

Die wichtigsten Ursachen für übermässigen Energieverbrauch

80 Jahre «falsch» heizen

- Überdimensionierte Heizkessel
- Schlechte Wärmedämmung der Rohre
- Falsche Wärmeübertragung (mit Luft statt durch Direktstrahlung)
- Falsche Platzierung der Wärmequelle. Die Heizquelle gehört nicht unter das Fenster

40 Jahre «falsch» bauen

- Wandkonstruktionen weisen zu geringe Masse (Gewicht) und Speichervermögen auf
- Balkone und Dachränder sind als Kühlrippen ausgebildet
- Zu viele Wärme- bzw. Kältebrücken
- Fehlen von Windstau- und Windableitungseinrichtungen
- Ungenügende Tiefe der Fensternischen (Windstaulaster)
- Falscher Aussenverputz
- Zu grosse Fensterflächen

10 Jahre «falsch» isoliert

- Verwendung von leichtgewichtigen Wärmedämmstoffen
- Wärmedämmung am falschen Ort, d.h. raumseitig oder in der Tragkonstruktion ohne Hinterbelüftung
- Zu geringe Baukonstruktions-Dimensionen in Kombination mit ungeeigneten Wetterschichten

...«Es lässt sich mühelos ableiten, dass wir in Wirklichkeit ein Bauproblem und nicht ein Energieproblem haben». (P. Bossert)

Leser, die von unserem «Bauratgeber» Gebrauch machen möchten, richten Ihre Anfrage bitte an den Etzel-Verlag AG, «Bauratgeber», Weinbergstr. 5a, 6301 Zug.

k-Wert unter Beschuss

In der Ausgabe DAS EINFAMILIENHAUS 3/80 erschien in dieser Rubrik eine Abhandlung über das Thema «Wärmedämmung – wann, wie, wo?» Dieser Beitrag fand bei der Leserschaft einerseits sehr viel Zustimmung; andererseits traten aber auch viele Leser mit Fragen an uns heran, die darauf schliessen lassen, dass das Problem der Wärmedämmung mit all seinen Aspekten trotz grosser Aktualität für viele Laien eine schwerverdauliche Kost geblieben ist. Wir haben deshalb unseren Mitarbeiter Thomas Pirano gebeten, zusammen mit dem Verfasser jenes Artikels, Herrn Paul Bossert in Dietikon, etwas Licht ins Dunkel der Bauphysik zu bringen.

Herr Bossert, Sie haben in Ihrem letzten Artikel (erschieden im EINFAMILIENHAUS 3/80) «Wärmedämmung – wann, wie wo?» Behörden und Fachleute, die für das eidgenössische Energiemustergesetz und verschiedene kantonale Energiesparvorschriften verantwortlich zeichnen, scharf angegriffen. Nach Ihrer Ansicht sind die herausgegebenen Richtlinien und Vorschriften zur Wärmedämmung von Gebäuden – und damit zur Energieeinsparung – völlig wertlos und zudem noch falsch. Falsch deshalb, weil diese Empfehlungen und Erlasse auf dem k-Wert basieren. Herr Bossert, was bedeutet denn dieser k-Wert, was sagt er aus?

Der k-Wert ist in der Wärmelehre eine genau umschriebene Grösse und gibt an, wieviel Wärme, in kcal ausgedrückt, durch eine Fläche von 1 m² bei einer Temperaturdifferenz von 1 °C in einer Stunde wandert. Mit anderen Worten: der k-Wert stellt nichts anderes dar, als ein Mass für den Wärmefluss. Demzufolge bedeutet ein niedriger k-Wert, z.B. 0,2, einen geringen Wärmefluss, und entsprechend ein hoher k-Wert, z.B. 1,0, einen grossen Wärmedurchgang.

