Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 42

Artikel: Dämmdicken für Gebäudehüllen
Autor: Baumann, Walter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-86031

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

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

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

Download PDF: 09.08.2025

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

Literatur

[1] Statistische Berichte des Kantons Zürich, 40. Jahrgang, Heft 2/1990, S. 14–20.

[2] Das Abgasemissionsverhalten von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1980, Berichte 11/83, Umweltbundesamt, Berlin 1983.

[3] Schadstoffemissionen des privaten Strassenverkehrs 1950–2000. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 55, Buwal, Bern 1986, Nachträge September 1988 und Mai 1990

[4] Fahrabläufe und Emissionen von Entsorgungsfahrzeugen. Ingenieurbüro U. Steinemann im Auftrag des Amtes für technische Anlagen und Lufthygiene, Wollerau, März 1991.

[5] Luftprogramm für den Kanton Zürich. Massnahmenplan Lufthygiene. Direktion der öffentlichen Bauten. Amt für technische Anlagen und Lufthygiene. Zürich, April 1990.

genkollektivs. Erklärungen dafür sind einerseits die Gesamtmasse des verwendeten Fahrzeugs, welche über dem Durchschnitt des schweizerischen Kollektivs liegt, und anderseits die periodischen Pressvorgänge zur Kompaktierung des Sammelgutes. Inwieweit sich die Geländetopographie auswirkt, ist aufgrund der durchgeführten Studie schwierig abzuschätzen. Es ist aber anzunehmen, dass die vielen Beschleunigungsvorgänge an Steigungen zu einer Zunahme der Emissionen führten.

Die wenigen durchgeführten Messungen können zwar nicht unbedingt als repräsentativ betrachtet werden, die gefundenen Kennwerte erlauben aber doch eine grobe Abschätzung der mit dem Abfalltransport im Kanton Zürich verbundenen Belastungen. So ergibt sich aus der durchschnittlichen Wegstrecke von 8,8 Kilometern pro Tonne Sammelgut eine Gesamtfahrleistung von 4,8 Millionen Fahrzeugkilometern. Im Vergleich dazu betragen die Kurskilometer der Dieselbusse auf dem Netz des Zürcherischen Verkehrsverbundes im Fahrplanjahr 1989/1990 28 Millionen Kilometer (Angaben ZVV, Febr. 1991). Der Treibstoffverbrauch von gemittelt 4,8 Liter pro Tonne Sammelgut entspricht etwa 2,6 Millionen Liter im Jahr (bei einem geschätzten Dieselverbauch 1989 von etwa 110 Millionen Litern im Kanton Zürich). Somit lassen sich im Kanton Zürich gegenwärtig jährlich etwa 125 Tonnen Stickoxide auf die Emissionen von Kehrichtfahrzeugen zurückführen. Bei berechneten Gesamtemissionen 1990 von über 21 000 Tonnen (Tabelle 2) und einem durch Lastwagen verursachten Anteil von 5520 Tonnen [5] liegen die Emissionen der Entsorgungsfahrzeuge bei 2% des Lastwagenanteils und bei etwa 0,6% der Gesamtemissionen.

Am 1. Oktober 1991 tritt in der Schweiz die zweite Stufe der FAV 2 (Verordnung über die Abgasemissionen schwerer Motorwagen) in Kraft, was gegenüber der ersten Stufe zu einer Reduktion des NO_x-Emissionsfaktors von etwa 38% führt (FAV 2-1: 14,49 NO_x/kWh; FAV 2-2: 9,09 NO_x/kWh). Gegenwärtig erfüllen rund 16% des Schweizerischen Parks an schweren Motorwagen die Auflagen der ersten FAV-Stufe, in welcher 1987 erstmals ein Grenzwert für die NO_x-Emissionen festgelegt wurde. Fahrzeuge, welche die verschärfte, neue Norm erfüllen, sind erst wenige im Einsatz. Wegen den Personenwagen, wo durch den Bestand an Katalysatorfahrzeugen – im Kanton Zürich gegenwärtig 50% – der prozentuale Anteil der NO_x-Emissionen innerhalb des Motorfahrzeugverkehrs abgenommen hat, fallen die Emissionen der Lastwagen daher in Zukunft immer stärker ins Gewicht.

