



**Lichtplanerisch perfekt in Szene gesetzt:
das neue Terminal des Hamburger Flughafens**
© Christoph Gebler

Editorial

3 **Sternstunde der Ingenieurbaukunst**
Ines Bronowski

6 **Consulting-Forum**

Gebäudetechnik

13 **Der Neubau des Umweltbundesamtes in Dessau**
Sven Bega

16 **Niedrigenergie-Neubau in Innsbruck**
Christian Waldhoff, Birgit Lenzen, Tobias Schrag, Jörg Rädler

20 **Energieoptimiertes Finanzamtszentrum in Aachen**
Bernhard Frohn

23 **Komplexe Gebäudeautomation: Neubau der Sparkasse Hagen**
Klaus auf der Springe

27 **Komplexe Lichttechnik im Terminal 1 des Hamburger Flughafens**
Frank Schwiecker, Kai Petersen

30 **Berechnung und Bilanzierung des Beleuchtungsenergiebedarfs**
Günther Volz

32 **Automations- und Informationstechnik: BMW-Autowerk in Leipzig**
Bertram Canzler, Viktor Höschele

36 **Energetische Modernisierung eines Schulzentrums in Norderstedt**
Olaf Ahrens

40 **Sanierung der Hochleistungsaufzugsanlagen einer Klinik**
Frank Reuter

43 **Beruf und Recht**

45 **Software und IT**

49 **Neue Produkte und Projekte**

53 **Märkte Branchen Produkte**

54 **Veranstaltungen und Termine**

56 **Bücher und Veröffentlichungen**

59 **Impressum**

Energetische Modernisierung Sanierung eines Schulzentrums in Norderstedt

■ ■ ■ von Olaf Ahrens

Die Stadt Norderstedt hatte im Zusammenhang mit Sanierungsmaßnahmen für ein Schulzentrum eine energiewirtschaftliche Untersuchung in Auftrag gegeben. Die danach geplanten Umbaumaßnahmen einschließlich der Ertüchtigung des baulichen Brandschutzes wurden in den Sommerferien 2002 und 2003 ausgeführt. Nach Auswertung der Brennstoffverbräuche der vergangenen Jahre sank der Primärenergieeinsatz deutlich.

Aufgabe

Die Stadt Norderstedt betreibt das sogenannte Schulzentrum Süd seit Anfang der 1970er-Jahre. Derzeit werden dort ca. 1.300 Schüler unterrichtet, Grund-, Haupt- und Realschüler sowie Gymnasiasten. Zum Schulzentrum gehören das integrierte Jugendzentrum und großzügige Sportanlagen, bestehend aus zwei Drei-Feld-Sporthallen und einem Sportplatz, die auch außerschulisch durch diverse Vereine genutzt werden. Das Schulzentrum besteht aus einem allgemeinen Unterrichtsbereich, der sich über zwei Etagen im Hauptgebäude erstreckt. Daneben liegt ein einstöckiger Gebäudeteil mit den Fachräumen für Musik, Kunst, Werken und Chemie. Insgesamt sind ca. 180 Klassenräume mit einer Grundfläche von ca. 20.000 m² zu bewirtschaften. Westlich an das Hauptgebäude schließt der Sporthallenbau einschließlich Umkleidebereichen an. Im Zusammenhang mit der 2002 anstehenden kompletten Erneuerung der Fassaden des Schulzentrums beauftragte die Stadt Norderstedt unser Ingenieurbüro mit der Prüfung, inwieweit die mittlerweile über 30 Jahre alten techni-



1 Schulzentrum in Norderstedt

schen Anlagen mit angepasst werden müssen und welche Investitionskosten dafür notwendig wären. Gleichzeitig sollte bei der Konzepterarbeitung darauf geachtet werden, den Primärenergieeinsatz so weit wie möglich zu verringern und dementsprechend energiesparende Komponenten einzuplanen.

