

Die Wärmedämmung von Gebäuden und deren Verteufelung mittels unhaltbaren Behauptungen

René Weiersmüller, Chem. HTL/Ing. SIA, Meilen (Zürich)

Von einigen Seiten wird beharrlich behauptet, die Wärmeverluste einer Aussenmauer lasse sich mit einer Wärmedämmung kaum vermindern. Weit wichtiger als die Wärmedämmung sei unter anderem die Mauerdicke und damit das Wärmespeichervermögen, siehe [1]. Dies beweise der geringere jährliche Heizaufwand von alten Gebäuden mit besonders dickem Mauern, nämlich ein Nettoenergieverbrauch von lediglich 20 kWh/m³a.

Dieser «Beweis» wird anhand einer Vorgabe für das in Gebäuden der Öffentlichen Hand tätige Heizpersonal aus der Fachliteratur von 1927 konstruiert [2]: Demnach sollen in einem heiztechnisch gut gebauten Gebäude mit einer guten Heizung ein Koksverbrauch von zwei kg Koks je Tag pro 1000 m³ Gebäudevolumen und Grad K Temperaturunterschied resultieren. Anmerkung: Wobei «heiztechnisch gut gebaut» wohl kaum identisch sein dürfte mit dem seit ein paar Jahrzehnten geltenden Stand der Wärmedämmtechnik inkl. der Fenstereigenschaften. Desgleichen die damals übliche Raumtemperatur von 18° C.

Zwei kg Koks entsprechen je nach Wasser- und Aschegehalt sowie unter Einbezug eines (bei einer guten Koksheizung realistischen) Wirkungsgrades von 0.8 etwa 10'400 Kcal oder 12 kWh, was letztlich einer Heizleistung von 0.50 W/m³K gleichkommt. Das ist ein Wert, der bei einem Mehrfamilienhaus im Schweizerischen Mittelland auch ohne spezielle Dämm-Massnahmen und selbst mit dünnem Mauerwerk leicht zu erreichen oder gar zu unterbieten ist. Mit andern Worten, der «Beweis» für die energetischen Vorteile von Speicherkapazität und der Mauerdicke anhand früheren spezifischen Heizleistungen entpuppt sich bei näherem Hinsehen als Spiel mit gezinkten Karten. Für eine solche Einschätzung sind gar keine weiteren gewagten Umrechnungen auf den spezifischen Energieverbrauch in kWh/m³a oder Liter Heizöl/m³a mehr nötig.

Zusätzlich zu dieser doch sehr entscheidenden Desinformation werden im Folgenden die acht (aus Sicht der Wärmedämmgegner energierelevanten) Faktoren der Aussenwand aufgelistet und kritisch kommentiert. Im Anhang 2 wird der Sonnenenergiegewinn auf einige unterschiedliche Fassaden quantifiziert und im Anhang 3 werden unter anderem einige typische und gesicherte Beispiele von Wärmeverbrauchsverminderungen aufgrund robuster Daten beschrieben.

1. Die Wanddicke – der Hauptfaktor?

Zweifellos kann eine dicke, entsprechend schwere Mauerkonstruktion tagsüber mehr Sonnenenergie speichern als eine leichte Konstruktion. Von den Wärmedämmgegnern wird daher die Mauerdicke als der zentrale Punkt einer energetisch optimalen Aussenmauer hingestellt. In der Beweisführung ist jedoch ein Zirkelschluss enthalten.

Als Mass für die thermische Trägheit einer Mauer kann bei bestimmten Bedingungen der Auskühlungsverlauf herangezogen werden. Für dessen Messung müsste die Mauer zuerst durchgehend auf beispielsweise 20° C erwärmt werden. Anschliessend wäre die Mauer nach aussen gegen 0° C auszukühlen – natürlich ohne Wärmenachlieferung von innen. Aus diesem Auskühlungsverlauf ist die Halbwertszeit berechenbar, das ist die Zeit, bis der Wärmeinhalt der Mauer (oder bei einer einschichtigen Mauer die mittlere Mauertemperatur) auf die Hälfte des Ausgangswertes gesunken ist. Da die Abkühlung einer Mauer ein exponentiell ablaufender Prozess ist, ergibt das bei halblogarithmischer Darstellung eine Gerade - siehe Beispiele im Anhang 1. Aus der Steigung dieser Geraden ist jeweils direkt die Halbwertszeit berechenbar.

Dieser Auskühlungsverlauf und damit die Halbwertszeit einer einschichtigen Mauer wird im wesentlichen beeinflusst durch die Wärmespeicherkapazität sowie den Wärmeverlust (den Wärmedurchgangskoeffizient U) der Mauer. Die Halbwertszeit verdoppelt sich, wenn sich die Wärmespeicherkapazität verdoppelt. Bei gleichbleibender Speicherkapazität ergibt sich aber auch eine doppelt so grosse Halbwertszeit, wenn die Wärmeverluste oder eben der U-Wert halbiert wird.

Das ist vergleichbar mit einer Badewanne: Bei gleicher Niveauhöhe und doppeltem Wasserinhalt (entspricht der Wärmespeicherkapazität) oder mit halbiertem Auslauföffnungsquerschnitt (entspricht dem Wärmeverlust) geht es doppelt so lang, bis die Wanne leer ist. Mit doppeltem Wasserinhalt und halbiertem Auslaufquerschnitt läuft die Entleerung folglich viermal langsamer ab.