Verdankung

Die Anregung für diese Studie ging von Herrn Dr. Meyer, KEZO Hinwil, aus; ihm und Dr. Perret sowie den Herren Eichhorn und Meili, Abfuhrwesen der Stadt Zürich, sei für die Gastfreundschaft und die Diskussionsbereitschaft herzlich gedankt. Die Organisation und Installation der Datenerfassung erfolgte durch Herrn Mayer von der Gabathuler AG in Diessenhofen. Ihm und allen an den Messungen beteiligten Personen sei an dieser Stelle herzlich für die angenehme Zusammenarbeit gedankt. Ein besonderer Dank gilt Herrn Isler und seinen Mitarbeitern für die kooperative und geduldige Unterstützung während der Messfahrten.

Adressen der Verfasser: *Dr. Toni Bürgin*, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, Kasernenstr. 49, 8090 Zürich, und *Urs Steinemann*, Ingenieurbüro für Energie- und Umweltfragen, Schwalbenbodenstr. 15, 8832 Wollerau

Dämmdicken für Gebäudehüllen

Vor einem Vierteljahrhundert wurden auf ein Flachdach üblicherweise 4 cm dicke Korkplatten verlegt. Heute führen Energieverordnungen zu 10, 12 oder noch dickeren Wärmedämmschichten. Zu welchen Werten gelangen wir, wenn wir uns die Aufgabe stellen, ein Gebäude sei so zu dämmen, dass der gesamte Energieaufwand – für Gebäude-Beheizung wie auch für Herstellung und Transport usw. der Wärmedämmung – während dessen Nutzungszeit minimal sei?

Tauwasserschutz

Das war einst – bis vor etwa 20 Jahren – das Hauptkriterium: Die Wärmedämmung musste so bemessen werden, dass

VON WALTER BAUMANN, WINTERTHUR

Oberflächen-Kondensation mit Sicherheit vermieden wurde (Oberflächen-Kondensation ist ein Thema, das heute mit dem Aufkommen luftdichter Gebäudehüllen wieder sehr aktuell ist!). Die Dicke der Wärmedämmung war demzufolge abhängig von Aussentemperatur, Taupunkttemperatur der Raumluft, Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs sowie innerem und äusserem Wärmeübergangskoeffizient. Für den Wohnungsbau in unserm Mittelland ergaben sich so k-Werte, die ein 32 cm dickes Backstein-Mauerwerk garantierte. Zusätzliche wärmedämmtechnische Massnahmen drängten sich noch nicht auf.