Bestand

Das gesamte Schulzentrum wird über eine zentrale Heizungsanlage mit drei Gaskesseln versorgt. Diese wurden 1998 durch die Stadtwerke Norderstedt übernommen und saniert. Seitdem sind hier zwei Brennwert- und ein Niedertemperaturkessel mit einer Gesamtleistung von 3,7 MW in Betrieb. Die Stadtwerke betreiben diese Anlage und verkaufen die Wärme an die Stadt als Eigentümer und Betreiber der Schule.

Der zweigeschossige Hauptbau ist seinerzeit nur für die Grundbeheizung mit Plattenheizkörpern ausgerüstet worden. Diese waren so ausgelegt, dass die Räume bei Normaußentemperaturen von -12 °C auf max. 15 °C Raumtemperatur erwärmt werden konnten. Die restliche Beheizung erfolgte mechanisch über drei Lüftungsanlagen mit je 45.000 m³/h. Dazu wurde die erwärmte Luft von den drei Dachzentralen aus in die einzelnen Bereiche geführt und die Raumtemperatur in je zwei Klassenräumen über pneumatisch geregelte Mischluftboxen, die sich in der abgehängten Decke befanden, geregelt.

Die mechanische Be- und Entlüftung der Räume war zwingend notwendig, da die vorhandene Fassade nicht genügend zu öffnende Fenster für eine natürliche Belüftung der Klassenräume hatte. Da im Rahmen der Fassadensanierung nicht nur ein besserer U-Wert erklärtes Ziel war, sondern auch die Ausstattung aller Klassenräume mit ausreichend Fensterfläche, galten neue Randbedingungen für die energetische Betrachtung.

Die Berechnungen zum neuen Wärmebedarf der einzelnen Klassenräume zeigten, dass die installierten Heizkörper künftig ausreichen, um die meisten Klassenzimmer ausreichend zu beheizen. Lediglich im eingeschossigen naturwissenschaftlichen Bereich waren Heizkörper nachzurüsten. Auf dieser Grundlage wurde das zukünftige Konzept erarbeitet. Dabei wurden folgende Punkte festgelegt:

1. Lüftung
 - Demontage der vorhandenen Lüftungsgeräte;
 - mechanische Be- und Entlüftung nur noch für innen liegende Räume;
 - Neuaufbau der Lüftungszentralen mit neuen Lüftungsgeräten und angepasster Luftleistung, Einbau wirksamer Wärmerückgewinnungstechnik;
 - möglichst weitgehende Weiternutzung des vorhandenen Luftkanalnetzes.

2. Heizungstechnik
 - Einbau voreinstellbarer Thermostatventile an allen Heizkörpern;
 - hydraulischer Abgleich nach Vorgaben des Planungsbüros;
 - Erneuerung der Heizungsregelkreise mit Anpassung der Durchflussmengen.
3. Kältetechnik
 - Demontage der zentralen Kältemaschine (wurde für die Kaltluftterzeugung an den Mischluftboxen benötigt);
 - Kühlung von Räumen mit speziellen Anforderungen (PC-Räume/Hörsäle) mit Splitgeräten.
4. Erneuerung der gesamten MSR-Technik mit Aufschaltung auf eine Gebäudeleittechnik.

Die auf Grundlage dieses Konzepts geschätzten Modernisierungskosten lagen bei ca. 1,5 Mio. €, einschließlich Maurer- und Trockenbauarbeiten, Brandschutzmaßnahmen sowie Planungs- und Nebenkosten.

