

Stellungnahme

von Paul Bossert

zum Schlussbericht

von Professor Jürgen Dreyer, TU-Wien

zur Literaturrecherche bezgl. Untersuchungen zum theoretisch
ermittelten und tatsächlich benötigten Heizwärmebedarf von
Gebäuden unterschiedlicher Bauweise

Wien, 19. Juni 2007

Allgemeines:

1.

Nachdem ich nach meinem Vortrag bei der Firma Wienerberger in Wien vom 13. 4. 2007, Herrn Professor Dreyer die von ihm verlangten und zur Diskussion erforderlichen Unterlagen zugestellt hatte, bin ich verärgert und erstaunt, dass ich seine Stellungnahme nicht direkt von ihm nach dem 19. Juni 2007, sondern erst am 4. 8. 2008 von der Fa. Wienerberger zur Stellungnahme erhalten habe. So etwas tut man nicht!

Besonders ärgerlich bin ich über die Tatsache, dass infolge der negativen Darstellung meiner Fakten durch Prof. Dreyer, die Firma Wienerberger angesichts dieses professoralen „Schmonzes“, über ein Jahr untätig war und erneut Kapital in den Sand setzte!

2.

Wenn es weiterhin die Absicht der deutschsprachigen Bauphysik an Hochschulen ist, das Bauen bzw. die Gebäudehülle alleine auf die Wärmedämmfähigkeit und damit auf die U-Wert-Theorie zu reduzieren und die Normen über: Brandschutz, Schallschutz, sommerlicher Wärmeschutz und das Feuchteverhalten zu negieren und die Haltbarkeit sowie die Gesundheit der Bewohner nicht mehr wichtig sind, so kann man das sehr wohl tun.

Wenn sich die Ziegelindustrie und insbesondere die Firma Wienerberger diese Haltung zur Eigenen macht, so ist das ihr gutes Recht. Da in den Schweizerischen Baugesetzen bereits ein U-Wert von 0,2 W/m²K vorgeschrieben ist und demnächst auf 0,1 W/m²K gesenkt werden soll, dürfte das dann das AUS für den ZIEGEL im Fassadenbereich bedeuten, wenn sich Österreich und die BRD der Schweiz anschliessen.

Dann genügen nach den irren Vorschlägen von Professor Wolfgang Feist, UNI-Insbruck, als Aussenwand 50 cm Polystyrol und die Innendecken aus baubiologischem Wohlfühl-Holz kann man ja auch auf 4 Zündhölzchen abstellen!

War's denn DAS Herr Dreyer, was Sie nach Ihrer Emeritierung sicherstellen wollten?
Mir scheint, dass Sie in Ihrem Leben nichts dazu gelernt haben.

3.

Zum X-ten mal stelle ich hier klar, dass eine Wärmedämmung in der Regel immer eine Verminderung des Energieverbrauchs bewirkt. (ausser s. bei Prof. Jens Fehrenberg)

Ich weiss das deshalb aus Erfahrung, weil ich ein paar 100 Häuser mit dem selbst entwickelten und in einer meiner Fabriken produzierten Hartschaum-Leichtbeton bei Neubauten und Sanierungen appliziert habe. Hartschaum-Leichtbeton ist immer noch die beste Perimeterdämmung auf dieser Welt, weil sie konventionell verputzbar und erst noch sorptionsfähig ist. Von allen Befürwortern der U-Wert-Theorie ist entsprechendes Wissen, verbunden mit Erfahrung und Können nicht bekannt, auch von Herrn Prof. Dreyer nicht.

Zum Bericht:

In aller Ruhe und Gelassenheit stelle ich fest, dass es sich bei diesem Bericht um eine pseudowissenschaftliche Lachnummer eines U-Wert-Sekten-Jüngers handelt, der von Bauen und echter Physik NULL Ahnung hat.

Es wird vorgegeben, dass es sich um eine Literatur-Recherche handelt, wobei man bereits im Titel nicht einmal zwischen Heizwärmebedarf und Heizenergieverbrauch unterscheiden kann. Der Fehler setzt sich über die Seiten 4 und 5 fort.

Seit Jahren werden von mir auf dem Internet 8 energierelevante Faktoren und nicht nur deren 7 erwähnt, man hat es übersehen. In der Folge werden diese Faktoren beschrieben.

Pikant ist die Erwähnung auf Seite 5, dass man auch in Wien unbestrittenermassen weiss, dass Gesimse der Fassadenentwässerung dienen. Ja warum macht man sie denn nicht mehr? Hat man denn den zusätzlichen energieschützenden Effekt dieser Gesimse in Wien noch nicht erkannt? Wurden denn an der TU-Wien noch keine Versuche gemacht, um den Auskühleffekt von abfliessendem Regenwasser auf Fassaden zu untersuchen? Ja wie wäre es denn, wenn man wüsste, dass ein Kalkverputz, welcher das gepufferte Regenwasser unterhalb der Kühlgrenze schnell verdunstet, mit seinem energetischen Verhalten weit besser da steht, als ein mit Dispersion gestrichener Kunststoffverputz, bei dem die Wärme-Energie in dritter Potenz aus der Wand abgezogen wird! Daraus wäre wohl der Schluss zu ziehen, dass kunstharzvernetzte Anstriche auf Fassaden aus energetischen Gründen zu verbieten wären!

Auch sollte doch in der Bibliothek der TU-Wien sicherlich das Buch von Professor Dr. Ernst Schmidt: „Einführung in die Technische Thermodynamik“ (Springer Verlag) zu finden sein, wo diese Grundlagen beschrieben sind und von der Bauphysik aufzunehmen wären. Empfehlenswert ist auch das Kapitel „Nicht stationäre Wärmeströmungen“.

Ach wie nett wäre es gewesen, wenn Herr Dreyer unter ad 6 angemerkt hätte, das letztendlich jede Diffusion zu 99% in einer Sorptions-Kette endet!

Wirklich nett ist jedoch, dass mich Herr Dreyer von jeder Kritik verschont. Hat er denn keine Vorstellung darüber, dass die herrschende Lehrmeinung: „Winterkondensat trocknet im Sommer aus“ total falsch ist. Immerhin wurden die Versuche von ETH-Professor Paul Haller und Chef der EMPA durchgeführt, den ich persönlich gut gekannt habe und auch die Versuchshäuser auf dem Schlieremer-Feld sind mir aus den 50-er Jahren noch in bester Erinnerung. Frage: Warum kommentiert denn Herr Dreyer die Messresultate von Herrn Haller nicht?

Herr Dreyer sieht auch grosszügig über den wissenschaftlichen Nachweis hinweg, dass das Glaser-Verfahren grundfalsch ist und fährt im diskriminierenden Wissenschafts-Jargon betr. Bossert fort: „Es wird versucht...“ und weitere Sprüche wie: „Neben ... der unzulänglichen Abbildbarkeit“ usw. etc.

Paul Bossert, dipl. Bauingenieur FH, Architekt, Bauphysiker, Energie- und Bauschadenexperte

Statt dass Herr Dreyer seine eigene Einschätzung zu meinen Fakten von sich gibt, versucht er im üblichen professoralen Schlechtmacher-Stil im Kapitel 2.2 unter dem Begriff: „Reaktionen auf die Behauptungen von P. Bossert“, meine Reputation zu untergraben.

Doch schon hier schneidet er sich ins eigene Fleisch, denn bei meinen Fakten handelt es sich nicht um Behauptungen sondern um Beobachtungen und Messungen. Offensichtlich ist diese Unterscheidung an der TU-Wien bei Prof. Dreyer noch nicht bekannt.

Dann wird als 1. Advokat Karl Gertis zitiert, welcher zusammen mit Gerd Hauser an der Anhörung vom 21. Oktober 1985 im Bundestag in Bonn (s. Anlage 1), die Regierungsvertreter und das ganze Auditorium brandschwarz angelogen und aktuelle Messwerte aus Holzkirchen unterschlagen hat. Selbst Ministerialdirektor Prof. Dr. Herbert Ehm, vom damaligen BmBau in Bonn, ist damals auf den Gertis-Schwindel hereingefallen.

Die BRD bezahlte bis heute den Gertis-Schwindel mit einem Verlust am Volksvermögen in der Grössenordnung von 1,5 Billionen Euro!

Hat denn bis heute niemand im professoralen Umfeld gemerkt, dass der Benediktiner-Schüler Gertis einem Gegner immer nichtgeäusserte Worte unterstellt und diese dann auf seine dialektisch gelernte Art widerlegt, obwohl sie die betreffende Person nie gesagt hat.

Darum verdient der vorliegende Bericht den Titel Recherche nicht. Er ist unbrauchbar, weil ich die beiden von Gertis erwähnten Behauptungen niemals geschrieben und gesagt habe.

Dann werden als „Gegenbeweis“ zu Bosserts Beobachtungen drei Messobjekte von Gertis und Konsorten erwähnt, deren Untersuchungsberichte mir seit Jahren vorliegen. Es würde zu weit führen die Wissenschafts-Klitterung von Gertis im Detail hier anzuführen. Die einzige brauchbare Aussage von diesen 3 Untersuchungen entstammt dem „Demonstrationsprojekt LANDSTUHL“. Sie befindet sich aber nicht im Bericht, sondern sie ist vermutlich aus Versehen im Prospekt zur Untersuchung gelandet und im Anhang dieses Berichtes vergrössert kopiert und dargestellt. Wer immer etwas von der Sache versteht sieht aus dem Ergebnis sofort: „Das ging in die Hosen!“ (s. Anlage 2)

In der auf Seite 11 erfolgten Zusammenfassung, der beispielhaft angeführten Projekte, wird wie immer hochgebetet, dass die übliche Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung bestehe, was niemand in Zweifel zieht, dass ein Zusammenhang zwischen Wärmedämmung und Heizenergieverbrauch besteht, was niemand bestritten hat und dass aus diesen Gründen – frei nach Gertis – eine Diskussion über die Sinnhaftigkeit von Wärmedämmungen obsolet sei. So cool ist er halt – der gute Karle!

In der Recherche der TU-Wien wird aber nicht erwähnt, dass in der Studie der UNI-Dortmund von Connemann, Steiff und Weinspach „Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf den Energieverbrauch ganzer Gebäude“ vom Oktober 1981, der von Gertis und Hauser in die Welt gesetzte „Schmonz“ wissenschaftlich eindeutig widerlegt wurde.

Nach Gertis folgt nun in 2.2.2. auf Seite 11 die Feststellung des 2. Advokaten Wolfgang Feist: „Wärmedämmung funktioniert.“ Allerdings sind die unter dem Link angegebenen „4 Belege“ auf dem Netz nicht mehr zu finden. Auch hier wird eine Tatsache in den Vordergrund gestellt, die von Bossert nie bestritten wurde.

Paul Bossert, dipl. Bauingenieur FH, Architekt, Bauphysiker, Energie- und Bauschadenexperte

Immerhin besetze ich seit 1964 den Platz im Baugeschehen als Pionier der modernen Wärmedämmtechnik in Europa und nicht der „Schwindler-Karle“ oder der „Irre Wolffi“, den ich ebenfalls an dieser Anhörung im Jahr 1985 erstmals getroffen habe. Wie bereits oben erwähnt, kann man mit 50 cm Polystyrol nach dem Vorbild von Feist Häuser mit geringstem Energieverbrauch herstellen. Man muss es aber dem Käufer überlassen, ob er in einem derartigen Schrott wohnen will und vor allem darf man das Volk mit falschen Energiegesetzen nicht zwingen darin zu krepieren.

Dann folgt unter 2.3 ein Beitrag von Prof. Dreyer, mit der Absicht Bauphysik zu versprühen. Leider gelingt ihm auch das nicht. Er bringt es tatsächlich fertig, noch immer am Begriff der Strahlungstemperatur festzuhalten, den der Wiener Mathematiker Walter Heindl vor über 40 Jahren erfunden und im Auftrag der Ziegelindustrie publiziert hat. Heindl glaubte, dass man die Strahlung (Globalstrahlung, sichtbares Licht, IR der Sonne???) durch die äussere Wärmeübergangszahl (α) dividieren kann, um mit diesem Beiwert die Aussentemperatur zu beaufschlagen, um dann mit der erhöhten Temperatur bessere Aussagen zum thermischen Verhalten von opaken Aussenwänden zu erhalten.

Heindl versuchte wenigsten die Instationären Berechnungsmethoden weiter zu entwickeln. Allerdings gelang ihm auch das nicht, denn als ich ihn am 21. Juli 1983 in Wien besuchte, um mit ihm die Ergebnisse der „Bruchsaler Messung“ wissenschaftlich zu diskutieren, stellten sich laut seinem Computerprogramm Fehler ein, welche zwischen 400 bis 600% von den an Ort gemessenen Werten abwichen. Ob Herr Prof. Dreyer heute weiter ist, kann ich nicht beurteilen.

In der Folge werden mit Bezug auf die EN 832 vier verschiedene Berechnungen nach dem von Thomas Bednar entwickelten Programm „buildopt“ verwendet. Ungeachtet der Tatsache, dass bis heute keine Grundlagenwerte vorhanden sind, um eine derartige Berechnung durchzuführen, rechnet das Programm genau nur das aus, was der Programmierer wollte.

Ohne die gerechneten Werte messtechnisch zu überprüfen wird in der Gegenüberstellung der Ergebnisse behauptet: Dass bei opaken Bauteilen auch infolge des Strahlungsaustausches keine Abweichung gegenüber der U-Wert-Theorie nach EN 832 feststellbar sei.

Hier mache ich darauf aufmerksam, dass dieser an der ETH-Lausanne von Prof. C.A. Roulet ausgearbeitete „Quatsch“ vor seiner Übersendung nach Brüssel aufgrund meiner Intervention beim Präsidenten der ETHZ Jakob Nüesch, mit den Professoren Spieker, Keller und Schmitt am 10. Februar 1997 an der ETHZ wissenschaftlich diskutiert wurde. Ziel der Diskussion war, dass die EN 832 die Schweiz nicht eher verlässt, bis sie wissenschaftlich und mit den erforderlichen Experimenten validiert ist. Leider ist es ETH-Prof. Bruno Keller, Abt. Bauphysik, gelungen die unwissenden Nüesch und Schmitt davon zu überzeugen, dass kein Handlungsbedarf vorliege. Nun hat eben Europa eine nichtvalidierte E-Norm 832 aus der Schweiz welche nichts wert ist. (s. Beil. 3)

Im Folgenden wird unter 2.3.2 die Messung aus Holzkirchen zur Kenntnis genommen und genau wie von den andern Herren der Fraunhofer Gesellschaft (FhG) mit dem Hinweis auf Wärmebrücken schlechtgerechnet. Da ich ja seinerzeit die Versuchsanlage in Holzkirchen besichtigte, und die Konstruktionen vor Ort beim heutigen DIN-Heiligen Prof. Hans Werner als „unter aller Sau“ bezeichnet hatte, gibt diese Messung trotz allem den quantitativen Hinweis, dass Wärmedämmungen im Strahlungsbereich vergleichsweise gegenüber Massivkonstruktionen nichts bringen.

Paul Bossert, dipl. Bauingenieur FH, Architekt, Bauphysiker, Energie- und Bauschadenexperte

Das nachherige Wegrechnen der positiven Aspekte mit der Wärmebrücken-Theorie ist selbstverständlich reine „Rosstäuschung!“ Bis heute existiert auf der ganzen Welt noch keine einzige instationäre Messung einer Wärmebrücke. Wie bei der U-Wert-Theorie bildet man den Wärmefluss von warm nach kalt ab, ohne daran zu denken, dass die Wärmebrücke auch von aussen eine Strahlenbelastung erhält. Also Herr Prof. Dreyer, wo sind Ihre Untersuchungen und Experimente.

Bleibt noch anzufügen, dass der eigentliche Verursacher der unbrauchbaren Versuchsanordnungen in Holzkirchen der „Alte“ H. Künzel, derjenige ist, der schon die Versuche von Prof. Reiher, UNI-Stuttgart, in Holzkirchen in den Jahren von 1952 bis 1959 als Versuchsleiter versaut hat. Er hat nichts dazu gelernt, was die Erkenntnis bestätigt, dass Physiker im Bauwesen nichts zu suchen haben. Spassig ist auch die Tatsache, dass Künzel die Messdaten aller Untersuchungen der 80-iger Jahre, welche im Auftrag des Bayerischen Ziegelverbandes durchgeführt wurden, allesamt vernichtet hat.

Ob nun die unter 2.4 genannten hocheffizienten Passivhäuser tatsächlich wenig Energie verbrauchen ist wohl anzunehmen, bis das Gegenteil bewiesen ist. Schweizerische Untersuchungen von MINERGIE-Bauten lassen allerdings erkennen, dass diesbezügliche Bauten nur selten den Energieverbrauch von gut erstellten Altbauten der Jahre von 1850 bis 1950 erreichen.

Ob die Passivhäuser in 30 Jahren noch in Betrieb sind kann heute niemand sagen. Die von mir von 1964 bis 1985 gedämmten Bauten sind jedoch bis heute schadenfrei und weisen eine Verbrauchs-Leistung zwischen 0,15 bis 0,25 W/m³K auf. Das liegt etwa im Bereich der Baujahrgänge 1880 bis 1930, welche heute eine „Kennziffer“ von 0,15 bis 0,20 W/m³K aufweisen, die 1925 wegen fehlender Dämmung des Dachbodens und der Kellerdecke und ohne Doppelverglasung europaweit bei 0,25 W/m³K lag.

Auf die weiteren Hochlobungen der nach der nicht validierten U-Wert-Theorie erstellten Gebäude möchte ich verzichten, was vor allem auf den Niedrig-Energie-Haus-Schrott von Heidenheim zutrifft. Irgendeinmal wird ja herauskommen, dass Polystyrol kein Baustoff sondern ein wertloses Verpackungsmaterial ist, welches aufgrund seiner schlechten Eigenschaften in Sachen Sorption an einem Haus nichts verloren hat. Möglicherweise wird dann festgestellt werden, dass mit wertlosem Verpackungsmaterial erstellte Gebäude generell keinen Wert haben, weil sie krank machen und oft saniert werden müssen. Bleibt abzuwarten, ob sich eine ähnliche Entwicklung wie in den USA ergeben wird, wo Pappendeckel-Häuser welche nichts wert sind, vor kurzem eine weltweite Bankenkrise ausgelöst haben. Wir werden sehen?

Seit Jahrzehnten weise ich darauf hin, dass Energie-Vergleichszahlen nur nach 10 Jahren und wenigstens als temperaturbezogene Leistung in W/m³K brauchbar sind. Mittlerweile ist es aber unter dem Diktat von Feist gelungen, den Temperaturverbrauch wieder auf die Wohnfläche zu beziehen, offensichtlich in der Annahme, dass Deutsche ohnehin zweidimensionale Wesen sind. Wolfgang Feist ist Physiker – das sagt alles!

Aus diesen Gründen ist auch aus 2.7 Althausanierung kein brauchbarer Wert und Nutzen zu erkennen. Wenn wie in Abb. 17 für Altbauten ein Energie-Verbrauch von über 150 kWh/m²a angegeben wird, obwohl es in der Realität 5 bis 8 mal weniger sind, ist eine Fach-Diskussion nicht mehr möglich. Hier handelt es sich lediglich um nachgeplapperte Behauptungen von U-Wert-Sektierern und so genannte Energieberater, welche sich mit Katastrophenmeldungen hervortun wollen um „Kohle“ zu machen.

Verbleibt noch der Hinweis zu 2.8. Als Harald Burmeister am 9. bauklimatischen Symposium vom 14. – 16. Sept. 1994 an der TU-Dresden seine „Allgemeingültige Methode für die Quantifizierung der Bedingungen klimagerechten Bauen“ vorstellte, hatte er und der bauphysikalische Oberguru der ETHZ, Prof. Bruno Keller keine Ahnung davon, dass die an der Einspruchsberatung vom 10. Mai 1994 in München beschlossene Definition des spezifischen Transmissionswärmeverlustkoeffizienten - sprich Zeitkonstante – wieder verändert wurde. (s. Anlage 4) Gertis ist es hinterher erneut gelungen die „Andern U-Wert-Sektierer davon zu überzeugen“ dass die massiven Teile der Gebäudehülle nur mit einer Dicke von 15 cm in der Zeitkonstante eines Gebäudes zu berücksichtigen sei (EN 33789). In der Folge fiel die Zeitkonstante bei Burmeister mager aus und weil die Aussenwände nicht mit dem Dicke-Quadrat ins Tau einfliessen konnten, stimmte selbstverständlich der ganze Ansatz nicht. Es war sinnlos Prof. Bruno Keller auf die Fehler hinzuweisen, denn Gertis hatte ihn bereits gekonnt manipuliert. Hätte Keller meine Infos an Burmeister weitergegeben, würde man möglicherweise heute über einen guten Ansatz verfügen.

Anschliessend sollte Keller seine Methode an 10 Bauten des Amtes für Bundesbauten (AfB) der Schweizerischen Eidgenossenschaft in Bern testen. Er erhielt vom AfB alle Bau-Pläne und vor allem die von der Abteilung Haustechnik homologierten Energieverbrauchsdaten, welche von Bossert für die Erstellung von klimabezogenen Energieverbrauchs-Analysen - für eben diese Bauten - zusammengetragen wurden. Keller hatte keine Lust die Arbeit korrekt durchzuführen und liess sich von Gertis überreden, dass Burmeister statt der Berner Untersuchung 2 Objekte aus der bereits erwähnten Heidenheimer-Schrott-Überbauung für den Nachweis in seiner Dissertation von 1996 verwenden soll. So geschah es und bis heute sind wir keinen Schritt weiter in der Bauphysik.

Der einzige Verdienst von Keller besteht lediglich darin, dass er während 15 Jahren die Studenten an der ETHZ mangelhaft ausgebildet hat. Ähnliches vermute ich nach dem Studium der vorliegenden Recherche auch von Prof. Dreyer.