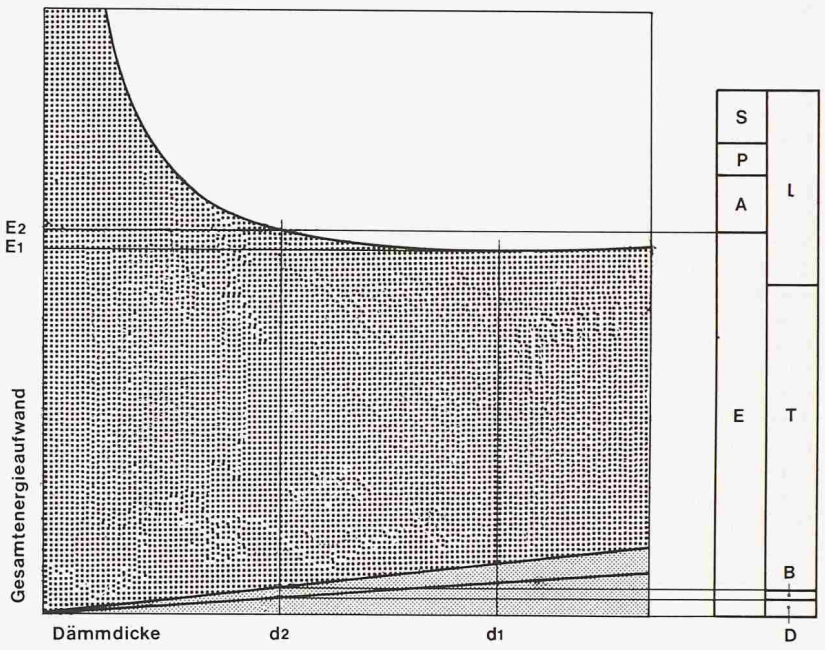
Wirtschaftliche Dämmdicke

Grundgedanke der wirtschaftlichen Dämmdicke ist die Minimalisierung der Gesamtkosten, die sich aus den Wärmeschutzkosten und den Wärmeverlustkosten zusammensetzen. Der Begriff der «wirtschaftlichen Isolierdicke» wurde wahrscheinlich erstmals im Jahre 1919 geprägt, und zwar vom Schweizer Heizungsingenieur M. Hottinger. Dieser gab in der deutschen Fachzeitschrift «Gesundheitsingenieur» innerhalb der umfangreichen Abhandlung über das Thema «Theoretische Betrachtungen praktischer Beispiele aus der Lüftungs- und Wärmetechnik» eine grafische Methode zur Ermittlung der «günstigsten Isolierdicke» bekannt. Dieses zeichnerische Verfahren wurde dann zwei Jahre später von M. Gerbel durch die mathematische Methode (Differentialrechnung, Bestimmung von Maxima/Minima) ergänzt.

Graue Energie von Dämmstoffen
Primärenergie / Richtwerte

	MJ/kg
Glaswolle	20
Steinwolle	20
Schaumglas	25
Kork	4
Holzfaserplatten	4
Polystyrol expandiert	75
Polystyrol extrudiert	100
Polyurethan	125

Bild 1. Die graue Energie stellt im Gegensatz zu einem Stoffkennwert wie die Wärmeleitfähigkeit keine fest definierte physikalische Grösse dar; sie ist vor allem abhängig vom Produktionsprozess



D Dämmtechnische Investitionen (graue Energie)
+ B Bodenproduktionsverluste (grüne Energie)
+ T Transmissionsverluste
+ L Lüftungsverluste
- A Wärmegewinn durch elektrische Anlagen
- P Wärmegewinn durch Personen
- S Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung
= E Gesamtenergieaufwand

Bild 2. Wie sich der Gesamtenergieaufwand beheizter Gebäude zusammensetzt. Die praktische energiewirtschaftliche Dämmdicke d2 weist einen Gesamtenergieaufwand E2 auf, der 5% über dem theoretischen Minimum E1 liegt

Empfehlungen, Normen, Verordnungen, Normen, Vorschriften

1977 veröffentlichte der SIA die erste Ausgabe der Empfehlung 180/1 «Winterlicher Wärmeschutz im Hochbau». Diese vermittelte erstens das Vorgehen für die Festlegung des zulässigen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Wertes) unter Berücksichtigung der Gebäudegeometrie, des Klimas und der Raumlufttemperatur im Gebäude, zweitens eine Methode für die Berechnung des projektierten mittleren k-Werts der Gebäudehülle. Bedingung war – und ist es selbstverständlich noch immer, auch nach der inzwischen zweimal revidierten Empfehlung –, dass der projektierte Wert unter dem festgelegten Wert liegt.

1986 publizierte das Bundesamt für Energiewirtschaft eine «Musterverordnung für kantonale Vorschriften über Wärmedämmung und haustechnische Anlagen in Gebäuden». In dieser sind im Abschnitt «Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden», abhängig von der Höhenlage des Gebäudes, max. zulässige k-Werte für die Einzelbauteile (Dächer, Decken, Wände, Böden, Fenster, Türen) aufgeführt.

Damals, also 1986, befand sich die SIA-Empfehlung V 380/1 noch in einer verlängerten Vernehmlassung. Deren grundsätzliches Ziel floss aber bereits in die erwähnte Musterverordnung ein: «Der entsprechende Grenzwert des Heizenergiebedarfs nach den anerkannten Regeln der Technik muss eingehalten werden.» Die SIA-Empfehlung 380/1 «Energie im Hochbau» erschien 1988. Ihr Hauptinhalt ist ein Planungsverfahren zur Projektierung von Gebäuden mit geringem Energieverbrauch.

Verschiedene Kantone haben diese Idee bereits aufgegriffen und in ihren Energieverordnungen verankert: «Der Wärmeschutz beheizter Gebäude ist so zu planen, dass der Heizenergiebedarf die folgenden Richtwerte nicht überschreitet . . .», oder «Der Heizenergiebedarf, berechnet nach SIA 380/1, darf die folgenden Grenzwerte nicht überschreiten . . .» entnehmen wir der Energieverordnung bzw. eigentlichen Wärmedämmvorschriften einzelner Kantone.