Bei einem homogenen (einschichtigen) Maueraufbau mit gegebenen Materialeigenschaften ist die Speicherkapazität sowie die Wärmedämmwirkung nur über die Mauerdicke beeinflussbar. Mit einer beispielsweise doppelten Mauerdicke halbiert sich wie erwähnt der Wärmedurchgangskoeffizient U und erhöht sich gleichzeitig die Speicherkapazität um den Faktor zwei. Aus dieser gegenläufig proportionalen Beeinflussung resultiert, dass die doppelt so dicke Mauer viermal träger wird, die Halbwertszeit sich also (wie beim Beispiel Badewanne) vervierfacht.

Ein Trugschluss besonderer Art ist nun die bereits eingangs erwähnte Umdeutung, mit Blick auf den Wärmeverlust der Mauer sei gar nicht deren Wärmedurchgangskoeffizient von Relevanz, sondern die Mauerdicke. Dies versuchen die Wärmespeicher-Protagonisten anhand eines Rechenbeispiels zu belegen, welches auf missbräuchlich angewendeten Formeln aus einer Veröffentlichung von G. Hofbauer im Jahre 1941 basiert [3].

Zuerst berechnen die Dämmgegner von einer 25 cm starken Ziegelmauer eine Halbwertszeit von rund 10 h. Diese Mauer soll einer doppelt so dicken Ziegelmauer mit dem gleichen Flächengewicht und dem gleichen U-Wert gegenüber gestellt werden.

Die Halbwertszeit von der doppelt so dicken 50 cm Mauer wird dann aber *fälschlicherweise* mit dem doppelten Flächengewicht und dem halben Wärmedurchgangskoeffizient berechnet, was logischerweise und völlig unabhängig von der Mauerdicke zu einer viermal grösseren Halbwertszeit führt.

Hätte man jedoch - wie im Text angekündigt - das gleiche Flächengewicht und den gleichen Wärmedurchgangskoeffizient eingesetzt, hätte das trotz doppelter Mauerdicke exakt dieselbe Halbwertszeit von rund 10 h ergeben. Womit eigentlich schon jetzt klar wird, dass für die Halbwertszeit nicht die Mauerdicke, sondern das Raumgewicht resp. die Speicherkapazität sowie der Wärmedurchgangskoeffizient von Belang ist.

Selbst wenn diese mathematische Unstimmigkeit übergangen wird, bleibt die Frage nach dem physikalischen Zusammenhang zwischen der Halbwertszeit (Speicherkapazität) und dem Energieverbrauch der Aussenwand nach wie vor unbeantwortet.

Noch deutlicher belegbar ist die fehlende Relevanz der Mauerdicke mit einem zweischichtigen Maueraufbau: Eine zweischichtige, ebenfalls 25 cm dicke Mauer hat mit doppelter Speicherkapazität und dem halben Wärmedurchgangskoeffizient auch eine vierfache Halbwertszeit! Oder eine Mauer mit 12 cm Styropordämmung und 24 cm Backstein hat trotz gleicher Mauerdicke, gleichem Wärmedurchgangskoeffizient und gleicher Speicherkapazität völlig unterschiedliche Halbwertszeiten bei der Auskühlung, je nachdem, ob die Styroporschicht innen oder aussen angebracht ist.

Gerade das letzte Beispiel mit aussen oder innen liegender Wärmedämmung zeigt besonders deutlich, dass Halbwertszeit, Auskühlungsverlauf, Mauerträchtigkeit, Mauerdicke oder Speicherkapazität ohne nennenswerten Einfluss auf den Wärmeverlust einer Mauer sind. Dies wird nachfolgend auch noch anhand eines Simulationsprogrammes für instationäre Wärmeverluste aufgezeigt.

Einige durchgerechnete Beispiele zur Halbwertszeit

Das dabei angewendete Computerprogramm fusst auf der wissenschaftlich allgemein anerkannten Finite-Elemente-Methode; jenes wurde auch mit stationären Fällen sowie mit reinen Wärmeleitungsbeispielen überprüft. Die damit berechneten Halbwertszeiten sind durchgehend rund 20 Prozent kleiner als diejenigen von Hofbauer. Warum das so ist, wurde nicht untersucht. Zumal Hofbauer seine Berechnungen als Näherungswerte ausgibt und diese Differenzen überdies in der Praxis ohne Bedeutung sind.

Bilder 1 – 5 im Anhang 1 zeigen den Temperaturverlauf in verschiedenen Mauertiefen bei Auskühlung, ausgehend von einer durchgehenden Mauertemperatur von 20° C. Von den fünf aufgeführten Beispielen entsprechen die Fälle 1 und 3 den Rechenbeispielen von Hofbauer. In allen fünf Fällen wurden ferner dieselben Materialeigenschaften sowie eine äussere Wärmeübergangszahl $\alpha_a = 23.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ eingesetzt:

Material	Wärmeleitfähigkeit	Wärmespeicherzahl
Ziegelmauer	$\lambda = 0.87 \text{ W/mK}$	$s = 408.3 \text{ Wh/m}^3\text{K}$
Kork	$\lambda = 0.0522 \text{ W/mK}$	$s = 129.8 \text{ Wh/m}^3\text{K}$

Nach Bild 1 hat eine 41 cm starken Ziegelmauer eine Halbwertszeit von rund einem Tag. Mit den heute üblichen Wärmeübergangszahlen ergibt eine solche Mauer einen Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von $1.56 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nach jetzigen Massstäben ist das ein miserabler Wert, der durch die recht hohe Wärmespeicherfähigkeit nicht besser wird. Das behauptete Hofbauer in seiner Publikation aber auch nicht; er trennte im Gegenteil sehr sorgfältig die Wärmedämmwirkung von der Wärmespeicherung.

