

So wurden an den Berufsbildenden Schulen Einbeck die Heizkosten um 40 % verringert

Günther Geese

Nach einer intensiven Bestandsaufnahme und einem darauf basierenden Sanierungskonzept durch das Ingenieurbüro Geese Beratende Ingenieure, Hardeggen, wurde 2005/2006 der etwa 15.000 m² Nutzfläche große Schulkomplex „Berufsbildende Schulen Einbeck“ hinsichtlich der gebäudetechnischen Ausrüstung grundlegend saniert. Durch Erneuerung der Heizungsanlagen- und Pumpentechnik optimierte Hydraulik sowie den Einsatz von Einzelraumregelungen und eines Energiemanagements wurden die Betriebskosten für Pumpen um 95 % und die Heizkosten insgesamt um etwa 40 % verringert.

Die Berufsbildenden Schulen Einbeck umfassen vier Schulgebäude, eine Großsporthalle und ein Verwaltungsgebäude (Abb. 1). Die Schulgebäude „Haus 1-3“ wurden Anfang der 1960er Jahre erbaut und Anfang der 1970er Jahre erweitert. Der Zustand des baulichen Wärmeschutzes entsprach der damaligen Bauweise. „Haus 4“ und die Großsporthalle entstanden Anfang der 1980er Jahre in einer zwar wärmedämmtechnisch besseren Ausführung, die jedoch weit unter dem heutigen Standard liegt und zudem im Laufe der Zeit bauphysikalische Mängel aufweist. Die Wärmeerzeugungsanlagen für sämtliche Häuser und die Sporthalle (Abb. 2) entstanden im Jahr 1980 und befinden sich in einem separaten

Heizgebäude. Im gleichen Zuge wurde die Heizwärmeversorgung der Liegenschaft auf Nahwärme umgestellt. Die ein wenig von den Schulkomplexen abgelegene Verwaltungsstelle Einbeck des Landkreises Northeim wurde über dieses Nahwärmesystem aus den achtziger Jahren (extrem überdimensioniert und mindergedämmt) mitversorgt.

Punktuelle Maßnahmen blieben ohne Erfolg

Maßnahmen zur Verringerung der exorbitant hohen Energiekosten, die in der Folgezeit punktuell durchgeführt wurden und erhebliche Mittel verschlungen haben, blieben letztlich



Abb. 1: Das Haupthaus der Schulanlage „Berufsbildende Schulen Einbeck“

ohne durchschlagende Erfolge: Es fehlte hier einfach der zum Erfolg führende system- und ingenieurtechnisch ganzheitliche Ansatz. Die anlagentechnischen Systemzusammenhänge der ursprünglich erfolgten Auslegung erfuhr keine Rückkopplung mit dem tatsächlich vorliegenden, notfalls auch einfach nur grob abzuschätzenden Heizwärme- und Umwälzbedarf (Pumpenleistung). Unabhängig vom politischen Willen und den fachlichen Aktivitäten des Liegenschaftsamtes des Landkreises Northeim bestand 2005 bei dieser Liegenschaft daher zwingender Handlungsbedarf für eine umfassende Sanierung der gebäude-technischen Anlagen, wobei Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes nicht durchgeführt wurden. Die Grundsubstanz der Gebäude war stark überaltert und mit

generellen und punktuellen Systemmängeln behaftet. Diese Systemmängel zu beheben und gleichzeitig eine deutliche Steigerung der Betriebs- und Energieeffizienz herbeizuführen waren notwendige Schritte, um die Betriebsbereitschaft aufrecht erhalten zu können und für die Zukunft zu sichern.



