

Informations-Bulletin
der Umweltschutz-
Fachverwaltung
des Kantons Zürich

ZÜRCHER UMWELTENERGIE PRAXIS

Aus dem Inhalt:

DIALOG

Hohe Bauqualität bei Bauten der öffentlichen Hand

Neue Norm SIA 180 verabschiedet

VOLLZUG

Bald einheitliche Bauvorschriften in der Schweiz?

Einführungskurs für neue Befugte

WANDEL

Die zweitletzte Wärmebrücke

Energiebilanz von Anlagen mit Abluft-Wärmepumpen und Luftheizungen

Heizen mit kalter Fernwärme

Die Wärmepumpe: Bewährt und immer effizienter

Energieverbrauch in Bürogebäuden

Allgemeines
Agenda

Energie

Luft

Lärm

Raum / Landschaft

Boden

Wasser

Abfall

...DIALOG...

Redaktionelle Verantwortung:

AWEL Amt für

Abfall, Wasser, Energie und Luft

Abteilung Energie

Ruedi Kriesi, Dr. sc. tech.

8090 Zürich

Telefon 01 259 42 66

Telefax 01 259 51 59

Internet <http://www.zh.ch/energie>

E-Mail energie@zh.ch

Hohe Bauqualität bei Bauten der öffentlichen Hand



Beat Wüthrich
Dr. sc. nat.,
BauDirektion
Kanton Zürich,
Hochbauamt

MINERGIE ist heute der anerkannte Standard für energieeffiziente Gebäude. Doch MINERGIE bietet mit dem Einschluss von Lebensqualität und Wirtschaftlichkeit weit mehr als nur Energieeffizienz. Anlässlich eines Erfahrungsaustauschs des Forums kantonale Bauten vom 25. Juni 1999 wurde mit Bauherrenvertretern der öffentlichen Hand und mit privaten Bauherren diskutiert, welche zusätzlichen Vorteile der MINERGIE-Standard neben der Energieeffizienz bezüglich Bauten der öffentlichen Hand bietet. Bevor die doch teils überraschenden Resultate der Workshops präsentiert werden, soll die spezielle Situation bei öffentlichen Bauten kurz beleuchtet werden.

Übergeordnete Zielsetzung

Während im Wohnungsbau MINERGIE schon häufig als Standard angestrebt und auch realisiert wird, gibt es für andere Gebäudetypen wie Dienstleistungsgebäude noch kaum Beispiele realisierter MINERGIE-Bauten, weder bei Privaten noch bei der öffentlichen Hand. Speziell für den Liegenschaftspark der öffentlichen Hand sind die grossen Spezialbauten – von Universitätsgebäuden über Spitäler und Werkhöfe bis zu Schulen, Gefängnissen usw., die neben den Dienstleistungsgebäuden bestehen. Diese Gebäude stehen vielfach im Rampenlicht der Öffentlichkeit. Für die öffentliche Hand ist deshalb eine umfassende Betrachtungsweise notwendig, die allgemein mit der Forderung nach einer hohen Bauqualität umschrieben werden kann. Eine hohe

Bauqualität bei öffentlichen Gebäuden ist dann weitgehend erreicht, wenn die Funktionalität für die Benutzer gewährleistet ist, die Steuergelder wirtschaftlich eingesetzt werden und die Bauten bezüglich Städtebau, Gestaltung und Ökologie vorbildlich sind.

Was der MINERGIE-Standard bei Bauten der öffentlichen Hand zu einer hohen Bauqualität beiträgt, soll im folgenden aufgezeigt werden.

Funktionalität

Die Ergebnisse des Workshops zeigen, dass die Nutzer von verbesserter Energieeffizienz nur profitieren. Die bei MINERGIE-Gebäuden oft eingebaute Komfortlüftung bringt Frischluft in die Räume, wenn die Fenster nicht geöffnet werden können, sei das aus Sicherheitsgründen bei Gebäuden für Justiz und Polizei, oder aus Schallschutzgründen bei Gebäuden, die zentral in der Stadt an vielbefahrenen Verkehrsachsen liegen. Auch bezüglich Raumtemperatur sind MINERGIE-Gebäude vorteilhaft, lässt sich doch dank überdurchschnittlicher Wärmedämmung bei angenehmen Temperaturen im Sommer wie im Winter besser arbeiten, was die Mitarbeiter-Produktivität wesentlich steigert.

Wirtschaftlichkeit

Obwohl der Energieverbrauch bei den heutigen Energiepreisen die Gesamtkosten nur wenig beeinflusst, sind die Amtsstellen wegen der Einführung von Globalbudgets an tiefen Energiekosten interessiert, weil diese Teil des Globalbudgets sind und nicht für die eigentlichen Leistungen der Ämter zur Verfügung stehen. Bei langfristiger Beurteilung der Wirtschaftlichkeit unter Einbezug der gesamten Planungs-, Erstellungs- und Bewirtschaftungskosten ist es heute ein Muss für Gebäude der öffentlichen Hand, den MINERGIE-Standard einzuhalten, weil die Werterhaltung oberstes Ziel des Staates als Gebäudeeigentümer ist. Der allgemeine Trend zu energieeffizienteren Bauten ist unübersehbar. Bauten

mit MINERGIE-Standard werden damit in 20 Jahren dem Stand der Technik entsprechen, während konventionell erstellte Gebäude dann zumal schon veraltet und sanierungsbedürftig sein werden.

Übrigens sind die Mehrkosten bei den Investitionen zur Einhaltung des MINERGIE-Standards nachweisbar zu vernachlässigen; meist sind die Investitionskosten dank einfacher Gebäudeform und angemessenem Ausbaustandard sogar tiefer als bei Vergleichsobjekten.