Bild 2 zeigt eine 25 cm Ziegelmauer mit 2 cm Kork aussen. Die aussen liegenden Korksicht sorgt für einen verminderten Wärmeabfluss, wodurch die Halbwertszeit gegenüber der dickeren 41 cm Ziegelmauer von Beispiel 1 auf $1\frac{1}{2}$ Tagen ansteigt. Der U-Wert ist mit $1.19 \text{ W/m}^2\text{K}$ ebenfalls besser als beim Beispiel 1.

Bild 3 dokumentiert den Auskühlungsverlauf einer 25 cm Ziegelmauer mit 2 cm Kork innen. Dies entspricht dem Fall 2 mit umgekehrtem Schichtaufbau. Die Halbwertszeit von 11 Stunden ist rund dreimal kleiner als beim Beispiel 2, obwohl der Wärmedurchgangskoeffizient mit $1.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, die Mauerdicken und die Materialien genau gleich sind wie beim Fall 2. Womit auch aus dieser Sicht wie bereits erwähnt klar wird, dass bei dem Energieverbrauch einer Fassade weder die Mauerdicke noch die Halbwertszeit von Relevanz sind.

Bild 4 zeigt dieselbe 25 cm Ziegelmauer wie nach Bilder 2 und 3, jedoch ohne zusätzliche Korkisolation. Die besonders wärmespeichernde Ziegelschicht ist wie gemäss Beispiel 3 ebenfalls direkt der Aussentemperatur ausgesetzt, wodurch die Halbwertszeit mit rund 11 h praktisch gleich wird wie im Fall 3 mit 2 cm Kork innen. Durch die fehlende Korkschicht ist der U-Wert mit 2.19 W/m²K jedoch deutlich schlechter.

Nach Bild 5 steigt die Halbwertszeit selbst mit einer 25 cm Ziegelmauer und 10 cm Kork innen nur unwesentlich mehr als nach Bild 3 auf rund 15 Stunden, da die wärmespeichernde Masse auch da direkt der Aussentemperatur ausgesetzt ist. Durch die 10 cm Kork innen verbessert sich jedoch der U-Wert auf recht gute 0.42 W/m²K.

Der Vergleich der Halbwertszeiten und U-Werte in Tabellenform:

Fall	Maueraufbau	Halbwertszeit ¹⁾	U-Wert ²⁾ [W/m ² K]
1	41 cm Ziegelmauer	1 Tag	1.56
2	2 cm Kork aussen 25 cm Ziegelmauer	1½ Tage	1.19
3	25 cm Ziegelmauer 2 cm Kork innen	11 Stunden	1.19
4	25 cm Ziegelmauer	11 Stunden	2.19
5	25 cm Ziegelmauer 10 cm Kork innen	15 Stunden	0.42

¹⁾ bei $\alpha_a = 23.2 \text{ W/m}^2\text{K}$

²⁾ bei $\alpha_a = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $\alpha_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fazit: Die längsten Halbwertszeiten werden nicht mit dicken, einschichtigen Mauern erreicht, sondern mit mehrschichtigen Mauern, deren grosse Wärmespeicherkapazität innen liegend ist und die aussen gut wärmedämmend sind. Das entspricht aber exakt dem Gegenteil der Behauptungen der Antidämmlobby, eine besonders effiziente Nutzung der Sonnenenergie setze eine möglichst grosse ausser liegende Speichermasse voraus. Einmal ganz abgesehen davon, dass eine aussen liegende Speichermasse weder im Sommer noch im Winter viel zur Erhaltung eines angenehmen Raumklimas beitragen kann.

2. Die Wärmespeicherfähigkeit

Aufgrund von Beobachtungen der Dämmgegner, die nicht dokumentiert und somit nicht nachkontrollierbar sind, wird hier die Wärmespeicherfähigkeit als die zweitwichtigste Grösse hingestellt. Diese Wärmespeicherfähigkeit ist allerdings (neben dem Wärmedurchgangskoeffizienten, dessen Relevanz ansonsten in Frage gestellt wird) bereits beim wichtigsten Faktor, der Mauerdicke resp. der Halbwertszeit berücksichtigt. Zudem wird die Speicherfähigkeit beim Punkt 8 der Aufzählung nochmals bemüht, ebenso (also zum vierten Mal) beim Punkt 5.

Was die Wärmespeicherfähigkeit auf die Nutzung von Sonneneinstrahlung bewirkt, wird anhand einiger Beispiele im Anhang 2 durchgerechnet. Dabei zeigt sich, dass der prozentuale Strahlungsgewinn viel kleiner ist als gemeinhin angenommen und dieser unabhängig vom Maueraufbau ist. Das immer unter der (meist nicht zutreffenden) Voraussetzung, die Heizung resp. deren Regelung könne den zusätzlichen Energiegewinn durch Sonnenstrahlung mit Blick auf einen Minderenergieverbrauch auch voll nutzen.