Bei den Schlussfolgerungen und Empfehlungen in 3.1 wird es nun sehr makaber. Unter der Voraussetzung, dass die U-Wert-Theorie eine allgemein gültige Berechnungsweise für die Ermittlung des Energiebedarfs oder Verbrauchs beheizter Gebäude sein soll, für die angeblich keine Indizien einer grundsätzlichen Falsifikation vorliegen würden, grenzt seine Nachfrage, ob Studien bekannt sind die über den Energie-Verbrauch von Massivbauten Auskunft geben, an reine Schizophrenie.

Und mit der anschliessenden Feststellung, dass keine Studien von Massivbauten vorliegen, gibt Prof. Dreyer locker zu, dass man die vorhandene Bausubstanz bis heute nicht untersucht und sie aus energetischer Sicht auch nicht mit Bauten neuerer Bauart verglichen hat.

Damit stellt sich die Frage, haben denn die Bauphysiker seit Jahrzehnten geschlafen und ihre Eigentliche Aufgabe verschlampt? Gleichzeitig haben diese „Physiker“ mich während 35 Jahren, so wie im beiliegenden Bericht, als Trotteln aussehen lassen! Das unglaublich an dieser Situation ist jedoch, dass sie das Unglaubliche bis heute geschafft haben und niemand ihre Aussagen bezweifelte. Niemand ging hin und prüfte ihre Behauptungen. Dennoch behauptet Prof. Dreyer in 3.1 immer noch, dass in den bauphysikalischen Methoden keine Fehler festgestellt werden konnten. Das ist krank!

Im Weiteren weist Prof. Dreyer in 3.2 wie alle U-Wert-Sektierer noch auf das eminent wichtige Benutzerverhalten hin, dessen Begrifflichkeit vor 25 Jahren an der ETHZ im Zusammenhang mit einer Überbauung in Pappendeckel-Bauweise erfunden wurde, um die daselbst festgestellten und nicht berechenbaren Verluste zu erklären. Da wurden Menschen in unwürdige Bauhausungen „gesperrt“ in denen man im Winter in der Nacht fror und, wenn am Tage die Sonne schien, musste man trotz Kälte die Fenster aufreissen damit man nicht an Überhitze kreperte. Selbstverständlich wurden diese Schrottbauten bauphysikalisch weder erfasst noch untersucht, weshalb der Begriff des Benutzerverhaltens als aktive, berechenbare Energieverbrauchsgrösse in Fachkreisen bis heute munter weitergereicht wird. Tatsache ist, dass bei Altbauten aufgrund von langjährigen EMPA-Messungen der Lüftungswärmeverlust bei 5 bis 10% liegt was einer Verbrauchs-Leistung von 0,015 bis 0,02 W/m³K entspricht. Das Benutzerverhalten ist deshalb keine Energieverbrauchsgrösse sondern nur die Reaktion von Menschen auf schlechte Bausubstanz!

Die nachfolgenden Empfehlungen von Prof. Dreyer in 3.3 sind wirklich sensationell! Er empfiehlt, ohne dass ihm die Schamröte ins Gesicht steigt, dass man das endlich tun soll, was ich schon seit 35 Jahren mache. Dann schlägt er noch die Erstellung von Hilfswänden vor, um die Werte im Labor zu messen. Dabei wurde das bereits vor Jahren aufgrund meiner Initiative an der EMPA unter Aufsicht von Prof. Weinspach durchgeführt und weil die Laborwerte der U-Wert-Kammer der EMPA in genügender Genauigkeit mit den theoretischen Werten übereinstimmten, für weitere Fälle als sinnlos verworfen.

Die von Prof. Dreyer in 3.4 erwähnten Alternativen, mit der Klimaflächen-Theorie von Keller/Burmeister Licht in das aktuelle Bauphysik-Schlamassel bringen zu wollen erübrigt sich von selbst, weil bis heute kein einziger realer und vergleichender Versuch vorliegt, der diese Theorie auch nur Ansatzweise bestätigen würde.

Fazit:

Prof. Dreyer bestätigt de facto, dass die europäische Bauphysik es über 50 Jahre nicht fertig brachte, die Grundkenntnisse der vorhandenen Bausubstanz von 1850 bis 1950 hinsichtlich ihre Energieverbrauchs zu untersuchen und die erforderlichen Schlüsse daraus zu ziehen.

Man verwendet heute ein Berechnungsverfahren nach der U-Wert-Theorie, welches zwar zur Bestimmung der Heizleistung von beheizten Gebäuden ausreichend ist, sich aber niemals für die Berechnung des Heizenergiebedarfs oder Heizenergieverbrauchs dieser Gebäude eignet.

Anmerkung:

Man kann einige Menschen die ganze Zeit, alle Menschen eine Zeit lang, aber man kann nicht alle Menschen alle Zeit zum Narren halten.

Abraham Lincoln

CH- 8955 Oetwil, 5. August 2008, Paul Bossert



Peter Conradi

Mitglied des Deutschen Bundestages

Im Hauer 1
7302 Ostfildern 4 (Kernat)
Telefon (0711) 454102

Bundeshaus
5300 Bonn
Telefon (0228) 16-37 29/16-5021

Herrn
Paul Bossert
Ingenieurbüro
Oetwillerstraße 4

8953 Dietikon/Schweiz

02.04.1985-Co/Zi
Anhörung "Energiesparen im Bauwesen"

Sehr geehrter Herr Bossert,

die Arbeitsgruppe "Raumordnung, Bauwesen und Städtebau" und der Arbeitskreis "Wirtschaft" der SPD-Bundestagsfraktion planen für den Herbst 1985 eine öffentliche Anhörung zum Thema "Energiesparen im Bauwesen".

Der Bundestag hat 1976 mit dem Energieeinsparungsgesetz die gesetzliche Grundlage für die Verordnungen zum Energiesparen im Bauwesen (2. WärmeschutzVO) geschaffen. Wir wollen uns nun über die Erfahrungen in der Praxis mit dem Energieeinsparungsgesetz und der 2. Wärmeschutzverordnung informieren und gegebenenfalls daraus Konsequenzen ziehen. Unter anderem wollen wir uns über die Auseinandersetzungen zwischen den Fachleuten über Wert oder Unwert der 2. Wärmeschutzverordnung unterrichten. Die Fragen, ob der Bund für dieses Gesetz verfassungsrechtlich zuständig war und ob das Energieeinsparungsgesetz verfassungsgemäß ist, wollen wir bei der Anhörung nicht behandeln.

Im Namen der SPD-Bundestagsfraktion bitte ich Sie um Ihre Hilfe bei der Vorbereitung und Durchführung unserer Anhörung. Wären Sie bereit, sich bei der Anhörung zu äußern? Ich lege Ihnen einen ersten Entwurf für die Fragen bei, die der Anhörung zugrunde liegen sollen. Für kritische Prüfung und für Vorschläge zur Verbesserung und Ergänzung wären wir Ihnen dankbar. Außerdem bitte ich Sie um Vorschläge weiterer Fachleute, die wir zu der Anhörung einladen sollten.

Mit freundlichem Gruß

Anlage

Winter 1985/86

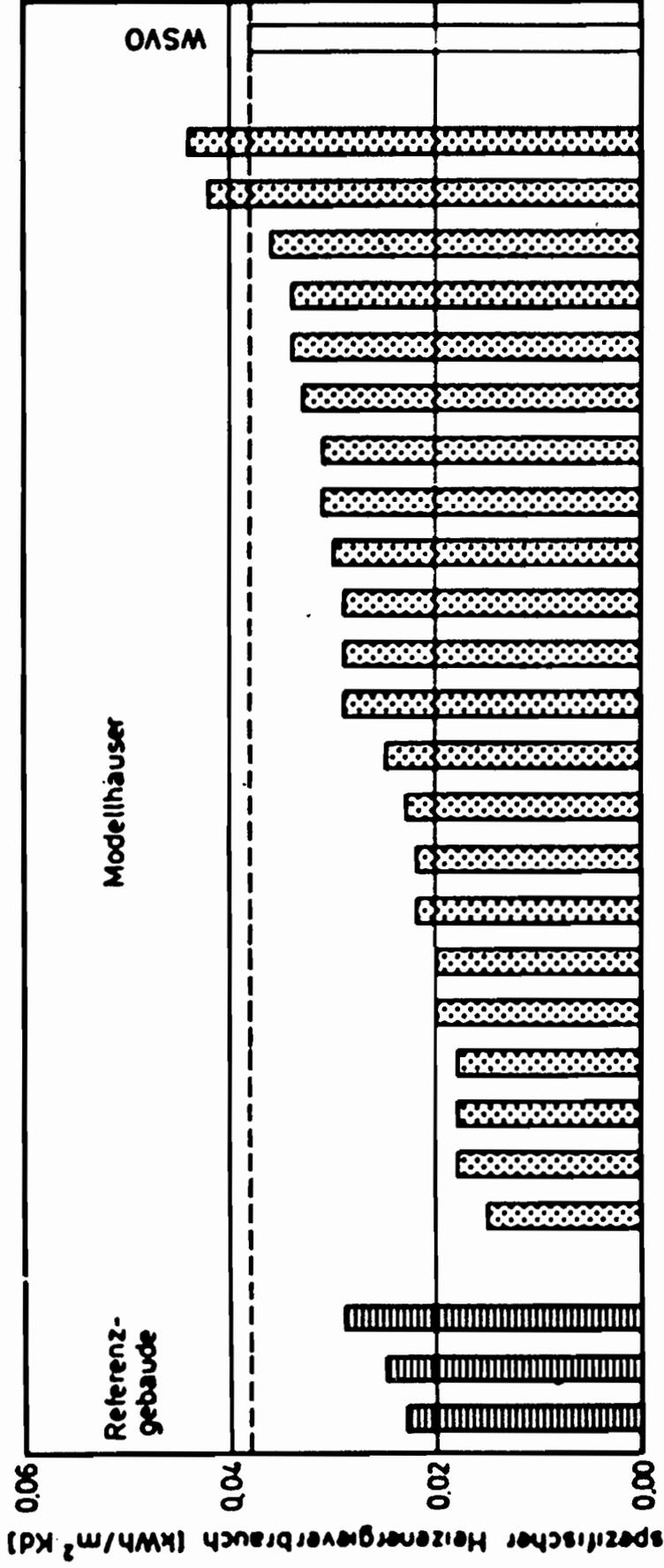
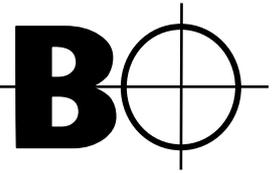


Bild 1: Darstellung des spezifischen Heizenergieverbrauchs der gemessenen Referenzgebäude und Modellhäuser des Demonstrationsvorhabens in der Heizperiode 1985/86. Zum Vergleich ist rechts der spezifische Heizenergieverbrauch für ein mittleres konventionelles Einfamilienhaus mit nach der gültigen Wärmeschutzverordnung ausgeführtem Wärmeschutz, nach [2], aufgetragen.



Rainstrasse 23
CH-8955 Oetwil a. d. L.
Fon: ++41 (0) 44 740 83 93
Fax: ++41 (0) 44 742 04 56
mail: paul.bossert@greenmail.ch

Herrn
Jakob Nüesch, Prof. ETH
Waldstrasse 14

4144 Arlesheim

Oetwil, 21. Mai 2007

Lieber Herr Nüesch

Danke für Ihr e-mail vom 19. 3. 2007, für dessen Beantwortung ich mir auch reichlich Zeit gelassen habe. Aus Ihrer Sicht kann es möglicherweise verständlich sein, dass Sie mir derart „lockere“ Zeilen zukommen lassen, obwohl ich mir Ihnen gegenüber noch nie eine Unanständigkeit erlaubte.

Es ging doch darum, dass die an der EPFL von Prof. C.A. Roulet für die EU ausgearbeitete Norm EN 832 die Schweiz nicht verlassen sollte, ehe sie wissenschaftlich verifiziert und durch Experimente abgesichert ist, was leider bis heute nicht der Fall ist.

Als Beweis wurde Ihnen mit Schreiben vom 27. 9. 1996 vom Amt für Bundesbauten mein Bericht: „Klimabezogene Energieverbrauchsanalysen von Bundesbauten“ (vom 24. Mai 1996) zugestellt, denn Sie offensichtlich nicht gelesen haben. (Auszug in der Beilage) Aus diesem Bericht geht doch eindeutig hervor, dass die EN 832 und die von Herrn Prof. Keller an der ETH gelehrt U-Wert-Theorie falsch ist!

Am 10. Februar 1997 fand die Sitzung bei Ihnen mit den Herren Prof. Spieker, Keller, Schmitt und mir statt. Keller desavouierte Spieker und mich aufs bösartigste und als ich Keller korrekt auf seinem Niveau in die Schranken wies, wurde der Mann sauer.

Hinterher erklärten Sie, weil Schmitt als CAD-Professor zu keiner Aussage fähig war, dass zwischen Spieker und Keller eine Pattsituation vorliege und deshalb kein Handlungsbedarf in Sachen EN 832 erforderlich sei. Dass meine Aussagen von Ihnen nicht gewichtet wurden hat mich damals sehr enttäuscht! Als Initiator des Anlasses war ich in Ihren Augen offenbar nichts Wert und als Nicht-Professor auch nicht stimmberechtigt.

Ihre guten Wünsche kann ich deshalb nicht nachvollziehen, weil ich Sie mitverantwortlich mache, dass die ETH die untaugliche Norm EN 832 an die EU nach Brüssel geschickt hat, die heute für ganz Europa verbindlich ist.

Warum Keller damals Spieker und mich attackierte ersehen Sie aus andern Beilagen. Ich wünsche Ihnen einen geruhsamen Lebensabend!

Mit herzlichen Grüssen

AKTENNOTIZ

Einspruchsberatung NABau betr. DIN EN 33 789 vom 10. Mai 1994 in München

Anwesend: Werner / Ackermann / Harrer / Boos / Achtziger / Klose / Kosler / Bossert

Nach der Einleitung durch Werner, erfolgte die Besprechung geringer Einwendungen diverser Einsprecher, dann erteilt Werner Bossert das Wort.

Bossert erläutert seine Einsprache, die er als Bevollmächtigter von Raimund Probst, Frankfurt, eingereicht hat und schlägt vor, die Norm zu verwerfen, weil die hintergründliche Absicht der Norm nicht erkennbar und sie deshalb für die Praxis unbrauchbar sei.

Werner war zuerst etwas ungehalten und erklärte dann sachlich, dass es bei dieser Besprechung nicht darum gehe, über die Tauglichkeit dieser Norm zu verhandeln, sondern nur, um tatsächliche Ungereimtheiten des Normenentwurfes aus der Welt zu schaffen. Werner erklärte auch, dass der "spezifische Transmissionswärmeverlust" (sTWV), mit der Bezeichnung W/K, nun eine international allgemein anerkannte Bezeichnung und Berechnungsgrösse sei.

Bossert widerspricht und erklärt, dass diese Bezeichnung an der EPFL in Lausanne (CH), vom Normenbearbeiter Roulet erst kürzlich erfunden worden sei. Bossert habe die Untauglichkeit dieser Bezeichnung und Berechnungsgrösse bereits in seiner Stellungnahme zur DIN EN 832 vom 20. Feb. 1993 nachgewiesen.

Werner entgegnet, dass es nun einmal Zweck und Absicht der Norm sei, einen spezifischen Grundwert für das wärmetechnische Verhalten eines Gebäudes zu fixieren, der dann in der Berechnungsnorm DIN EN 832 weiterverwendet werden kann. Es sei auch Absicht, so Werner, einen von Ort und Nutzung unabhängigen Wärmeverlustwert zu fixieren. Dieser material- und klimafreie - physikalisch/mathematisch - definierten Grundwert in Form des "spezifischen Transmissionswärmeverlustes" sei wichtig, um die korrekt vergleichbaren Grundwerte eines Gebäudes zu bestimmen. Werner bestätigte dann, dass der "spez. Transmissionwärmeverlust" aus der DIN EN 832 quasi extrahiert und nun als Separatdefinition in der vorliegenden Norm 33 789 fixiert werde.

Bossert erklärt, dass dieser abstrakte Wert ohne Klima-, Material- und Konstruktionsbezug, real nicht von Bedeutung sein kann, weil im gegenwärtigen Zeitpunkt die komplexen Randbedingungen noch nicht bzw. viel zu wenig erforscht seien. Er weist ergänzend darauf hin, dass die Favorisierung des k-Wertes (NEU des U-Wertes), ohne Berücksichtigung der 6 andern energierelevanten Parametern, z.B. bei Aussenwänden, zu energetischen Fehlbeurteilungen bei Gebäuden führen werden.

Darauf schlägt Bossert vor, wenn schon an der Bezeichnung eines "Transmissionswärmeverlustes" in W/K festgehalten werden solle, so müsse dieser Wert korrekt und eben richtig, als - pro Grad - bezeichnet werden, weil sich Baupraktiker unter der Bezeichnung "spezifisch" etwas anderes vorstellen, nämlich; volumenspezifische oder flächenspezifische Grundwerte.

Die Mehrheit der Anwesenden, vor allem Ackermann, Achtziger und Klose, stimmen Bossert zu und meinen, dass die Bezeichnung für den Begriff des "sTWV" für W/K anders zu wählen sei.

Darauf wird Werner's Kompromiss zum Begriff: "Temperaturspezifischer Transmissionswärmeverlust" allgemein begrüsst und als Änderung im Protokoll festgehalten.

Bossert hält fest, dass nun der eigentliche Begriff des "sTWV" wieder für Einheiten wie W/m³K, mit oder ohne Definitionen von Strahlungseinflüssen, Wind und Regen, zur Verfügung stünde.

Bossert arbeitet auch bei den weiteren Korrekturpunkten mit und trägt auch die Entscheidung mit, dass die Luftwechselbegriffe und Tabellen, als "Anhang" zum Normenende verschoben werden.



Anwesenheitsliste

Blatt _____

Zur Sitzung des NABau 00.89.00 "Wärmeschutz"

am 10. Mai 1994 in München

Lfd. Nr.	Name bitte in Blockschrift	Berufliche oder dienstl. Stellung (Titel)	Firma, Behörde usw.	Dienst-Anschrift Tel.-Nr
1	WERNER	Prof. Dr.-Ing.	IBP FH MÜN	08024/643-12
2	ACKERTMAN	Dipl.-Ing	Landesstelle für Bautechnik B-W	Gabelstr. 19, 72074 Pfullingen 07071/200-2634
3	HARRER	Dipl. Ing.	Bundesvereinigung der Prüfingenieur	Reinhold u. Franke 76133 Karlsruhe
4	Boos	BD	BMBau	bekannt 0228/7375150
5	ACHTZIGER	DR.-ING.	FIW	089/958000
6	KESSE	Dr. Ing	Deutsche Zechwerke	02043/482254
7	Höcker	Dr.	BN	
8	Bosser	Arch. Ing.	selbst.	0041 + 740 8393
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

Institut für Hochbau und Technologie
Institute for Building Construction & Technology

Zentrum für Bauphysik und Bauakustik
Center of Building Physics and Acoustics
O.Univ.Prof. DI DDr. Jürgen DREYER
Karlsplatz 13/206
A-1040 Wien
juergen.dreyer@tuwien.ac.at
Tel. 01 58801 206 02
Fax 01 58801 206 98

Schlussbericht

zur Literaturrecherche bzgl. Untersuchungen zum theoretisch
ermittelten und tatsächlich benötigten Heizwärmebedarf von
Gebäuden unterschiedlicher Bauweise