Das ist verständlich und erklärt auch, warum der Kaffee in einer Porzellankanne wesentlich schneller abkühlt als z.B. in einem Thermoskrug. Porzellan weist einen höheren Wärmedurchfluss auf, als dies beim Isolierkrug der Fall ist.

Ganz richtig! Porzellan hat einen höheren k-Wert als das Material und die Konstruktion der Thermoskanne aufweisen, das heisst, die Wärmedämmung als solche ist beim Material Porzellan schlechter.

Dann besteht also doch eine Beziehung zwischen Wärmedämmung und k-Wert?

Ja!

Herr Bossert, bedeutet das nicht einen Widerspruch? Einerseits bestätigen Sie den Zusammenhang zwischen Wärmedämmung und k-Wert, andererseits stellen Sie klipp und klar fest, dass keine Beziehung zwischen k-Wert und Energieverbrauch eines Gebäudes existiert. Es ist mir absolut schleierhaft, warum ein optimal wärmegeprägtes Gebäude, also niedriger k-Wert und demgemäss kleiner Energieverlust, nicht automatisch einen geringen Energieverbrauch aufweist.

Zur Erklärung dieses Phänomens darf ich nochmals kurz auf den k-Wert zu sprechen kommen. Der k-Wert ist im Grunde nur auf stationäre Zustände anwendbar. Stationär, das bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Wärmefluss nur in einer Richtung erfolgt. Genau das ist der Fall in dem von Ihnen angeführten Beispiel mit der Kaffeekanne. Wärmeenergie wird durch das Porzellan nach aussen abgegeben. Bei Gebäudekonstruktionen liegen die Verhältnisse aber wesentlich komplizierter. Hier haben wir nicht nur einen Wärmedurchgang von innen nach aussen, sondern auch in umgekehrter Richtung. Es liegt also kein stationärer, sondern, wie es in der Fachsprache bezeichnet wird, ein instationärer Zustand vor.

Dann würde das heissen, dass der k-Wert allein nicht in der Lage ist, diesen komplizierten Ablauf wiederzugeben. So gesehen ist er als Kennzahl für die Charakterisierung der Güte eines Mauerwerkes oder einer Wandkonstruktion nicht brauchbar. Muss man vielleicht noch weitere Grössen berücksichtigen, damit man über den Energieverbrauch einer Gebäudekonstruktion eine Aussage machen kann?

Es ist schon so, dass der k-Wert nicht die Gütezahl für eine Gebäudekonstruktion schlechthin darstellt. Vielmehr müssen zur Beurteilung der wärmetechnischen Qualität eines Baues auch die Wärmespeicherkapazität und die Phasenverschiebung mit berücksichtigt werden.

Können Sie diese beiden Begriffe näher erklären?

Gern! Wärmespeicherkapazität ist ein Begriff für diejenige Wärmemenge, in kcal ausgedrückt, die 1 kg eines Materials aufzunehmen vermag. Diese Speicherkapazität hängt von der Art des Materials und seinem spezifischen Gewicht ab. Sie ist bei leichtgewichtigen Stoffen geringer als bei schweren. Daraus ergibt sich, dass eine schwere Wandkonstruktion ein grösseres Speichervermögen besitzt als eine leichtere. Dadurch, dass bei den unterschiedlich schweren Wandkonstruktionen auch ein unterschiedlich grosser Speicher mit Wärmeenergie aufgeladen wird, ergibt sich je nach Gewicht und Material eine mehr oder weniger lange zeitliche Verzögerung vom Eintritt der Wärme in die Wand bis zu ihrem Austritt. Diese Verzögerung wird als Phasenverschiebung bezeichnet. Je nach Speicherkapazität geht mit der Phasenverschiebung eine mehr oder weniger markante, sogenannte Amplitudendämpfung einher. Sie gibt Aufschluss über das Verhältnis von eingetretener zu ausgetretener Wärmemenge und kann also über den «Wärmetransportverlust» etwas aussagen.