Abb. 2: Altanlage 2000 kW, Bj 1984, mit Pumpen und Rohrleitungsgewirr

Gesamtheitliche Sanierung

Die dann 2005/2006 eingeleiteten und ausgeführten Modernisierungen, Erneuerungen und Systemerweiterungen haben zu einem außerordentlichen Erfolg in der Gesamtbilanz der heizenergetischen Systemtechnik geführt. Eine der maßgeblichen Grundlagen für die erzielten Kostenminderungen wurde mit den Gebäudemanagement- und Gebäudeautomationssystemen der Firma GFR aus Verl gelegt. Die vom Planungsbüro vorgegebenen Regelstrategien, von der Einzelraumregelung über die Neuaufteilung der Heizkreise bis hin zu einem modernen Kessel- und Pumpenmanagement, konnten anwendungsorientiert umgesetzt werden und führten bereits während der Abstimmungs- und Einregulierungsphase in der ersten Heizperiode zu Bestergebnissen mit deutlich verringerten Bedarfswerten für Heizenergie und Umwälzpumpenleistung im Normalbetrieb. Das übergeordnete Gebäudemanagement, eingerichtet für die Fernüberwachung mittels Internet-Browser, erlaubt eine ständige Kontrolle der Anlagenverhältnisse. Darüber konnten auf Basis von neu gesetzten und verbesserten Benchmarks Stellschrauben zur Anpassung und Korrektur der gebäudetechnischen Anlagen und deren Betrieb auch von der externen Leitzentrale aus vorgenommen werden. Diese Möglichkeit der direkten Kontrolle per Internet und die basierend auf erfassten Betriebsdaten auszuführenden Handlungen zu weiteren Optimierungen waren bestim-

mend für die energieeffiziente Einstellung des Heizsystems. Den mit einer solch engen Begleitung des Anlagenbetriebs verbundenen Aufwendungen, die sich aus oftmals täglichem Einschalten in den Anlagenbetrieb (und den daraus folgenden Korrekturen) ergeben, stehen zusätzlich erschlossene Einsparpotenziale durch Betriebsoptimierungen gegenüber.

Neubemessung der Wärmeerzeugung

Der Bemessung der thermischen Leistung der Heizzentrale, der Wärmeerzeuger und der gesamten Systemtechnik ging eine intensive Ermittlung des Wärmebedarfs (Heizlast) für die Bestandgebäude voraus. Gleichzeitig wurden alle Komponenten der heiztechnischen Anlagen und auch die hydraulischen Systeme genauestens analysiert.

Diese Analysen zeigten zum Beispiel, dass die überdimensionierten Nahwärmeleitungen rechnerisch keinen nennenswerten Differenzdruck der Nahwärme-Hauptpumpen erforderten. Aus diesem Ergebnis wurde abgeleitet, keine Kesselkreispumpen einzusetzen, sondern Hauptumwälzpumpen in direkter Verbindung Wärmeerzeuger/Nahwärmeeinspeisung die Funktion der Kesselkreisförderung übernehmen zu lassen. Die Wärmeversorgung wurde daher auf zwei Heizkessel aufgeteilt: Ein Brennwert-Heizkessel mit einer Leistung von 525 kW dient als Primär-Wärmeerzeuger (Führungs-Kessel), dem zur Deckung von Spitzenlasten und als Back-up für eine Teil-Ausfallreserve ein



Abb. 3: Die ‚kleine‘ Wärmeerzeugeranlage; statt ‚früher‘ rund 2000 kW hier nur noch 925 kW

Niedertemperaturkessel (400 kW) an die Seite gestellt wurde (Abb. 3).

Energieeffizienz nach drei Winterperioden

Die Brennerbetriebszeit für den 525 kW Brennwert-Wärmeerzeuger betrug bis zu Beginn der Heizperiode 2007/2008 rund 6.600 Betriebsstunden. Diese Einschaltdauer entspricht, bezogen auf die gesamte Zeitspanne seit der Inbetriebnahme, einer Laufzeit von etwa 40 % und belegt damit sowohl die hohe Auslastung der Wärmeerzeugung als auch den vortrefflich geregelten Modulationsbetrieb. Die Kesselre-

gelung und Folgeschaltung erfolgt über GFR-Automationsstationen. Die Wärmeerzeuger selbst verfügen lediglich über eine sicherheitstechnische Grundausstattung.

Die Leistungsfähigkeit und Effizienz des sanierten Systems wird unter anderem dadurch verdeutlicht, dass der Brenner des Niedertemperatur-Spitzenlastkessels (betrachtet über den gleichen Zeitraum wie den Brennwertkessel) weniger als 300 Betriebsstunden lief und somit eine Einschaltdauer von nur 2 % aufweist. Diese geringe Zuschaltung des Niedertemperaturkessels ist ein Indiz dafür, dass die Kesselfolgeschaltung und das heiztechnische Spitzenlast-Management über die GFR-



Abb. 4: Das Gebäudemanagement-System „Webvision“

Komponenten und die darauf abgestimmten Softwarelösungen in bester Weise greifen. Die zur Brennwertnutzung erforderlichen niedrigen Rücklauftemperaturen des Heizwassers werden über die eingestellten hydraulischen Verhältnisse und die exakt abgestimmten regelungstechnischen Einrichtungen eingehalten.