3. Strahlungsaufnahmefähigkeit / Farbe

Gemeint ist hier wahrscheinlich der Absorptionsgrad, welcher angibt, wie viel Energie der einfallende Licht- oder Sonnenstrahlung vom Material aufgenommen wird. Wie im Anhang 2 gezeigt wird, ist der im Winter durch Sonnenstrahlung auf die Fassade eines Gebäudes nutzbare Energieanteil relativ bescheiden, selbst auf der Südseite und wenn die Mauer mit Russ (Absorptionsgrad ca. 0.96) belegt würde.

4. Die Oberflächenstruktur

Die Fehlüberlegung lautet hier wohl, je grösser die Oberfläche, umso mehr Sonnenstrahlen werden «eingefangen», wie beispielsweise mit einem Wellblech.

Angenommen, die Sonne strahle mit 400 W/m^2 durch ein geöffnetes Fenster. Ob diese Strahlung im dahinter liegenden Raum auf ein senkrecht zur Strahlungsrichtung angeordneten Absorptionsfläche, auf eine 45° gedrehte Fläche oder auf einem Wellblech in Wärme umgewandelt wird – die nutzbare Energiemenge ist immer gleich gross.

Hingegen hat eine wellblechartige Fassade grössere Wärmeverluste als Folge der vergrösserten Oberfläche. Für eine normal wär-

megeämmte Fassade ist diese Art einer Oberflächenvergrösserung jedoch ohne praktische Bedeutung auf die Wärmeverluste.

5. Feuchtigkeit/Sorptionsfähigkeit

Von Paul Haller wurden in Jahren 1953 bis 1958 in Schlieren bei Zürich fensterlose Messhäuschen mit verschiedenen Maueraufbauten erstellt und deren Heizenergieverbrauch gemessen. Haller verfolgte auch die elektrische Leitfähigkeit im Mauerinnern und zog daraus Rückschlüsse auf die Mauerfeuchtigkeit. Demnach sollen die Aussenwände innen im Sommer generell feucht sein, in den Wintermonaten hingegen austrocknen.

Wer im Keller einen Entfeuchter einsetzt bzw. einsetzen muss, weiss das auch: Im Winter läuft der Entfeuchter kaum – im Gegensatz zum Sommer. Zu trocken ist die Aussenluft im Winter, und bei der Aufheizung auf Raumtemperatur sinkt die relative Feuchtigkeit noch weiter.

Neu ist hingehen die Hypothese, dass die durch die Feuchtigkeit erhöhte Wärmespeicherfähigkeit in ihrer Wirkung den durch die Feuchtigkeit erhöhten Wärmeverlust der Wand übertrifft. Dies sei zwar aus den Experimenten von Haller nicht quantifizierbar.

Was immer das auch heissen mag – schon die zeitliche Übereinstimmung zwischen der elektrischen Mauerleitfähigkeit und dem berechneten k-Wert (heute U-Wert) ist dürftig. So hat beim ausgewählten Beispiel der (aus dem Heizaufwand zurückgerechnete) k-Wert sein Maximum zwischen Dezember und Januar. Dies wahrscheinlich als Folge eines etwas erhöhten Heizaufwandes wegen weniger Sonne und nicht wie angenommen wegen der trockeneren Mauer. Der mit der Mauerfeuchte umgekehrt einhergehende elektrische Widerstand hat dagegen sein Maximum etwa vom Dezember bis Ende April und fällt danach steil ab.

Es wäre zudem einfach gewesen, diese Hypothese zu verifizieren, gibt es doch bei Um- und Erweiterungsbauten immer geeignete Möglichkeiten, um bei einem bestehenden und genutzten Gebäude einige Backsteine herauszubrechen und den Wassergehalt mittels Wägung und Trocknen im Backofen zu bestimmen. Offen wäre dann allerdings immer noch die Frage, ob die grössere Wärmespeicherkapazität in der Übergangszeit auf den Gesamtenergieverbrauch überhaupt etwas bewirkt.

Unter den U-Wert-Gegnern ist Haller ein angesehener Mann; entsprechend häufig wird er von diesen vor den Argumentationskarren gespannt. Was aber verschwiegen wird: Bei seinen neun

Messhäuschen war auch ein Leichtbau (Pappendeckelbau) mit dabei - mit klar besserem U-Wert als alle Backsteinbauten und entsprechend tiefem Heizenergieverbrauch! Dieses Beispiel zeigt einmal mehr, wie selektiv einige Wärmedämmgegner für ihre sektiererischen Auslegungen Forschungsergebnisse zitieren und umdeuten, die in den Untersuchungen vorhandenen klaren Beweise gegen ihre Dogmen jedoch generös ignorieren.

6. Wärmeleitung und Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert, früher k-Wert)

In der Kampfschrift gegen die Wärmedämmung wird immerhin die Relevanz des U-Wertes bei nicht bestrahlten Bauteilen eingeräumt. Relativiert wird dieses Eingeständnis durch den Nachsatz, «in zweiter Linie komme wiederum die Materialdicke und anschliessend die Wärmespeicherfähigkeit zum Tragen».