Wien, 19. Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
2	Literaturfundstellen	4
2.1	P. Bossert	4
2.2	Reaktionen auf die Behauptungen von P. Bossert.	7
2.2.1	k-Wert falsch oder richtig? Zur angeblichen Diskrepanz zwischen Berechnungen und Messungen des Heizenergieverbrauches [Ger88]	7
2.2.2	Wärmedämmung funktioniert [Fei06]	11
2.3	Untersuchungen zum Wärmedurchgang von Bauteilen	14
2.3.1	Beurteilung der thermischen Performance der Gebäudehülle unter Berücksichtigung des Strahlungsverhaltens bei der Ermittlung des Wärmeverlustes von Bauteilen bei verschiedenen Bebauungssituationen [Dre04]	14
2.3.2	Wärmedurchgang durch die Gebäudeumhüllung im Vergleich zum rechnerischen k-Wert in Abhängigkeit vom Wandaufbau [Kün84]	17
2.4	Energetisch hoch effiziente Neubauten – Passivhäuser	21
2.4.1	Utendorfasse [Zen07]	21
2.4.2	Zweifamilienhaus Dämon-List [Weh07], [Ene97]	22
2.4.3	Passivhaus- Bürogebäude Wagner [Spi00], [Sol07]	24
2.4.4	Passivhaus- Bürogebäude Lamparter [Sol07], [Bin01]	25
2.4.5	Zusammenfassung Passivhäuser	26
2.5	Niedrigenergiehäuser	26
2.5.1	Niedrigenergiehäuser Heidenheim [Rei94]	26
2.5.2	Zusammenfassung Niedrigenergiehäuser	28
2.6	Geförderte Wohnungsneubauten	28
2.6.1	Vergleich von rechnerischem Heizwärmebedarf (HWB) und tatsächlichem Heizwärmeverbrauch (HWV) in geförderten Wohnungsneubauten [Cer05]	28
2.6.2	Zusammenfassung geförderter Wohnungsneubau	30
2.7	Althausanierung	30
2.7.1	Kyoto- Ziel: Handlungsmöglichkeiten bei der Althausanierung – Endbericht [Glö04]	30
2.7.2	Zusammenfassung Althausanierung	34
2.8	Die quantitative gebäuderelevante Darstellung von Klimadaten: Die Klimaflächen [Bur96]	35
2.8.1	Die Heizklimaflächen:	35
2.8.2	Vergleiche und Überprüfungen:	36
2.8.3	Zusammenfassung Klimaflächen	40
3	Schlussfolgerungen und Empfehlung für das weitere Vorgehen	41
3.1	Schlussfolgerung hinsichtlich der Aussagekraft des prognostizierten Heizwärmebedarfs im Vergleich zum tatsächlichen Heizwärmeverbrauch	41
3.2	Einfluss des Nutzerverhaltens	41
3.3	Empfehlungen für das weitere Vorgehen	41
3.4	Alternativen	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gegenüberstellung der Heizenergieverbräuche des Süd- bzw. Nordraumes des Essener Versuchshauses [Ger88]	9
Abbildung 2: Gemessene Heizenergieverbräuche aller Solarhäuser in den Heizperioden 1985/86 und 1986/87. In der Säule 8 sind acht baugleiche Objekte zusammengefasst. Die Säulen 10, 11 und 15 stammen von konventionellen, gut gedämmten Referenzhäusern [Ger88]	10
Abbildung 3: Messwerte der Temperaturen einer sehr gut wärmegeämmten Wand [Fei06]	11
Abbildung 4: Messwerte des Heizenergieverbrauchs Passivhaus Darmstadt Kranichstein [Fei06]	13
Abbildung 5: Spezifischer Energiestrom nach EN 832 für das Passivhaus Darmstadt Kranichstein [Fei06]	13
Abbildung 6: Thermographie einer im Bau befindlichen, nachträglich gedämmten Fassade [Fei06]	14
Abbildung 7: links: Schema eines Testraumes; rechts: beispielhafter Vertikalschnitt durch einen Testraum [Kün84]	18
Abbildung 8: Aufbau und bauphysikalische Daten der in Raum 1 bis 6 eingesetzten Wandaufbauten [Kün84]	18
Abbildung 9: Mittlere Heizleistung, bezogen auf den Testraum mit größtem Heizenergieverbrauch, in Abhängigkeit vom rechnerischen k-Wert der Außenwandkonstruktionen im Winter 1981/82 [Kün84]	19
Abbildung 10: Abschätzung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes monolithischer und zusatzgedämmter Wandkonstruktionen [Kün84]	20
Abbildung 11: Gleitender Tagesmittelwert der Heizlast in W/m^2 EBF [Zen07]	22
Abbildung 12: Zweifamilienhaus Dämon-List (Foto: Architekt Wehinger) [Ene07]	23
Abbildung 13: Bürogebäude Wagner & Co Solartechnik [Sol07 von Projektteam Wagner]	24
Abbildung 14: Bürogebäude Lamparter [Sol07 von Projektteam Lamparter]	25
Abbildung 15: Übersicht der rechnerischen Heizwärmebedarfe im Vergleich [Rei94]	28
Abbildung 16: Vereinfachte Darstellung des Unterschieds zwischen Heizwärmebedarf (HWB) und Heizwärmeverbrauch (HWV) [Cer05 von: E.V.A.]	29
Abbildung 17: Energiekennzahl in Abhängigkeit von der Bauperiode [Glö04]	31
Abbildung 18: Durchschnittlicher U-Wert in Abhängigkeit von der Bauperiode [Glö04]	32
Abbildung 19: Verteilung des Faktors HWB:HWV [Glö04]	32
Abbildung 20: HWB:HWV in Abhängigkeit zur Energiekennzahl (HWB) [Glö04]	33
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen HWB und mittlerem U-Wert [Glö04]	34
Abbildung 22: Zusammenhang zwischen HWV und mittlerem U-Wert [Glö04]	34
Abbildung 23: Heizklimafläche Ω_{heiz} als Funktion von τ und γ , mit $\beta = 10$ [Bur96]	36
Abbildung 24: Innenmaße des Modulraumes [Bur96]	37
Abbildung 25: Energiekennzahlen der Modulräume (links: massiv; rechts: Holz) [Bur96]	38
Abbildung 26: Energiekennzahlen der reellen Bauten (Luftwechsel: Mittelwert über heizintensive Monate) [Bur96]	40
Abbildung 27: Heizklimafläche Ω_{heiz} als Funktion von τ und γ , mit $\beta = 10$ [Bur96]	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Gebäudetypen [Rei94]	27
Tabelle 2: Die charakteristischen Größen der Modulräume [Bur96]	37
Tabelle 3: Zusammenfassung der Raumparameter und des zugehörigen Heizbedarfs für das Referenzhaus [Bur96]	39
Tabelle 4: Zusammenfassung der Raumparameter und des zugehörigen Heizbedarfs für das Niedrigenergiehaus [Bur96]	39

1 Aufgabenstellung

Beauftragt wurde eine Literaturrecherche bzgl. Untersuchungen zum theoretisch ermittelten und tatsächlichen Heizwärmebedarf (HWB) von Gebäuden unterschiedlicher Bauweise. Der tatsächliche Heizwärmebedarf wird im Folgenden auch als Heizwärmeverbrauch (HWV) bezeichnet. Die Untersuchung beinhaltet insbesondere die Punkte: Messmethodik, vorgenommene Auswahl der Objekte, Art der Bauweise und bisherige Untersuchungsergebnisse.

Weiters wird im Rahmen der Recherche ebenfalls auf Bauobjekte eingegangen, an denen das Zentrum für Bauphysik und Bauakustik der TU Wien bereits Messungen vorgenommen hat. Beispielhaft sei hier des Passivhaus Utendorfstraße erwähnt.

2 Literaturfundstellen

2.1 P. Bossert

Der Schweizer Architekt und dipl. Bauingenieur FH Paul Bossert weist seit Jahren in diversen Veröffentlichungen auf, in seiner Sichtweise, Unzulänglichkeiten der „konventionellen Bauphysik“ hin. Hauptkritikpunkt seiner Arbeiten ist die oft genannte fehlende Übereinstimmung zwischen theoretischer, rechnerischer Bewertung des HWB und der tatsächlich benötigten Heizwärmeenergie.

Hierbei weist Bossert auf die oftmalige Unterschätzung älterer Gebäude hinsichtlich deren Dämmeigenschaft hin. Nach gängigen Methoden erhaltene Berechnungswerte für Heizenergieverbräuche massiver Gebäude aus Ziegelmauerwerk würde somit ein wesentlich höherer Energieverbrauch attestiert, als dies in der Realität der Fall sei. Dies trifft im Wesentlichen auf Gebäude zu, die in der Epoche zwischen Gründerzeit und dem zweiten Weltkrieg errichtet wurden. Im Gegenzug hierzu weisen neuere Häuser einen oft wesentlich höheren HWB auf, als dies die Berechnung vermuten lassen würde.

Bossert spricht hinsichtlich dieser Abweichungen zwischen Heizwärmeverbrauch und theoretischem Heizwärmebedarf von einer generellen Unzulänglichkeit der modernen Berechnungsverfahren und fordert ein Umdenken der Fachwelt. Im Kern steht die Forderung nach der Aufgabe der U-Wert- Bemessung und die erneute Zulässigkeit von massiven Wandaufbauten, die nach gängigen Gesichtspunkten aufgrund des hohen U-Wertes als energieineffizient angesehen werden.

Die wesentlichen Kritikpunkte an den heutigen Berechnungsverfahren und dem allgemeinen bauphysikalischen Verständnis sind:

- **Richtige Erfassung des Energieverbrauchs (7 energierelevante Parameter):**
Laut Bossert ist die Bauphysik im Bezug auf U-Wert-Theorie und Heizwärmebedarfsberechnung unvollständig und teilweise auch unrichtig. Er verweist hingegen stets auf die sieben energierelevanten Parameter vor allem bei Außenwänden. Diese sind:
 1. Wärmedämmfähigkeit (U-Wert)
 2. Wärmespeicherfähigkeit
 3. Wanddicke
 4. Wärmebrücken

5. Oberflächenstruktur/ Winddichtigkeit
6. Feuchtigkeit/ Entwässerung/ Sorptions- und Diffusionsfähigkeit
7. Strahlungsaufnahmefähigkeit/ Farbe

ad 1: Wärmedämmfähigkeit (U-Wert):

Bossert kritisiert die hohe Bedeutung des U-Wertes und sieht seine sinnvolle Verwendung eher als ein Maß zur Charakterisierung der Behaglichkeit im Raum, was durch den Zusammenhang zwischen U-Wert und Temperaturverteilung im Wandquerschnitt und somit auch der inneren Oberflächentemperatur begründbar ist. Bossert verlangt, dass auch Wandaufbauten mit höheren U-Werten zulässig sein sollten, da nach seiner Ansicht auch die sechs weiteren Kriterien massiven Einfluss auf das thermische Verhalten eines Gebäudes haben. Als Beispiel für einen solchen Aufbau wird ein 49cm starkes Ziegel- MWK aus Isoliersteinen mit 1400kg/m^3 Raumgewicht und einem U-Wert von $0,8\text{ W/m}^2\text{K}$ genannt. [Bos81], [Bos96]

ad 2: Wärmespeicherfähigkeit:

Oben genanntes Ziegel- MWK sorgt aufgrund seiner hohen Wärmespeicherfähigkeit während des ganzen Jahres für ein behagliches Innenklima und sei besonders geeignet um Sonnenenergie auf niedrigem Niveau aufzunehmen, was den HWB senke.

ad 3: Wanddicke:

Bossert beschreibt die Wanddicke als Wert, der die Weg-Zeit der Wärme in der Wand potentiell, im Quadrat verzögert und verweist hierbei auf einen Artikel im „Gesundheits-Ingenieur“, Heft 13 vom 29. März 1941.

ad 4: Wärmebrücken:

Hier wird darauf verwiesen, dass Wärmebrücken erst mit der zunehmenden Schlankheit der Aufbauten trotz Dämmschicht auftreten. Bossert fordert, dass angesichts der ebenfalls großen Wandstärken von 40 bis 50 cm bei Trennung der Funktionen in Trag-, Dämm-, Luft- und Wetterschicht eigentlich wieder zu einschaligen Bauweisen gleicher Wandstärke, ohne Funktionstrennung zurückgekehrt werden sollte. Diese Aufbauten seien außerdem hinsichtlich der Wärmebrücken unbedenklich.

ad 5: Oberflächenstruktur/ Winddichtigkeit:

Hier wird die Oberflächenstruktur hinsichtlich deren Auswirkung auf den HWB diskutiert. Bossert argumentiert, dass reich gegliederte Fassaden laminare Luftströmungen in turbulente umwandeln und somit deren Einfluss auf den Wärmeverlust und auch die Abkühlung der Fassade besser vermindern. Tiefe Fensternischen würden wie Luftpolster wirken, die den Wärmeverlust über die Fensterflächen verringern. Fassadenstrukturierende An- und Vorbauten würden als Windbrecher funktionieren und somit ebenfalls die Abkühlung vermindern. Außerdem wird auf die unbestrittene Tatsache hingewiesen, dass Gesimse als Entwässerungen wirken, da sie die Fassade unterhalb des Gesimses vor Feuchteintrag durch Regenbelastungen schützen.

ad 6: Feuchtigkeit/ Entwässerung/ Sorptions- und Diffusionsfähigkeit:

Hier wird das Sorptionsverhalten der Schichten als Hauptkriterium für die Funktionstüchtigkeit einer Außenwand angegeben. Hier sei beispielsweise ein Kalkputz an der Außenseite ein optimaler „Sorptionsmotor“ zur Entfeuchtung der Wohnräume. Bossert führt ein im Herbst und Frühjahr außen leicht feuchtes MWK als energetisch zielführend an, da durch die feuchten, äußeren Schichten Strahlungsenergie auf niederstem Niveau nutzbar gemacht werde und somit den HWB verringern würde. Bossert stützt sich bei dieser Aussage auf Untersuchungen der EMPA unter der Leitung von Prof. P. Haller aus den Jahren 1953 bis 1958.

ad 7: Strahlungsaufnahmefähigkeit/ Farbe:

Der Einfluss der Fassadenfarbe wird von Bossert als hoch angesehen. Je dunkler die Farbe, desto mehr solare Strahlung kann genutzt werden. Diese Wärme werde kurzfristig gespeichert und genutzt. Hier wird Bezug auf eine, bis heute unveröffentlichte, Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen genommen. Hierbei seien Energieeinsparungen von bis zu 30% bei Wandaufbauten mit 400kg/m² und Verwendung von mitteldunkler Fassadenfarbe erreichbar.

[Bos96]

Als weiteren Kritikpunkt an der Bauphysik nennt Bossert auch die vorherrschende Lehrmeinung zur Feuchtigkeitsverteilung im Wandquerschnitt während des Jahresverlaufs. Geht man gewöhnlich davon aus, dass sich im Winterhalbjahr Feuchtigkeit in Wandquerschnitten, beispielsweise durch Kondensation im Inneren, ansammelt und im Sommer austrocknet, so zitiert Bossert eine Untersuchung der eidgenössischen Materialprüfanstalt (EMPA) während der 1950er Jahre, die das genaue Gegenteil zeigte. Bei dieser Studie [EMP53] wurden neun Versuchshäuschen mit verschiedenen Wandkonstruktionen erstellt und deren hygrothermisches Verhalten fünf Jahre lang studiert.

Außerdem kommt diese Studie zum Ergebnis, dass die quasi instationär ermittelten U-Werte im Oktober am niedrigsten sind, was eigentlich durch die Verschlechterung der Wärmeleitfähigkeiten, durch Feuchtigkeit in der Konstruktion während dieser Jahreszeit, nicht zu erklären ist. Bossert erklärt sich diese Ergebnisse durch die Zunahme der Wärmekapazität, hervorgerufen durch die höhere Feuchtigkeit der Mauer im Außenbereich und die damit einhergehende bessere Nutzbarkeit von solarer Energie. Die absorbierte Wärmeenergie soll laut Bossert eine geringe Temperaturerhöhung bewirken, die die Verluste durch Abstrahlung und Konvektion minimieren. Gleichzeitig sei die Temperatur leicht angehoben, was wiederum raumseitig eine geringere Zuheizung erforderlich machen würde. [Bos82]

Es folgt nun eine Reihe von Arbeiten, die sich mit der Thematik der angeblichen Diskrepanz zwischen errechnetem Heizwärmebedarf und tatsächlichem Heizwärmeverbrauch beschäftigen. Besonderes Augenmerk soll bei der Recherche auf Untersuchungen gelegt werden, die im Hinblick auf den Heizwärmeverbrauch auf Vorteile zugunsten des massiven Ziegel-MWK-Baus hindeuten und somit als Entscheidungsgrundlage für die Sinnhaftigkeit des angedachten, weiterführenden Projektes dienen.

Es wird versucht, Fallbeispiele für verschiedene Arten von Gebäuden (Neubau, Sanierung; EFH, MFH, Büro,...) in unterschiedlichsten Energieeffizienzklassen (NEH, Passivhaus,...) und verschiedenen Errichtungsdaten anzuführen, um nach Möglichkeit allgemein gültige und breit gestreute Aussagen zu erhalten.

Neben der Beantwortung der Frage der unzulänglichen Abbildbarkeit der thermischen Eigenschaften von gedämmten Gebäuden im Allgemeinen und massiven Ziegel-Gebäuden im Speziellen, soll vor allem auch recherchiert werden, ob derartige Untersuchungen bereits durchgeführt wurden und wie diese zu bewerten sind.

2.2 Reaktionen auf die Behauptungen von P. Bossert.

2.2.1 k-Wert falsch oder richtig? Zur angeblichen Diskrepanz zwischen Berechnungen und Messungen des Heizenergieverbrauches [Ger88]

Professor Gertis verwehrt sich in diversen Veröffentlichungen gegen die Behauptungen von P. Bossert. Insbesondere greift Gertis folgende zwei Äußerungen Bosserts als besonders unzutreffend auf:

- Wärmedämmung und kleiner U-Wert schaden, weil der Wärmeschutz die Solarenergie vom Gebäude abschotte;
- Auf Wärmedämmung komme es im hiesigen Klima überhaupt nicht an; allein bedeutsam für den Heizenergieverbrauch sei vielmehr die Wärmespeicherung der Außenbauteile.

Gertis weist darauf hin, dass die Grundgesetze der Wärmeleitung und Wärmeübertragung durch Außenbauteile bereits seit der berühmten Veröffentlichung von J. Fourier aus dem Jahr 1822 bekannt und auch in der modernen Lehrmeinung als unumstrittener Bestandteil der Physik anzusehen sind.

Ebenso bestehe auch bzgl. instationärer Berechnungsverfahren in „wahren“ Fachkreisen Einigkeit über deren Funktionsweise und Aussagekraft. Es wird darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse von Berechnungen stets mit der Realität übereingestimmt haben, wenn die zugrunde gelegten Randbedingungen und Stoffwerte mit der Wirklichkeit übereinstimmten. Als Nachweis werden folgende messtechnisch untersuchte Projekte angeführt:

1. Versuchshaus Essen

2. Münchener Energiesparhaus

3. Projekt „Landstuhl“, das 25 über die BRD verteilte Gebäude einschließt.

ad 1.: Versuchshaus Essen:

Das Essener Versuchshaus befindet sich am bauphysikalischen Versuchsgelände der Universität Essen. Es weist vier gleich große Räume auf, wovon je zwei nach Süden und zwei nach Norden orientiert sind. Jedes Zimmer ist mit einem ca. 3m² großen Fenster ausgestattet. Alle inneren raumumschließenden Teile grenzen an Pufferräume mit analoger Temperatur wie im Prüfraum. Somit können die Prüfräume wie aus einem großen Bürogebäude herausgeschnittene „Scheiben“ betrachtet werden.

ad 2.: Münchener Energiesparhaus:

Dieses Gebäude ist ein typisches Altbau- Einfamilienhaus aus der Kriegszeit, das in den späten 1980er Jahren in mehreren Bauabschnitten saniert wurde. Die Messungen der Energieverbräuche wurden während verschiedener Sanierungsschritte durchgeführt.

Zunächst wurde der Zustand des bewohnten Gebäudes ohne Verbesserungsmaßnahmen in der Heizperiode 1986/87 gemessen. Im darauf folgenden Jahr wurden anlagentechnische Verbesserungen an Kessel und Heizungsregelung vorgenommen und die Veränderungen während der Heizperiode ermittelt. In einem dritten Schritt wurden nun bauliche Verbesserungen in Form einer thermischen Sanierung vorgenommen. Dabei wurde der mittlere U-Wert von 1,2 W/m²K auf 0,6 W/m²K gesenkt und die Auswirkungen im Verbrauch in der Heizperiode 1987/88 gemessen.

ad 3.: Projekt „Landstuhl“:

Hier wurden verschiedene, über das Gebiet der BRD verteilte, Gebäude untersucht. Das Programm umfasste die Errichtung von drei konventionellen Referenzgebäuden, 12 Bauten, die im Rahmen eines Architektenwettbewerbes auf eigens für dieses Forschungsvorhaben bereitgestellten Grundstücken der Stadt Landstuhl errichtet wurden und weitere zehn, mit den Konzepten des Wettbewerbes vergleichbare, Gebäude auf anderen Grundstücken in der BRD.

Hierbei wurden verschiedene Energiesparkonzepte verfolgt, jedoch besitzt der Großteil der Gebäude einen, aus damaliger Sicht, hervorragenden Wärmeschutz. Alle Gebäude waren während der Messungen bewohnt und mit einer umfangreichen Datenerfassungsanlage ausgestattet. Die folgenden Messgrößen wurden kontinuierlich erfasst:

- Alle notwendigen Wetterdaten;
- Alle zur Systembewertung erforderlichen Heizenergien;
- Alle Lufttemperaturen in den unterschiedlichen Gebäudezonen;
- Alle messbaren internen Gewinne;
- Alle Öffnungsstellungen von Fenstern, Türen und temporären Wärmeschutzvorrichtungen in repräsentativen Gebäudeteilen;
- Alle Systemkennwerte der aktiven Anlagen.

Außerdem wurden Tracergas- Messungen zur Ermittlung des Luftwechsels vorgenommen. Erste Messungen konnten bereits in der Heizperiode 1984/85 begonnen werden. In der Heizperiode 1986/87 wurden die Messungen abgeschlossen.

Ergebnisse:

ad 1.: Versuchshaus Essen:

Hier wurden drei Heizenergie- Werte separat für Süd- und Nordraum verglichen – Messung M, Rechnung R, Rechnung T.

- **Messung M:**

Dieser Wert stellt die Messung der Heizperiode 1985/86 dar. Auffällig ist hier der stark verminderte Energieverbrauch im Südraum, bedingt durch die solaren Gewinne über die Fenster des Versuchsraums (Südraum: ca. 34 kWh/m²Messperiode; Nordraum: 50 kWh/m²Messperiode).

- **Rechnung R:**

Die Daten R wurden aus einer instationären Berechnung erhalten, welche aber die tatsächlichen meteorologischen Daten des Messzeitraumes enthielt. Hier zeigt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung.

- **Rechnung T:**

Der Buchstabe T bedeutet „Test-Referenz-Jahr“ und stellt ebenfalls eine instationäre Simulationsrechnung dar, die aber im Vergleich zu Rechnung R nicht die tatsächlichen Wetterdaten, sondern jene eines, für den Standort Essen, repräsentativen Jahres enthält. Auch hier ist die Übereinstimmung mit den beiden letztgenannten Werten als gut zu beurteilen, woraus sich ableiten lässt, dass Energieverbrauchsrechnungen ohne weiteres auch mit repräsentativen, standardisierten meteorologischen Daten vorgenommen werden können.