Wenn ich Ihnen bis jetzt richtig gefolgt bin, so ist die bisherige Praxis zur Darstellung und Berechnung des Energiedurchgangs durch Wandkonstruktionen aufgrund der alleinigen Verwendung des k-Wertes in der Realität deshalb ungenau, weil die Voraussetzung – stationärer Wärmedurchgang – nicht, wie im Labor, wo solche Messungen unter konstanten Bedingungen durchgeführt werden, gegeben ist. Wärmespeicherkapazität und Phasenverschiebung müssen als weitere veränderliche Grössen miteinbezogen werden.

So ist es! Es konnte eindeutig nachgewiesen werden, dass eine grosse Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen und dem aufgrund von k-Werten errechneten, also einem theoretischen Energieverbrauch besteht.

Heisst das, dass zum Beispiel ein Haus mit Wänden, die einen hohen k-Wert, also einen schlechten Wert aufweisen, unter Umständen einen niedrigeren spezifischen Energieverbrauch haben kann als zum Beispiel ein Haus mit einem günstigeren (= niedrigeren) k-Wert?

Genau!

Woran liegt das?

Der Grund dafür liegt nach meiner Meinung ausschliesslich bei den instationären Vorgängen in einer Wandkonstruktion, die ja bis heute überhaupt noch nicht eingehend genug untersucht worden sind. Man hält zwar die Auswirkungen dieser Vorgänge in Form von Werten, Zahlen und Daten fest, aber was in einer Wand genau passiert, die zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung an ihrer Aussenoberfläche auf 50°C erwärmt wird, darüber weiss man zu wenig.

Nun zu den praktischen Konsequenzen. Jeder zukünftige Bauherr ist brennend daran interessiert zu wissen, welches Mauerwerk zur bestmöglichen Energieeinsparung führt. Existieren darüber Richtlinien?

Prinzipiell ist vom Standpunkt der Wärmespeicherkapazität ein hohes Wandgewicht und zur Verbesserung der Phasenverschiebung eine Wärmedämmschicht mit hohem spezifischem Gewicht erwünscht.

Können Sie etwas konkreter werden?

Ein Mauerwerk, bestehend aus (von aussen nach innen) 2 cm Putz (ohne Kunststoffbeimischungen) 15 cm Backstein, 5 cm Luftschicht, 8 cm Steinwolle ($\gamma = 200 \text{ kg/m}^3$) und 20 cm Calmo Backstein, das ist ein Stein der ein hohes spezifisches Gewicht aufweist und innerhalb des Wandaufbaus den Speicher bildet, erfüllt nach meiner Ansicht die Forderung nach geringem Energieverbrauch, das heisst kg Öl pro Jahr und m^3 Raum, am besten. Eine Alternative wäre ein gleichstarkes, reines Backsteinmauerwerk, das praktisch den gleichen Wirkungsgrad aufweist, aber preisgünstiger ist.

Wenn ich das einmal zusammenrechne, dann ergibt das eine Wandstärke von insgesamt 50 cm!

So ist es. Solche Wände hat man bis etwa 1920 allgemein gebaut, und wenn Sie hingehen, und fragen den Hausbesitzer, wieviel Öl pro Jahr er verbraucht, dann werden Sie nach Umrechnung auf 1 m^3 Raum einen Wert finden, der etwa bei 3 bis 4 l pro Jahr und m^3 Raum liegt. So etwas finden sie bei heutigen Mauerwerken nicht mehr.

Nach Ihren Darlegungen können leichte, wenn auch superwärmegedämmte Konstruktionen, also Konstruktionen mit einem niedrigen Wandgewicht pro m^2 niemals befriedigen?

Ganz richtig.

Wie ist es denn zu diesem Trend, ich meine dieser Substitution des althergebrachten Mauerwerks durch leichtere, dünnere Wandkonstruktionen gekommen?

