

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111 (1993)
Heft: 15

Artikel: Mit den Wärmeverlusten das Haus heizen: dynamische
Wärmedämmung im Pilotprojektstadium
Autor: Humm, Othmar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78160>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

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

Mit den Wärmeverlusten das Haus heizen

Dynamische Wärmedämmung im Pilotprojektstadium

Mit einer sanften Luftströmung durch mehrere, insgesamt 400 m² grosse Dachflächen zweier Mehrfamilienhäuser kann der grösste Teil der Transmissionswärmeverluste «abgesogen» und zwei Wärmepumpen zugeführt werden. Kombiniert mit dem System zur Lüfterneuerung, ist diese sogenannte dynamische Wärmedämmung Teil eines umfassenden Konzeptes für Niedrig-Energiehäuser.

Massnahmen zur Verminderung der Transmissionswärmeverluste und der Lüftungswärmeverluste stehen zu-

VON OTHMAR HUMM, ZÜRICH

oberst auf der Prioritätenliste beim Bau von Energiespar- oder Niedrigenergiehäusern. Daran orientiert sich das Konzept der beiden Wohnbauten in Knonau, zwischen Zürich und Zug auf einer Krete über der Reuss gelegen. Das eine Gebäude enthält zwei Einfamilienhäuser, das andere drei Maisonette-Wohnungen. Bestimmendes Merkmal ist die Luftführung: Aussenluft gelangt durch poröse Dachflächen und in

Böden eingelegte Rohre in die Wohnräume und von dort, als Abluft, zur Wärmepumpe. Voraussetzung dazu ist die dynamische Wärmedämmung in den um 45° geneigten Dachflächen, die kontrollierte Lüfterneuerung in den Wohnungen sowie die Verwertung der Abwärme in den Wärmepumpen, die den grössten Teil der Wärmelast übernehmen.

Dynamische Wärmedämmung

Dem Wärmedurchgang von innen nach aussen – auch als Transmissionsverluste bezeichnet – wird eine Luftströmung entgegengesetzt. Die üblicherweise aus

den Dachflächen abströmende Wärme wird zum überwiegenden Teil auf diese Luft übertragen und ins Haus zurückgeführt. Die Wärmeverluste werden sozusagen abgesogen. Per Saldo gelangt schliesslich keine Wärme mehr von der warmen Seite der Dachfläche nach aussen: Die Verluste wärmen die Aussenluft vor.

Aus der bauphysikalischen Beschreibung nur soviel: Die Luftströmung verursacht eine Zone ohne oder sehr geringer Temperaturdifferenz im äussersten Wandbereich. Und das stoppt oder verringert den Wärmefluss, an dem vor allem Leitung und Konvektion beteiligt sind. Ein «dynamischer» k-Wert von null ist, zumindest theoretisch, möglich, im Fall der beiden Bauten beträgt er 0,03 W/m²K. Ob Praxis oder Theorie: Der Elektrizitätsbedarf für die sanfte Luftströmung – die Geschwindigkeit beträgt 2 bis 3 m/h – gehört selbstverständlich in die Energiebilanz dynamisch gedämmter Wand- und Dachelemente.

Kontrollierte Lüfterneuerung

Vom Sammelrohr unter dem Giebel strömt die vorgewärmte Aussenluft durch einen vertikalen Kanal und durch



Bild 1. Die beiden giebelständigen Häuser mit nach Norden und Osten orientierten Fassaden: Das Haus rechts umfasst zwei Einfamilienhäuser, daneben die drei Maisonette-Wohnungen