Die energiewirtschaftlichste Dämmdicke

Die im ersten Absatz skizzierte wirtschaftliche Dämmdicke müssten wir eigentlich als «finanzwirtschaftlichste» Dämmdicke bezeichnen, denn bei deren Berechnung dreht sich sehr vieles um Geld: Material- und Lohnkosten, Energiepreise, Verzinsung des Kapitals und Abschreibungsquoten sind wichtige Einflussgrössen. Diese weisen aber zwei Nachteile auf: Kosten und Preise ändern, internationale Vergleiche werden erschwert wegen den verschiedenen Landeswährungen.

Doch da bietet sich eine elegante Vereinfachung und zugleich Verbesserung an, die unsern Bestrebungen zur Verminderung des Heizenergiebedarfs – aber auch nach verbessertem Umweltschutz! – Rechnung trägt: *Wärmedämmungen sind so zu dimensionieren, dass der Gesamtenergieaufwand minimal wird.*

Energieaufwand für beheizte Räume

Der Gesamtenergieaufwand für beheizte Räume setzt sich grundsätzlich aus den drei nachfolgenden Komponenten zusammen:

Heizenergie

Der Bedarf an Heizenergie ist vor allem abhängig von der Gebäudegeometrie, vom Aussenklima, von der Raumlufttemperatur, vom Wärmedämmsystem und von der Heizanlage (Wirkungsgrad).

Graue Energie

Unter der sogenannten «grauen Energie» verstehen wir den Primärenergieaufwand für die energietechnischen Investitionen, also für Herstellung, Transport, Montage, Unterhalt, Abbruch und Entsorgung von Wärmedämm- und Heizungsysstem. Die graue Energie ist ein wichtiger Indikator für die Gesamtbelastung unserer Umwelt durch Fabrikationsprozesse und Dienstleistungen.

Terrainverlust (grüne Energie)

Mit zunehmender Dämmdicke verringert sich der Wärmeverlust. Anderseits benötigen wir mehr «graue Energie» für die Herstellung einer grössern Dämmstoffmenge. Und nicht ganz vergessen wollen wir, dass bei gleichbleibendem Gebäude-Nutzungsvolumen eine dickere Wärmedämmung mehr Bodenfläche beansprucht, Terrain also, das zu möglicherweise wertvollen Zwecken genutzt werden könnte. So erzeugt zum Beispiel das Kernkraftwerk Beznau-Döttingen auf rd. 30 ha um die 2625 Mio kWh/a oder jährlich ca. 35 000 MJ/m²; in einem Rebberg mögen es pro Jahr um die 2 MJ/m² sein, die der Boden in Form von Traubenzucker als Energieträger abgibt. Mit andern Worten: Je dicker die Wärmedämmung, um so grösser der Bedarf an Boden, um so grösser der Verlust an Bodenertrag.

Die energiewirtschaftlichste Dämmdicke

Wir berechnen nun für den stationären Heizbetrieb den Gesamtenergieaufwand. Wie wir gesehen haben, setzt sich dieser aus drei Komponenten zusammen:

- Energieaufwand für den Betrieb der Heizanlage,
- Graue Energie des Dämmsystems und der Heizanlage,
- Bodenproduktionsverlust wegen des Dämmsystems (Verlust an «grüner Energie»).

Wenn wir für verschiedene Dämmdicken den Gesamtenergiebedarf berechnen und grafisch aufzeichnen, ergibt sich eine sehr flache Kurve mit nur schwach ausgeprägtem Minimum. Mathematisch lässt sich das theoretische Minimum allerdings genau bestimmen: Hier befindet sich also die energiewirtschaftlichste Dämmdicke, jene Dämm-