Optimierung der Umwälzpumpen

Bei der Neuauslegung der Heizsysteme wurden zwei Umwälzpumpen DN 80 zur Heizwasserförderung im Nahwärmenetz eingesetzt. Die Umwälzpumpen werden, wie üblich, im Wechsel betrieben und können zu Spitzenlastzeiten auch parallel gefahren werden. Die Entscheidung fiel auf Hocheffizienz-Pumpen mit Permanentmagnetrotor und drehzahlvariablen, elektronisch kommutierten Antrieben (EC-Motoren). Dabei blieben die üblicherweise

in diesen Pumpen integrierten elektronischen Regelfunktionen zur selbstständigen Steuerung der Pumpendrehzahl in Abhängigkeit von der Lastabforderung ungenutzt. Eingerichtet wurde hingegen eine (aufwändigere) Differenzdruckerfassung an hydraulischen Schlechtpunkten des Nahwärmesystems, die sich in verschiedenen, entfernt liegenden Unterstationen der ausgedehnten Liegenschaft befinden. Diese Differenzdruckregelung mit Schlechtpunktauswertung und Sollwertvorgabe, also die Regelung der Pumpendrehzahl, erfolgt über das GFR Managementsoftware-System „Webvision large“ (Abb. 4).

95 % Pumpenenergie eingespart

Nach rund 10.000 Stunden Betriebszeit mit Messaufnahme zeigten die Auswertungen der Pumpenlaufzeiten und der Energieverbräuche, dass die Leistungsaufnahme der Nahwärme-Netzumpen bezogen auf ein Kalenderjahr im Durchschnitt lediglich etwa 160 W betragen. Für eine Liegenschaft mit einer Bruttogeschossfläche (BGF) von 13.500 m² in vier separaten Gebäudekomplexen und einer Großsporthalle wird hier den Nahwärmenetzumpen also nur eine durchschnittliche Antriebsleistung von 160 W abverlangt – ein phantastisch niedriger Wert! Der Verbrauch an elektrischer Energie über die ca. 10.000 h Betriebszeit beträgt für beide Hauptpumpen 1.168 kWh: Das sind weniger als 1.000 kWh bezogen auf ein Kalenderjahr

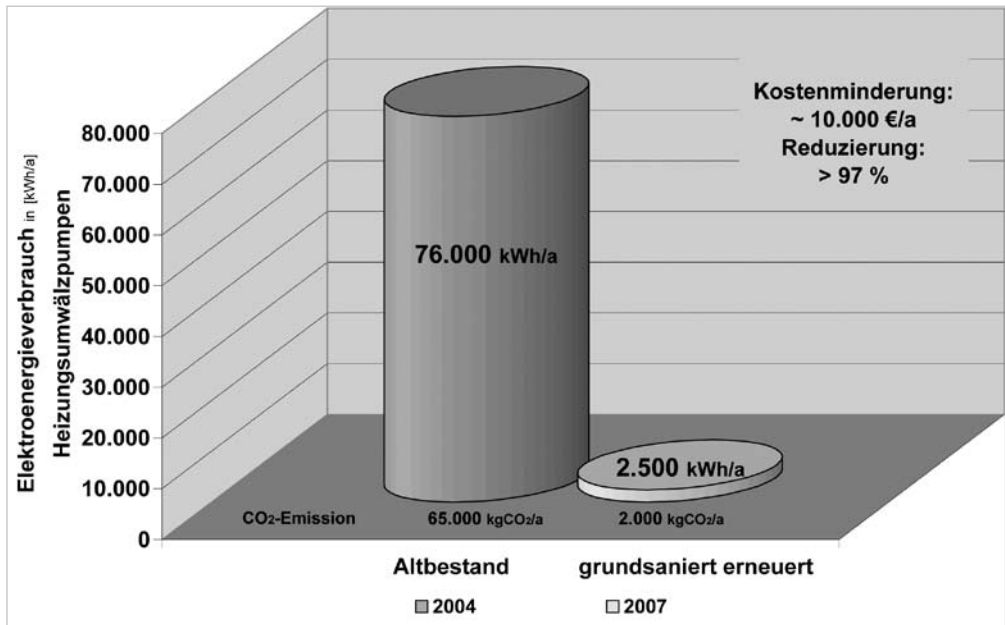


Abb. 5: Einsparerfolg „Erneuerung der Umwälzpumpen mit hydraulischem Abgleich aller Systeme“

