraum G+ eine gemeinsame Außenluftaufbereitung als Zuluftreinheit mit F5- und F7-Vorfilter, Elektroheizregister (Kompensation für den geringeren Wärmeeintrag durch die Beleuchtung), Vorkühler und Dampfbefeuchter installiert. Die Verteilung der voraufbereiteten Außenluft zu den drei vorhandenen Klimageräten bzw. zu der neuen Anlage für Messraum G+ erfolgt über variabel betriebene Volumenstromregler.
- Ertüchtigung der vorhandenen Klimageräte durch Anpassung der Luftvolumenströme von ursprünglich ausgelegten 36 000 m<sup>3</sup>/h pro Messraum auf maximal 18 000 m<sup>3</sup>/h. Dazu wurden die bislang zweistufig arbeitenden, rückwärtsgekrümmten Radialventilatoren mit neuen Antriebsmotoren der Effizienzklasse eff1 ausgerüstet, die drehzahlvariabel zwischen

etwa 10 000 und 36 000 m<sup>3</sup>/h (im Redundanzfall) betrieben werden. Im Zuge des Regelungskonzepts für die Raumtemperatur werden die Ventilatoren über Siemens SED 2-Frequenzumformer angesteuert. Die baugleichen Hauptanlagen für Messraum A und Messraum B sind redundant aufgebaut, d. h. bei Ausfall eines Klimageräts kann das andere die volle Versorgung beider Messräume (max. 36 000 m<sup>3</sup>/h) übernehmen. Um dem heutigen hygienischen Standard gerecht zu werden, wurden die stark beanspruchten Bauteile wie der Luftkühler, in Ausrichtung an VDI 6022 grundertüchtigt und leicht zu reinigende 3D-Tropfwannen nachgerüstet. Ansonsten entsprechen nicht nur die sehr großzügig ausgelegten, zweigeteilten Wärmeübertrager für sensible und latente Kühlung mit 3 mm Lamellenabstand voll dem heutigen Anspruch nach energiesparender und hygienegerechter Auslegung, sondern auch die Klimageräte selbst.

#### Partner für anspruchsvolle Anlagen

Während die Vorgehensweise zur Generalsanierung der RLT-Anlagen weitgehend klar war,

stellten sich bei der Entscheidung über die Art der Regelung und das Regelungsfabrikat für den Bauherrn und Planer die Fragen:

- Welches Regelungssystem erfüllt die hohe Regelgenauigkeit und Verfügbarkeit?
- Welche Firma ist qualifiziert und so flexibel, die gesamte Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik für die präzise Raumtemperaturregelung eines Messraums bei laufendem Redundant-Betrieb zu erneuern?
- Gibt es eine Möglichkeit, das neue MSR-System in die vorhandene Peripherie (Industrie-SPS, Ethernet) der Industrieautomation einzubinden?
- Können Prozessdaten aus der Gebäudeautomation zu einem späteren Zeitpunkt in das vorhandene Siclimat X-System übernommen werden?

Aufgrund der guten Erfahrungen bei Mahr im industriellen Bereich mit Siemens Technologie (Simatic-Steuerungen, Siemens-Netzwerk und Siclimat X-Server) war es nur konsequent, die komplexen und anspruchsvollen Regelungsaufgaben über drei Simatic S7-Steuerungen zu lösen. Auch die geforderte Regelungsgenauigkeit von kleiner  $\pm 0,2$  K, mit Zielwert  $\pm 0,1$  K, ließ sich am

### Energie(spar)quelle Kälteversorgung

Kälteerzeuger und die periphere Kälteverteilung entpuppen sich bei genauerem Hinsehen immer wieder als „Energievernichtungsanlagen“. Die bei Mahr aufgedeckten Energieeinsparpotenziale sind typisch für viele Kälteanlagen, sowohl für die Komfort- als auch die Industrieklimatisierung. Sicherheits- und Angstzuschläge bei Kälteerzeuger, Rohrleitungen und Kaltwasserpumpen führen zu energiezehrenden Überdimensionierungen, so dass sich bei eingehender wirtschaftlicher Betrachtung eine Neuauslegung häufig lohnt. Auch die ursprüngliche Regelungsstrategie entspricht oft nicht mehr dem heutigen Verständnis von Bedarfsführung und Energieeffizienz. Bei Mahr wurden nach eingehender Betrachtung die gesamte Kaltwasser-Hydraulik erneuert und damit einhergehend die Kaltwassermwälzpumpen neu dimensioniert. Das Kernstück, ein bestens instand gehaltener Kaltwassersatz ( $Q_0 = 2 \times 129 \text{ kW}$ ) aus dem Jahr 1986, blieb erhalten. Anstatt ganzjährig Kaltwasser mit konstant  $6^\circ\text{C}$  Vorlauf zu erzeugen, wird jetzt die Kaltwassertemperatur bis auf  $+12^\circ\text{C}$  gleitend gefahren, je nachdem ob entfeuchtet werden muss oder nicht. Gravierende Energieeinsparungen erzielt das Unternehmen durch die Abkehr von der üblichen Anlagentechnik zur Kaltwasserversorgung mit zentraler Kaltwasser-Hauptpumpe DN 80 (2 Inline-Pumpen, umschaltend) und dezentralen Pumpen im Regelkreislauf mit Zwangsumlauf konstanter Wassermenge (Pumpen-Leistungsaufnahme 7 kW bei einer Förderleistung von annähernd  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Ersetzt wurde dieses System durch eine Primärpumpe im Kälteerzeugerkreislauf (Mindestdurchflussmenge  $27 \text{ m}^3/\text{h}$ ) mit Aufladung des 5000-l-Pufferspeichers und eine Sekundärpumpe (beides je 2 Normpumpen, drehzahl geregelt, umschaltend) für die Versorgung der Verbraucherseite, also den Kühlregistern in den Luftaufbereitungsgeräten. Die über Schlechtpunktregelung nach Konstantdruck drehzahl geregelten Pumpen nehmen zusammen nur noch weniger als 1 kW auf. Daraus resultiert eine Einsparung von etwa  $57\,000 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a}$  (Kosteneinsparung mehr als 5000 Euro/a) allein für einen relativ kleinen Betriebsbereich. In der Zwischenzeit konnte der Energieverbrauch der Pumpen durch Laufzeitoptimierungen weiter gesenkt werden. Eine wichtige Rolle dabei spielen die in den SED2-Frequenzumformern integrierten Energiezähler, die sehr exakte Auswertedaten liefern. Durch die gleitende Kaltwasservorlauftemperatur ist außerdem ein Zugewinn bei der Leistungszahl (COP) zu erwarten, der sich bisher nicht quantifizieren lässt, aber in etwa im Bereich von 6 % liegen dürfte. Mit dem hydraulischen und regelungstechnischen Umbau der Kaltwasserversorgung wurden gleichzeitig die Bedingungen für eine Erweiterung zur zentralen betrieblichen Kaltwasserversorgung angrenzender Hallen geschaffen. Durch die Senkung der Kühllast und der dadurch freigewordenen Kühlkapazitäten können in einem nächsten Schritt ineffiziente Einzelkühlaggregate abgeschaltet werden. Die Umsetzungsmaßnahmen sind eingeleitet.