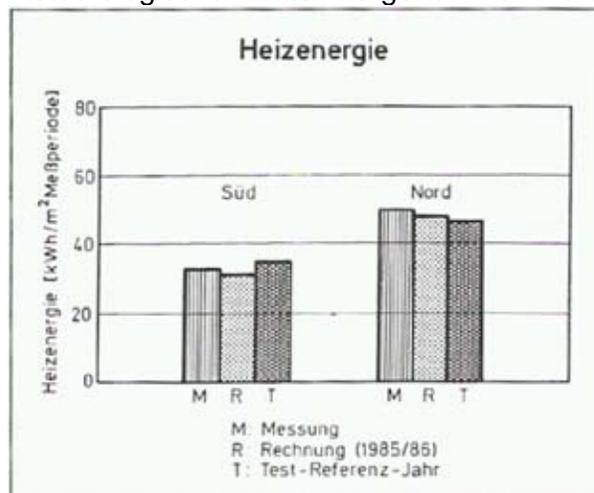


Abbildung 1: Gegenüberstellung der Heizenergieverbräuche des Süd- bzw. Nordraumes des Essener Versuchshauses [Ger88]

ad 2.: Münchener Energiesparhaus:

Obwohl im Sommer 1986 ein neuer, verbesserter Heizkessel eingebaut und auch die Heizungsregelung verfeinert wurde, waren keine nennenswerten Veränderungen in der Heizenergiemenge feststellbar. Erst als im darauf folgenden Jahr, neben geringfügigen anlagentechnischen Optimierungen, auch die Gebäudehülle maßgeblich verbessert wurde, waren massive Einsparungen bei den Energieverbräuchen messbar ($U_m = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$). Auch dieses

messtechnisch ermittelte Ergebnis belegt einen Zusammenhang zwischen Dämmniveau und Heizenergieverbrauch.

ad 3.: Projekt „Landstuhl“:

Da hier die Objekte über das Gebiet der BRD verteilt waren, musste zuerst eine detaillierte Klimaanalyse durchgeführt werden, um bei direktem Vergleich den Einfluss der Klimarandbedingungen bewerten zu können. Dabei wurden die Tagestemperaturen und die Globalstrahlung in den betrachteten Heizperioden aufgenommen. Bei dieser Ermittlung wurde Folgendes festgestellt:

- Die Temperaturen lagen im Mittel in beiden Heizperioden unter den langjährigen Mittelwerten der Außentemperatur, außerdem war die Streuung bei den einzelnen Standorten sehr hoch.
- Im Gegenteil dazu war die Streuung der Globalstrahlung sehr gering und weichte kaum vom langjährigen Wert der mittleren Globalstrahlung ab.

Durch die unterschiedliche Konzeption der Gebäude treten teilweise sehr verschiedene Verbrauchswerte auf. Im Mittel liegt der HWV jedoch bei ca. 95 kWh/m²a, was im Vergleich zur übrigen deutschen Bausubstanz (ca. 250 kWh/m²a) einen relativ geringen Wert darstellt. Wie auch die Klimastatistik erwarten ließ, waren bei fast allen Gebäuden die Verbrauchswerte in der zweiten Heizperiode geringer. Das ist auch auf die Beratung und Unterstützung der projektsbeteiligten Nutzer und damit auf deren energiebewussteres Handeln während der Messphase zurückzuführen.

Aus der Auswertung ließ sich ferner ableiten, dass mit Solarhäusern der damaligen Bauart kaum Heizenergieeinsparungen erreichbar waren, was sicherlich auch durch die damals noch sehr hohen Verluste über die Fensterflächen erklärbar ist. Jedoch wird den Solarhäusern eine höhere Wohnqualität zugeschrieben, was unter anderem auch durch die bessere Belichtung begründet werden kann.

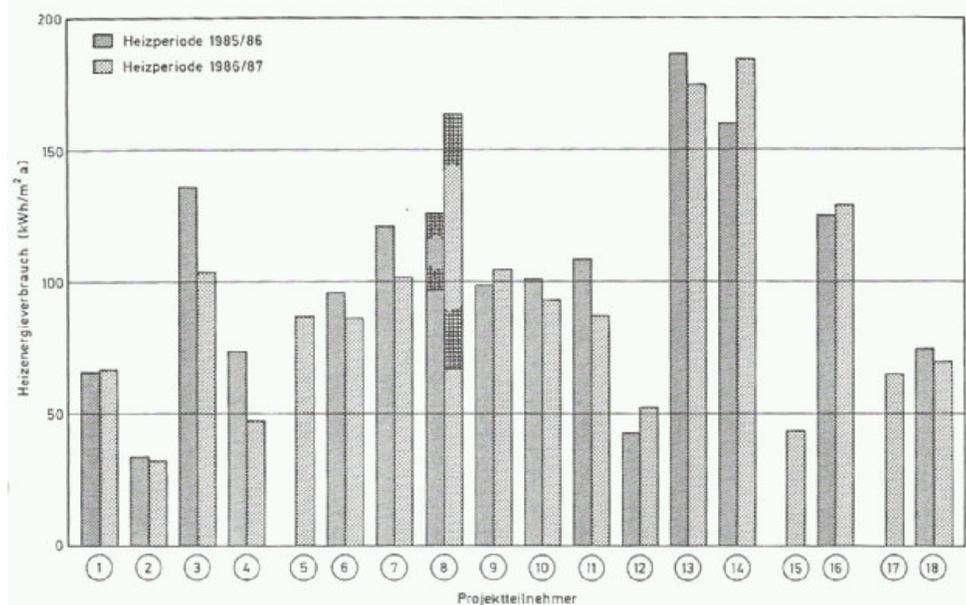


Abbildung 2: Gemessene Heizenergieverbräuche aller Solarhäuser in den Heizperioden 1985/86 und 1986/87. In der Säule 8 sind acht baugleiche Objekte zusammengefasst. Die Säulen 10, 11 und 15 stammen von konventionellen, gut gedämmten Referenzhäusern [Ger88]

Zusammenfassung und Beurteilung:

Die vorliegenden Ergebnisse dieser beispielhaft angeführten Projekte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei Übereinstimmung der Randbedingungen und Verwendung zutreffender Rechenmethoden, lassen sich sehr gute Übereinstimmungen zwischen experimentellen und rechnerischen Ergebnissen des Heizenergieverbrauchs feststellen.
- Der Zusammenhang zwischen gutem baulichen Wärmeschutz und Heizenergieeinsparungen lässt sich experimentell und rechnerisch bestätigen. Ein hervorragender Wärmeschutz ist in unserem Klima in traditioneller, wie auch Solarbauweise unerlässlich.
- Nach Professor Gertis erübrigt sich somit eine Diskussion über die Sinnhaftigkeit von Wärmedämmung und gegenteilige Behauptungen seien sachlich nicht haltbar.

[Ger88]

2.2.2 Wärmedämmung funktioniert [Fei06]

Auf der homepage www.passivhaustagung.de sind derzeit „4 Belege“ für die Funktionstüchtigkeit von Passivhäusern und wärmegeämmten Gebäuden im Allgemeinen vom Leiter des Passivhausinstitutes Darmstadt – Dr. Wolfgang Feist – nachzulesen.

Beleg 1: Langzeitmessungen in Außenwänden von sehr gut wärmegeämmten Neubauten

Abbildung 3 zeigt die Temperaturverteilung einer sehr gut wärmegeämmten Außenwand. Die Temperaturverteilung wurde mittels hochgenauer Temperatursensoren erhalten.

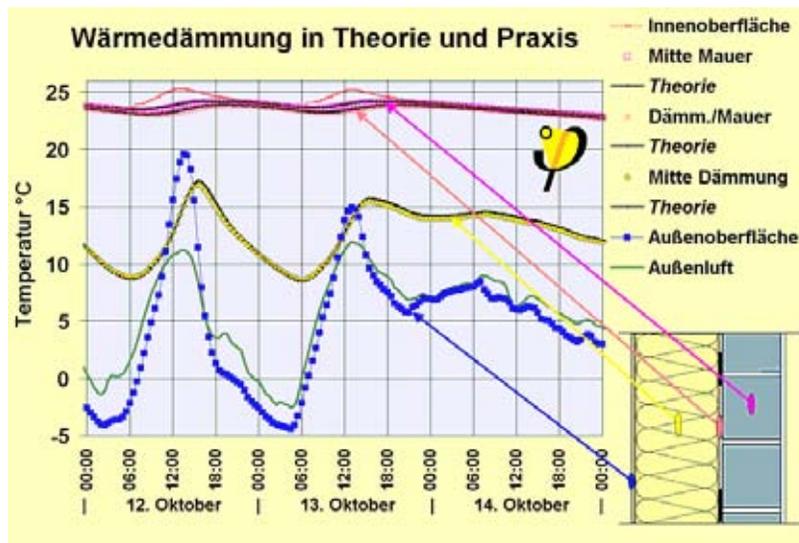


Abbildung 3: Messwerte der Temperaturen einer sehr gut wärmegeämmten Wand [Fei06]

Man erkennt eindeutig, dass die Wand durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung nur sehr geringen Temperaturschwankungen unterworfen ist. Die Messgenauigkeit der Sensoren liegt im Bereich von $\pm 0,15$ K. Die Messwerte wurden über viele Jahre in Zeitschritten von 30min von einem elektronischen Datenerfassungsgerät aufgezeichnet. In der obigen Abbildung wurden drei beliebige Tage abgebildet. Anhand dieser Ergebnisse können folgende Aussagen formuliert werden:

- Die Wärmedämmung funktioniert, weil:
 - Während der gesamten dargestellten Messdauer von drei Tagen war der Außenbereich deutlich kälter als der Raum.
 - Es wird eine Innenraumlufttemperatur von im Mittel 24°C erreicht, obwohl im betrachteten Raum nicht geheizt wurde. Die zugeführte Wärmeenergie stammt ausschließlich von den südorientierten Fensterflächen.
 - Die Wand kühlt nicht aus und behält nahezu immer die gleiche Temperatur wie die angrenzende Innenluft.

- Die Tatsache, dass alle Temperatursensoren innenseitig der Wärmedämmung sehr ähnliche Werte ausweisen zeigt, dass nicht viel Wärme von der Wand nach außen abfließt.
 - Der mittlere Temperaturabfall zwischen Innenputz und Außenseite der Wand beträgt im Mittel **$0,63^{\circ}\text{C}$** , jener zwischen WD und Außenputz **$19,4^{\circ}\text{C}$** . Die Wärmedämmwirkung der Dämmschicht ist also um den Faktor **$19,4/0,63 \approx 31$** höher als die der Mauersteinwand.

 - Die eben erwähnte Vereinfachung berücksichtigt instationäre Prozesse nicht. Das wäre jedoch eigentlich nur für länger andauernde Prozesse zulässig. Zur exakten Berechnung dieser Vorgänge wird in der Bauphysik die instationäre Wärmeleitungsgleichung (Fourier'sche Differentialgleichung) herangezogen.
 - Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in der Grafik als durchgehende schwarze Linien dargestellt.
 - Die **maximale Abweichung** zwischen Simulation und Messung beträgt **$0,25$ K**, was im Bereich der Messgenauigkeit liegt.

Feist führt in dieser Veröffentlichung an, dass ihm keine wissenschaftliche Publikation bekannt ist, in der von einer nicht erklärbaren Diskrepanz zwischen Messung und Theorie berichtet wurde. [Fei06]

Beleg 2: Heizenergieverbrauch in einem gut gedämmten Neubau

Abbildung 4 zeigt den Heizenergieverbrauch des Passivhauses Darmstadt Kranichstein. Während am linken Rand der Heizwärmeverbrauch des durchschnittlichen deutschen Bestandsgebäudes abgebildet ist, zeigen die Messwerte des Passivhauses durchschnittliche HWV von $9,2$ kWh/m²a, was einer Energieeinsparung von ca. 90% entspricht.

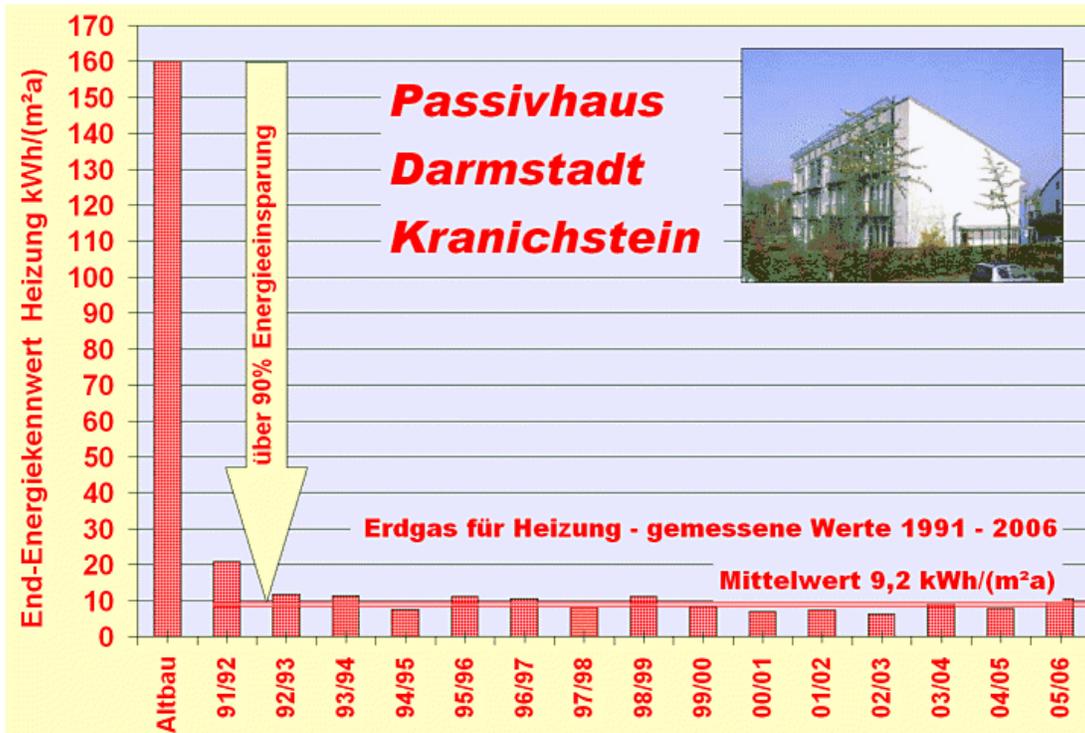


Abbildung 4: Messwerte des Heizenergieverbrauchs Passivhaus Darmstadt Kranichstein [Fei06]

Der Wert von 160 kWh/m²a für Bestandsobjekte wurde aus der Statistik der Heizkostenabrechnungsfirmen entnommen.

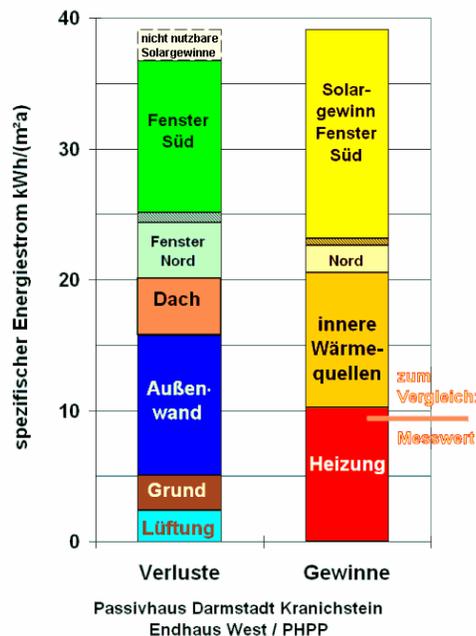


Abbildung 5: Spezifischer Energiestrom nach EN 832 für das Passivhaus Darmstadt Kranichstein [Fei06]

Man erkennt, dass der tatsächliche HWB von 9,2 kWh/m²a sogar etwas unter dem errechneten Wert von 10,5 kWh/m²a liegt. Diese geringe Abweichung bewegt sich aber im Rahmen der Mess- und Rechengenauigkeit. [Fei06]

Beleg 3: Vergleichende Infrarot-Thermographie-Aufnahmen gedämmt/ungedämmt

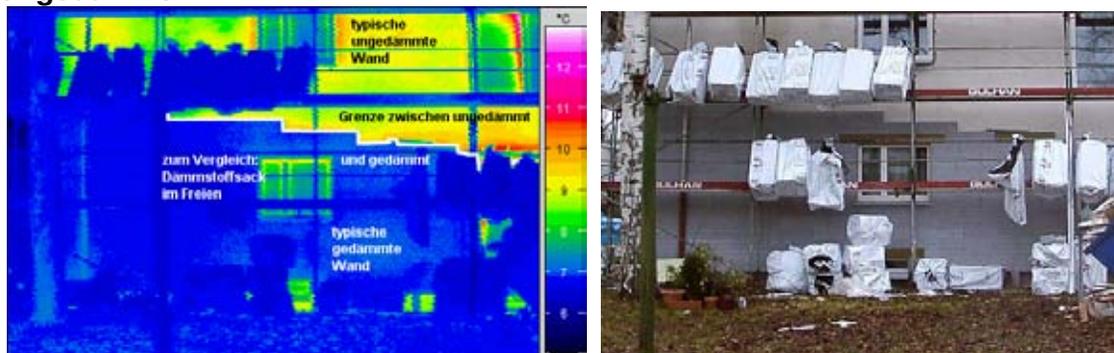


Abbildung 6: Thermographie einer im Bau befindlichen, nachträglich gedämmten Fassade [Fei06]

Die Darstellung zeigt ganz deutlich die Funktionstüchtigkeit der Dämmung. Die bereits gedämmten Oberflächen weisen wesentlich geringere Oberflächentemperaturen als die noch ungedämmten Flächen auf. [Fei06]

Beleg 4: Messungen in einem modernisierten Altbau

Als Demonstrationsobjekt nennt Feist hier eine Mustersanierung bei der der HWB auf unter $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ gesenkt wurde, was einer Verbesserung um den Faktor 8 entspricht. Die in [Akk04] dokumentierten Messergebnisse zeigen, dass der tatsächliche HWV sogar noch geringer als der errechnete HWB ist. [Fei06]

Im Folgenden wird detaillierter auf einzelne Beispiele eingegangen. Dabei wird versucht eine möglichst große Bandbreite von Gebäuden abzubilden. Die Ausführungen enthalten vor allem Projekte, die sich mit dem Vergleich von theoretisch errechnetem Heizwärmebedarf und tatsächlich gemessenem Heizwärmeverbrauch beschäftigen. Dies soll zur Klärung der Frage beitragen, ob der Heizenergieverbrauch unterschiedlicher Gebäudearten wahrheitsgetreu, rechnerisch abgebildet werden kann.

2.3 Untersuchungen zum Wärmedurchgang von Bauteilen

2.3.1 Beurteilung der thermischen Performance der Gebäudehülle unter Berücksichtigung des Strahlungsverhaltens bei der Ermittlung des Wärmeverlustes von Bauteilen bei verschiedenen Bebauungssituationen [Dre04]

Diese Studie des Instituts für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz TU Wien beschäftigte sich mit der Auswirkung solarer Strahlung auf die thermische Performance von Gebäuden.

Üblicherweise wird nur der Eintrag von Sonnenenergie über die Fenster und eventuell vorhandene transparente Wärmedämmungen berücksichtigt. Im Rahmen dieser Arbeit soll auf rechnerischem Wege geklärt werden, welchen Einfluss die

Berücksichtigung von Sonneneinstrahlung auf opake Bauteile mit unterschiedlichen Konstruktionsaufbauten hat. Dabei ist es wichtig zusätzlich zur Absorption der Sonnenstrahlung auch den Austausch an Infrarotstrahlung mit dem Himmel und der Umgebung des Bauteils mit einzubeziehen.

Es werden vier verschiedene Konstruktionen mit unterschiedlichen Speichereigenschaften betrachtet. Diese Grundlagen werden verwendet um den Einfluss auf den Heizwärmebedarf von drei unterschiedlichen Bebauungssituationen zu ermitteln. [Dre04]

Modell des thermischen Verhaltens von Konstruktionen:

Einfluss auf den Wärmeverlust eines Bauteils haben Außenklima, Bauteilaufbau und Innenklima. An den Oberflächen des Bauteils erfolgt der Wärmeaustausch mit der umgebenden Luft (**konvektiver Wärmeübergang**) und mit den umgebenden Oberflächen durch **langwelligem Strahlungsaustausch**. Zusätzlich kann auch einfallende Solarstrahlung in Form von **kurzwelliger Strahlung** absorbiert werden.

Dieser Wärmeaustausch kann bei bauphysikalischen Betrachtungen als effektive Temperatur und durch einen effektiven Wärmeübergangskoeffizienten beschrieben werden.

$$T_{eff} = T_a + \frac{1}{h_{eff}} \cdot (I \cdot \alpha + (T_r - T_a) \cdot h_r)$$

mit : $h_{eff} = h_c + h_r$

T_a	Lufttemperatur
h_c	konvektiver Wärmeübergangskoeffizient
T_r	Strahlungstemperatur der Umgebung
h_r	Strahlungswärmeübergangskoeffizient
I	solare Einstrahlung
α	Absorptionsgrad der Oberfläche

Dabei ergibt sich die Strahlungstemperatur einer Außenoberfläche aus der Himmelsrichtung, der Temperatur der umgebenden Bebauung und der Bodentemperatur. Die Gewichtung erfolgt über die Einstrahlzahlen, die ein Maß dafür sind, wie gut diese Oberflächen bestrahlt werden:

$$T_r = \sqrt[4]{F_{Himmel} \cdot T_{Himmel}^4 + F_{Umgebung} \cdot T_{Umgebung}^4 + F_{Boden} \cdot T_{Boden}^4}$$

mit : $F_{xxx} = \text{Anteil}$

$T_{xxx} = \text{Strahlungstemperatur}$

Die kurzwellige Sonneneinstrahlung setzt sich aus den folgenden drei Teilen zusammen:

- direkte Sonneneinstrahlung
- diffuse Himmelsstrahlung
- reflektierte Strahlung

Dabei muss berücksichtigt werden, dass diese Anteile unterschiedlich abgeschattet werden. [Dre04]

Berücksichtigung des Strahlungshaushaltes bei der Bestimmung des HWB nach EN832:

Nach EN832 wird der HWB auf Basis von Monatsmittelwerten der Lufttemperatur und der solaren Strahlung bestimmt. Im Anhang D.5 wird auf die Möglichkeit der Berücksichtigung solarer Wärmegevinne von opaken Flächen der Gebäudehülle eingegangen.