Nun ist aber die Wärmeleitung seit langem dermassen gut untersucht und auch problemlos zu erforschen, dass der Hinweis auf die Materialdicke und die Wärmespeicherfähigkeit nicht nur völlig verfehlt, sondern klar falsch ist. So nicht akzeptierbar ist auch die Behauptung, bei Aussenwänden fehle bis heute jegliche Korrelation in Bezug zum messbaren Energieverbrauch. Es ist zwar richtig, dass der berechnete und der tatsächliche Leistungsbedarf ebenso wie der Energieverbrauch stark divergieren können, sowohl in die eine wie in die andere Richtung. Die Ursachen reichen vom Benutzerverhalten über die Heizanlage mit Regelung bis zur Gebäudehülle [4]. Nicht zu reden von unsichtbaren bautechnischen Mängeln, ungenauer Erfassung des Ist-Zustandes, fehlerhaft erhobener Daten und ungenügenden Rechenkenntnissen. Weiteres dazu siehe auch im Anhang 3.

7. Wärmebrücken

Zusammenfassendes Zitat der Wärmedämmgegner: «Generell gilt hier die Argumentation von Punkt 4, "Die Oberflächenstruktur." Im Wesentlichen seien energetisch negative Wärmebrückenwirkungen nur bei aussengedämmten Konstruktionen mit geringer Innenwandstärke und mit niedrigem Flächengewicht festzustellen. Vermutlich spiele auch hier die Wanddicke gemäss Punkt 1 die entscheidende Rolle, um Kondensatausfall mit Schimmelpilz zu vermeiden. Unterschreite die Wanddicke eine bestimmte Grösse, werde die exponentielle Auskühlung beschleunigt. Bei dicken massiven Wänden von 40 bis 50 cm seien diese Nachteile nicht zu beobachten. Offizielle, reale Messungen hierzu bestünden nicht.»

Bei diesem Text könnte fast der Gedanken aufkommen, Wärmebrücken hätten eine positive Wirkung auf den Energieverbrauch eines Gebäudes. Es ist zwar richtig, dass Wärmebrücken wie (durchgehende) Balkonplatten bei aussengedämmten Konstruktionen, zusammen mit geringem Flächengewicht der Innenwänden, besonders problematisch sind. Ursache ist die "punktuelle" Wärmeableitung mit örtlicher Auskühlung durch ungenügenden Wärmenachschub als Folge eines geringen U-Wertes. Extrem formuliert, bei einer dicken, ungedämmten Betonfassade kann eine Wärmebrücke nicht viel Ungemach bereiten; der Wärmeverlust durch die Wärmebrücke ist gegenüber dem Mauerverlust vernachlässigbar, und es gibt keine Auskühlung – weder eine exponentielle noch eine lineare, sofern genügend Wärmeenergie zur Deckung der Verluste «nachgeschoben» wird.

8. Die Wärmeeindring-Geschwindigkeit

Leider ist die dazugehörige Argumentation nur schwer verständlich. Sollte mit der Wärmeeindringgeschwindigkeit der Wärmeeindringkoeffizient b gemeint sein, so ist b gleich der Wurzel aus dem Produkt von Wärmeleitfähigkeit und der Wärmespeicherzahl. Anders gesagt, je grösser die Wärmeleitfähigkeit und/oder die Wärmespeicherzahl, umso grösser der Wärmeeindringkoeffizient.

Das steht jetzt allerdings etwas im Widerspruch zum angeblich wichtigstem Faktor einer Aussenwand, dem am Anfang aufgeführten Punkt 1 mit der Halbwertszeit. Mit steigender Wärmeleitfähigkeit nimmt nämlich der Wärmeeindringkoeffizient zu, wogegen die Halbwertszeit einer Mauer sinkt.

Bei einem grossen Wärmeeindringwiderstand lasse sich – so wird nun behauptet – die Sonnenenergie nur in geringen Umfang nutzen. Gemeint ist wahrscheinlich auch da, dass sich die Sonnenenergie besser nutzen lasse, wenn die Sonnenstrahlung auf eine gut wärmeleitende Fassade mit grosser Speicherkapazität auftrifft.

Hier wird übersehen, dass der geforderte kleine Wärmeeindringwiderstand in umgekehrter Richtung auch für einen effektiven Wärmeabfluss – beispielsweise nach dem Sonnenuntergang oder in der Nacht – verantwortlich wäre. Man vergleiche dazu die Simulationsbeispiele im Anhang 2.