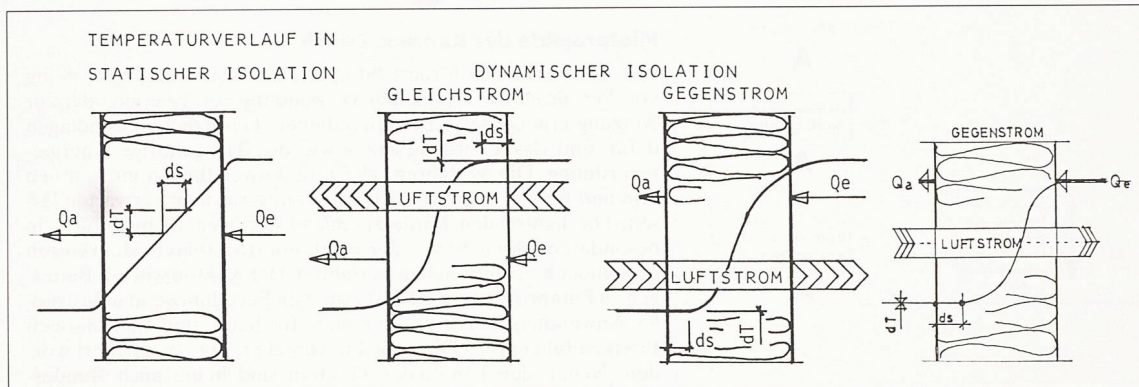


Bild 2. Temperaturverlauf (schematisch) in einem dynamisch gedämmten Wand- oder Dacheil. Der Verlauf ist im äusseren Bereich konstant oder fast konstant: Diese Schicht ist thermisch annähernd dicht

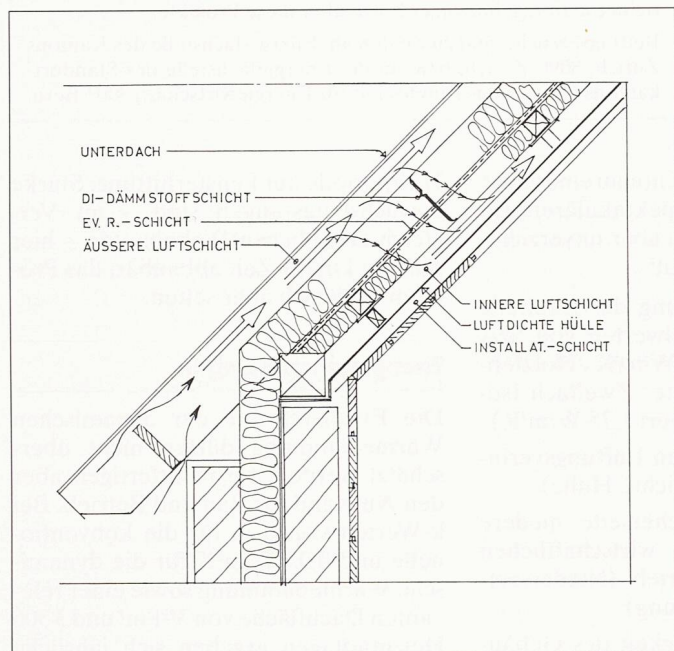


Bild 3. Konstruktion des Dachanschlusses im Traufbereich, Funktionsweise der dynamischen Wärmedämmung. Die äussere Dämmschicht ist 100, die innere 50 mm stark

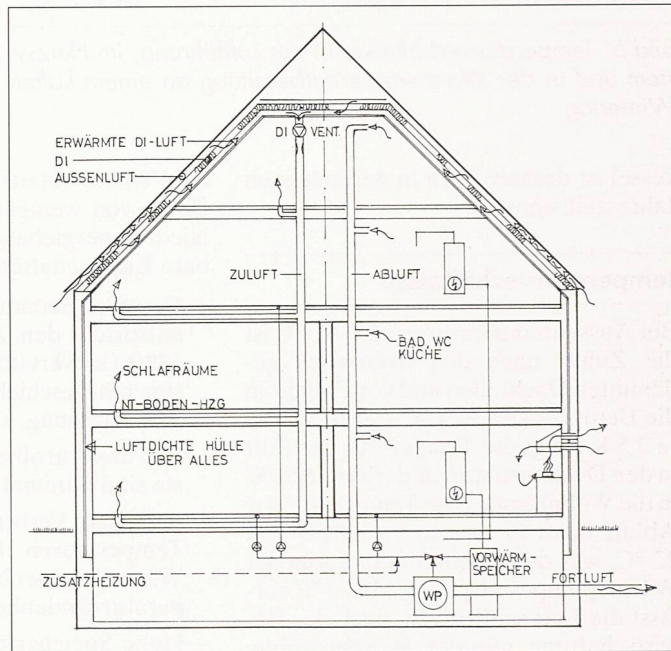


Bild 4. Heizen, Dämmen, Lüften und Wärmerückgewinnen: Prinzipschema der dynamischen Wärmedämmung und der angepassten Haustechnik