Dabei ist wesentlich, dass lt. Norm bei Berücksichtigung solarer Einstrahlung auf opake Flächen jedenfalls auch der langwellige Strahlungsaustausch mit erfasst werden muss. Außerdem müssen neben dem interessierenden Bauteil auch alle weiteren Hüllflächen berücksichtigt werden. [Dre04]

Berechnung des Wärmeverlustes von Bauteilen:

Für die weiteren Betrachtungen wurden vier Aufbauten festgelegt:

- **38S „monolithische Wand, schwer“:**
 - 38cm Ziegel-MWK verputzt
 - $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

- **38Si „monolithische Wand, leicht“:**
 - 38cm Ziegel-MWK verputzt
 - $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

- **WD25 „zusatzgedämmte Wand“:**
 - 25cm Ziegel-MWK
 - Vollwärmeschutz
 - $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

- **DS „Doppelschalige Wand“:**
 - 25cm Ziegel-MWK
 - Wärmedämmung
 - 10cm Vormauerziegel
 - $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Berechnung:

▪ **Programm:**

Zur Berechnung der verschiedenen Bebauungssituationen wurde das, von Dr. Thomas Bednar entwickelte Programm, buildopt, v.1.0 verwendet. Zur Kontrolle der Ergebnisse von buildopt wurde mit dem Programm BSIM2000 eine dynamische Überprüfung mit denselben Rand-, Nutzungs- und Klimabedingungen durchgeführt.

▪ **Variantenbildung:**

Es wurden folgende Varianten untersucht:

- hwb_bopt_01: Berechnung HWB nach EN832 mit buildopt
- hwb_bopt_02: Berechnung HWB unter Berücksichtigung der solaren Gewinne über opake Bauteile mit buildopt
- hwb_bopt_03: Berechnung HWB unter Berücksichtigung der solaren Gewinne über opake Bauteile sowie des langwelligen Strahlungsaustausches mit buildopt
- hwb_sim_01: Berechnung HWB dynamisch mit BSIM2000
- hwb_sim_02: Berechnung HWB unter Berücksichtigung der solaren Gewinne über opake Bauteile mit BSIM2000

- hwb_sim_03: Berechnung HWB unter Berücksichtigung der solaren Gewinne über opake Bauteile sowie des langwelligen Strahlungsaustausches mit BSIM2000

[Dre04]

Gegenüberstellung der Ergebnisse:

Die Auswertung zeigt, dass die Ergebnisse von buildopt und BSIM2000 vergleichbar sind. Das gilt sowohl für Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung der solaren Gewinne über opake Außenbauteile, als auch für die Ergebnisse bei Einbeziehung des langwelligen Strahlungsaustausches. Die Abweichungen bewegen sich im Bereich weniger Prozentpunkte. [Dre04]

Auswertung:

▪ **Freie Anordnung:**

Es zeigt sich, dass unabhängig von der Art der Außenwandkonstruktion bei Berücksichtigung der solaren Strahlung auf opake Hüllflächen und Berücksichtigung des langwelligen Strahlungsaustausches durchwegs ein **Mehrbedarf** an Heizwärme von ca. **1 -2%** zu verzeichnen ist.

▪ **Verdichteter Flachbau:**

Bei dieser Bebauungsart kommt es zu einem **Mehrbedarf** der Heizwärme von **0,60%** bzw. **0,27%** für die Standorte **Wien** und **Innsbruck**.

▪ **Geschlossene Bebauung - Stadt:**

Bei dieser Bebauungsart kommt es zu einem **Mehrbedarf** der Heizwärme von **1,08%**.

[Dre04]

Zusammenfassung:

Es kann zusammenfassend festgehalten werden, dass es unter Einbeziehung der solaren Gewinne über die opaken Bauteile und unter Berücksichtigung des langwelligen Strahlungsaustausches zu keiner wesentlichen Abweichung des jährlichen HWB im Vergleich zu Standardberechnungen nach EN 832 kommt. Die Abweichungen betragen jedenfalls weniger als 3%. [Dre04]

2.3.2 Wärmedurchgang durch die Gebäudeumhüllung im Vergleich zum rechnerischen k-Wert in Abhängigkeit vom Wandaufbau [Kün84]

Im Jahre 1984 erschien von der Zeitschrift „Ziegelindustrie International“ ein Sonderdruck zu dieser Thematik. Dieser Artikel basierte auf einer Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Außenstelle Holzkirchen [Wer83] aus dem Jahr 1983.

Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen:

Im Zuge dieses Versuchs wurden sechs aneinander gebaute Testräume errichtet. Die Geometrie dieser Testräume wurde eigens so gewählt, dass eine relativ große Außenwandfläche mit Außen- und Innenecken entstand. Weiters beinhaltete die Außenwand ein Fenster und eine Fenstertüre, die jeweils nach Süden orientiert waren. Fußboden und Decke waren hoch gedämmt. Es wurde ein angrenzender Gang vorgesehen, der auf die gleiche Temperatur beheizt wurde wie die Testräume

selbst. Somit war sichergestellt, dass der benötigte Heizwärmeverbrauch ausschließlich durch die verwendete Wandkonstruktion, Fußboden-, Wand- und Deckenanschlüsse, sowie die Wärmebrücken an den Fensterlaibungen beeinflusst war. Die Luftwechselraten waren für alle Testräume durch mechanische Lüftungen gesteuert.

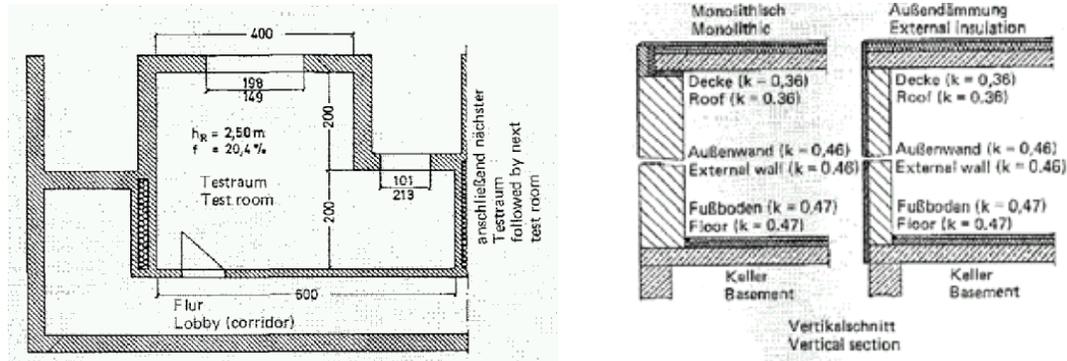


Abbildung 7: links: Schema eines Testraumes; rechts: beispielhafter Vertikalschnitt durch einen Testraum [Kün84]

Abbildung 8 zeigt die tatsächlich verwendeten Wandaufbauten in den verschiedenen Testräumen. Es wurden verschiedene Mauerwerke mit und ohne Wärmedämmung an Innen- und Außenseite angeordnet.

Raum Nr.	Kurz-bez	Aufbau	λ (W/mK)	g (kg/m³)	k (W/m²K)
① und ②	M 36 M 36oF	2 cm Außenputz 36,5 cm LZ-Mauermörtel (Baustellenmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,87 0,34	800	0,78
③	M 49	2 cm Außenputz 49 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,87 0,25	700	0,46
④	ID	2 cm Außenputz 36,5 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel) 6 cm Dämmschicht 1,25 cm Gipskartonplatte	0,87 0,28 0,04 0,18	800	0,33
④a	AD 23	23 cm Dämmschicht 24 cm HLZ-Mauerwerk (Normalmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,04 0,80	1400	0,16
⑤	AD 10	10 cm Dämmschicht 24 cm HLZ-Mauerwerk (Normalmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,04 0,80	1400	0,32
⑥	Z	11,5 cm Vermauerschale 6 cm Luftschicht 24 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,70 0,17 0,22	1600 700	0,62

Abbildung 8: Aufbau und bauphysikalische Daten der in Raum 1 bis 6 eingesetzten Wandaufbauten [Kün84]

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Heizenergieverbräuche. Es ist zu erkennen, dass die Heizleistung bei zusatzgedämmten Wandkonstruktionen relativ betrachtet größer ist als bei den monolithischen und zweischaligen Konstruktionen.

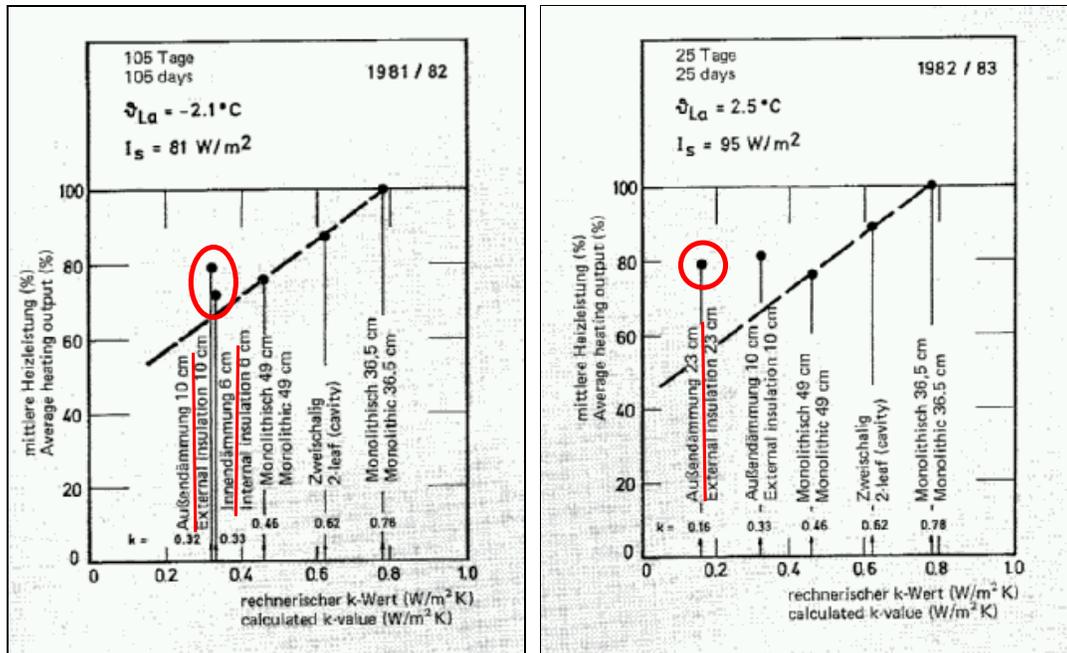


Abbildung 9: Mittlere Heizleistung, bezogen auf den Testraum mit größtem Heizenergieverbrauch, in Abhängigkeit vom rechnerischen k-Wert der Außenwandkonstruktionen im Winter 1981/82 [Kün84]

Interessant war hier die Tatsache, dass die Wandkonstruktion mit Innendämmung geringere Energieverbräuche aufwies als eine vergleichbare Konstruktion mit Außendämmung. Auch zeigte eine Verstärkung der Außendämmung von 10cm auf 23cm und damit einhergehender Halbierung des k-Wertes beinahe keine Verbesserung in der erforderlichen Heizenergiemenge. Diese Ergebnisse sind hauptsächlich auf die Wandanschlüsse und die Wärmebrücken im Allgemeinen zurückzuführen.

Es zeigte sich, dass monolithische Wandaufbauten bezüglich der Wärmebrücken als unkritischer zu bewerten sind, als jene mit Zusatzdämmung. [Kün84]

Verallgemeinerung der Ergebnisse:

Es muss erwähnt werden, dass die Ergebnisse aus Abbildung 9 nur für die gewählten Konstruktionen und Bedingungen gelten. Doch können folgende Tendenzen und Grundaussagen abgeleitet werden:

- Der Transmissionswärmeverlust nimmt nicht proportional zur Verringerung des k-Wertes ab. Dies ist auf den ansteigenden Einfluss der Störstellen mit steigendem Dämmniveau zurückzuführen.
- Bei zu dieser Zeit üblicher konstruktiver Ausbildung der Anschlüsse, wirken sich die Randstörungen bei zusatzgedämmten Konstruktionen stärker aus, als dies bei monolithischen Aufbauten der Fall ist. Ergänzende Berechnungen haben gezeigt, dass bei einem k-Wert von 0,8 W/m²K der Transmissionswärmeverlust um bis zu 12% schwanken kann. Bei einer Reduktion des k-Wertes auf die Hälfte (0,4 W/m²K) beträgt die Abweichung bis zu 40%. Siehe auch Abbildung 10. [Kün84]

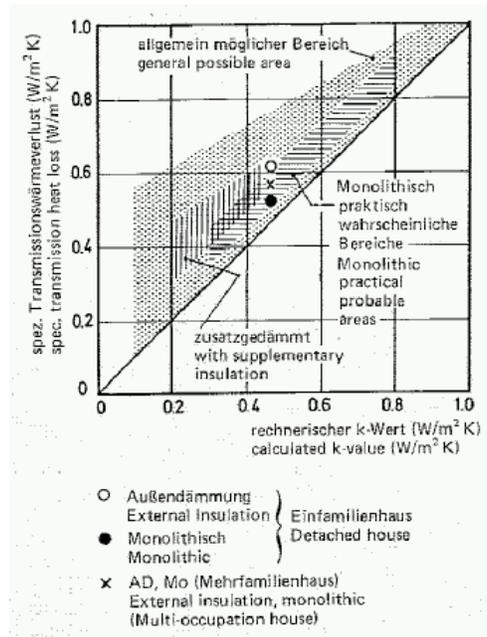


Abbildung 10: Abschätzung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes monolithischer und zusatzgedämmter Wandkonstruktionen [Kün84]

Zusammenfassung und Folgerungen:

Bei Bauelementen begrenzter Abmessungen und Störstellen liefert der k-Wert keine realistischen Aussagen über die Wärmeleiteigenschaften der gesamten Konstruktion. Die Diskrepanz zwischen tatsächlichem Wärmedurchgang und dem k-Wert ist abhängig von:

- den Raumgeometrien und der Gebäudegröße
- dem Wandaufbau (monolithisch, Außen- oder Innendämmung)
- der Ausbildung der Anschlüsse zu Fußboden, Decken und Zwischenwänden

Generell ist zu sagen, dass der Unterschied mit sinkendem k-Wert zunimmt. Aus diesem Grunde sollte der k-Wert nicht als alleiniges Auswahlkriterium herangezogen werden. [Kün84]

Diese Untersuchung aus den späten 1980er Jahren zeigt deutlich die Probleme der damaligen Bauweisen. Bei Gebäuden aus dieser Zeit haben Wärmebrücken in Form von Bauteilanschlüssen noch einen massiven Einfluss auf den Heizwärmeverbrauch von Gebäuden. Die durchaus sehr kritischen Äußerungen Künzels sollen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass Gebäude modernsten Standards nachweislich beinahe wärmebrückenfrei hergestellt werden können.

2.4 Energetisch hoch effiziente Neubauten – Passivhäuser

2.4.1 Utendorfsgasse [Zen07]

Das Projekt Utendorfsgasse 7 im 14. Wiener Gemeindebezirk ist ein mehrgeschossiger, geförderter Wohnbau mit 39 Wohneinheiten in Passivbauweise. Die Generalplanung wurde vom Ingenieurbüro Schöberl & Pöll unter wissenschaftlicher Unterstützung des Zentrums für Bauphysik und Bauakustik der TU Wien vorgenommen. Zur Verifizierung des errechneten Heizwärmebedarfs, wurde bereits während der Bauphase mit umfangreichen Kontrollmessungen begonnen. Die Fertigstellung erfolgte im Oktober 2006.

Das Gebäude wurde in Massivbauweise konzipiert und ist durch folgende bauphysikalische Kennwerte gekennzeichnet:

- Heizwärmebedarf (HWB) gemäß PHPP: 14,49 kWh/m²a
- HWB gemäß Energieausweis Wien: 7,50 kWh/m²a
- Heizlast HL gemäß PHPP: 9,13 W/m²

- U-Werte der Bauteile:
 - Außenwand: 0,13 W/m²K
 - Dach: 0,10 W/m²K
 - Kellerdecke/ Boden: 0,12 W/m²K
 - Gesamtfenster U_w: 0,80 W/m²K

- Aufbauten:
 - Außenwand 1:
 - 0,5 cm Innenputz
 - 20,0cm STB
 - 30,0cm EPS Wärmedämmung
 - 0,5cm Außenputz

 - Außenwand 2:
 - 2,0 cm Innenputz
 - 25,0cm Speicherziegel BSZ 25
 - 30,0cm EPS Wärmedämmung
 - 0,5cm Außenputz

 - Decke/ Dach:
 - Blecheindeckung
 - Unterspannbahn
 - 45,0cm 3-lagig kreuzweise Holzkonstruktion dazw. EPS
Wärmedämmung
 - Dampfbremse
 - 20,0cm STB
 - 0,5 cm Innenputz

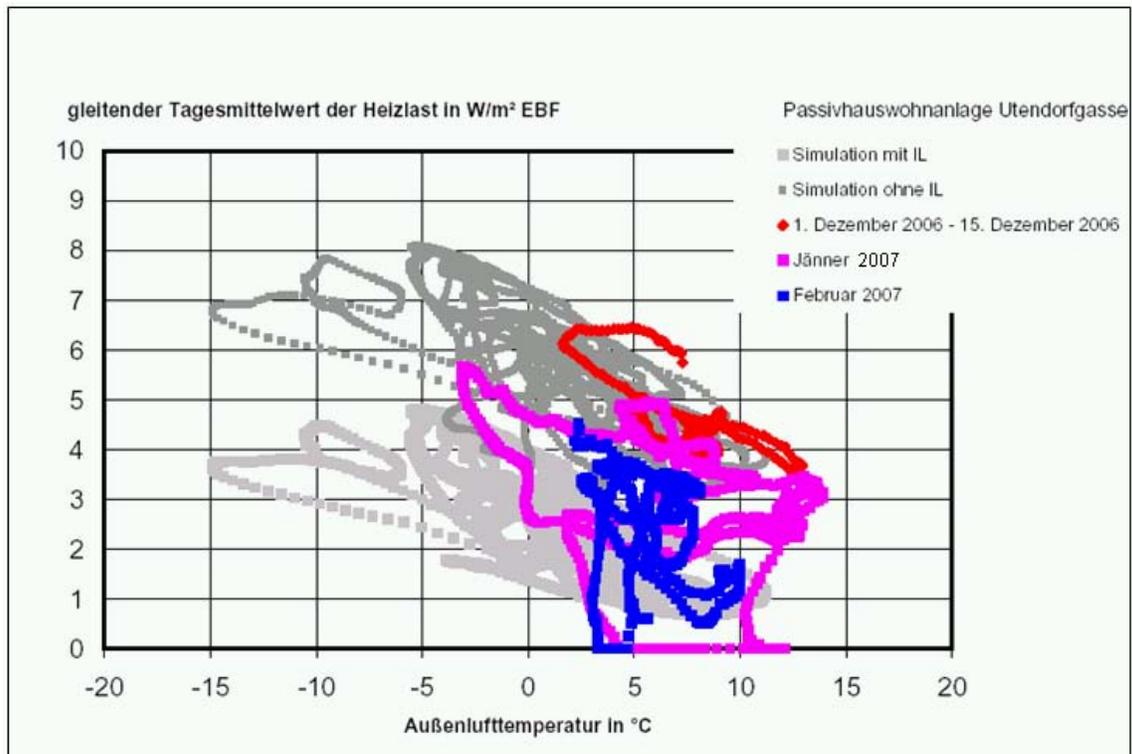


Abbildung 11: Gleitender Tagesmittelwert der Heizlast in W/m² EBF [Zen07]

Abbildung 11 zeigt die durch Simulation errechnete, wie auch die tatsächlich gemessene Heizlast des Gebäudes bei verschiedenen zugehörigen Außentemperaturen. Man erkennt eine kontinuierliche Abnahme und schrittweise Annäherung an die errechneten Werte. Grundsätzlich ist die Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität sehr positiv zu bewerten. [Zen07]

2.4.2 Zweifamilienhaus Dämon-List [Weh07], [Ene97]

Das Gebäude befindet sich im Tiroler Inntal, ist südorientiert und kommt, trotz Passivhausstandard, ohne mechanische Wohnraumlüftung aus. Die sehr niedrigen, gemessenen Heizenergieverbräuche lassen sich auf die großen Solarflächen, die konsequente Vermeidung von Wärmebrücken, die kompakte Bauweise und die Hanglage, mit dadurch möglicher Erdberührung der beiden Wohngeschoße, zurückführen.

Es folgt eine Zusammenstellung der wesentlichsten Gebäudedaten:

- **Konstruktion:**
 Zweischalen-Massivmauer (Gesamtstärke 60cm) mit 17cm (unterirdisch) bzw. 25cm (oberirdisch) Kerndämmung, Dach 40cm Heralan unter extensiv begrüntem Stahlbetondach, Kastenfenster mit 2 x 1,1 Wärmeschutzglas, 48% Fensterflächenanteil an der Südfassade + 12,3m² integrierte Fassadenkollektoren.