ANHANG 1 Auskühlungsverlauf und Halbwertszeit verschiedener Mauerkonstruktionen

Erläuterungen und Randbedingungen siehe vorstehenden Text

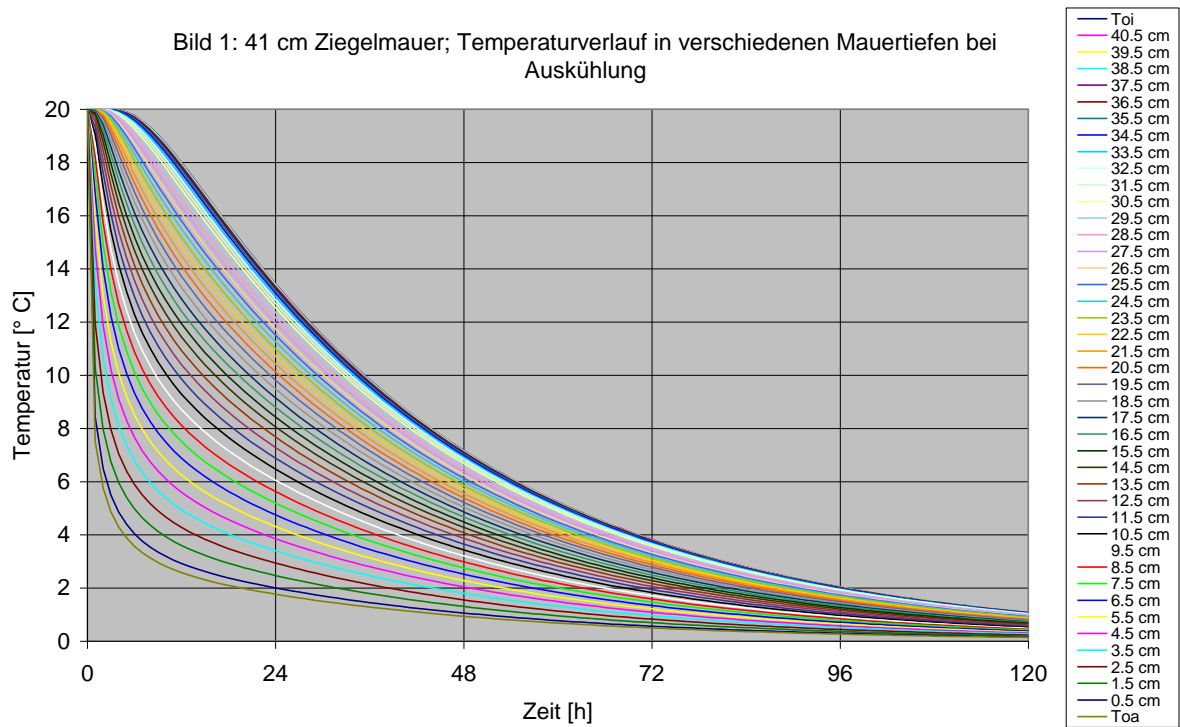
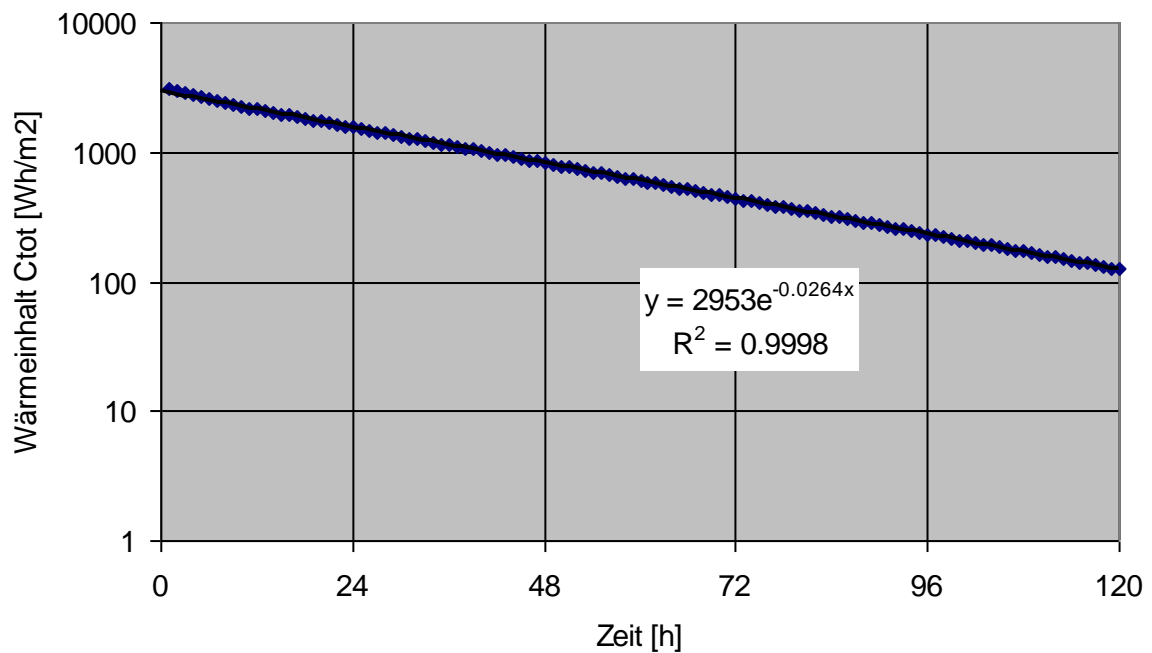


Bild 1b: Ziegelmauer 41 cm; Abnahme von C_{tot} bei Auskühlung



--> Halbwertszeit aus Steigung = 1 Tag

$$U = 1.56 \text{ W/m}^2\text{K bei } \alpha_a = 25 \text{ W/m}^2\text{K und } \alpha_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