Umsetzung

Da die Stadtwerke bereits die Kesselanlagen der öffentlichen Einrichtungen der Stadt betreiben und Wärme an die Stadt liefern, entstand die Idee, in diesen Contractingvertrag auch die anderen technischen Anlagen des Schulzentrums einzubeziehen, d. h., den Stadtwerken die Sanierung und den Betrieb zu übertragen. Diese Lösung wurde nach mehreren Gesprächsrunden als für beide Seiten vorteilhaft befunden, da zum einen die Stadtwerke mit ihrem technischen Know-how und ihrem Personal die Anlagen effektiver betreiben und warten können, zum anderen die Stadt die notwendigen Investitionen nicht selber tätigen muss. Dafür zahlt die Stadt den Stadtwerken eine Betriebskostenpauschale, die Stadtwerke refinanzieren ihre Investition durch den mit dem neuen Konzept und der effizienteren Technik gesparten Energieverbrauch.

Lüftung

Die drei Lüftungsanlagen für den allgemeinen Unterrichtsbereich wurden auf eine Anlage reduziert, da nach der Fassadensanierung ein Großteil der Schulfläche über die Fenster be- und entlüftet werden kann. Die installierte Luftleistung von 140.000 m³/h wurde auf 28.000 m³/h reduziert. Die Anlage ist nur während der Schulzeiten mit dazugehörigen Vor- und Nachlaufzeiten in Betrieb. Die Abluft der

Anlage, die zugleich die sechs WC-Kerne belüftet, wird über vorhandene Abluftventilatoren direkt ins Freie geführt. Für den Eingangsbereich, der auch für Schulversammlungen oder kleine Ausstellungen genutzt wird, wurde eine Bedarfsanlage mit einer Luftleistung von 8.500 m³/h installiert. Diese Anlage regelt den Außenluftanteil über einen CO₂-Sensor. Sie wird bei Bedarf vom technischen Leiter des Schulzentrums eingeschaltet.

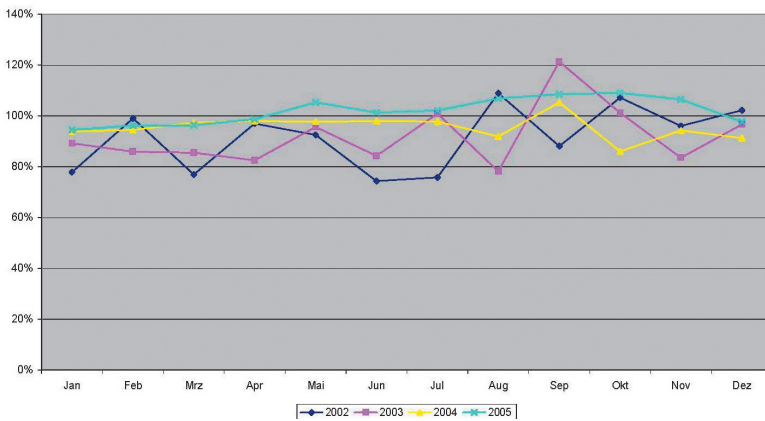
Die im eingeschossigen Schulteil befindlichen Lüftungszentralen mit 55.000 m³/h bzw. 35.000 m³/h konnten ebenfalls auf die halbe Luftleistung reduziert werden und sind auch nur während der Unterrichtszeiten in Betrieb. Die sich im naturwissenschaftlichen Bereich befindliche Unterrichtsküche wurde von der zentralen Lüftungsanlage abgekoppelt. Jeder Kochplatz erhielt eine mehrstufige Dunstabszugshaube mit einer eigenen Luftabfuhr über Dach. Die Zuluft wird, über die Zentralanlage geregelt, nachgefahren. So wurde es möglich, auch diese Lüftungszentrale bei Bedarf im Umluftbetrieb zu betreiben, was während der unterrichtsfreien Zeit im Erhaltungsbetrieb zu erheblichen Energieeinsparungen führt.