- **Fenster:**
Kastenfenster mit 2 x Wärmeschutzverglasung. Als Begründung für die Wahl von Kastenfenstern wurde der damalige Mangel an Passivhausstandard- Fenstern in der Region um Jenbach und die erhöhte Lärmimmission im Inntal durch Autobahn, Bahn und Betriebe genannt. Die Kastenfenster wurden eigens aus gewöhnlichen Wärmeschutzfenstern gefertigt. [Zie07]
- **U-Werte:**
Fenster (Mittelwert): 0,60 W/m²K
Außenwand (Außenluft): 0,128 W/m²K
Außenwand (erdberührt): 0,155 W/m²K
Fußboden zur Erde: 0,23 W/m²K
Flachdach begrünt: 0,105 W/m²K
- **Haustechnik:**
Heizung: Je Wohnung ein kleinster zentraler hocheffizienter Holzofen mit automatischer Verbrennungsregelung - typengenehmigt (Wirkungsgrad 80%).



Abbildung 12: Zweifamilienhaus Dämon-List (Foto: Architekt Wehinger) [Ene07]

Zur Kontrolle des energetischen Verhaltens dieses Passivhauses wurde ein Forschungsprojekt zur Überwachung der thermisch-energetischen Parameter an 22 Messstellen mit dem Institut für Bauphysik der Universität Innsbruck durchgeführt. [Ene07]

Zur Datenerfassung wurde ein Messcomputer installiert, der im Minutentakt die Daten der 22 Messstellen über den Zeitraum von zwei Jahren (Sommer 1998 bis Sommer 2000) abspeicherte. Auffallend sind die hohen solaren Gewinne über die großen südseitigen Verglasungen. Somit wurde sogar im Winter an Tagen mit Sonneneinstrahlung nicht geheizt. Allein an bewölkten Wintertagen und einer mittleren Außentemperatur unter 5°C wurde der Betrieb der kleinen zentralen hocheffizienten Holzöfen mit automatischer Verbrennungsregelung erforderlich. [Weh07]

Während der Messdauer in den Heizperioden 1998/1999 und 1999/2000 wurde ein Heizwärmebedarf von nur ca. **9kWh/(m² WNF a)** gemessen. [Ene07]

Auf der homepage von eeb-research lassen sich inzwischen auch weitere Messdaten bis einschließlich der Saison 2006/2007 ablesen. Mit Ausnahme des milden Winters in diesem Jahr, liegen die Werte zwischen **6 – 7,9kWh/(m² WNF a)**, was bedeutet, dass die ausgezeichneten Ergebnisse der ersten beiden Jahre noch übertroffen werden konnten. [Weh07]

2.4.3 Passivhaus- Bürogebäude Wagner [Spi00], [Sol07]

1998 errichtete die Fa. Wagner & Co Solartechnik in Cölbe bei Marburg ein mehrgeschossiges Bürogebäude in Passivbau- Bauweise. [Spi00]



Abbildung 13: Bürogebäude Wagner & Co Solartechnik [Sol07 von Projektteam Wagner]

Das 3-geschossige Verwaltungsgebäude mit ca. 1800m² Nettogeschossfläche wurde als Stahlbetonskelett mit vorgehängten Holzleichtbaufassaden ausgeführt. Das Gebäude verfügt außerdem über eine Lüftungswärmerückgewinnungsanlage. [Sol07]

Im Rahmen des Förderprogramms „Solar optimiertes Bauen“ - Teilkonzept 3 "Solar optimierte Gebäude mit minimalem Energiebedarf" des BMWi wurde das Gebäude seit 1998 mess- und systemtechnisch überwacht. Hierbei sind die Universität Marburg, das Passivhaus-Institut Darmstadt und das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg involviert. [Spi00]

- **Konstruktion:**

Das Verwaltungsgebäude ist als STB- Skelettbau mit Fundamentplatte konzipiert. Um dieses tragende Gerüst ist die wärmebrückenfreie Außenhülle angeordnet. Sowohl Außenhülle, wie auch Dach bestehen aus leichten Elementen in Tafelbauweise und Dämmstärken von bis zu 40cm mit Mineralwolle. Unter der Fundamentplatte befindet sich eine 24cm starke Schaumglasdämmschicht.

- **Fenster:**

Die Fenster bestehen aus einer Dreifach- Wärmeschutzverglasung mit Edelgasfüllung.

- **U-Werte:**

Fenster: 0,80 W/m²K

Hüllflächen: 0,10 – 0,12 W/m²K

Nach der ersten einjährigen Messperiode konnte festgestellt werden, dass der Passivhausstandard erreicht wurde und die prognostizierten Heizenergieverbräuche beinahe mit der Realität übereinstimmten.

Heizwärmebedarf:

- HWB (berechnet): 10 kWh/m²a (< 15 kWh/m²a)
- HWB (gemessen): 12 kWh/m²a (< 15 kWh/m²a)

Heizlast:

- HL (berechnet): 10 W/m² (≤ 10 W/m²)
- HL (gemessen): 10 W/m² (≤ 10 W/m²)

[Spi00]

2.4.4 Passivhaus- Bürogebäude Lamparter [Sol07], [Bin01]

Das 2-geschossige Passivhaus dient dem Ingenieur- und Vermessungsbüro Lamparter als Verwaltungsgebäude und liegt in zentraler Lage der Stadt Weilheim. [Sol07]



Abbildung 14: Bürogebäude Lamparter [Sol07 von Projektteam Lamparter]

Aufgrund des hohen Wärmedämmstandards, der kompakten Form des Baukörpers, der passiven Solarenergienutzung und der Lüftungsanlage mit effizienter Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmennutzung, weist das Gebäude nur einen Heizwärmebedarf von **12 kWh/m²NGFa** auf. Somit sind keine Heizkörper erforderlich und die geringe Heizenergie wird über die Lüftungsanlage (Zuluft- Nacherwärmung) in das Bürogebäude zugeführt. [Sol07]

Fertigstellung des Gebäudes war Anfang 2000 und ab September des gleichen Jahres wurden umfangreiche Messungen zur Überprüfung der Regelstrategien, Komponenten der Haustechnik und natürlich auch der theoretischen und realen Heizenergieverbräuche vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen

zeigten, dass der tatsächliche Heizwärmebedarf mit **10,6 kWh/m²NGFa** sogar unter dem rechnerischen von **12 kWh/m²NGFa** liegt. [Bin01]

2.4.5 Zusammenfassung Passivhäuser

In diesem Teil des Berichtes wurde der Vergleich von rechnerischem und tatsächlichem Heizwärmebedarf anhand von hoch energieeffizienten Neubauten gezeigt. Wie zu erkennen ist, stimmen die Ergebnisse sehr wohl mit teilweise sehr hoher Genauigkeit überein, was den Schluss zulässt, dass in diesem sehr modernen Gebäudesektor generell zutreffende Prognosen über den HWB abgegeben werden können. Dies gilt natürlich nur, wenn die Nutzer sich, wie in den obigen Beispielen, an die Rahmenbedingungen einer energieeffizienten Bauweise halten – Stichwort Stoßlüftung, etc.

2.5 Niedrigenergiehäuser

Nun folgt eine Studie die sich mit der Thematik im Bereich des geförderten Wohnbaus der späten 1990er Jahre befasst.

2.5.1 Niedrigenergiehäuser Heidenheim [Rei94]

In den Jahren 1990 bis 1991 sind in Heidenheim auf der Schwäbischen Alb sechs gleichartige Doppelhäuser in verschiedensten Bauweisen entstanden. Ziel des Projektes war der Nachweis, dass mit marktgängigen Materialien und Techniken niedrige Heizwärmeverbräuche erzielbar sind.

Eines der sechs Gebäude – das so genannte Referenzgebäude – wurde entsprechend der WSchV 1984 projektiert und weist aus diesem Grund den höchsten HWV auf. Die fünf weiteren Gebäude sind als Niedrigenergiehäuser mit einem Heizwärmebedarf von unter 50 kWh/m²a geplant worden.

Alle Häuser weisen in etwa die gleiche Grundfläche und Größe auf und sind an einem Südhang gelegen. Südseitig sind UG, EG und DG als Wohnflächen gewidmet. [Rei94]

Die Gebäude wurden folgendermaßen konzipiert:

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Gebäudetypen [Rei94]

	Elemente	Referenzhaus	NEH-A	NEH-B	NEH-C	NEH-D ₁	NEH-D ₂	NEH-E
Gebäudehülle	Außenwand	30 cm Leichtziegel	17,5 cm KS mit 20 cm Außendämmung	2 x 12,5 cm LB mit 12 cm Kerndämmung	36,5 cm Porenbeton	Holzständerbauweise mit 24 cm Dämmung	Holzständerbauweise mit 17,5 cm Dämmung	37,5 cm Porenbeton
	Fenster	Zweischeiben-Isolierglas	Dreischeiben-Wärmeschutzglas	Zweischeiben-Wärmeschutzglas	Zweischeiben-Wärmeschutzglas	Zweischeiben-Wärmeschutzglas	Zweischeiben-Wärmeschutzglas	Zweischeiben-Wärmeschutzglas
	Dach	14 cm Dämmung	21 cm Dämmung	22 cm Dämmung	20 cm Dämmung 12 cm Dämmung	20 cm Dämmung	20 cm Dämmung	14,5 cm Porenbeton 18 cm Dämmung
	Kellerdecke	18 cm Stahlbeton 6 cm Dämmung	18 cm Stahlbeton 16 cm Dämmung	18 cm Stahlbeton 14 cm Dämmung	24 cm Porenbeton 5 cm Dämmung	Holzbalkendecke 24 cm Dämmung	18 cm Stahlbeton 8 cm Dämmung	25 cm Porenbeton 4,7 cm Dämmung
Anlagentechnik	Heizung/Lüftung	Warmwasserheizung, Radiatoren	Warmluftheizung mit Wärmerückgewinnung (WRG)	Warmluftheizung mit WRG	Warmwasserheizung, Radiatoren, Lüftung mit WRG	Warmwasser-Fußbodenheizung und Radiatoren	Elektroheizung Lüftung mit WRG	Fußboden-Luftheizung mit WRG
	Wärmeerzeuger	Gaskessel	Gastherme mit Abgas-WRG	Gastherme	Gasbrennwertkessel/Niedertemperaturkessel	Gasbrennwertkessel	Elektrische Direktheizung/WP	Gastherme mit Abgas-WRG
Energietechnische Kennwerte	Beheizte Wohnfläche [m ²]	177	176	178	200	183	183	185
	Hüllflächenfaktor A/V [m ⁻¹]	0,77	0,81	0,81	0,82	0,78	0,78	0,87
	mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² K]	0,58 (0,66)*	0,27	0,34	0,30	0,24	0,26	0,31
	Heizwärmeverbrauch [kWh/m ² a]	85 / 83	47 / 46	56 / 51	47 / 59	44	48	51 / 58

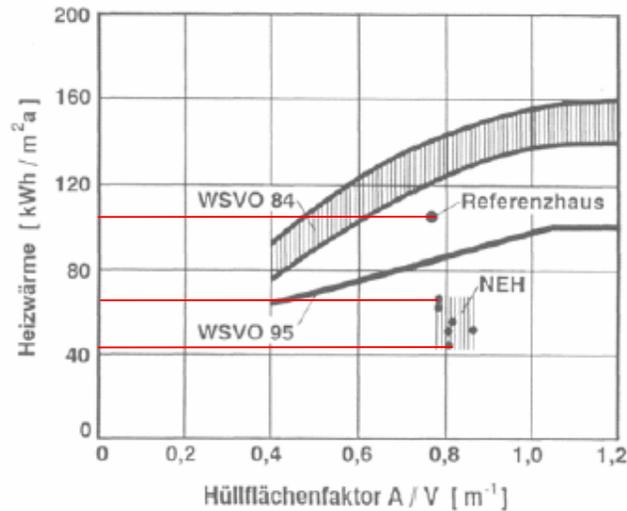


Abbildung 15: Übersicht der rechnerischen Heizwärmebedarfe im Vergleich [Rei94]

Vergleicht man den tatsächlich gemessenen Heizwärmeverbrauch aus Tabelle 1 mit dem rechnerisch ermittelten Heizwärmebedarf aus Abbildung 15, so erkennt man, dass die Werte mit guter Näherung übereinstimmen.

Das Referenzhaus sollte laut theoretischer Berechnung etwas über 100kWh/m²a HWB aufweisen, gemessen wurde jedoch nur ein HWV von ca. 84kWh/m²a. Die HWV- Werte der Niedrigenergiehäuser weisen mit hoher Treffsicherheit die prognostizierten Werte des HWB auf. [Rei94]

Auffallend war der große Unterschied in der Gebäudedichtheit. Zu diesem Zweck wurden Differenzdruckprüfungen mit 50Pa vorgenommen. Die besten Werte wurden bei den allseits mit Porenbeton ausgeführten Gebäuden erzielt (1,0h⁻¹). Die schlechtesten Werte wurden beim Fertighaus in Holzständerbauweise erreicht (4,1h⁻¹). Mit diesen Werten überlagert, ergaben sich Fensterluftwechselraten von 0,3 bis 0,9 h⁻¹. Leider musste festgestellt werden, dass trotz mechanischer Lüftungsanlage häufig mittels Fensteröffnung gelüftet wurde. [Rei94]

2.5.2 Zusammenfassung Niedrigenergiehäuser

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei keiner der Bauweisen eine signifikante Abweichung zwischen Heizwärmeverbrauch und Heizwärmebedarf feststellen lässt. Das weist auf die grundsätzliche Funktionalität der Berechnungsverfahren bei allen angeführten Aufbauten hin.

2.6 Geförderte Wohnungsneubauten

2.6.1 Vergleich von rechnerischem Heizwärmebedarf (HWB) und tatsächlichem Heizwärmeverbrauch (HWV) in geförderten Wohnungsneubauten [Cer05]

Ziel der Untersuchung war, für möglichst viele der im Zeitraum zwischen 1996-1999 errichteten Gebäude einen Vergleich zwischen dem rechnerisch prognostizierten

HWB und dem, nach Besiedelung durch die Nutzer, tatsächlich auftretenden HWV anzustellen.

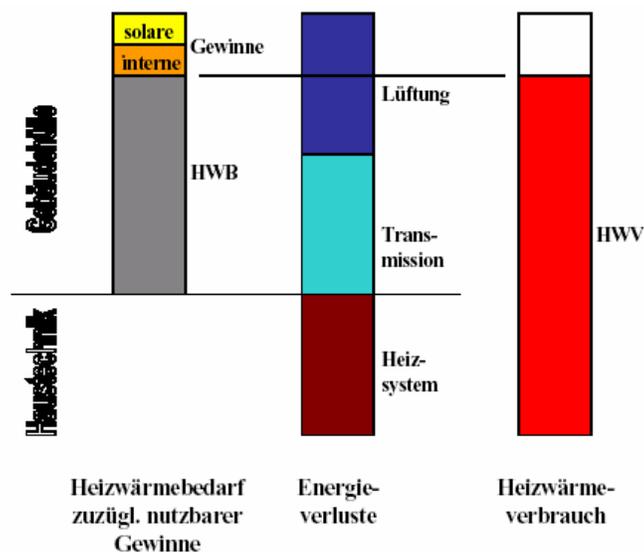


Abbildung 16: Vereinfachte Darstellung des Unterschieds zwischen Heizwärmebedarf (HWB) und Heizwärmeverbrauch (HWV) [Cer05 von: E.V.A.]

Diese Studie beschränkt sich auf den großvolumigen Neubaubereich, da die Erhebung von Energiekennzahlen im Einfamilienhaus-Bereich mit einem erheblichen Mehraufwand verbunden wäre und diese Werte außerdem in einem wesentlich höheren Maß vom Nutzerverhalten anhängig sind. Es wird angenommen, dass bzgl. des Einflusses des Nutzerverhaltens bei großvolumigen Gebäuden eine „Glättung“ eintritt.

Mit dieser Teilstudie, im Rahmen des Projektes „Benchmarking Nachhaltigkeit in der Wohnbauförderung der Bundesländer“, sollte überprüft werden, ob die Bindung der WBF an Energiekennzahlen auch den erwünschten Effekt der tatsächlichen Verringerung des Energieeinsatzes bewirkt. [Cer05]

Die erforderlichen Daten wurden von den österreichischen Wohnbauträgern in Form eines Fragebogens erhoben. Im Befragungszeitraum von Juli 2003 bis März 2004 wurden die Befragungsunterlagen an 24 Wohnbauträger übersandt, davon wurden jedoch nur von sieben Bauträgern verwertbare Daten mit immerhin 79 Gebäuden retourniert.

Natürlich sind Daten, die anhand von Befragungen erhalten wurden, mit Unsicherheiten behaftet. Diese Unsicherheiten wurden zwar vom Autor der Studie als potenziell relevant, jedoch nicht als derart ausschlaggebend bewertet, dass keine Schlussfolgerungen oder Empfehlungen über den Erfolg der Maßnahmen abgeleitet werden könnten. Weiters sollte angeführt werden, dass 90% der untersuchten Gebäude auf nur zwei Wohnbauträger entfallen, was Zweifel aufkommen lässt, ob die erhaltenen Ergebnisse als repräsentativ für die gesamte Branche anzusehen sind. [Cer05]

Folgende Werte wurden bzgl. HWB und HWV in schriftlicher Form abgefragt:

- Ermittelte Energiekennzahlen (lt. Wohnbauförderungsantrag):
 - Art und Höhe der im Antrag zur Wohnbauförderung angegebenen Energiekennzahl;

- Höhe des ermittelten Heizwärmebedarfs (falls vorhanden).
- Tatsächlicher Energieverbrauch nach Fertigstellung:
 - Beginn und Ende der letzten drei Abrechnungsperioden;
 - Art der Energieverbrauchsermittlung;
 - Energieverbrauch;
 - Erfassung des Energieverbrauchs für die Warmwasserbereitung.
- Erklärungen für mögliche Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Werten:
 - Anzahl der (noch) freistehenden Wohneinheiten;
 - Bauliche Veränderungen gegenüber der Einreichplanung;
 - Probleme mit dem Heizsystem;
 - Sonstiges.

[Cer05]

Im Weiteren sollen hier nun die Schlussfolgerungen wiedergegeben werden. Auf eine detailliertere Erläuterung der exakten Vorgangsweise wird an dieser Stelle verzichtet und auf die angeführte Quelle verwiesen.

Schlussfolgerungen:

- In zwei Drittel der untersuchten Gebäude unterschreitet der gemessene/ ermittelte HWV den theoretisch ermittelten HWB. In nur 18% der Fälle werden die Werte um mehr als 15% überschritten.
- Das lässt den Schluss zu, dass es im Großteil der Fälle während der Bauausführung nicht zu derart massiven Fehlern kommt, dass die prognostizierte Energiekennzahl vollkommen verfehlt wird.
- Somit kann festgehalten werden, dass grundsätzlich keine Abweichung vom gegenwärtigen Kurs, hinsichtlich der Bonifizierung von Gebäuden mit, in der Planungsphase errechneten, „guten“ Energiekennzahlen erforderlich ist.

[Cer05]

2.6.2 Zusammenfassung geförderter Wohnungsneubau

Das Ergebnis dieser Studie zeigt in positiver Weise auf, dass mit gewisser Wahrscheinlichkeit auch Heizenergieverbräuche von Neubauten, die in den späten 1990er Jahren errichtet wurden, mit zumindest guter Näherung durch ihre voraus berechneten Energiekennzahlen darstellbar sind.

2.7 Althausanierung

2.7.1 Kyoto- Ziel: Handlungsmöglichkeiten bei der Althausanierung – Endbericht [Glö04]

Dieses Projekt der Niederösterreichischen Wohnbauforschung hatte vorrangig den Zweck, das Informationsdefizit der Bevölkerung hinsichtlich des Einsparungspotentials bei thermischer Sanierung zu verringern und die allgemeinen

Fördermöglichkeiten des Landes im Rahmen von Neubauten und Althausanierungen bekannter zu machen.

Ziel war eine verstärkte Sanierungstätigkeit anzuregen und dabei vor allem erneuerbare und heimische Energieträger einzusetzen. Untersucht wurden Ein- und Zweifamilienhäuser. [Glö04]

Im Rahmen dieses Projektes wurden für die untersuchten Gebäude in 13 Gemeinden des Mostviertels Energieausweise erstellt, die unter anderem den rechnerisch ermittelten HWB beinhalten. Für den effektiven Energieverbrauch, der mittels Fragebögen von den Nutzern erhoben wurde, kam die Bezeichnung Heizwärmeverbrauch (HWV) zur Anwendung. Dieser berücksichtigt somit noch keine relevanten Kesselparmeter (z.B. Jahresnutzungsgrad). Anhand dieser Erhebungen wurden folgende Zusammenhänge gewonnen: [Glö04]

▪ **Baulter und Energiekennzahl:**

Bei Betrachtung des HWB über die Jahrzehnte, fällt auf, dass bei Gebäuden, die in der Periode zwischen Kriegsende und 1970 erbaut wurden, die Energieverbräuche am höchsten sind.