Architektur

Eher überraschend waren die Ergebnisse der verschiedenen Workshops bezüglich Auswirkungen des MINERGIE-Standards auf Städtebau und Gestaltung. Die anwesenden Bauherrenvertreter von öffentlichen und privaten Institutionen waren sich einig, dass bei engen Rahmenbedingungen für Architekturwettbewerbe (z. B. Forderung des MINERGIE-Standards) die Palette der Eingaben breiter wird. Zudem entwerfen die Architekten kompaktere Gebäudeformen mit einfacheren Konstruktionen und Fassaden, wenn gute Energieeffizienz verlangt wird, was dem heutigen Trend in der Architektur entspricht.

Zusammenfassend kann also die überaus positive Bilanz gezogen werden, dass die Forderung nach guter Energieeffizienz einen wesentlichen Beitrag zu einer hohen Bauqualität bei Bauten der öffentlichen Hand leistet und zu einer langfristigen Werterhaltung der Gebäude mit einer angemessenen Rendite führt, was das Ziel aller Liegenschaftsbesitzer ist.

Neue Norm SIA 180 verabschiedet

Die Delegiertenversammlung des SIA hat am 18. Juni 1999 die revidierte Norm SIA 180 verabschiedet. Sie wird voraussichtlich noch im laufenden Jahr in Kraft gesetzt. Für den Wärmeschutz eines Gebäudes ist diese Norm die wichtigste Grundlage. In der Energiepraxis wird deshalb in verschiedenen Beiträgen auf die Neuerungen eingegangen.

Über die neue Philosophie bei der Luftdichtheit der Gebäudehülle berichtete Dr. Lenzlinger schon im Energie-Praxis-Bulletin vom September 1998. Neu muss die Hülle grundsätzlich dicht sein statt der bisherigen «geplanten Undichtigkeiten». Zu Grunde liegt die Überlegung, dass es unmöglich ist, Ritzen, unvollständig verklebte Anschlüsse von Folien, etc. exakt zu planen und auszu-

führen. Der notwendige Luftwechsel muss durch Öffnungen in der Gebäudehülle, welche durch die Benutzer oder automatisch bedient werden, oder durch eine mechanische Lüftungsanlage sichergestellt werden.

Neue maximale U-Werte in SIA180



Dr. Martin Lenzlinger
Zürich
Mitglied der
Kommission SIA 180

Neben den Anforderungen an die Gebäude-dichtheit gibt es auch bei den maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten Änderungen. Nicht nur heissen die bisherigen k-Werte auf Grund der europäischen Normierung neu «U-Werte». Die neuen, aus bauphysikalischen Gründen maximal zulässigen Werte sind auch wesentlich tiefer angesetzt als bisher (vgl. Tabelle).

Mit den maximalen U-Werten für Einzelbauteile soll unter normalen Klimaverhältnissen sichergestellt werden, dass die Komfortbedingungen erfüllt sind und dass die kritischen Werte für die Oberflächenfeuchte nicht überschritten werden. Die praktischen Erfahrungen der letzten Jahre mit Kondensation und Schimmelpilz in den Raumecken haben nun gezeigt, dass für den inneren Wärmeübergangswiderstand R_{si} höhere Werte angenommen werden müssen als bisher. Statt bisher $R_{si} = 0.167 \text{ m}^2\text{K/W}$ wird neu bei der Berechnung der Kondensationsfreiheit für die obere Raumhälfte ein Wert von $0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$ und für die untere Raumhälfte ein Wert von $0.35 \text{ m}^2\text{K/W}$ vorgegeben. Das ist der wesentliche Grund für die tieferen maximalen U-Werte.

Die Kondensatbildung hängt aber auch vom Innenklima ab. Bisher galt « $20^\circ\text{C} / 50\%$ r.F.» als anzunehmende Raumluftbedingung.

Bauteil	gegen Aussenklima oder im Erdreich bis 2 m	zu unbeheizten Räumen	mehr als 2 m im Erdreich
Steildach oder Flachdach	0.4 / 0.5	0.5 / 0.5	0.6 / 0.6
vertikale Wand	0.4 / 0.6	0.6 / 0.8	0.6 / 0.8
Fenster, Türen	2.4 / 3.0	2.4 / 3.0	–
Boden	0.4 / 0.6	0.6 / 0.8	0.6 / 0.8

U_{max} für Behaglichkeit und Feuchteschutz, in $\text{W/m}^2\text{K}$ (neue Werte / bisherige Werte)

Termine

Energiepraxis-Seminare

Die Seminare 2/1999 finden jeweils 16.30 bis 18.30 Uhr (17.00–19.00 Uhr in Winterthur) statt:

Ort: Uster Winterthur Zürich
Datum: 2. Dez. 30. Nov. 24. Nov./
14. Dez.

Anmeldeformulare werden im Oktober direkt zugestellt. Die voraussichtlichen Hauptthemen:

- Glasbauten und MINERGIE
- Wärmedämmung im Sockelbereich
- Stichproben Private Kontrolle, Resultate einer Untersuchung
- Nachrüstung bestehender Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnungseinrichtungen

Ausstellung:

Beispiele energetisch guter Bauten

Neu wird eine maximal zulässige absolute Feuchte der Raumluft in Abhängigkeit der Aussenlufttemperatur definiert. Umgerechnet auf relative Feuchte bei 20°C Raumtemperatur ergeben sich Werte von 38 % bei einer Aussenlufttemperatur θ_e von -10°C , von 48 % bei $\theta_e = 0^\circ\text{C}$ und von 61 % bei $\theta_e = 10^\circ\text{C}$. Das entspricht besser den tatsächlichen Verhältnissen und ergibt für Temperaturen unter 0°C weniger strenge Anforderungen an die maximalen U-Werte. Damit wird die Verschärfung durch die neuen R_{si} -Werte teilweise kompensiert.