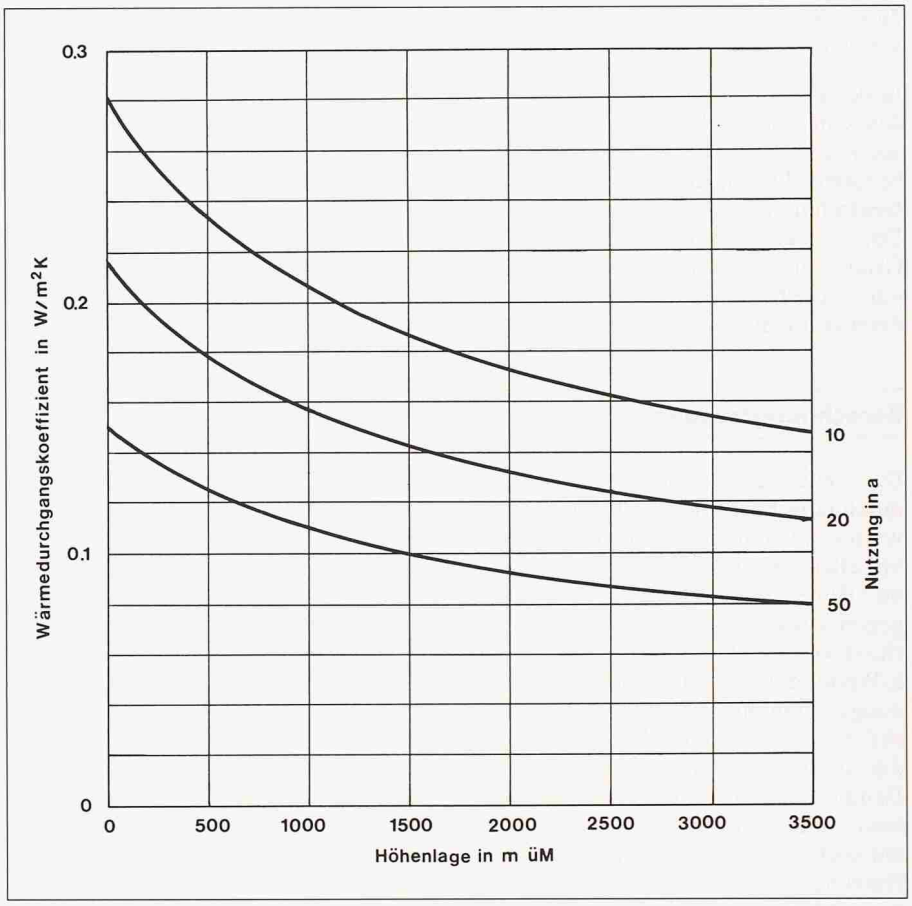


Bild 3. Energiewirtschaftlicher Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) gedämmter Bauteile in Abhängigkeit von Gebäudestandort und Nutzungszeit