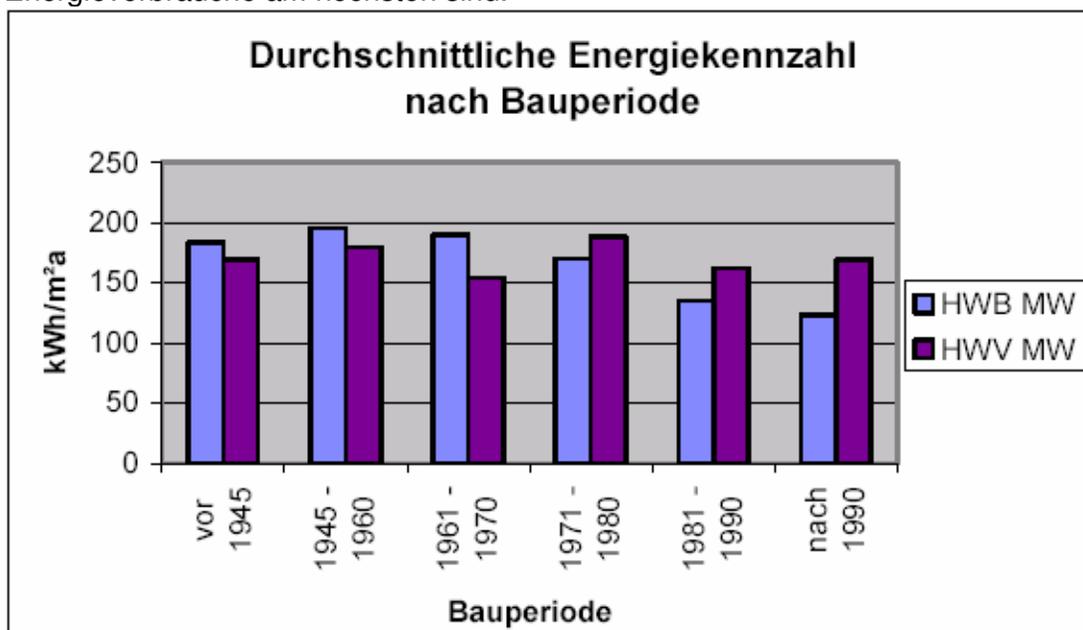


Abbildung 17: Energiekennzahl in Abhängigkeit von der Bauperiode [Glö04]

Als Begründung für dieses Ergebnis führten die Autoren Folgendes an: Die energetisch ineffiziente Bauweise der Nachkriegsperiode ist in der Regel auf die akute Wohnungsnot und die damit zusammenhängende Bauweise (Quantität vor Qualität) zurückzuführen.

Der geringere HWV ist wohl damit zu erklären, dass zu dieser Zeit die beheizte Komfortzone meist auf wenige Räume beschränkt war und auch die Komforttemperatur geringer war. In den Jahrzehnten danach stieg die Lebensqualität und es wurden immer mehr Räume beheizt und auch die Raumtemperaturen erhöht.

Das Phänomen der Unterschreitung des HWV im Vergleich zum HWB bei Gebäuden mit schlechterer thermischer Qualität und der gegenteiligen Überschreitung des HWV im Vergleich zum HWB bei Gebäuden mit besserer thermischer Qualität, ist laut Verfasser auf das unterschiedliche Nutzerverhalten

zurückzuführen. Hierbei werden thermisch ineffizientere Gebäude grundsätzlich auf ein niedrigeres Temperaturniveau beheizt, was sich natürlich in einem verringerten HWV niederschlägt. [Glö04]

▪ **Baulter und mittlerer U-Wert:**

Hier wird der gleiche Trend wie in der vorigen Abbildung ersichtlich, nur ist die Abhängigkeit von der Bauperiode noch deutlicher ausgeprägt. Man erkennt den Wechsel von sehr schweren zu leichteren, dünneren Ziegelmauern in der Zeit nach dem 2. Weltkrieg. Ab den 1980ern wurde verstärkt auf Energieeffizienz und Gebäudedämmung Wert gelegt.

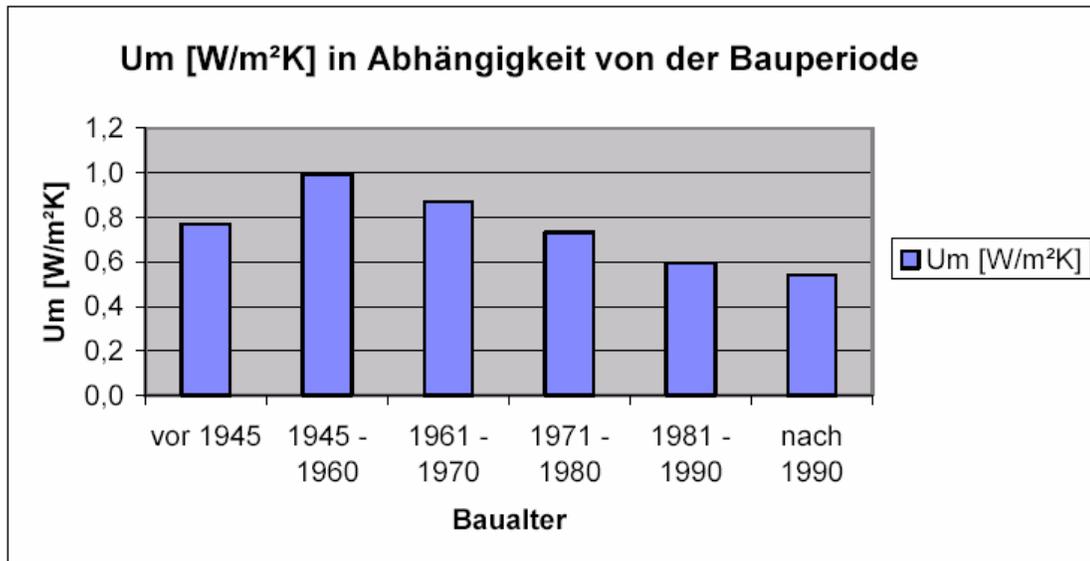


Abbildung 18: Durchschnittlicher U-Wert in Abhängigkeit von der Bauperiode [Glö04]

▪ **Baulter und mittlerer U-Wert:**

Bei Gegenüberstellung des Heizwärmebedarfs mit dem durch tatsächlichen Verbrauch bestimmten Heizwärmeverbrauch, zeigt sich in angenäherter Form eine Gauß'sche Normalverteilung mit dem ungefähren Mittelwert von 1,0. Das bedeutet, dass die theoretisch errechneten und die tatsächlich verbrauchten Energiemengen im Mittel gut übereinstimmen.

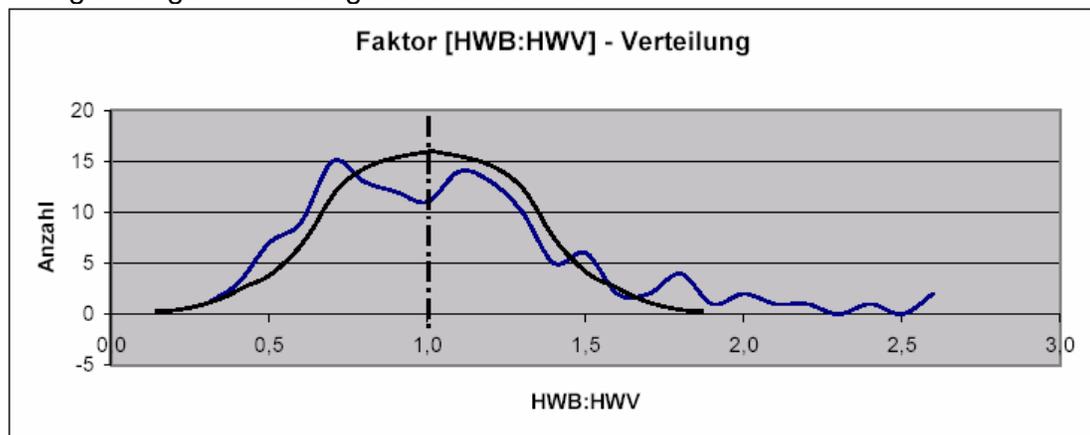


Abbildung 19: Verteilung des Faktors HWB:HWV [Glö04]

Positiv zu bemerken ist hier die große Anzahl an Gebäuden mit einem Faktor HWB:HWV größer 1, also einer Überschätzung des realen Verbrauchs bei der theoretischen Berechnung. Teilweise beträgt die Differenz bei einzelnen Objekten sogar mehr als den doppelten prognostizierten Wert. Negativ fällt auf, dass eine Häufung der Fehleinschätzungen im Bereich von HWB:HWV = ca. 0,7 auftritt. Das bedeutet einen etwa 43%igen Mehr-Energieverbrauch gegenüber dem rechnerischen Wert ($HWV = 1/0,7 * HWB$).

Abbildung 20 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen dem Faktor HWB:HWV und dem Heizwärmebedarf selbst. Man erkennt auch bei dieser Darstellung, dass die mittlere Treffsicherheit gut ist. Die hohe Streuung zeigt aber, dass aus der mittleren Treffsicherheit nicht auf ein zutreffendes Ergebnis im Einzelfall geschlossen werden kann. [Glö04]

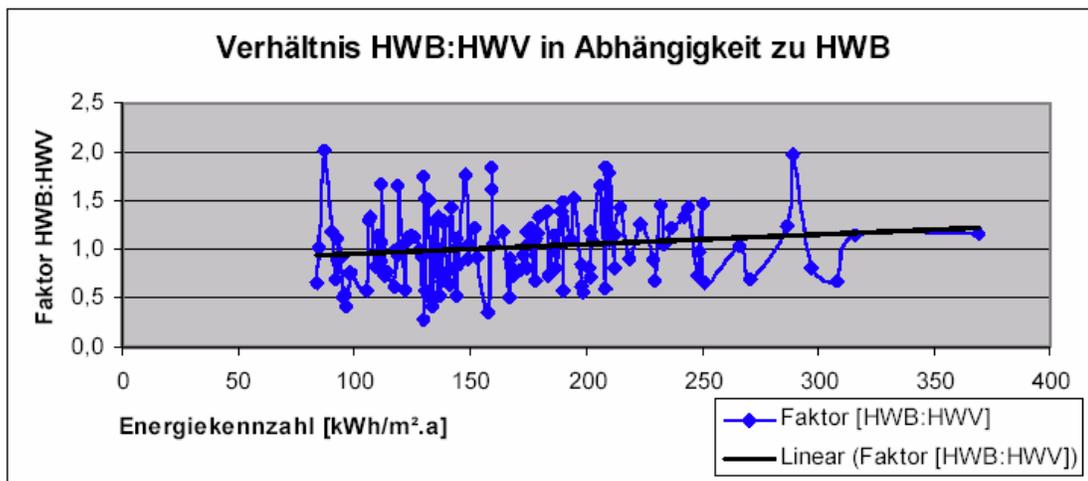


Abbildung 20: HWB:HWV in Abhängigkeit zur Energiekennzahl (HWB) [Glö04]

- **Zusammenhang zwischen HWB/ HWV und mittlerem U-Wert:**

Die nächsten Abbildungen veranschaulichen den Zusammenhang der sinkenden Energiekennzahl mit geringerem U-Wert. Es fällt jedoch auf, dass die Trendlinie in Abbildung 21 ca. den doppelten Anstieg im Vergleich zu Abbildung 22 aufweist. Die Autoren begründen dies mit einer steigenden Schwierigkeit der Beheizbarkeit nach heutigen Komfortansprüchen bei steigendem U-Wert, was wiederum zu einer eingeschränkten Beheizung durch die Nutzer führt.

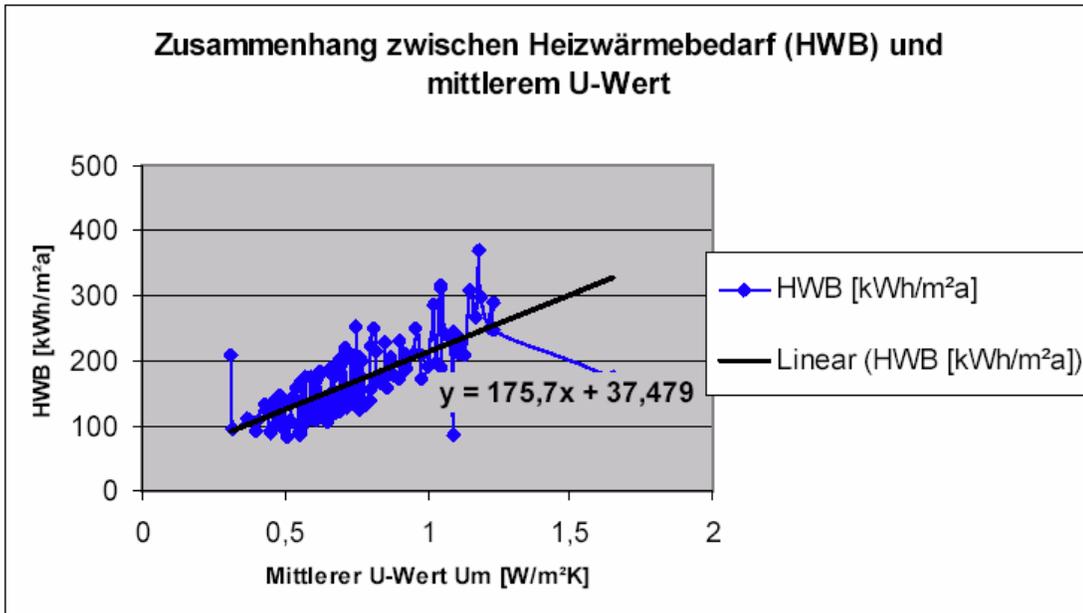


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen HWB und mittlerem U-Wert [Glö04]

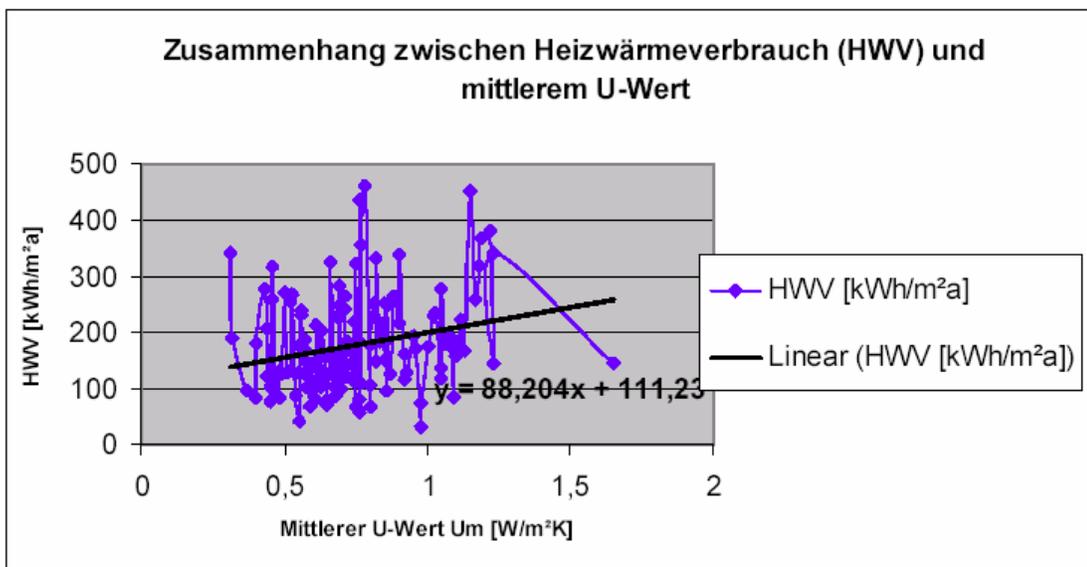


Abbildung 22: Zusammenhang zwischen HWV und mittlerem U-Wert [Glö04]

2.7.2 Zusammenfassung Althausanierung

Als Schlussfolgerung kann auch im Bereich der Althausanierung auf eine zufrieden stellende mittlere Treffsicherheit bei der prognostizierten Bestimmung des Heizwärmebedarfs geschlossen werden. Wenn auch die Streuung teilweise sehr groß ist, kann keinesfalls von einer grundsätzlichen Fehleinschätzung bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs ausgegangen werden. Die hohe mittlere Treffsicherheit des HWB lässt ganz im Gegenteil grundsätzlich auf eine gute Aussagekraft der Energiekennwerte schließen.

2.8 Die quantitative gebäuderelevante Darstellung von Klimadaten: Die Klimaflächen [Bur96]

Im Rahmen seiner Dissertation an der ETH Zürich hat Dr. Harald Burmeister versucht eine Darstellung von Klimadaten zu finden, die auf das Wesentliche reduziert, die Beziehungen zwischen dem Gebäude und dem Klima grundlegend und übersichtlich wiedergibt.

Heute übliche Klimawerten wie Auslegungstemperatur, Heizgradtage oder Summen monatlicher Sonneneinstrahlungen gehen nicht ausreichend auf die dynamischen Eigenschaften eines Gebäudes ein. Vor allem wird die zeitliche Korrelation zwischen Sonneneinstrahlung und Außenlufttemperatur und somit der Einfluss des „thermischen Gedächtnisses“ des Gebäudes nicht berücksichtigt. Simulationsprogramme sind in aller Regel zu kompliziert um in einer frühen Phase des Projektes Verwendung zu finden. [Bur96]

2.8.1 Die Heizklimaflächen:

Eine als Heizklimafläche bezeichnete Darstellung stellt den Heizwert Ω_{heiz} als Funktion der Zeitkonstante des Raumes τ und des Gewinn-/ Verlustverhältnisses γ (für ein festes β) für ein gegebenes Klima und eine bestimmte Himmelsrichtung dar. Jeder Raum ist durch seine energetische Lage auf der Fläche lokalisierbar. Der Großteil der heutigen Bauten liegt in folgendem Bereich:

$$10\text{h} \leq \tau \leq 300\text{h}; 0 \leq \gamma \leq 0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$\gamma = 0$ ergibt die bekannten Heizgradtage.

Beim Konzept der Heizgradtage wird angenommen, dass erst ab Unterschreitung einer Heizgrenztemperatur θ_{gr} die Heizung in Betrieb genommen wird. Diese Heizgrenztemperatur ist eine Erfahrungsgröße, die berücksichtigt, dass durch innere Wärmequellen und die thermische Trägheit des Raumes gewisse Heizperioden überbrückt werden können. Auf die Eigenschaften des Raumes, die eigentlich maßgebend für die Wahl einer realistischen Heizgrenztemperatur sind, wird nur grob eingegangen. Setzt man $\theta_{\text{gr}} = \theta_{\text{min}}$, erhält man genau den Wert bei $\gamma = 0$ (und sehr kleine τ) der Heizflächen $\Omega_{\text{heiz}}(\tau, \gamma)$.

Durch das Konzept der Heizklimaflächen $\Omega_{\text{heiz}}(\tau, \gamma)$ wird eine Verallgemeinerung der Heizgradtage möglich. Es berücksichtigt die Außenlufttemperatur, sowie auch den Beitrag durch Sonneneinstrahlung.

Weiters wird die zeitliche Korrelation der Wettergrößen, ausgelöst durch das thermische Speichervermögen des Raumes berücksichtigt. Somit entfällt die Problematik der Festlegung von Heizgrenztemperaturen θ_{gr} .

Neben dem direkten Nutzen der Bestimmung der Jahresheizenergiemenge, lassen sich auch noch folgende Aussagen zum Problemkreis Bau und Klima ablesen:

- Es zeigt sich generell, dass $\Omega_{\text{heiz}}(\tau, \gamma)$ mit zunehmendem τ und γ abnimmt.
- Es gibt Bereiche, wo eher eine Vergrößerung des Gewinn-/ Verlustverhältnisses γ wirkungsvoll ist. Sind die Sonnengewinne klein und gibt es somit keinen Wärmeüberschuss, bringt eine erhöhte Wärmespeicherfähigkeit wenig.

- Es gibt Bereiche, wo eher eine Vergrößerung der Zeitkonstante τ wirkungsvoll ist. Für Räume mit relativ großer Sonnenausnutzung bringt eine alleinige Vergrößerung von γ wenig, da der Wärmeüberschuss nicht genutzt werden kann.
- Ein Heizenergiebedarf annähernd bei 0, nur durch passive Maßnahmen, existiert beinahe für jedes Klima.
- Eine Reduktion des Verlustfaktors K ist stets vorteilhaft, weil dieser sowohl als Multiplikator ($E_{\text{heiz}} = K \cdot \Omega_{\text{heiz}}$), wie auch als Divisor in τ und γ vorkommt. [Bur96]

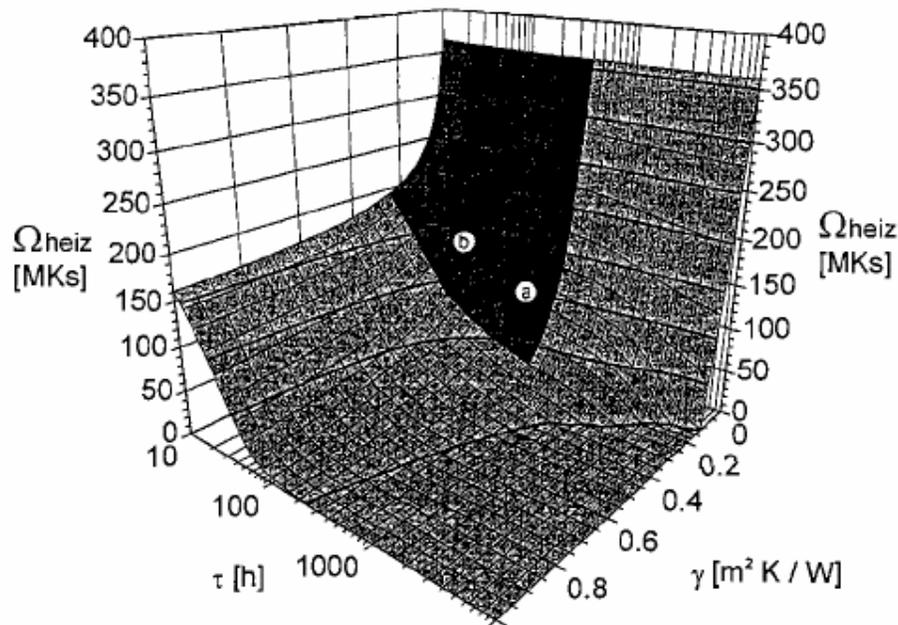


Abbildung 23: Heizklimafläche Ω_{heiz} als Funktion von τ und γ , mit $\beta = 10$ [Bur96]

2.8.2 Vergleiche und Überprüfungen:

Hier werden Beispiele für die Anwendung der Klimaflächen anhand von Vergleichen mit Ergebnissen anderer Methoden und Messwerten angeführt.