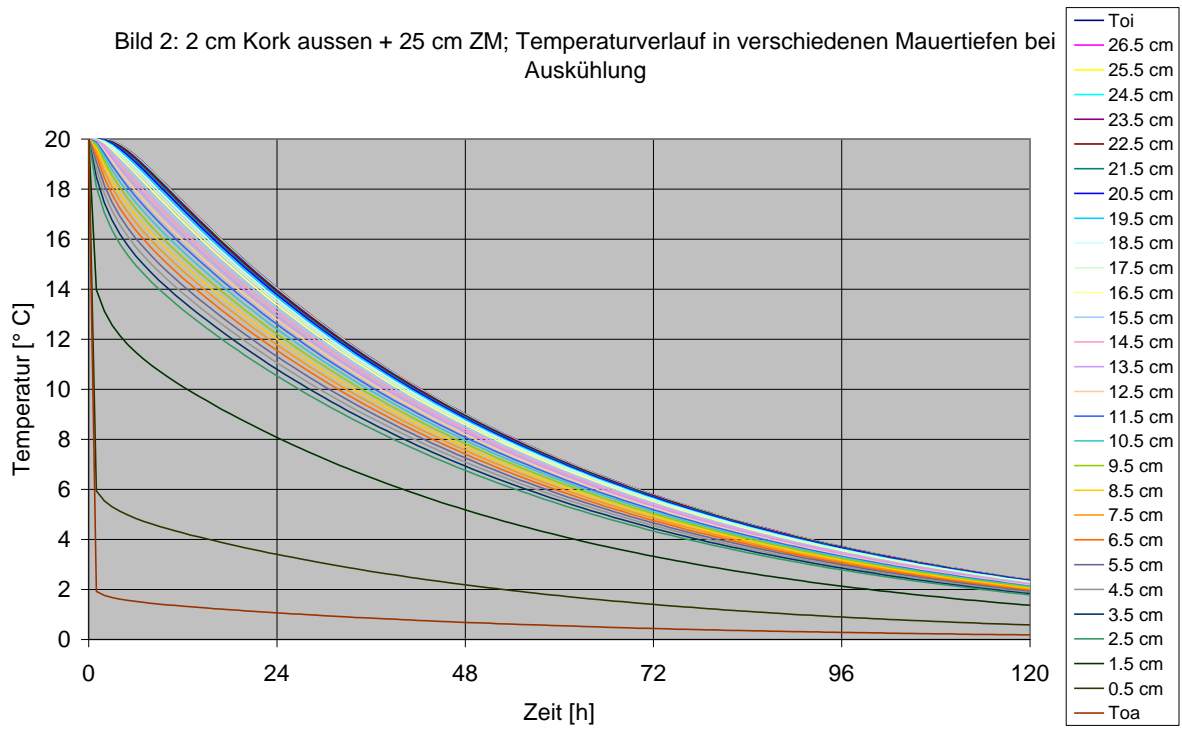
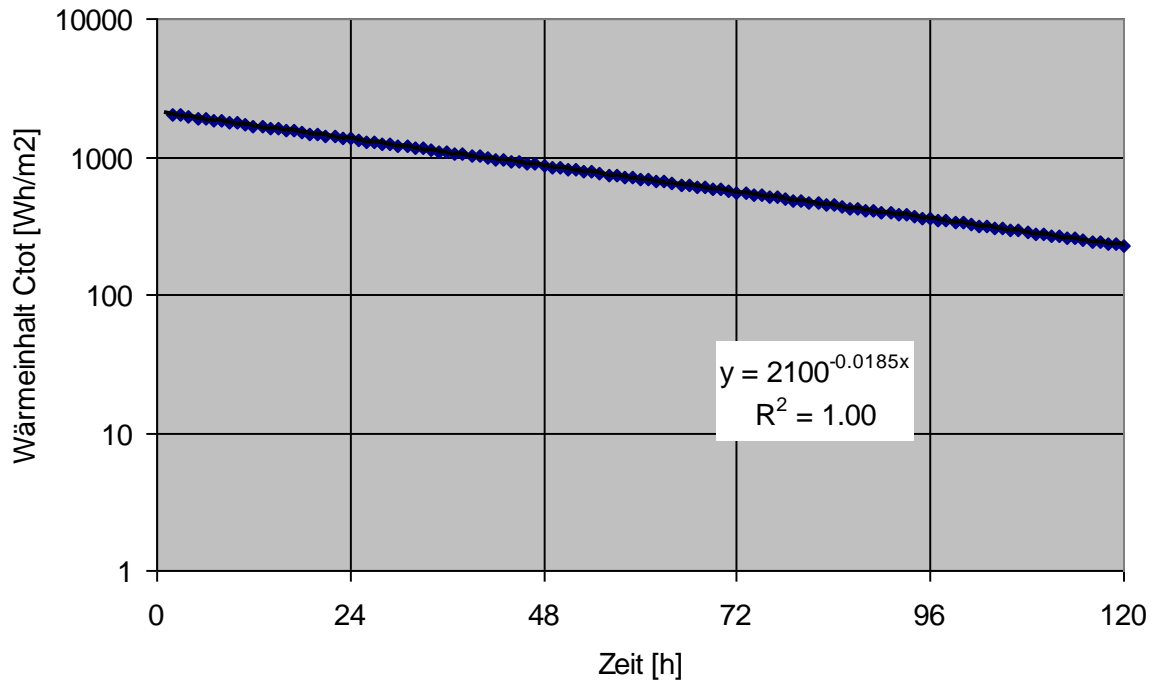


Bild 2b: 2 cm Kork aussen + ZM 25 cm; Abnahme von Ctot bei Auskühlung



--> Halbwertszeit aus Steigung = 1½ Tage

$U = 1.19 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei $\alpha_a = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $\alpha_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bild 3: 25 cm ZM + 2 cm Kork innen; Temperaturverlauf in verschiedenen Mauertiefen bei Auskühlung