Zusätzlich zu den obigen Anforderungen an die flächigen Bauteile muss auch die Kondensatfreiheit bei Wärmebrücken gewährleistet sein. Das ist unter den gleichen Annahmen wie oben dann der Fall, wenn der Oberflächenkondensationsfaktor $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ der Wärmebrücke grösser oder gleich 0.75 ist (θ_e = Aussenlufttemperatur, θ_i = Innentempera-

tur, θ_{si} = Oberflächentemperatur bei der Wärmebrücke).

Die Norm SIA 180 ist im Anhang zur BBV I nicht als verbindliche Richtlinie aufgeführt. Deren Einhaltung wird daher im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens nicht überprüft.

Sie kann jedoch bei der Ausgestaltung von vorgeschriebenen Massnahmen als Definition des Stands der Technik beigezogen werden. Primär gilt sie aber im privatrechtlichen Verhältnis zwischen Planer und Bauherrn, z. B. bei Haftungsfragen in Garantiefällen.

Kantone müssen den notwendigen rechtlichen Anpassungen das Parlament oder sogar das Volk zustimmen.

Einführungskurs für neue Befugte

Seit April 1999 müssen Personen, die neu eine Befugnis zur Privaten Kontrolle beantragen, einen Einführungskurs besuchen. Am 30. Juni 1999 fand der erste 3-stündige Kurs statt. Die knapp 30 Teilnehmer erhielten eine Übersicht über das Bau- und Energierecht im Kanton Zürich und wurden über die Abläufe im Baubewilligungsverfahren, die Aufgaben und Kompetenzen eines Befugten und die verfügbaren Hilfsmittel orientiert. Nach einer kurzen Pause gab Franz-Georg Keel von der Zürcher Energieberatung Tips zu häufigen Fehlern in den Nachweisen. Die schriftliche anonyme Umfrage bei den Teilnehmern über den Kurs zeigte ein sehr positives Echo. Er wird deshalb bald als Energie-Praxis-Spezial-Seminar auch für Personen angeboten, die die Befugnis zur Privaten Kontrolle schon länger besitzen. Eine Ausschreibung wird voraussichtlich mit der Einladung zum nächsten Energie-Praxis-Seminar versandt werden.



VOLLZUG



Bald einheitliche Bauvorschriften in der Schweiz?

Auf Bundesebene hat anfangs 1999 das neue Energiegesetz den Energienutzungsbeschluss abgelöst, was verschiedene Kantone zwingt, ihre energetischen Bauvorschriften anzupassen. Ein günstiger Zeitpunkt also, um die unterschiedlichen kantonalen Gesetze weiter zu vereinheitlichen. Besser harmonisierte Vorschriften vereinfachen Projektierung und Bauausführung für Bauherren und Fachleute, die in mehreren Kantonen tätig sind, ebenso wie den Vollzug. Unterlagen und Seminare zu

den geltenden Regelungen könnten überkantonale bereitgestellt werden.

Für die Ostschweizer Kantone (ZH, SH, TG, SG, GL, AI, AR, GR) und das Fürstentum Liechtenstein liegt bereits ein von den Energiefachstellen erarbeiteter Vorschlag für harmonisierte Vorschriften vor. An der letzten Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz der Ostschweiz wurde dieses Papier gutgeheissen. Bis künftig in allen Ostschweizer Kantonen harmonisierte energetische Bauvorschriften gelten werden, wird allerdings noch Zeit verstreichen: In den meisten

W A N D E L

Die zweitletzte Wärmebrücke



Ruedi Fraefel,
dipl. Arch. ETH/SIA
Grüningen

Wir haben viel dazugelernt in den letzten Jahren: Wir dämmen die Dächer, die Aussenwände und die Kellerdecken. Wir verwenden Wärmeschutzverglasungen und hochisolierende Rahmenverbreiterungen. Wir konstruieren luft- und schalldichte Gebäudehüllen. Wir gewinnen Wärme zurück aus der Abluft und aus dem Abwasser. Aber zwei Wärmebrücken sind immer noch übrig: Der Fassadenfuss und der Fensterrahmen. Der vorliegende Aufsatz

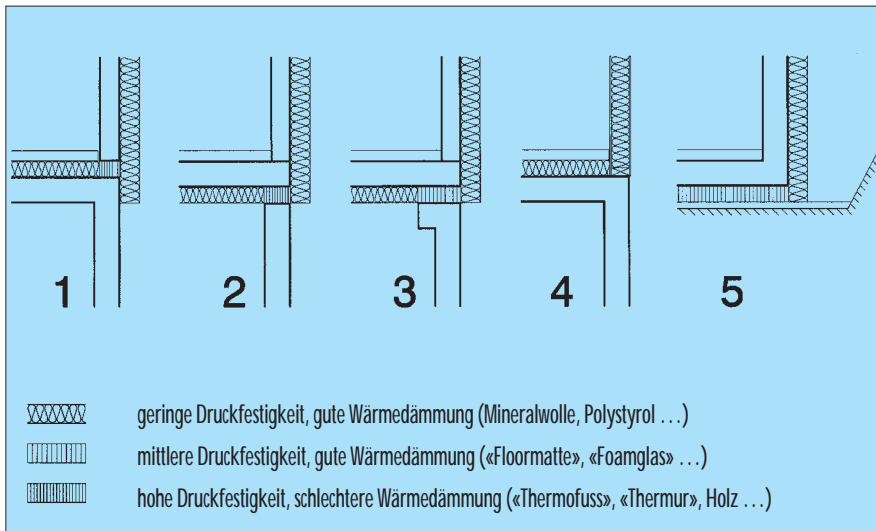
befasst sich mit dem Fassadenfuss. (Anm. der Abt. Energie: Der Fensterrahmen wurde schon im Energie-Praxis-Bulletin vom September 1998 im Artikel von Dr. Jürg Bühler angesprochen. Das Thema wird in einer der nächsten Ausgaben noch detaillierter behandelt werden.)