Bild: Siemens Building Technologies

*Redundant aufgebaute Kältemaschine mit  $Q_0 = 2 \times 129 \text{ kW}$ . Nach der Modernisierung wird der Kaltwasservorlauf, abhängig vom Entfeuchtungsbedarf, gleitend zwischen  $6$  und  $12^\circ\text{C}$  gefahren.*

ehsten über den Industriestandard „S7“ realisieren, insbesondere wegen der vom Planer zusätzlich vorgegebenen anspruchsvollen regelungstechnischen Bedingungen mit Verknüpfung von Raumtemperaturregelung in den Messräumen und Drehzahlregelung der Ventilatoren über Frequenzumformer, für die es kein standardisiertes Regelungskonzept gab. Die nicht mehr zeitgemäße, aber funktionierende Kältemaschinensteuerung aus dem Jahr 1986 konnte durch I/O-Module aufgeschaltet und so in das S7-Konzept eingebunden werden. Mit der Erneuerung der MSR-Technik ist jetzt auch eine am tatsächlichen Bedarf orientierte wesentlich effizientere Kaltwassererzeugung möglich.

### Raumdaten als Qualitätsnachweis

Neben den Witterungsverhältnissen werden alle Raumtemperaturen, relative und absolute

Raumfeuchtwerte, Stellgrößen wie Ventilstellungen und Ventilatorendrehzahlen sowie die Werte der Kaltwassererzeugung in einem engen Zeitraaster permanent mitgeschrieben und für den Qualitätsnachweis dokumentiert. So haben sich in gut 18 Monaten Betriebszeit mehr als 36 Mio. Datenwerte angesammelt, die in einer Datenbank zur Verfügung stehen. Über das auf Ethernet basierende Hausnetzwerk kann die Anlage von jedem autorisierten PC aus überwacht und bedient werden, ein bedeutender Rationalisierungseffekt für die Betreiber Mannschaft. Durch die Überwachung und Auswertung des Anlagenbetriebs über Internet-Browser können weitere Optimierungen auch vom betreuenden Ingenieurbüro vorgenommen werden. Dieser Erfahrungstransfer dient außerdem der Verbesserung und dem Erhalt der Präzisionsregelung.

Die Art der Dokumentation ermöglicht den Mitarbeitern von Mahr erstmals auch gezielt zu

untersuchen, wie sich ein Messgerät oder eine Messmaschine im praktischen Messeinsatz unter den eher rauen Klimabedingungen einer Produktionshalle verhält. Für diese Messreihen wird im kleinen Messraum D der Entwicklungsabteilung über die Siclimat X-Station ein Programm mit variablen Raumtemperaturen und vorgegebenen Zeiträumen gefahren. Die Messmaschinen wie auch die Messobjekte, z.B. ganze Motorblöcke, werden dabei real auftretenden Temperaturzyklen wie auch stark erhöhten Raumtemperaturen ausgesetzt.

### Fazit

Mit Hilfe der modernen Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik lassen sich vorhandene RLT-Anlagen wirtschaftlich ertüchtigen. Durch eine geschickte, an Nachhaltigkeitsprinzipien ausgerichtete Modernisierungsstrategie können in der Industrie erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden, ohne dass Anlagen komplett erneuert werden müssen. Der Umbau bei laufendem Betrieb setzt jedoch bei den beteiligten Unternehmen ein hohes Maß an Partnerschaft und Fingerspitzengefühl voraus. Eine wesentliche Erleichterung im Gesamtprocedere war die Entscheidung, das vorhandene Simatic/Siclimat X-Konzept der industriellen Produktion auf die Steuerung der RLT-Anlagen auszuweiten. ■



### Günther Geese

*Dipl.-Ing., Geese Beratende Ingenieure für Technische Gebäudeausrüstung, 37181 Hardegsen, Telefon (0 55 05) 9 40 50, E-Mail: geese\_beratende\_ingenieure@t-online.de*



### Jörg Klar

*Vertriebsbeauftragter HVAC Products, Siemens Building Technologies, 30880 Laatzen, Telefon (05 11) 8 77 53 92, E-Mail: joerg.klar@siemens.com, www.siemens.de/buildingtechnologies*