Alle Lüftungsanlagen sind mit einem Kreuzstromwärmetauscher ausgestattet, um einen möglichst großen Anteil der in der Fortluft enthaltenen Wärmeenergie nutzen zu können. Des Weiteren haben alle Ventilatoren einen Frequenzumformer erhalten, um die Anlagen druckgesteuert gezielt entsprechend den benötigten Luftmengen zu fahren. Dieses ist insbesondere an den Anlagen notwendig, die in Teilbereichen abgesperrt werden können. Diese Absperrung wird mittels neuer, motorisch betriebener Brandschutzklappen durchgeführt, die im Zuge der Techniksanieierung montiert wurden.

Aufgrund der Vermutung des Vorhandenseins asbesthaltiger Brandschutzklappen wurden zu Beginn der Arbeiten mehrere Brandschutzklappen freigelegt und gemeinsam mit einem Sachverständigen begutachtet. Dabei zeigte sich, dass das asbesthaltige Klappenblatt mit Blech ummantelt war und es keine Anschlagdichtung gab. Insofern waren bei der Demontage keine besonderen Schutzmaßnahmen notwendig, der Fachbetrieb sorgte für die vorschriftsmäßige Entsorgung. Allerdings wurden durch Abdruckproben so genannte kunststoffmineralische Fasern (KMF) in



2 3 Heizungszentrale vor und nach der Modernisierung



4 Kesselwirkungsgrade

größerer Anzahl festgestellt. Vermutlich gelangten diese durch Abrieb an den Schalldämpferkulissen oder aus den Innenisulierungen der alten Lüftungsgeräte in das Luftkanalnetz. Für die Demontearbeiten galten daher die TRGS 521 und anschließend folgten umfangreiche Reinigungen in den jeweiligen Klassenräumen. Entsprechende Freimessungen eines zugelassenen Sachverständigen erlaubten dann die Wiederaufnahme des Schulbetriebes.

Die beiden Sporthallen wurden bis zur Sanierung von zwei Lüftungsgeräten mit je 25.000 m³/h belüftet und beheizt. Außerdem waren die Umkleidebereiche ebenfalls an diese Lüftungsanlage angeschlossen. Da wirklich große Frischluftmengen nur in der Sporthalle Süd bei größeren Sportveranstaltungen mit bis zu 500 Zuschauern benötigt werden, wurde die Luftaufteilung komplett geändert. Jetzt gibt es nur noch ein Lüftungsgerät für beide Sporthallen, das während der Schulzeiten für den notwendigen Frischluftwechsel sorgt. Bei größeren Sportveranstaltungen kann die Luftmenge auf 10.000 m³/h verdoppelt werden. Der Umkleidebereich erhielt ein eigenes Lüftungsgerät mit 15.000 m³/h, das nur während der Schul- und Vereinszeiten in Betrieb ist. Da im Schulbetrieb weniger geduscht wird als beim abendlichen Vereinssport, werden die Lüftungsanlagen zusätzlich zu den Betriebszeiten über Strömungsschalter in den Duschwasserleitungen stufenweise angefordert bzw. nach einer gewissen Nachlaufzeit abgeschaltet. Somit ist sichergestellt, dass hier Außenluft immer nur bedarfsgerecht gefahren wird, die Entfeuchtung aber sicher stattfindet.

Heizung

Für sämtliche Heizkörper im Unterrichtsgebäude sowie in der Sporthalle wurden anhand ihrer Abmessungen und Datenblätter die benötigten Heizwassermengen ermittelt. Danach wurden für über 270 Heizkörper die für den hydraulischen Abgleich notwendigen Einstellwerte errechnet und alle Thermostatventile mit Voreinstellung montiert.

Während der Montagearbeiten wurden auch noch vertauschte Vor- und Rücklaufleitungen aus der Bauzeit vor über 30 Jahren festgestellt und diese Fehler beseitigt.