Damit ein Wärmedämmmaterial dämmt, muss es möglichst viele Hohlräume enthalten. Dadurch wird es leicht und porös und ist statisch nur noch beschränkt belastbar. Wenn wir nun ein Gebäude allseitig mit Isoliermaterial einpacken wollen, haben wir im Bereich des Fassadenfusses ein Problem: Das Gewicht des Gebäudes muss irgendwie durch die Wärmedämmung hindurch auf den Untergrund übertragen werden.

Es lohnt sich der Konstruktion des Fassadenfusses vermehrte Aufmerksamkeit zu geben, weniger wegen des Energieverlustes als wegen des Schadenrisikos durch Kondensat.

Die Druckfestigkeit eines Materials bemisst sich in Kraft pro Flächeneinheit (N/mm², früher kg/cm²). Wenn nun eine Last ansteht, welche die Druckfestigkeit eines normalen Dämmmaterials übersteigt (was beim Fassadenfuss die Regel ist), kommen dementsprechend zwei Massnahmen in Frage:

1. Ein Dämmmaterial mit hoher Druckfestigkeit einsetzen. Die in Frage kommenden Materialien, wie Porenbeton (z.B. «Thermofuss») oder ausgeschäumter Faserbeton (z.B. «Thermur») weisen allerdings zwangsläufig schlechtere Wärmeleitahlen auf. Mit dieser Methode lässt sich die Wärmebrücke am Fassadenfuss zwar verringern, aber nicht verhindern.
2. Die Fläche vergrössern. Bei Verwendung geeigneter Dämmmaterialien mit mittlerer Druckfestigkeit und tiefer Wärmeleitahl, wie extrudiertes Polystyrol (z.B. «Floormate») oder Glasschaum (z.B. «Foamglas»), sind wärmebrückenfreie Konstruktionen realisierbar. Allerdings sind in manchen Fällen besondere Vorkehrungen zur Lastverteilung notwendig, was die Sache verteuern kann.



Für beide Konzepte sind nachstehend mögliche Konstruktionen dargestellt.

Beispiel 1: Dämmung der Kellerdecke von oben. Dies ist der häufigste Fall, vor allem in Mehrfamilienhäusern, wo aus Schallschutzgründen ohnehin eine obere Dämmung notwendig ist. Anstelle der ersten Steinreihe wird eine wärmedämmende Lage vermauert. Weil die Mauer relativ dünn ist, aber auch um Risse im Mauerwerk zu vermeiden, wird meist ein Material mit hoher Druckfestigkeit verwendet unter Inkaufnahme der entsprechend schlechteren Dämmung.

Beispiele 2 und 3: Dämmung der Kellerdecke von unten. Im Bereich des Deckenauflegers wird ein Dämmstreifen eingelegt. Da die Kelleraußenwand dicker ist, genügt bei niedrigen Bauten (bis ca. zwei Geschosse) meist ein Dämmmaterial mit mittlerer Druckfestigkeit. Im Bereich von Einzellasten (Pfeiler, Stützen) und bei höheren Gebäuden muss entweder ein druckfestes Material mit der entsprechend schlechteren Wärmedämmung in Kauf genommen, oder die Auflagefläche vergrößert werden (siehe Beispiel 3).

Beispiel 4: Beim Holzbau löst sich das Problem von selbst, sofern die Wärmedämmung der Kellerdecke deutlich dicker ist als die Schwelle, damit sie lückenlos an die Fassadendämmung anschliesst.

Beispiel 5: Bei ausgebautem Untergeschoss und bei nicht unterkellerten Bauten kann das ganze Gebäude mit einer armierten Bodenplatte auf eine Lage aus mitteldruckfestem Dämmmaterial gestellt werden. Diese Konstruktion ist wärmebrückenfrei und verursacht trotzdem nur geringe Mehrkosten.

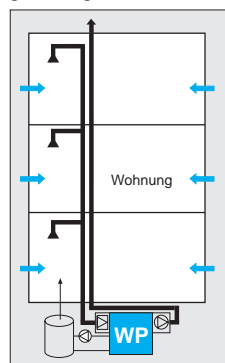
Energiebilanz von Anlagen mit Abluft-Wärmepumpen und Luftheizungen

Christoph Gmür, Abteilung Energie

Im Energie-Praxis-Bulletin vom März 1998 stellte Heiri Huber verschiedene Systeme zur kontrollierten Wohnungslüftung vor. Bei der Prüfung von Gesuchen um Erteilung des MINERGIE-Labels stellen wir fest, dass konventionelle Systeme mit Zuluft und Abluft und minimal nötigen Luftmengen bei der Planung wenig Probleme bieten. Hingegen bestehen offensichtlich erhebliche Unsicherheiten bei der Auslegung von Anlagen mit Abluft-Wärmepumpen und von Systemen mit Luftheizungen. Mit den folgenden Hinweisen möchten wir nicht diese Systeme in Verruf bringen, sondern dazu beitragen, dass derartige Anlagen in Zukunft vermehrt zur Zufriedenheit der Bewohner arbeiten.

Abluft-Wärmepumpen

Die Abluft aus Küche, WC und Bad wird über eine Wärmepumpe ins Freie geführt (vgl. Bild). Wird die von der Wärmepumpe abgegebene Wärme ausschliesslich für die Wassererwärmung eingesetzt, funktionieren derartige Anlagen normalerweise gut.



Soll diese Anlage aber zusätzlichen Beitrag zur Raumheizung leisten, ist zu beachten, dass die durch die Nachströmöffnungen ins Gebäude gesogene Aussenluft auf Raumtemperatur erwärmt werden

muss. Durch die Wärmepumpe wird die konstant rund 20 °C warme Abluft auf etwa 2 °C abgekühlt. Die Fortluft ist bei sehr tiefen Aussen-temperaturen also wärmer als die nachströmende Zuluft (=Aussenluft). Somit ergibt der Luftwechsel einen zusätzlichen Wärmebedarf, neben der Transmission.