Spiralrohre, die in die Betondecken eingelegt sind, in die Schlafzimmer. Diese weisen von allen Räumen einer üblichen Wohnung die längsten Nutzungszeiten auf. Auf dem Weg durch Dach und Böden erwärmt sich die Zuluft, in der Regel bis zu einer Temperatur 2 K unter der Raumtemperatur. Die Temperaturverhältnisse sind in Bild 5 dargestellt.

Über Öffnungen in Küche, Bad und WC, also Räume mit grosser Luftbelastung, wird verbrauchte, warme Luft abgesogen. Die Berechnung sieht einen Luftwechsel von 0,3 vor, was bei Standardbelegung einem Volumen von etwa 30 m³ pro Stunde und Person entspricht. Die zusammengeführte Abluft strömt zur Wärmepumpe im Keller. Die Abluftöffnungen über den Kochstellen führen direkt nach aussen und sind vom Lüftungssystem vollständig getrennt. Die Lösung drängt sich aus hygienischen Gründen auf; sie ist aber auch feuerpolizeilich vorgeschrieben.

Der Anteil an den Transmissionswärmeverlusten, der durch die dynamische

Dämmung zurückgewonnen wird, kann die Lüftungswärmeverluste nicht decken. Um trotzdem akzeptable Zulufttemperaturen zu erreichen, sind die dynamischen Wärmedämmungen und die in die Decken eingelassenen Rohre «hintereinandergeschaltet».

Wärmepumpe

Rund 300 bis 350 m³/h Abluft kommen in jedem der beiden Häuser zusammen und werden den zweistufigen Luft-Wasser-Wärmepumpen zugeführt. Die Heizleistung der beiden elektrisch angetriebenen Aggregate beträgt bei einer Quelltemperatur von 22 °C je 5,5 kW. Damit wird ganzjährig Warmwasser bis zu einer Temperatur von 45 °C vorgewärmt und während der Heizperiode die Niedertemperatur-Bodenheizung betrieben. Die Temperatur des Vorlaufes beträgt 40°, diejenige des Rücklaufes 25 ° (bei einer Aussentemperatur von -11 °C). Sinkt die Aussentemperatur unter 2 °C, geht der für

beide Häuser gemeinsame 28-kW-Ölkessel in Betrieb. Der Leistungswert weist auf eine Sicherheitsmassnahme hin: Der Ölkessel könnte notfalls den ganzen Wärmebedarf alleine decken. Die Quelltemperatur der Wärmepumpen ist von der Aussentemperatur weitgehend unabhängig: Der bivalente Betrieb von Wärmepumpe und Zusatz-

Daten des Pilotprojektes

Lage	450 m ü. M.
Umbauter Raum nach SIA	4 180 m ³
Energiebezugsfläche	1 003 m ²
Baujahr	1989/90

Beteiligte Fachleute

Energiekonzept, Planung und Ausführung: Wolfgang Schugk, Architekt HTL/STV, 8934 Knonau