und entsprechen rund 150 Euro Kosten pro Jahr. Dabei sind die Pumpen im betrachteten Erfassungszeitraum etwa 7.200 h (je 3.600 h) in Betrieb gewesen.

Zum Vergleich: Im Altzustand vor der Sanierung wurde zur Förderung der Heizwassermengen etwa 6.000 W Pumpenleistung bzw. zirka 52.000 kWh elektrische Arbeit pro Jahr benötigt. Diese Werte wurden ein Jahr vor Durchführung der Sanierung mit einem dafür installierten Stromzähler ermittelt.

Somit konnte infolge der durchgeführten gesamtheitlichen Sanierung der Verbrauch an elektrischer Antriebsenergie von zuvor 5,6 kWh/a pro m² BGF auf nun weniger als 0,2 kWh/a pro m² BGF verringert werden: Dies

entspricht einer Reduzierung der elektrischen Leistung um mehr als 95 %! Statt ursprünglich mehr als 40 Umwälzpumpen reichen zur Versorgung der Liegenschaft mit Heizwasser nunmehr 14 Hocheffizienzpumpen (Abb. 5). Die Minderung an CO₂-Emissionen beträgt allein aufgrund der Effizienzverbesserungen in der Pumpentechnik etwa 60.000 kg CO₂ pro Jahr.

Erfolg auch durch Einzelraumregelung

Alle Räume der Liegenschaft wurden mit GFR-Raumbediengeräten der Serie „DC-ERC 1“ (mit Vandalenschutz für Heizkörper und Einzelraumregler) ausgerüstet. Hier, und besonders

im Zusammenhang mit den zuvor erläuterten immensen Einsparungen an Pumpenenergie, zeigt sich der „gesamtheitliche Sanierungsansatz“ sehr deutlich: Ohne die hydraulisch wirkenden Effekte der Einzelraumregelung, die eine Reduzierung des Heizwassermengendurchflusses im Regelbetrieb und eine Abspernung im Nichtnutzungsfall steuert, wären diese Minderungen der Pumpenleistung nicht in dem realisierten Umfang möglich gewesen.

Kennzahlen zum Erfolgsergebnis

Im Jahr 2004, also vor der Grundsanierung, betrug der Jahresheizenergieverbrauch im Schulkomplex 1.446 MWh (dieser Wert lag in den Jahren davor noch deutlich höher). Nach der Sanierung konnten folgende Einsparergebnisse nachgewiesen werden (1.446 MWh = 100 %):

- Sanierungsphase 2005:
1.289 MWh = 88 %
(ab Beginn Heizperiode 10/05 erneuert)
- Nach Grundsanierung 2006:
1.095 MWh = 76 %
(monatlich witterungsnormiert)
- 2007: 1.006 MWh = 69 %
(monatlich witterungsnormiert)

Bei den zuvor erläuterten Einsparergebnissen sind folgende Faktoren besonders zu beachten:

- Bei der Sanierung konnten die Wärmeverluste im Nahwärmenetz nicht wesentlich vermindert werden.

- Anhand von Wärmemengenzählern, die nach den Wärmeerzeugern (also vor dem Eintritt ins Heiznetz) sowie in allen Unterstationen installiert wurden, kann der Wärmeverlust über das Nahwärmenetz beurteilt werden. Dadurch wurde festgestellt, dass besonders in den Übergangsmontaten März, September/Oktober, in denen nur sporadisch geheizt werden musste, die Verluste im Nahwärmenetz extrem hoch sind. Dies schmälert den auf regelungstechnisch Auswirkungen zurückzuführenden Erfolg des Gesamtsystems.
- Die teils sehr warmen Wintermonate in der Heizperiode 2006 und 2007 beeinflussten zudem aufgrund der vorgenommenen Witterungskorrektur das Verbrauchsergebnis zu Ungunsten des real erzielten Erfolgs. Eine warme Heizperiode führt zu einer zu hohen und damit ungünstigen normierten Verbrauchsbewertung.