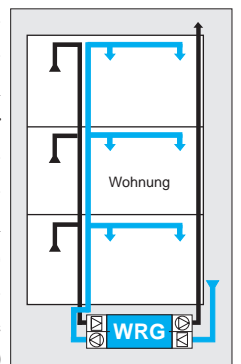
Dieses System wird häufig gewählt mit der Begründung, die internen Wärmequellen zu nutzen. Sind diese tief (z. B. Ferienabwesenheit oder schwach belegte Wohnung), muss die gesamte Heizleistung durch eine zweite, von der Nutzung unabhängige Wärmequelle (z. B. Wärmepumpe mit Erdkollektor oder Erdsonde) bereitgestellt werden.

Die Abluft-Wärmepumpe eignet sich im Winter auch kaum für die Bauaustrocknung. Dazu ist die zweite Wärmequelle oder ein Luftheizgerät einzusetzen.

Luftheizungen

Die Lüftungsanlage mit Zuluft in die Schlaf- und Wohnräume und Abluft aus Küche, WC, Bad (vgl. Bild) übernimmt die ganze Wärmeverteilung im Gebäude. Auf eine Radiator- oder Bodenheizung wird vollständig verzichtet. Derartige Anlagen sind nur für Bauten geeignet, die eine supergedämmte und dichte Gebäudehülle aufweisen (z. B. Passivhaus mit $E_H < 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$).

Ein normal konzipiertes MINERGIE-Haus kann mit den für die Bewohner minimal notwendigen Frischluftmengen (z. B.: 30 m³/h pro Schlafzimmer) nicht beheizt werden. Dazu müsste die Zuluft auf ca. 60 bis 70 °C erhitzt werden. Die Temperaturdifferenz kann wie folgt berechnet werden:



$$\Delta T [K] = \frac{\dot{Q}_{\text{luft}} [W]}{\dot{V} [m^3/h] \cdot 0.32}$$

Mit einer Erhöhung der Aussenluftmenge würde zwar die Einblastemperatur gesenkt, gleichzeitig aber der Heizleistungs- und der Energiebedarf unnötigerweise erhöht. In verschiedenen Fällen wurde deshalb eine Umluftanlage installiert. Der Luftführung ist dabei besondere Beachtung zu schenken: Ge-

rüche, Schadstoffe, Tabakrauch etc. dürfen nicht in der ganzen Wohnung verteilt werden. Zudem sind geringe Luftgeschwindigkeiten und effiziente Ventilatoren einzusetzen. Da Luft viel weniger Wärme als Wasser transportieren kann, resultieren sonst ein hoher Stromverbrauch und Strömungsgeräusche.

In einigen Fällen beanstandeten Bewohner eine zu tiefe Raumtemperatur im Bad. Das Badezimmer weist meistens nur eine Abluft aber keine Zuluftöffnung auf. Damit ist es unmöglich, das Bad auf eine etwas höhere Raumtemperatur zu heizen. Mit einem unabhängigen Wasserheizsystem stellen sich diese Probleme nicht.

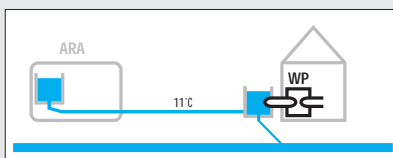
Heizen mit kalter Fernwärme

Hansruedi Kunz, Abteilung Energie

Bis heute wurden fast ausschliesslich Wärmenetze realisiert, die zentral erwärmtes Heizwasser über wärmegeämmte Fernwärmeleitungen in die angeschlossenen Gebäude befördern. Immer häufiger wird vor allem bei der Nutzung niederwertiger Wärme, wie aus dem Abwasser, das System der kalten Fernwärme bevorzugt. Dabei kommen sowohl Systeme mit offenem als auch geschlossenem Kreislauf zur Anwendung (vgl. Kasten).

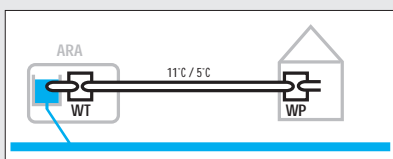
Kalte Fernwärme aus der ARA

Offener Kreislauf

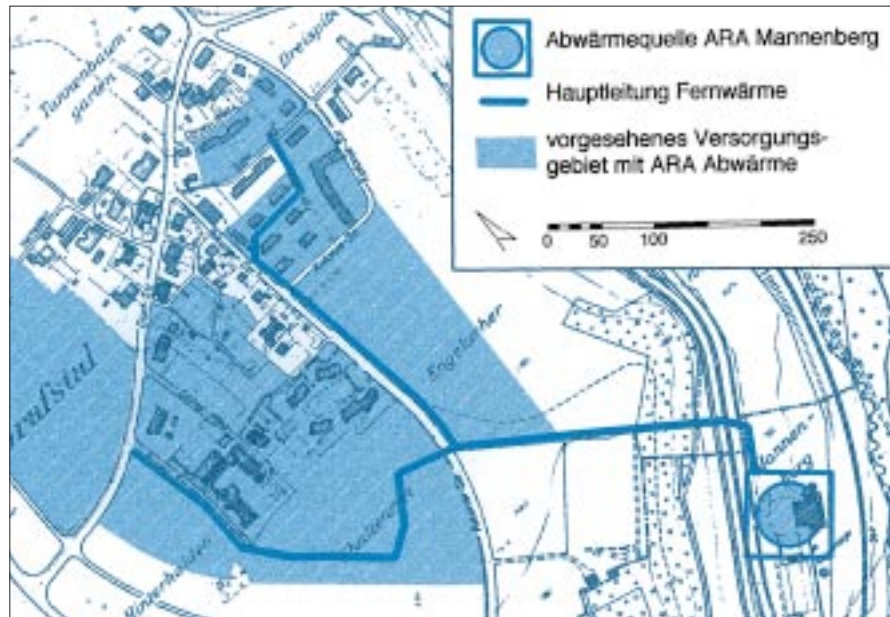


Das gereinigte Wasser aus der Abwasserreinigungsanlage (ARA) wird mit unisolierten Leitungen zu den Wärmebezugern geführt, welche mittels Wärmepumpe (WP) die benötigte Wärme entziehen. Das abgekühlte Wasser wird in ein Gewässer (allenfalls über die Meteorwasser-Kanalisation) eingeleitet.