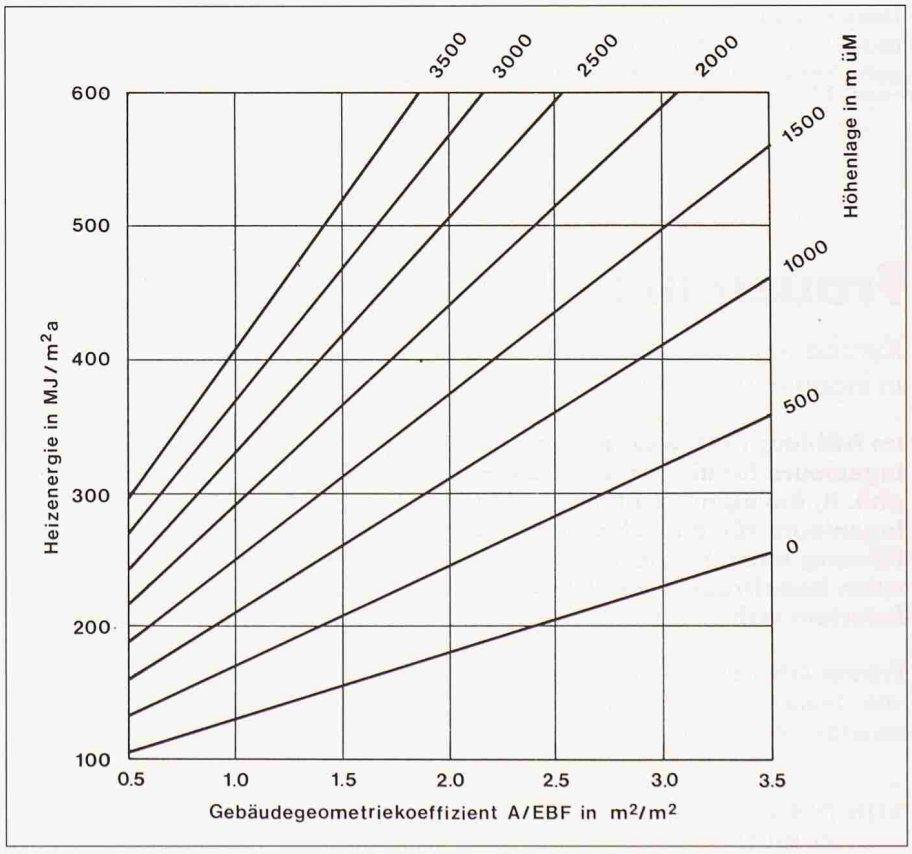


Bild 4. Heizenergieverbrauch von Gebäuden mit energiewirtschaftlicher Wärmedämmung, Nutzungszeit 50 Jahre, in Abhängigkeit von Gebäudegeometrie und Höhenlage. A = beheizte Gebäudehülle (m²) nach SIA 180/1; EBF = Energiebezugsfläche (m²) nach SIA 380/1

dicke, bei welcher der Gesamtenergieaufwand minimal ist.

In der Praxis nehmen wir, eben wegen des sehr flachen Kurvenverlaufs, aber auch wegen möglicher Toleranzen der benutzten Daten, einen um 5% erhöhten Gesamtenergieaufwand in Kauf. Die Dämmdicke vermindert sich aus diesem Grund gut und gern um etwa 50%, statt «unmöglichen» 60 cm ergeben sich dann «normalere» 30 cm.

Berechnungsresultate

Der energiewirtschaftliche Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) des wärmegedämmten Teils der Bauhülle ist vor allem abhängig von Gebäudestandort (Höhenlage) und Nutzungszeit. Dagegen wird er nicht wesentlich beeinflusst von der Gebäudegeometrie. Die k-Werte, die sich nach diesem Berechnungsverfahren ergeben, sind auffällig tief, bzw. es ergeben sich Dämmdicken, die uns überdimensioniert erscheinen. Demnach müssten im Schweizer Mittelland Zweischalenmauerwerke etwa 30 cm dick gedämmt werden, wenn eine Nutzungszeit von 50 Jahren berücksichtigt wird (bzw. rund 20 cm dick bei einer Nutzungszeit von nur 20 Jahren).

Werden Gebäude so ungewohnt dick gedämmt, ergibt sich für das in der SIA-Dokumentation 80 als Fallstudie dienende Einfamilienhaus mit Standort Zürich (550 m ü.M.) pro Heizperiode ein Energiebedarf von 300 MJ/m², für das ebenfalls in der gleichen Dokumentation präsentierte Mehrfamilienhaus mit gleichem Standort ein solcher von 215 MJ/m². Das ist etwa ein Viertel weniger als bei Bauten, die nach aktuellen Normen ausgeführt werden.

Dämmdicken von 30 cm für den Wohnungsbau? Heute noch erscheinen derartige Abmessungen überdimensioniert. Aber wenn wir uns nun kurz mit gekühlten Räumen befassen, so stossen wir auf eine kantonale Vorschrift, die fordert, dass in Kühlräumen der mittlere Wärmefluss durch jene Bauteile, die den Kühlraum begrenzen, 5 W/m² nicht überschreite. Für die beiden oben betrachteten Mustergebäude aus der SIA-Dokumentation 80 ergeben sich, bei einer Dämmdicke von 30 cm, Werte von 7 W/m² für das Einfamilienhaus, 10 W/m² für das Mehrfamilienhaus. Natürlich können wir Kühlräume (die keine Wärmelöcher in Form von Fenstern aufweisen), nicht ohne weiteres mit Wohnungsbauten vergleichen. Trotzdem: Heute uns noch monströs erscheinende Dämmdicken sind so abwegig gar nicht!