Im Vergleich zum gewählten Referenzjahr 2004 (unsanierter Zustand) und einer Witterungskorrektur von 1,0 (entsprechend dem normierten Referenzjahr) wurden die Verbrauchswerte nach Sanierung monatlich witterungskorrigiert. Für einzelne Monate in den Heizperioden 2006 und 2007 wurde, entsprechend dem warmen Witterungsverlauf, eine Korrektur der real registrierten Verbrauchswerte häufiger bis zu 20 % (für April 2007 gar um 41 %) nach oben vorgenommen. Daraus ergaben sich folgende Ergebnisse (Abb. 6):

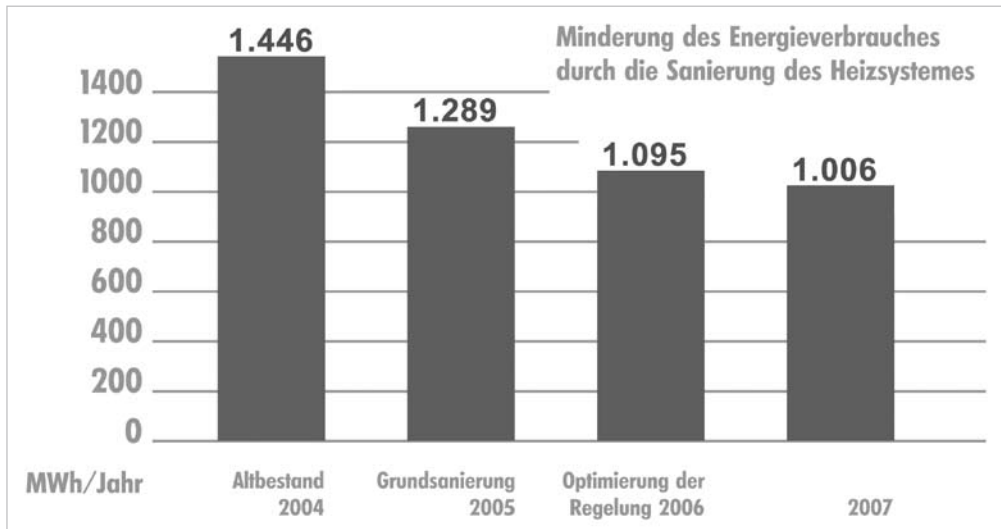


Abb. 6: Witterungskorrigierte Minderung des Heizenergieverbrauchs mit Effizienzverbesserung durch Systemabstimmung und intelligente Verknüpfung

- Der reale (und korrigierte) Verbrauch für 2004 betrug 1.452 MWh.
- Der reale Verbrauch nach der Sanierung betrug im Jahr 2007 904 MWh (ohne Witterungskorrektur).
- Aufgrund der Witterungskorrektur ergibt sich für den Heizenergieverbrauch im Jahr 2007 ein Wert von 1.006 MWh.

Mit dem Sanierungserfolg und der erheblichen Verringerung der thermischen und elektrischen Verbrauchsdaten einher geht eine Entlastung der Umwelt von etwa 200.000 kg CO₂ pro Jahr (im Vergleich zum Anlagenzustand vor der Sanierung).

Zur Gesamtbetrachtung der erfolgreich durchgeführten Sanierungsmaßnahme resümiert der Fachplaner Dipl.-Ing. Günther Geese:

„Selbst mit unseren langjährigen Erfahrungen in Betriebsverbesserungen sowie kritischer Betrachtung üblicher, häufig nachlässiger Betriebsweise von Heizanlagen, hätten wir nicht erwartet, welches Verbesserungspotenzial allein durch die laufende regeltechnische Überwachung des Anlagenbetriebs mit Rückkoppeln der im Betrieb erfahrenen Werte zusätzlich erschlossen werden kann“.