Alle neuen Wärmeverbraucher wurden mit einer Mengenregelung mit nachgeschaltetem Mischkreis ausgerüstet und die Lüftungsregister so ausgelegt, dass möglichst niedrige Rücklauftemperaturen erreicht werden. Zugleich wurden die Wassermengen der einzelnen Heizkreise überprüft und an die tatsächlichen Leistungen angepasst. Hierbei wurden erhebliche Einsparpotenziale bei der Pumpenleistung realisiert. (Abb. 2, 3) Ziel war es, nach der Sanierung aller Anlagen die installierten Brennwertkessel auch tatsächlich im Brennwertbetrieb ganzjährig zu betreiben. Das Diagramm in Abb. 4 zeigt eine deutliche Steigerung des Anlagenwirkungsgrades.



5 Neue Kältetechnik

Durch die enorme Reduzierung der Luftmenge für die beiden Sporthallen musste eine andere Art der Beheizung geplant werden. Deckenplatten fielen aufgrund der hohen Investitionskosten sowie der relativ hohen statischen Belastung aus. Daher wurde die günstige Variante direkt befeuerter Gas-Dunkelstrahler gewählt. Bei der Anordnung dieser Strahler wurde darauf geachtet, dass nicht nur das gesamte Spielfeld, sondern auch Teile der Tribüne mit beaufschlagt werden. Insgesamt erhielt jede Sporthalle drei Dunkelstrahler mit einer Leistung von je 50 kW. Aufgrund der sofort zur Verfügung stehenden Strahlungswärme kann die Hallenlufttemperatur auf 16–17 °C abgesenkt werden.

Die in verschiedenen Technikzentralen installierten zwei Brauchwarmwasserbereitungen für die Duschen wurden durch zwei 1.000-l-Speicherladesysteme mit regelmäßiger thermischer Desinfektion zur Legionellenvermeidung erneuert. Durch das Plus an Speichervolumen und Speichertemperatur wurden die früheren Duschwasser-Engpässe beseitigt. Außerdem sind durch die Anlagen vernünftige Rücklauftemperaturen während eines Großteiles der Betriebszeiten möglich.

Kälte

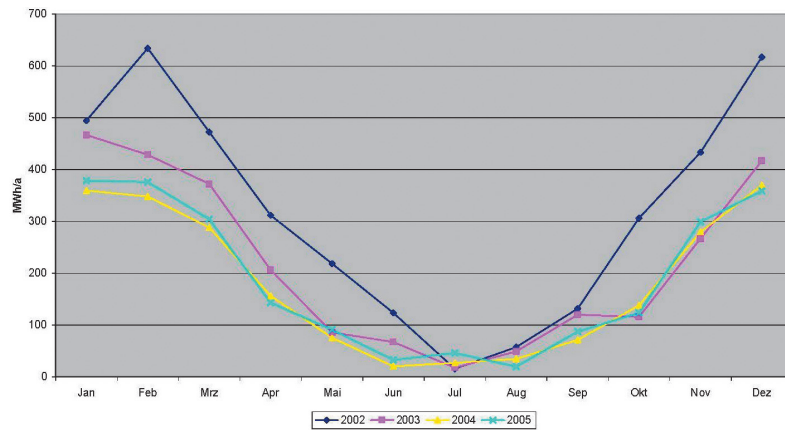
Gemeinsam mit der Stadt sowie der Schulleitung wurde festgelegt, dass künftig lediglich innen liegende PC-Räume mit hohen Wärmelasten, zum Teil direkt unterm Flachdach gelegen, und die beiden Hörsäle zusätzlich gekühlt werden müssen. Daher wurde die veraltete Kältemaschine komplett demonstert; die jeweiligen Räume erhielten Klimasplittergeräte mit Deckenkassetten. Je eine kompakte Außeneinheit mit 28 kW bzw. 46 kW Kälteleistung für PC-Räume und die beiden Hörsäle wurden auf das Dach des allgemeinen Unterrichtsbereiches gestellt.