Wichtig vor allem ist, dies sei nochmals hervorgehoben: Diese hier vorgeschlagene Dimensionierung der Wärmedämmung basiert auf dem Grundsatz, die Wärmedämmung von Gebäuden sei so zu konzipieren, dass der Gesamtenergieaufwand minimal wird – Optimierung des Gesamtenergiebedarfes sei die Devise!

Zusammenfassung

Ziel energiebewusster Planer ist die Konzeption wärmegedämmter Gebäude, die während ihrer Nutzungszeit einen minimalen Gesamtenergieverbrauch verursachen. Dieser Gesamtenergieverbrauch setzt sich im Fall beheizter Räume aus dem Energiebedarf für den Heizbetrieb und der grauen Energie von Dämmsystem und Heizanlage zusammen; sodann kann der Verlust an grüner Energie (= Bodenproduktions-Einbusse) wegen des Platzbedarfs der Wärmedämmung berücksichtigt werden. Die zurzeit verfügbaren Daten führen zu den in diesem Aufsatz eingestreuten tabellarisch und grafisch dargestellten Werten. Künftig sollte bei der Dimensionierung von Wärmedämmungen dem Aspekt der energiewirtschaftlichen Dämmdicke bzw. des energiewirtschaftlichen k-Werts gebührende Beachtung geschenkt werden. Energiewirtschaftliche Dämmdicke ist identisch mit optimalem (d.h. minimalem) Gesamtenergieaufwand. Und praktisch gilt: Minimaler Energieverbrauch ist der beste Umweltschutz! Bei langfristiger, energie- und umweltbewusster Planung und den uns heute zur Verfügung stehenden Materialien müssten unsere Häuser noch wesentlich dicker gedämmt werden, als es die zurzeit gültigen Reglemente vorschreiben – mindestens doppelt so dick, als es heute üblich ist!

Adresse des Verfassers: *Walter Baumann*, Ing. HTL/SIA, Hasenweg 10, 8405 Winterthur.

Frauen in technischen Berufen

Kurzbericht zu einer Studie zum tiefen Frauenanteil in Ingenieurberufen

Im Frühling 1990 wurden Ursula Gasser (freie Mitarbeiterin der Gruppe Ingenieure für die Schweiz von morgen), Ursula Rütter-Fischbacher (Dr. phil. II, Biologin) und Doris Guhl (Soziologiestudentin) von der Gruppe Ingenieure für die Schweiz von morgen und dem SIA mit der Durchführung einer Studie zum geringen Frauenanteil in den Ingenieurberufen beauftragt. Sie entstand in einer Zeit grossen Mangels an qualifiziertem technischem Personal.

VON DORIS GUHL, ZÜRICH

Frühere Arbeiten zur Unterrepräsentanz von Frauen in technischen Ausbildungsgängen und Berufen haben gezeigt, dass die Berufswahl schon sehr früh in der Erziehung in Familie und Schule mitbestimmt wird und dass geschlechtsspezifische Verhaltenserwartungen vielen jungen Frauen eine geschlechtsuntypische Berufswahl verunmöglichen [1]. Frauen, die trotzdem eine technische Ausbildung wählen, begeben sich unweigerlich in eine Minderheitenposition. Die exponierte Stellung in einer Männerwelt strengt an. Die Studienwahl muss immer wieder begründet und damit auch immer wieder hinterfragt werden [2]. Dies ist mit ein Grund, dass Frauen ihr Studium eher abbrechen als Männer [3].

Aufgrund der Literatur müssen Massnahmen für bessere Zugangschancen für Frauen zu technischen Berufen bei einer Gleichbehandlung von Töchtern und Söhnen ansetzen und später in der Schule und der beruflichen Ausbildung in einer Gleichbehandlung und insbesondere auch in einer gleichen Förderung eine Fortsetzung finden. Dabei muss die seit langem männlich geprägte technische Welt eine Offenheit gegenüber neuen, bis anhin Frauen zugeschriebenen Lebensbereichen und Verhaltensformen beweisen.

Daten der Volkszählung 1980 zeigen, dass technisch hochqualifizierte Frauen ihren gelernten Beruf häufig verlassen. So waren 1980 beinahe 30% der Frauen mit einem ETH-Abschluss in Architektur und gut 25% der Elektroingenieurinnen (HTL, ETH) nicht in ihrem Beruf tätig. Diese hohe Ausstiegsquote hat die