Geschlossener Kreislauf



Das gereinigte Wasser aus der ARA fliesst über einen Wärmetauscher (WT). Ab diesem wird die Wärme in einem geschlossenen Kreislauf mit unisolierten Leitungen zu den Wärmebezugern geführt, welche mittels WP die benötigte Wärme erzeugen.



Die kalte Fernwärme erfordert zwar insgesamt nur unwesentlich geringere Investitionen als die warme Fernwärme. Sie hat aber entscheidende Vorteile:

- die Anfangsinvestition ist bedeutend kleiner, da keine Heizzentrale auf Vorrat, d.h. auf die im Endausbau des Netzes maximal mögliche Wärmeleistung, erstellt werden muss;
- die Investitionen werden auf mehrere Akteure verteilt;
- das nicht wärmegeämmte Wärmenetz ist kostengünstiger;
- mit dezentralen Wärmepumpen wird ein besserer Jahreswirkungsgrad erreicht, da nur die im bedienten Gebäude tatsächlich benötigte Vorlauftemperatur erzeugt werden muss und die Wärmeverluste in den Fernleitungen entfallen.
- Die Anlagensteuerung wird einfacher.

Kalte Fernwärme in Lindau

Bruno Hoesli,
Bauing./Raumplaner
NDS HTL BSP
Hesse + Schwarze +
Partner AG, Zürich



Sowohl der kantonale Richtplan als auch der kantonale Energieplan 1998 bezeichnen die ARA Mannenberg in Illnau-Effretikon als Wärmequelle von kantonaler Bedeutung.

Auch in den kältesten Wintermonaten verlässt das gereinigte Abwasser die ARA mit durchschnittlich über 10° C. Diese Wärme wird zweckmässigerweise im naheliegenden Gebiet Grafstal der Nachbargemeinde Lindau genutzt.

Gestützt auf eine Machbarkeitsstudie mit Variantenvergleich hat sich die Gemeinde Lindau aufgrund obiger Vorteile für die kalte Fernwärme entschieden. Kleinanlagen für einzelne Einfamilienhäuser sollen monovalent, grössere Heizzentralen für ganze Quartiere bivalent betrieben werden – mit einem Ölkessel zur Spitzendeckung.

Für den gewählten geschlossenen Kreislauf spricht v.a. die grosse Höhendifferenz zwischen der ARA als Wärmequelle und dem etwa 40 m höher liegenden Versorgungsgebiet: Das rückfliessende, abgekühlte Wasser drückt das nach dem Wärmetauscher in der ARA erwärmte Wasser hinauf.

Das Fernwärmenetz wird auf eine Abwärmeleistung von 1000 kW ausgelegt. Die damit versorgbaren Neubaugebiete und bestehenden Überbauungen werden in der vom Gemeinderat Lindau am 29. Juni 1999 zur Durchführung beschlossenen Teilenergieplanung als Prioritätsgebiete zur Abwärmenutzung festgelegt.

Das Vorprojekt wurde gemeinsam mit den Grundeigentümern und den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich (EKZ) als interessiertem Contractor erarbeitet. Die EKZ haben ein erstes Teilstück der Hauptleitung gleichzeitig mit der Gebietserschliessung erstellt.

Neue Finanzierungs- und Betriebsform:

Contracting

Die Aufgaben der EKZ als Contractor in Lindau sind:

- Bau und Finanzierung des Wärmenetzes, der Erschliessung der Wärmequelle und der Wärmepumpen
- Lieferung von Raumwärme und Warmwasser
- Sicherstellen des Betriebs mit Fernüberwachung
- Unterhalt und Erneuerung der Anlage

Der Gebäudenutzer bezahlt neben dem Strompreis einen bescheidenen Wärmepreis pro bezogene Kilowattstunde.

Dieses Engagement der EKZ zur Nutzung erneuerbarer Energien und von Abwärme durch Contracting entspricht dem Unternehmensleitbild und ist Teil des Weiterausbaus der EKZ-Dienstleistungen.

Die Wärmepumpe: Bewährt und immer effizienter



Dr. Hanspeter Eicher,
Dr. Eicher + Pauli AG,
Liestal

Der Auftrag

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie werden im Projekt FAWA (Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen) seit fünf Jahren umfangreiche Untersuchungen von Wärmepumpen-(WP-) Anlagen im praktischen Betrieb durchgeführt.

Pro Jahr werden jeweils etwa 30 neu installierte WP-Anlagen zufällig ausgewählt und untersucht. Bis heute wurden in der Deutschschweiz und der Suisse Romande ca. 130 Anlagen ins Programm aufgenommen.

Die Zielsetzungen

Das Projekt liefert statistisch unterlegte Daten und Informationen in folgenden Bereichen:

- **Anlagepark:** Stand und Entwicklung des WP-Anlageparks Schweiz und Werte für die Jahresarbeitszahl dieser Anlagen;
- **Anlagequalität:** Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Bauart und energetischer Qualität der Anlagen;

- **Anlageoptimierung:** Erzielte Verbesserungen nach Durchführung der wichtigsten Optimierungsmassnahmen am bestehenden Anlagepark.

Die Resultate

Während die Erfassung des Anlagenparks und die Ermittlung der Jahresarbeitszahlen mit mehr als 130 Anlagen weit fortgeschritten ist, sind noch umfangreiche Arbeiten in den Bereichen Anlagequalität und -optimierung zu leisten.