MSR-Technik

Um alle neuen Anlagenteile bedarfsgerecht betreiben und überwachen zu können, sind die dazugehörigen Schaltanlagen inklusive der Feldgeräte ebenfalls komplett erneuert worden. Hierzu wurde je Betriebsbereich eine speicherprogrammierbare Steuerung eingesetzt, die die einzelnen Temperaturen und Drücke in den Technikzentralen und Klassenräumen überwacht. Alle Technikzentralen sind über die Gebäudeleittechnik (GLT) visualisiert, so dass das Betriebspersonal des Schulzentrums sowie die Stadtwerke mittels Fernzugriff die Anlagen überwachen können. Über die GLT können die einzelnen Technikzentralen mit den Betriebsdaten direkt angewählt, an den verschiedenen Anlagen Sollwerte und Betriebszeiten eingestellt sowie Ist-Werte überwacht werden. Sämtliche Störmeldungen werden nicht nur angezeigt und gespeichert, sondern auch an den Betreiber weitergeleitet, um entsprechend reagieren zu können.

Energieverbrauch

Grundlage unserer Prognose zu den möglichen Einsparungen waren der Elektrobedarf 2001 in Höhe von 1.350 MWh/a sowie der Wärmebedarf von 4.300 MWh/a. Anhand der beschriebenen Maßnahmen haben wir im Zuge der Konzepterarbeitung eine Reduzierung des Wärmebedarfes um 45 % auf 2.350 MWh/a prognostiziert, für den Elektrobereich wurde eine Einsparung um 37 % auf 850 MWh/a errechnet.



6 Wärmebedarf

Allen Beteiligten war zu diesem Zeitpunkt klar, dass das sehr ambitionierte Ziele sind, die nur mit einer straffen Umsetzung der genannten Maßnahmen, Einhaltung der Kosten sowie einer stringenten Betriebsführung zu erreichen sind.

Die einzelnen Maßnahmen wurden jeweils in den Sommerferien 2002 und 2003 umgesetzt. Das Diagramm in Abb. 6 macht die beiden Einsparungsschritte deutlich. Ebenfalls erkennbar ist, dass sich in den beiden voll ausgewerteten Betriebsjahren 2004 und 2005 die prognostizierten Verbräuche bestätigen und nach einer Klimabereinigung annähernd konstant sind (Abb. 7). Ebenso wird der prognostizierte Elektroverbrauch von 850 MWh/a für das gesamte Schulzentrum erreicht.

Fazit

Die gesamte Modernisierung blieb inklusive aller Nebenkosten im Rahmen der veranschlagten 1,5 Mio. €. Durch die konstruktive Zusammenarbeit zwischen Stadt, Stadtwerken und Ingenieurbüro sowie die Verbindung von baulicher und technischer Sanierung konnten erhebliche Energieeinsparungen in Höhe von über 40 % bei Wärme und 35 % im Elektrobereich erzielt werden. Das entlastet zum einen den Haushalt der Kommune und zum anderen die Umwelt um etwa 800 t/a CO₂-Emission. Die rasante Steigerung der Primärenergiepreise in jüngster Zeit sorgt dafür, dass sich die finanziellen Einsparungen gegenüber den Ausgangsdaten 2001 nochmals deutlich erhöhen.

Autor:

Dipl.-Ing. Olaf Ahrens,
Gesellschafter Eneratio
Ingenieurbüro für rationellen
Energieeinsatz GbR, Hamburg

	2002 (MWh/a)	2003 (MWh/a)	2004 (MWh/a)	2005 (MWh/a)
Januar	495	466	360	378
Februar	634	428	348	376
März	473	372	288	304
April	312	206	156	143
Mai	218	85	75	91
Juni	123	67	20	33
Juli	15	18	27	46
August	57	49	34	20
September	131	120	71	87
Oktober	306	115	138	124
November	433	267	279	299
Dezember	617	417	370	359
Summe	3.814	2.611	2.167	2.259

7 Gemessener Wärmeverbrauch (klimabereinigt)
© Eneratio (alle Abb.)