- Als erster Schritt werden „einfache“ Räume – so genannte Modulräume – mit zwei Simulationsprogrammen (DOE 2 und HELIOS) und der Berechnungsmethode der Empfehlung SIA 380/1 berechnet und mit den Ergebnissen der Klimaflächen verglichen.
- In weiterer Folge werden zwei reale Häuser untersucht und anhand von gemessenen und errechneten Werten verglichen.

- $\theta_{gr} = 12^\circ\text{C}$ für den Massivbau
- $\theta_{gr} = 14^\circ\text{C}$ für den Leichtbau

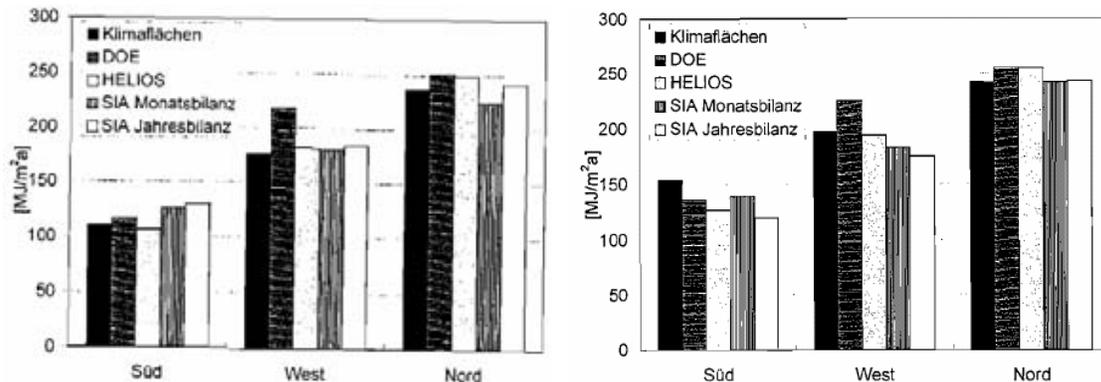


Abbildung 25: Energiekennzahlen der Modulräume (links: massiv; rechts: Holz) [Bur96]

Die Vergleiche zeigen eine sehr gute Übereinstimmung der verschiedenen Simulationsprogramme mit der Methode der Klimaflächen. Es zeigt sich beim massiven Modulraum eine geringe, tendenzielle Unterschätzung und beim Leichtbau eine geringe Überschätzung im Vergleich zu den anderen Berechnungsergebnissen. [Bur96]

Reale Bauten:

Die Übereinstimmung zwischen der Theorie der Klimaflächen und der Realität sollte auch an realen Gebäuden überprüft werden. Zu diesem Zweck wurden zwei Gebäude herangezogen, die im Rahmen einer Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik Stuttgart über ein ganzes Jahr in Bezug auf den Energieverbrauch überwacht wurden. Dabei handelt es sich um Doppelfamilienhäuser, die in Heidenheim im Jahr 1990 errichtet und in den beiden Jahren 1992 – 1993 gemessen wurden.

Ein Gebäude wurde als konventionelles Referenzhaus und eines als Niedrigenergiehaus ausgebildet. Die Gebäude unterscheiden sich hauptsächlich durch ihr Dämmniveau und ihren thermisch relevanten Luftwechsel. Das Niedrigenergiegebäude besitzt zusätzlich noch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.

▪ Das Referenzhaus:

▪ Die Gebäudedaten:

Zur Berechnung der Klimaflächen sind folgende Daten für jeden Raum zu ermitteln:

- Das Wärmespeichervermögen C ;
- Die Gesamtenergetransmission der Sonneneinstrahlung G und die Gewichtung der einzelnen Himmelsrichtungen;
- Der Wärmedurchgangsfaktor K , der sich aus dem k -Wert der Außenbauteile und dem Lüftungsanteil zusammensetzt (n_L);
- Die inneren Quellen (P_{int}).

Alle Daten außer P_{int} und n_L konnten aus den Bauplänen entnommen werden. Die Luftwechselrate n_L wurde indirekt über folgende Bilanzgleichung ermittelt:

$$Q_H + Q_I + Q_S = Q_T + Q_L$$

Da die inneren Gewinne über die Heizperiode nahezu konstant sind, wurde ein Mittelwert herangezogen.

- **Die Ergebnisse:**

Es zeigt sich, dass die Ergebnisse der Methode der Klimaflächen sehr gut mit jenen der Messung übereinstimmen. Die Vergleichs- Simulation mit SUNCODE zeigt eine Überschätzung des Heizenergiebedarfs.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Raumparameter und des zugehörigen Heizbedarfs für das Referenzhaus [Bur96]

	τ [h]	γ [m ² K/W]	K [W/m ² K]	Ω_{Heiz} [MKs]	E_{EBF} [MJ/m ²]	P_{int}/K [K]
ein einziger Raum	75	0,050	0,81	225	311	2,32
getrennte Räume					320	
Messung					306	
Simulation mit SUNCODE					352	

- **Das Niedrigenergiehaus:**

- **Die Gebäudedaten:**

Außer der Luftwechselrate werden alle erforderlichen Gebäudedaten wie beim Referenzgebäude bestimmt. Die Bilanzgleichung lautet nun:

$$Q_H + Q_I + Q_S + Q_V = Q_T + Q_L$$

mit: Q_V , dem Energiegewinn durch Zuluftvorwärmung.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Raumparameter und des zugehörigen Heizbedarfs für das Niedrigenergiehaus [Bur96]

	τ [h]	γ [m ² K/W]	K [W/m ² K]	Ω_{Heiz} [MKs]	E_{EBF} [MJ/m ²]	P_{int}/K [K]
ein einziger Raum	116	0,053	0,52	207	185	3,36
getrennte Räume					190	
Messung					169	
Simulation mit SUNCODE					122	

- **Diskussion der Ergebnisse:**

Die Übereinstimmung zwischen den mittels Klimaflächen erhaltenen und den gemessenen Werten ist als sehr gut zu bewerten. Die Abweichungen betragen weniger als 10%. Die großen Abweichungen der mit SUNCODE ermittelten Werte werden mit der ungenauen Abschätzung der Luftwechselzahlen begründet. [Bur96]

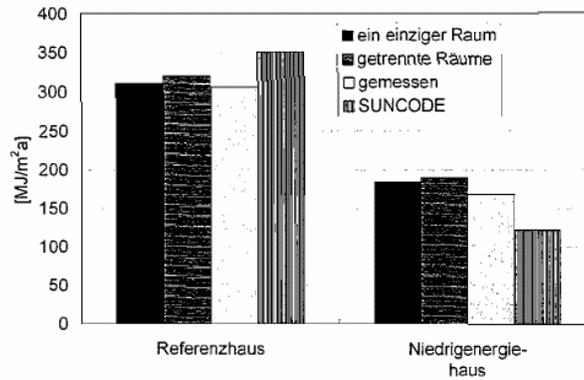


Abbildung 26: Energiekennzahlen der realen Bauten (Luftwechsel: Mittelwert über heizintensive Monate) [Bur96]

2.8.3 Zusammenfassung Klimaflächen

Diese Arbeit von Dr. Burmeister zeigt auch anhand von überprüfbareren Kontrollobjekten, dass durchaus Methoden vorhanden sind, die eine realitätsgetreue Ermittlung des Heizwärmebedarfs mit geringen Abweichungen möglich machen. Insbesondere ist durch die Methode der Klimaflächen auch eine Abbildung verschiedenster Konstruktionsaufbauten, von Leichtbau über klassische Massivbauten bis hin zu sehr massiven Gebäuden, möglich.

3 Schlussfolgerungen und Empfehlung für das weitere Vorgehen

3.1 Schlussfolgerung hinsichtlich der Aussagekraft des prognostizierten Heizwärmebedarfs im Vergleich zum tatsächlichen Heizwärmeverbrauch

Wenn auch einzelne hier beschriebene Studien zeigen, dass manche Heizwärmeverbräuche stark von den prognostizierten Werten abweichen, ist doch bei den meisten Untersuchungen eine zumindest gute, wenn nicht sogar sehr gute, Übereinstimmung zwischen Berechnung und Realität zu beobachten.

Dieser Eindruck bestätigt sich sowohl für alle Bereiche des Neubaus (konventionell, Niedrigenergiehaus, Passivhaus,...), wie auch für die Sanierung von Altbauten.

Indizien für die, in den einleitenden Kapiteln diskutierte, Behauptung der grundsätzlichen Fehlerhaftigkeit gängiger bauphysikalischer Methoden, konnten nicht festgestellt werden.

Von besonderer Bedeutung für diese Recherche war weiters die Frage, ob Studien bekannt sind, die den Vergleich von thermisch gleichwertigen Gebäuden in massiver Ziegelbauweise und anderen Konstruktionsformen (Stahlbeton, Leichtbau,...) hinsichtlich ihrer thermischen Eigenschaften zum Inhalt haben.

Das besondere Interesse galt hierbei etwaiger Besonderheiten, die Gebäuden aus Ziegel-Mauerwerk geringere Heizwärmeverbräuche attestieren würden. Es wurde im Rahmen der Recherche versucht, derartige Untersuchungen über möglichst massive Konstruktionen ohne zusätzliche Wärmedämmung zu finden und zu bewerten.

Diesbezüglich muss festgestellt werden, dass keine Studien mit tatsächlich thermisch vergleichbaren Gebäuden gefunden wurden. Diese Fragestellung kann somit als derzeit noch nicht ausreichend untersucht angesehen werden.

3.2 Einfluss des Nutzerverhaltens

Insbesondere bei energetisch hocheffizienten Gebäuden mit sehr geringen Heizenergieverbräuchen ist das richtige Nutzerverhalten von maßgeblicher Bedeutung für die Einhaltung der niedrigen Energieverbrauchskennwerte. Selbst hoch gedämmte Außenbauteile mit modernsten, dreifach verglasten Isolierfenstern können den Wärmeverlust einer, meist aus Gewohnheit, zu oft oder falsch durchgeführten Fensterlüftung in der Heizperiode nicht ausgleichen.

3.3 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Da Wandsysteme mit zusätzlicher Wärmedämmschicht laut den genannten Untersuchungen mit ausreichender Genauigkeit abgebildet werden können, wäre als Konsequenz eine messtechnische und rechnerische Untersuchung von massiven, beispielsweise gründerzeitlichen, Gebäuden anzuraten. Da keine Studie zum Vergleich von HWB und HWV derartiger Gebäude bekannt ist und nur bei dieser Bauweise, aufgrund der fehlenden Überprüfung, real vorhandene Diskrepanzen

zwischen HWB und HWV unentdeckt geblieben sein könnten, werden folgende Schritte empfohlen:

- Auswahl geeigneter Altbauten ohne zusätzliche Wärmedämmschicht an Außen- oder Innenseite der Wandbildner.
- Erfassung der tatsächlichen bauphysikalisch relevanten Materialkennwerte (Wärmeleitfähigkeit, U-Wert, Diffusionswiderstandszahl...) und Konstruktionsaufbauten.
- Erfassung der tatsächlichen Heizwärmeverbräuche.
- Bewertung des Einflusses des Nutzerverhaltens.
- Näherungsweise Berechnung der Heizenergieverbräuche mittels standardisierter Klimadaten.
- Näherungsweise Berechnung der Heizenergieverbräuche mittels exakter Klimadaten. Somit werden die berechneten und gemessenen Heizwärmeverbräuche einer bestimmten Heizperiode tatsächlich vergleichbar.
- Exakte Berechnung der Heizenergieverbräuche unter Berücksichtigung exakter Klimadaten und aller Wärmebrückeneffekte.
- Vergleich zwischen tatsächlichem HWV und möglichst exakt ermitteltem HWB.

Insbesondere die Ermittlung der tatsächlichen U-Werte der Hüllflächen ist hier von besonderer Bedeutung. Es wird vorgeschlagen den effektiven U-Wert durch Verwendung eines Hilfswand- Verfahrens (Wärmeflussverfahrens) messtechnisch zu ermitteln. Dies kann an einem geeigneten Objekt oder durch Herstellung einer Versuchswand erfolgen.

Durch die Bestimmung des effektiven U-Wertes lässt sich weiters ein Vergleich zwischen den aus der Literatur erhaltenen thermischen Kenngrößen der Baumaterialien und den realen Gegebenheiten anstellen. Somit könnten Rückschlüsse auf etwaige Unstimmigkeiten zwischen Theorie und Realität gezogen werden.

3.4 Alternativen

Die Forschungsarbeit von Dr. Harald Burmeister [Bur96] unter der Leitung von Professor Keller an der ETH Zürich zeigt deutlich die Einflüsse der Solarnutzung und der Wärmekapazität auf den Heizwärmebedarf eines Gebäudes. Diese Einflüsse werden ausgedrückt durch das Gewinn-/ Verlustverhältnisses γ und die Zeitkonstante des Raumes τ .

Wie Abbildung 27 zeigt, wirkt sich sowohl die Vergrößerung des Gewinn-/ Verlustverhältnisses γ , wie auch die Vergrößerung der Zeitkonstanten τ , positiv auf den erforderlichen Heizenergiebedarf aus. Da das Gewinn-/ Verlustverhältnisses γ im Wesentlichen durch den Anteil der transparenten Hüllflächen und damit zu einem großen Maß vom architektonischen Entwurf beeinflusst wird, wird hier auf diesen

Parameter nicht weiter eingegangen. Im Gegensatz dazu kann aber, weitgehend unbeeinflusst von den planerischen Randbedingungen, durch Wahl entsprechender Materialien die Zeitkonstante τ vergrößert werden. Es wird also empfohlen die Auswirkungen der Wärmekapazitätserhöhung und damit der Zeitkonstante τ im Detail zu untersuchen.

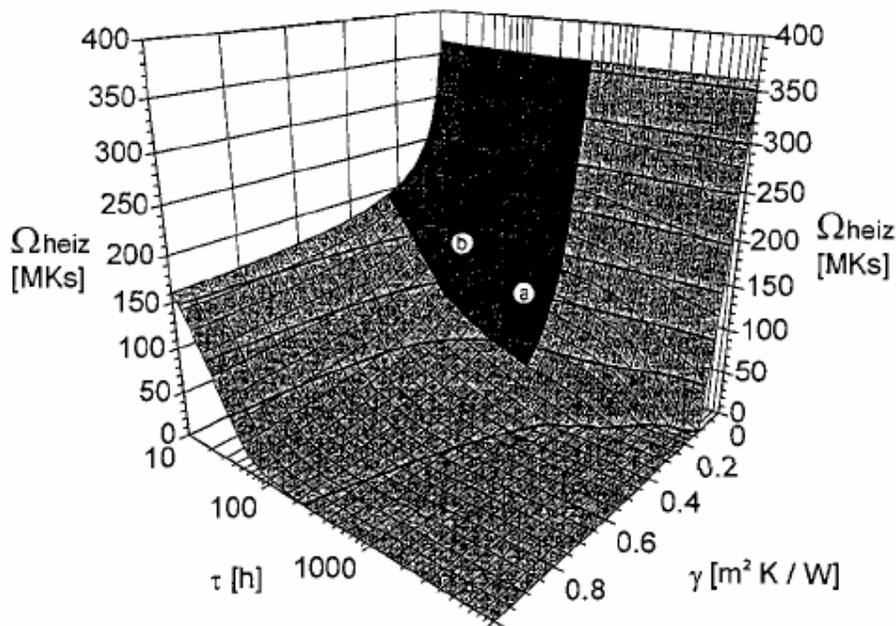


Abbildung 27: Heizklimafläche Ω_{heiz} als Funktion von τ und γ , mit $\beta = 10$ [Bur96]

Dabei ist zu beachten, dass eine derartige Wärmekapazitätserhöhung nicht allein durch die Außenwände erreicht werden muss. Auch Innenwände und Decken mit hoher Wärmekapazität haben Anteil an der Reduktion des HWB. Um einen möglichst großen Effekt zu erzielen, sollte die Wärmekapazität bei diesen Bauteilen beträchtlich gesteigert werden.

Diese Steigerung könnte beispielsweise durch Tränkung des Ziegelmaterials mit Paraffinen oder anderen Latentwärmespeicher-Materialien erfolgen. Es wird empfohlen im Rahmen einer weiterführenden Studie die Auswirkungen derartiger Bauprodukte auf das Raumklima und die erforderliche Heizwärmeenergie zu untersuchen.

Ergänzend sollten Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkungen auf das Raumklima durch Kieselsäurefüllungen bei Ziegelmauerwerk vorgenommen werden. Damit einhergehend sollte weiters das thermische und hygrische Verhalten bestimmt werden.

Literaturverzeichnis

- Akk04: „Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung“, Protokollband Nr. 24 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, 1. Auflage, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2004
- Bin01: BINE Informationsdienst, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen: BINE Projekt Info 8/01 „Bürogebäude nach Passivhauskonzept“, <http://www.solarbau.de/monitor/doku/proj07/mainproj.htm> aus <http://bine.fiz-karlsruhe.de>, 2001
- Bos81: P. Bossert: „EVA Energieverbrauchsanalyse“, Dietikon, db 11/81
- Bos82: P. Bossert: „Wärmehaushalt und Mauerwerk – Neuigkeiten über Feuchte und Wärme im Fassadenmauerwerk“, Dietikon, db 9/82
- Bos96: P. Bossert: „Klimabezogene Energie-Verbrauchs-Analyse von 10 Objekten des Amtes für Bundesbauten“, Dietikon, 24. Mai 1996
- Bur96: H. Burmeister: „Die quantitative gebäuderelevante Darstellung von Klimadaten: Die Klimaflächen“, Dissertation an der ETH Zürich, 1996
- Cer05: M. Cerveny: „Vergleich von rechnerischem Heizwärmebedarf und tatsächlichem Heizwärmeverbrauch in geförderten Wohnungsneubauten“, Energieverwertungsagentur E.V.A. in: A. Oberhuber, W. Amann, S. Bauernfeind: „Benchmarking Nachhaltigkeit in der Wohnbauförderung der Bundesländer“, <http://images.derstandard.at/20060125/Benchmarking.pdf>, Wien, Februar 2005
- Dre04: J. Dreyer, T. Bednar, C. Deseyve: „Beurteilung der thermischen Performance der Gebäudehülle unter Berücksichtigung des Strahlungsverhaltens bei der Ermittlung des Wärmeverlustes von Bauteilen“, Bericht des Instituts für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Fachbereich Bauphysik TU Wien, 21. September 2004
- EMP53: EMPA: „Wärmetechnische Untersuchungen an Versuchshäuschen mit verschiedenen Wandkonstruktionen“, EMPA- Bericht Nr. 3784, 1953 – 1958
- Ene07: energytech: Zweifamilienhaus Dämon-List (Jenbach – Tirol), [http://energytech.at/\(en\)/architektur/results.html?id=1397](http://energytech.at/(en)/architektur/results.html?id=1397), 2007
- Fei06: W. Feist: „Wärmedämmung funktioniert“, http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Waermedaemmung_funktioniert_Beleg_2.html, November 2006
- Ger88: A. Gertis: „k-Wert falsch oder richtig? Zur angeblichen Diskrepanz zwischen Berechnungen und Messungen des Heizenergieverbrauches“, Lehrstuhl Konstruktive Bauphysik Universität Stuttgart, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, in: Sonderdruck aus wksb- Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz, Heft 25, S. 2-6, 1988

- Glö04: K. Glöckl, F. Gugerell, R. Haas, W. Plach: „Kyoto- Ziel: Handlungsmöglichkeiten bei der Althausanierung – Endbericht“, <http://www.noe-wohnbauauforschung.at/documentation/kf2093.pdf>, Wien, März 2004
- Kün84: H. Künzel: „Wärmedurchgang durch die Gebäudeumhüllung im Vergleich zum rechnerischen k-Wert in Abhängigkeit vom Wandaufbau“, Sonderdruck aus ZIEGELINDUSTRIE INTERNATIONAL Nr. 2/84, S. 59-65, Bauverlag, 1984
- Rei94: J. Reiß, H. Erhorn: „Niedrigenergiehäuser Heidenheim – Abschlussbericht“ Bericht WB 75/1994 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart, 1994 in: Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., AMz- Bericht 1/1995 <http://www.ziegel.de/cgi-bin/tamzserver.exe/phpamz?id=501>
- Sol07: SolarBau MONITOR: <http://www.solarbau.de/monitor/index.htm>, 2007
- Spi00: A. Spieler, R. Wagner, K. Vajen, S. Beisel, K. Schweitzer: „Ein Jahr im Passiv-Solarhaus von Wagner & Co Solartechnik“ in: Energieeffizientes Bauen, Urbach, 2000, <http://www.solarbau.de/monitor/doku/proj02/mainproj.htm>, 2000
- Weh07: eeb-research, DI Günter Wehinger - Planungsbüro für energieeffizientes Bauen, Dr. Georg Milborn, Institut für Bauphysik der Universität Innsbruck: „Forschungsarbeit über das thermisch-energetische Verhalten des Low-Tech-Passivhauses Jenbach“, <http://www.eeb.at/messproj/messproj.htm>, 2007
- Wer83: H. Werner, R. Marquardt, H. Schaub: „Untersuchungen über den effektiven Wärmeschutz verschiedener Ziegelaußenwandkonstruktionen“, Bericht des Instituts für Bauphysik, B Ho 8/83-II, Außenstelle Holzkirchen, 1983
- Zen07: Institut für Hochbau und Technologie – Zentrum für Bauphysik und Bauakustik; Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energien, 2007
- Zie07: Verband Österreichischer Ziegelwerke: „10 Jahre Low Tech Passivhaus in Tirol“, <http://www.ziegel.at/main.asp?content=informat/architek/wehinger.htm>, 28. Mai 2007