Ein umfassender Zwischenbericht über die bisherigen Resultate wurde am 4. Mai 1999 in Burgdorf abgelegt [1]. Nachfolgend die wichtigsten qualitativen Resultate:

Kundenzufriedenheit

Die Zufriedenheit der Wärmepumpen-Besitzer mit ihren Anlagen ist gross. 78 % der Personen sind mit Ihrem System sehr zufrieden, 17 % ziemlich zufrieden, lediglich 3 % sind nicht so, bzw. 2 % gar nicht zufrieden.

Anlagepark und Jahresarbeitszahlen

Seit 1994 hat der Durchschnittswert der Jahresarbeitszahlen, JAZ, für Heizung und Warmwasser der im entsprechenden Jahr installierten Anlagen um 13%, von 2,6 auf 2,99 zugenommen.

Dies wird vor allem auf den Einsatz energetisch verbesserter Wärmepumpen aufgrund des Einflusses des WP-Testzentrums zurückgeführt. An der Gesamtanlage hat sich in diesem Zeitraum nichts Wesentliches geändert. Wärmepumpen mit Erdsonden weisen gegenüber Luft/ Wasser Anlagen bei Altbauten eine um ca. 0,2 Einheiten und bei Neubauten, eine um ca. 0,8 Einheiten höhere JAZ auf. Die JAZ-Werte der einzelnen Anlagen streuen sehr stark und liegen im Bereich von 1,69 bis 4,48. Ein Teil dieser Streuung ist durch die Wahl unterschiedlich effizienter WP-Aggre-

gate zu erklären, ein grosses Potential liegt jedoch in der Verbesserung der Anlagequalität.

Anlagequalität und Optimierung

Eine energetisch optimierte WP-Anlage weist folgende Merkmale auf:

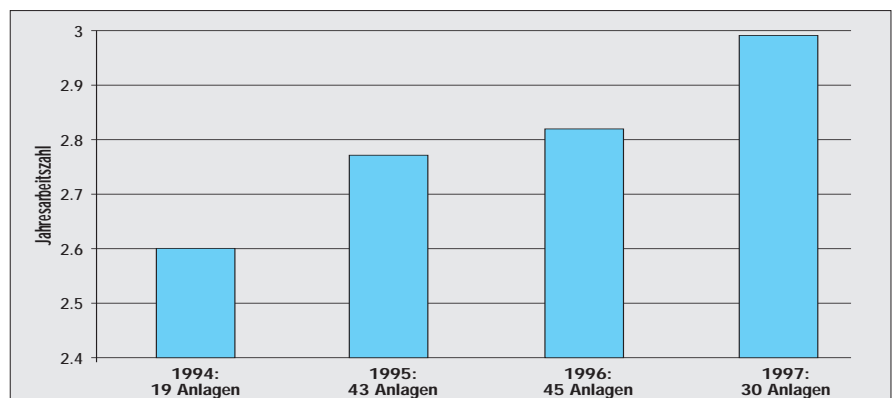
- Energetisch effiziente (Töss-Messungen) und mit Gütesiegel (D-A-CH) ausgezeichnete Wärmepumpe.
- Standardisierte Ausführung der WP-Anlage mit geringen Temperaturdifferenzen zwischen Wärmequelle und Vorlauftemperaturen der Heizung.
- Vermeidung von Überdimensionierung der Fördereinrichtungen.

Statistisch erhärtete Ergebnisse zur Anlagequalität liegen aus den Feldmessungen zur Zeit noch nicht vor. Folgende Hinweise können aber bereits gegeben werden:

- Die auf den Anlagen gemessenen Arbeitsziffern liegen ca. 10 % unter den Angaben von Töss resp. der WP-Hersteller. Gründe dafür können momentan noch nicht definitiv genannt werden.
- Der Standardisierungsgrad ist gering. Es werden noch zu viele Individualanlagen realisiert und es fehlt ein Unternehmen, das für die gesamte Anlage die Verantwortung übernimmt.
- Die heute vielfach eingesetzten Zweipunkt-Rücklauftemperaturregelungen führen zu unnötig hohen Vorlauftemperaturen, zudem liegen die Temperatur-Einstellwerte vielfach zu hoch.
- Solepumpen sind häufig überdimensioniert.

Literatur

[1] Fabrice Rognon (Hrsg.), Wärmepumpen – heute und morgen, Tagungsband zur 6. UAW-Tagung vom 4. Mai 1999 HTA Burgdorf. Zu beziehen bei ENET, Artikelnummer 30931, Fax: 031 352 77 56



Energieverbrauch in Bürogebäuden

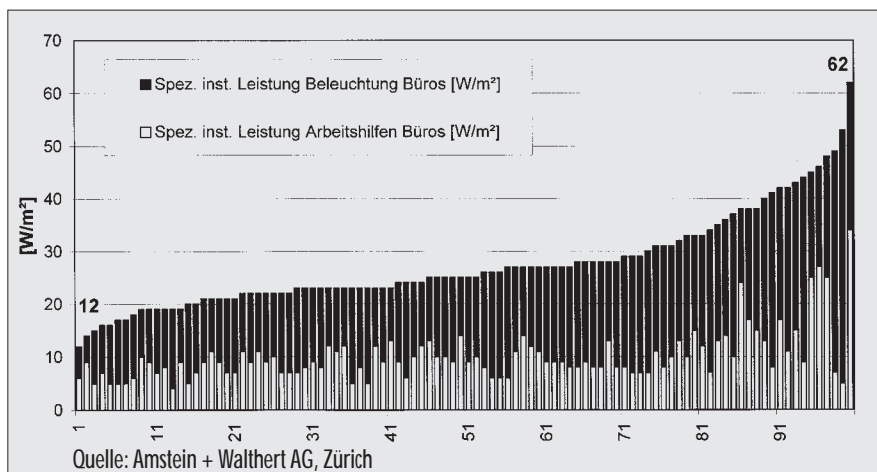
Im Rahmen einer breitangelegten Studie wurde in rund hundert Bürogebäuden die Entwicklung des Energieverbrauchs zwischen 1986 und 1996 untersucht. Es zeigte sich, dass die energierelevanten Entscheide überwiegend Investitionsentscheide zu betrieblich bestimmten Projekten waren – eigentliche «Energie-Sparmassnahmen» mit grosser Wirkung wurden kaum ausgeführt. Die Reduktion des Energieverbrauchs war meistens ein positiver Nebeneffekt der normalen Geschäftstätigkeit.