So rechnet sich die Wirtschaftlichkeit

Die Gesamtinvestition der heizungstechnischen Sanierung belief sich bei diesem Projekt auf rund 450.000 Euro. Diese Kosten entsprechen etwa 30 Euro pro m² Bruttogeschossfläche. Von der Gesamtinvestition entfielen 310.000 Euro auf die heizungstechnische Subs-

tanzerneuerung, also für die neue Heizzentrale (90.000 Euro) und rohrleitungstechnische (hydraulische) Anpassungen, Thermostat-Ventilunterteile für die Einzelraumregelung in der gesamten Liegenschaft, Wärmedämmung und einige weitere Maßnahmen. Weitere 140.000 Euro wurden in die gesamte Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik investiert (alle Angaben sind Bruttobeträge ohne Nebenkosten für die Installation).

Der hohe Anteil an den Herstellungskosten für die MSR-Anlagentechnik und für die hydraulischen Anpassungen verdeutlichen den grundlegenden, umfassenden Sanierungsumfang – und auch die Notwendigkeit, aufgrund der starken Änderungsanforderungen den Anlagenbetrieb an die tatsächlichen Betriebsbedingungen anpassen zu müssen.

Auf Basis der realen Energiepreise von 61,50 Euro pro MWh für Erdgas und 131,00 Euro pro MWh für Strom (Stand 2006/2007) ergibt sich für 2007 im Vergleich zu 2004 folgender wirtschaftlicher Erfolg der zuvor beschriebenen Maßnahmen:

- Minderung der Kosten für Heizenergie um 39.000 Euro
- Minderung der Kosten für Elektroenergie um 9.500 Euro

Über diese bereits erreichten Einsparungen hinaus prägt aber ein zusätzlicher Effekt die Bedeutung solcher Modernisierungen immer mehr – nämlich die weiterhin steigenden Energiepreise. Durch die erheblich gestiegenen

Preise für Energie ergibt sich nun ein vollkommen anderes Bild der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als das, was unter den üblichen Annahmen mit moderaten und gleichmäßig steigenden Energiepreisen im Vorfeld errechnet wurde. Im vorliegenden Fall - einer Maßnahme der öffentlichen Hand - waren im Vorfeld aufgezeigte Langfristbetrachtungen zur Wirtschaftlichkeit über den Lebenszyklus der Anlagentechnik faktisch nicht ausschlaggebend für die Entscheidung zur Sanierung oder für eine modifizierte, noch weiterführende effizienterer Systemtechnik.

Analysiert man das beschriebene Projekt auf Basis einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Kapitalwertmethode unter folgenden Annahmen:

- Nutzungsdauer der Anlagen: 18 Jahre
 - Kapitalverzinsung: 5 %
 - Energiepreissteigerung: 5 % pro Jahr
- ergibt sich zum Ende der Nutzungszeit ein Kapitalwert von etwa 230.000 Euro.

Leider tragen solche wirtschaftlichen Analysen in der Regel nicht zur Beschleunigung von Sanierungsmaßnahmen an dringend zu modernisierenden Anlagen bei. Dabei könnten, wie das obige Beispiel sehr deutlich zeigt, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen – auch und insbesondere unter Einbeziehung von dynamischen und prognostizierenden Variablen sowie der Darstellung von Alternativen und Szenarien bis hin zur Nutzungsgrenze der Anlagensysteme – grundlegend andere Impulse in der Entscheidungsfindung setzen und damit

eine beschleunigte Erneuerung von umweltbelastenden Anlagentechniken bewirken.

Unter Berücksichtigung der prognostizierbaren Energiepreissituation 2008/2009 könnte sich die Wirtschaftlichkeit für unsere Beispiel künftig wie folgt darstellen. Bei einem Preis für Erdgas von 85,00 Euro pro MWh und für Strom von 150 Euro pro MWh ergeben sich gegenüber 2004 nun jährliche Einsparungen von:

- Minderung der Kosten für Heizenergie um 53.000 Euro
- Minderung der Kosten für Elektroenergie um 11.000 Euro

Bei einem derart hohem Energiepreisniveau steigt der Kapitalwert nach einer Nutzungsdauer von 18 Jahren auf rund 500.000 Euro – und das bei ansonsten gleichen wie zuvor beschriebenen Betriebsbedingungen.

Autor:

Dipl.- Ing. (TU, FH) Energie- und Verfahrenstechnik Günther Geese,
Ingenieurbüro für Technische Gebäudeausrüstung, Hardeggen
Projektleitung: Dipl.-Ing. Versorgungstechnik Matthias Bohlen