Lieferant des Dämmmaterials: Isover AG, 8155 Niederhasli

Lieferant der Wärmepumpen: Comet Wärmetechnik AG, 8444 Henggart

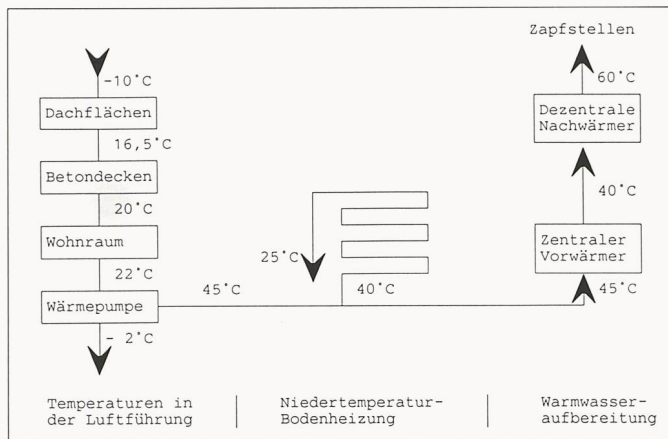


Bild 5. Temperaturverhältnisse in der Luftführung, im Heizsystem und in der Warmwasseraufbereitung an einem kalten Wintertag

Pilotprojekte des Kantons Zürich

Der Kanton Zürich fördert Pilotprojekte, welche der Erprobung von Verfahren zur rationellen Verwendung von Energie oder zur Nutzung erneuerbarer Energien dienen. Gesetzliche Grundlagen dafür sind das Energiegesetz sowie die dazugehörige Energieverordnung. Die Verfahren oder ihre Anwendungen müssen neu sein und für den Kanton Zürich relevante Resultate erwarten lassen. Die kantonalen Förderzuschüsse betragen 10 bis 30% – in besonderen Fällen 50% – der nicht amortisierbaren Mehrkosten gegenüber konventionellen Verfahren. Der Kanton will mit Beiträgen zu Pilotprojekten die Kluft zwischen Forschung und industrieller Anwendung überbrücken helfen. Bis heute sind 4,5 Millionen Franken für rund 70 Pilotprojekte vergeben bzw. zugesichert worden. Neben den kantonalen Geldern sind heute auch Bundesbeiträge erhältlich. Der «Schweizer Ingenieur und Architekt» berichtet in unregelmässiger Folge über diese Projekte.

Beitragsgesuche sind zu richten an: Energiefachstelle des Kantons Zürich, 8090 Zürich, bzw. an die Energiefachstelle des Standortkantons oder an das Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern.

kessel ist deshalb auch in der kältesten Jahreszeit sinnvoll.

Temperaturverhältnisse

Bei Aussentemperaturen von $-10\text{ }^\circ\text{C}$ ist die Zuluft nach den dynamisch gedämmten Dachteilen und vor Eintritt in die Betondecken $16,5\text{ }^\circ\text{C}$ warm. Weitere $3,5\text{ K}$ steigt die Temperatur der Luft in den Deckenrohren und tritt mit $20\text{ }^\circ\text{C}$ in die Wohnräume. Die Temperatur der Abluft misst in diesem typischen Fall $22\text{ }^\circ\text{C}$, was der Quelltemperatur der Wärmepumpe entspricht. Mit $-2\text{ }^\circ\text{C}$ verlässt die Luft schliesslich, nach der Bewirtschaftung mit der Wärmepumpe, das Haus. Sekundärseitig gelten für diesen Fall folgende Temperaturwerte: Vorlauf Bodenheizung $40\text{ }^\circ\text{C}$, Rücklauf $25\text{ }^\circ\text{C}$. Vorlauf für die Wasservorwärmung in dem für jedes Haus zentralen 500-l-Speicher mit $45\text{ }^\circ\text{C}$. Die dezentralen 300-l-Speicher in jeder Wohnung werden mit $42\text{ }^\circ\text{C}$ warmen Wasser beschickt und elektrisch auf $60\text{ }^\circ\text{C}$ nachgewärmt.