Investitionsentscheide wurden formell von der Geschäftsleitung, substantiell aber von firmeneigenen Spezialisten (z.B. Mitarbeitern des Technischen Diensts) gefällt. Die Unternehmensleitungen überschätzten zwar die Energiekosten, das Thema Energieeffizienz war aber trotzdem bei weniger als 25 % aller Anlagen- und Gerätebeschaffungen ein Thema. Energiesparmassnahmen mit Kostenfolge haben gegenüber Investitionen ins Kerngeschäft eine sehr geringe Umsetzungschance: Nur ein Siebtel des beobachteten Verbrauchsrückgangs ging auf eigentliche Energiesparmassnahmen zurück, die dann meist von einer Person auf tiefer Hierarchiestufe ausgelöst, entschieden und durchgeführt wurden.

Die mit Abstand grösste Energiewirkung auf den Elektrizitätsverbrauch hatten Veränderungen bei der zentralen EDV. Zwischen der Energiekennzahl Wärme und der Energiekennzahl Elektrizität konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Weder die Vermutung «ein schlecht geplantes und betriebenes Gebäude weist sowohl einen hohen Stromverbrauch als auch einen hohen Wärmeverbrauch auf» noch die Annahme «ein hoher Stromverbrauch hat infolge der Abwärme einen tiefen Wärmeverbrauch zur Folge» tref-

Gebäudeausrüstung für Lüftung/Klima:	Energiekennzahl	
	Elektrizität MJ/m ² a	Wärme MJ/m ² a
mehrheitlich klimatisiert und/oder belüftet	480	410
teilweise klimatisiert und/oder belüftet	250	370
weder klimatisiert noch belüftet	140	370

Tabelle 1: Mittelwert der Energiekennzahlen in Abhängigkeit der Gebäudeausrüstung für Lüftung/Klima



fen zu. Die Tabelle 1 zeigt die Mittelwerte der Energiekennzahlen.

Bei der Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs nach Anwendungszweck gemäss SIA 380/4 zeigte sich, dass rund ein Viertel des Gesamtverbrauchs für die Beleuchtung benötigt wurde. Weitere Schwerpunkte bilden die zentralen Dienste (zentrale EDV!), die Lüftung und Klimatisierung. Auffallend gering ist u.a. der Anteil der Arbeitshilfen, vgl. Tabelle 2.

Bei den Auswertungen der spezifisch installierten elektrischen Leistungen fällt auf, dass zwischen den jeweiligen Minima und Maxima enorme Unterschiede bestehen und dazwischen die Werte recht gleichmässig verteilt sind. Während bei den Arbeitshilfen die grossen Unterschiede mindestens zum Teil auf die differierenden Ansprüche, wie Anzahl PCs pro Arbeitsplatz, zurückzuführen sind, sind sie bei der Beleuchtung, wo die Anforderungen nicht wesentlich verschieden sein können, wohl meistens das Resultat ungleicher Planung.

Bei mehr als der Hälfte (!) aller Bauten betrug die spezifisch installierte Leistung für Arbeitshilfen in Bürozone 9 W/m² oder weniger. Beim Objekt mit dem grössten Wert von 34 W/m² handelt es sich um ein Unternehmen aus der Computerbranche, wo im Schnitt rund 3 PCs, bzw. Terminals oder Laptops pro Arbeitsplatz installiert sind.

Bei über 80 % aller Bauten betrug die spezifisch installierte elektrische Leistung für die Beleuchtung in den Verkehrsflächen höchstens 10 W/m², bei einem Drittel sogar höchstens 5 W/m².

Die Untersuchung zeigt, dass die in der Realität auftretenden installierten elektrischen Leistungen für Arbeitshilfen häufig tiefer als behauptet (z.B. beim Bedarfsnachweis für eine Klimaanlage) sind. Bei der Beleuch-

tung hingegen besteht bei vielen Bauten noch ein Optimierungspotential. Über alle Bauten betrachtet ist die Beleuchtung der grösste Verbraucher.

Die Effizienzgewinne durch den technischen Fortschritt bei Informationstechnologien waren erfreulich. Sie werden voraussichtlich weiter anhalten und zu einem weiteren Verbrauchsrückgang in Bürogebäuden führen. Die Studie schliesst zu einem Zeitpunkt ab, in dem sich neue Techniken ankündigen, z.B. energiesparende LCD-Bildschirme oder Lüftungen mit stark reduziertem Luftvolumen.

Literaturhinweis

Die Studie «Energieverbrauch in Bürogebäuden» wurde beim Bundesamt für Energie publiziert. Verfasser: Amstein + Walthert AG, Zürich, Forschungs-gruppe Energieanalysen der ETH Zürich und Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe. Bezug bei EDMZ, 3003 Bern mit Angabe der Bestell-nummer 805.569 d.

Aufteilung des Stromverbrauchs:	gewichtet nach	
	Gebäude	Verbrauch
• Zentrale Dienste	20 %	24 %
• Beleuchtung	26 %	22 %
• Kälte	11 %	18 %
• Lüftung	14 %	18 %
• Arbeitshilfen	12 %	9 %
• Elektrowärme	9 %	4 %
• Diverse Technik	8 %	5 %

Tabelle 2: Aufteilung des Stromverbrauchs nach SIA 380/4. Spalte 1 = jedes Gebäude gleichgewichtet, Spalte 2 = Aufteilung nach dem gesamten Stromverbrauch aller Bauten