Für diese Entwicklung ist die Tatsache verantwortlich, dass bei uns die Ausnützungsziffer anhand der Brutto- anstatt der Nettogeschossfläche ermittelt wird. Das führt zwangsläufig dazu, das man den Wandanteil möglichst klein halten möchte. Würde man morgen dazu übergehen, die Nettogeschossfläche zur Berechnung der Ausnützungsziffer heranzuziehen, dann wäre dieses leidige Problem auf einen Schlag gelöst.

Wie sehen Sie die Situation bei Altliegenschaften, die ja grösstenteils noch 50 cm dicke Mauern aufweisen, mit den k-Werten aber eher auf der schlechteren Seite liegen?

Solange diese Altbauten um die 5 l Heizöl pro m^3 und Jahr verbrauchen, ist das Anbringen einer zusätzlichen Wärmedämmung sinnlos. Es existiert ein Beispiel (sicher ist es nicht das einzige) wo «Fachleute» bei einer älteren Überbauung (Limmatstrasse, Zürich), bei der man einen Energieverbrauch von ca. 5 l Heizöl pro m^3 und Jahr fand, also einen ausserordentlich niedrigen Verbrauch, dass man da tatsächlich daranging, eine zusätzliche Wärmedämmung anzubringen, und erst noch innen, was völlig verkehrt ist, und nun stellt man fest, dass nach den Wärmedämmungsmassnahmen mehr Energie benötigt wird. Ein Unsinn, wenn man bedenkt, dass 3 bis 5 Jahre alte, superwärmegedämmte Häuser aufgrund ihrer leichten Bauweise einen Energieverbrauch von 10 bis 15 l Heizöl pro m^3 und Jahr aufweisen. Meiner Ansicht nach müsste zuallererst da einmal der Hebel angesetzt werden.

Herr Bossert, noch eine letzte Frage. Wie verhalten sich denn die zuständigen Behörden und Fachgremien zu Ihren Aussagen?

Herr Direktor Kiener vom Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft sowie die verantwortlichen Departementsvorsteher Herr

Schlumpf und Herr Ritschard spielen «toter Mann». Auf eine Stellungnahme hat man bis heute verzichtet. Es erfüllt mich dagegen mit Genugtuung, dass meine Ansichten von anerkannten Baufachleuten und Thermodynamikern voll geteilt werden.

Ich danke Ihnen für dies, ich hoffe auch für unsere Leser, aufklärende Gespräch und wünsche Ihnen für die Durchsetzung Ihrer Ansichten viel Erfolg.

Was Experten dazu meinen

Prof. Dr. Ing. Fr. Haferland stellt in einem Schreiben vom 15. 6. 1980 fest, «... dass die alleinige Verwendung des k-Wertes von Bauteilen oder Gebäude-Umhüllungskonstruktionen als einzelner oder gemittelter Wert der in diesem Zusammenhang beabsichtigten Energieeinsparung durch besseren Wärmeschutz von Gebäuden nicht voll gerecht wird. Die k-Wert-Berechnung geht der Einfachheit halber von stationären Wärmeleitvorgängen aus, während in Wirklichkeit fortlaufend instationäre Wärmeleitvorgänge stattfinden. Damit entfällt sowohl der *nur unter instationären Verhältnissen* wirksam werdende Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit von Baukonstruktionen als auch der Einfluss aus der tagszeitlich unterschiedlichen Nutzung von Gebäuden, was sicher zu verzerrten Ergebnissen zwischen dem auf stationärer Basis errechneten Wärmeverlust und dem wirklichen Energieverbrauch bei der Gebäudeheizung oder -klimatisierung führen muss.»

E. Rothenbach schreibt 1968 (!) im Schweizer Maschinenmarkt, Nr. 11 «... Bei neuerzeitlichen Baukonstruktionen sagt die Kenngrösse k nicht mehr genügend aus. Sie gewährleistet nicht mehr, wie bei alten Baukonstruktionen, ein behagliches Raumklima».