Weitere flankierende Massnahmen

Neben den erwähnten haus- und bautechnischen Spezialitäten weisen die

zwei Wohnbauten in Knonau eine ganze Reihe von weniger spektakulären, für Niedrigenergiebauten aber unverzichtbare Eigenschaften auf:

- Die Wärmedämmung der Bauhülle entspricht den Zielwerten von SIA 380/1 ($k\text{-Wert } 0,29\text{ W/m}^2\text{K}$, Holzfenster mit beschichteter Zweifach-Isolierverglasung, $k\text{-Wert } 1,75\text{ W/m}^2\text{K}$).
- Die unkontrollierten Lüftungsverluste sind minimal (dichte Hülle).
- Auf der Verbraucherseite niedere Temperaturen für wirtschaftlichen Wärmepumpenbetrieb (Niedertemperatur-Bodenheizung).
- Hohe Speicherfähigkeit des Gebäudes zum Ausgleich von Temperaturschwankungen (Decken 22 cm «schwer», mit eingelegten Luftrohren).
- Vermeidung von Wärmebrücken bei Anschlüssen oder Durchdringungen.

Erfahrungen

Die Häuser sind seit März 1990 bewohnt, erste Beurteilungen sind also durchaus möglich. Das gewählte Lüftungskonzept schneidet in der Bewertung gut ab; von Ausnahmen abgesehen verzichten die Bewohner während der

Heizperiode auf Fensterlüftung. Starke Geruchsbelastungen sind – im Vergleich zu üblichen Wohnbauten – hier nicht in kurzer Zeit abbaubar; das Problem stellt sich aber selten.

Energieeinsparungen

Die Einspareffekte der dynamischen Wärmedämmung dürfen nicht überschätzt werden; sie rechtfertigen aber den Aufwand für Bau und Betrieb. Bei $k\text{-Werten}$ von $0,26$ für die konventionelle und $0,03\text{ W/m}^2\text{K}$ für die dynamische Wärmedämmung sowie einer relevanten Dachfläche von 391 m^2 und $3\ 300$ Heizgradtagen ergeben sich jährliche Einsparungen von $6\ 900\text{ kWh}$, entsprechend der Reduktion der Energiekennzahl um $25\text{ MJ/m}^2\text{a}$, was 13% der gesamten Transmissionsverluste durch die Gebäudehülle entspricht. Die nicht realisierte dynamische Wärmedämmung der Kellerdecke würde weitere $8\ 000\text{ kWh/a}$ oder $29\text{ MJ/m}^2\text{a}$ einsparen. Das Sparpotential der dynamischen Wärmedämmung muss also mit $54\text{ MJ/m}^2\text{a}$ oder 29% der Transmissionswärmeverluste veranschlagt werden.

Besser sieht die Bilanz aus, falls zu den (vermiedenen) Transmissionswärmeverlusten, wie beim beschriebenen Objekt, die WP-Erträge aus der Abluft addiert werden. Der bauliche und technische Aufwand ist naturgemäss wesentlich höher. Je nach Vergleich sind Einsparungen zwischen 30 und 50% ausgewiesen (vgl. Tabelle 1).

Vom gesamten Jahresenergieverbrauch von $54\ 000\text{ kWh}$ gehen $20\ 700\text{ kWh}$ Strom (38%) zulasten der Wärmepumpen und zentralen Dienstleistungen, $18\ 300\text{ kWh}$ Strom (34%) decken die individuellen Belange in den Wohnungen und $15\ 100\text{ kWh}$ (28%) werden im Ölkessel umgesetzt.

Adresse des Verfassers: Othmar Humm, Fachjournalist Technik + Energie, Edisonstrasse 22, 8050 Zürich.

	E Heizung	E Warmwasser	E Wärme	E Rest	E total
Vergleichsgebäude	164	86	250	80	330
Projekt	75	50	125	80	205
Effektiver Verbrauch	96	59	155	39	194

Tabelle 1. Energiekennzahlen in $\text{MJ/m}^2\text{a}$. Vergleichsgebäude: Gerechnete Werte, konventionelle Ausführung und Betrieb, Standardnutzung SIA 380/1; Projekt: Gerechnete Werte, Standardnutzung SIA 380/1; Effektiver Verbrauch: Werte des ersten Betriebsjahres. Die Unterschiede zu den Werten des Projektes sind zu einem erheblichen Teil auf die im Vergleich zur Standardnutzung schwächere Belegung und den spezifisch geringeren Stromverbrauch (E Rest) zurückzuführen