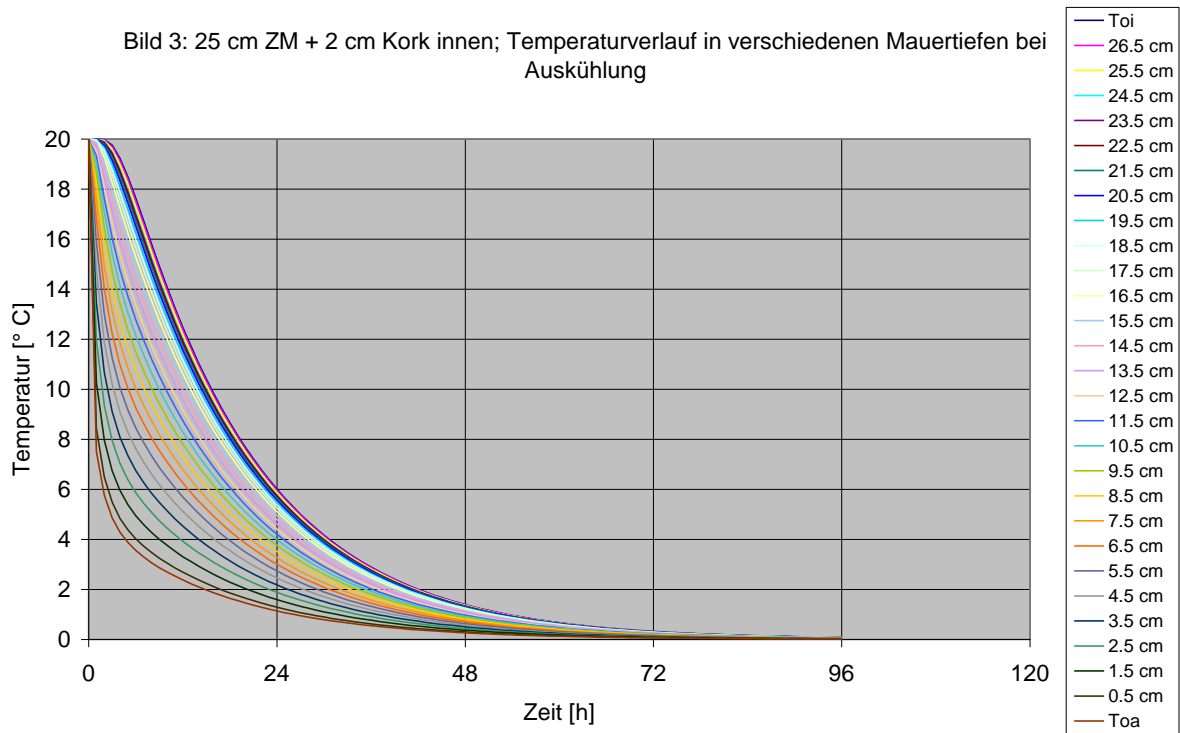
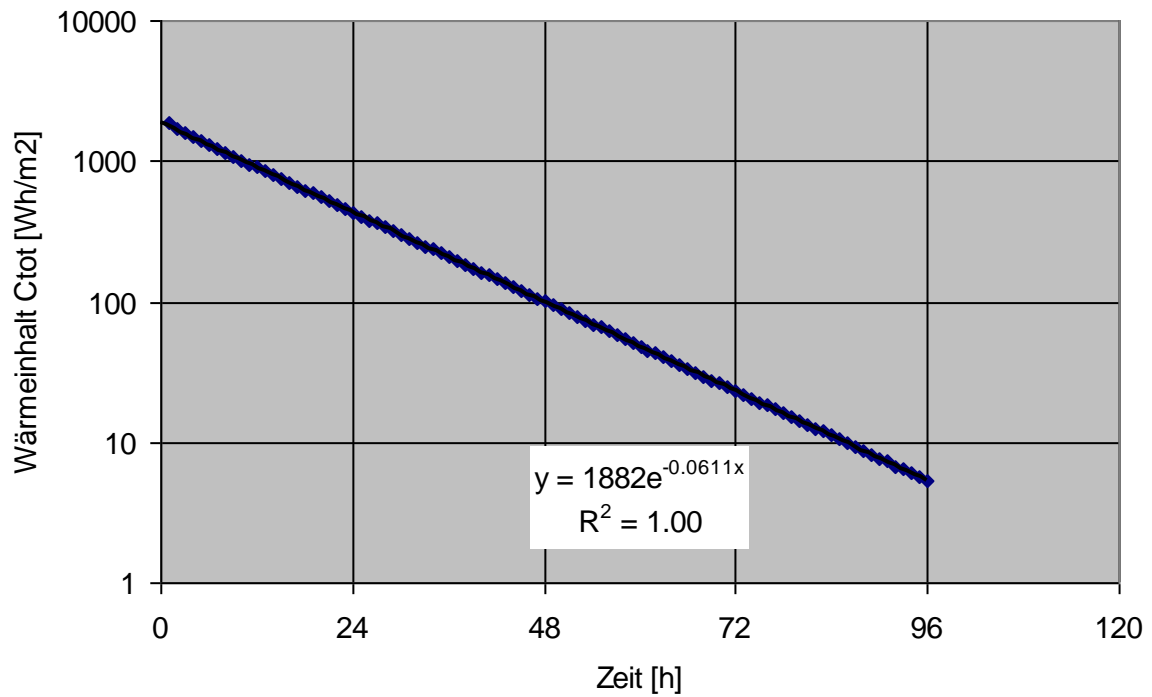


Bild 3b: ZM 25 cm + 2 cm Kork innen; Abnahme von Ctot bei Auskühlung



--> Halbwertszeit aus Steigung = 11 Stunden

$U = 1.19 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei $\alpha_a = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $\alpha_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$

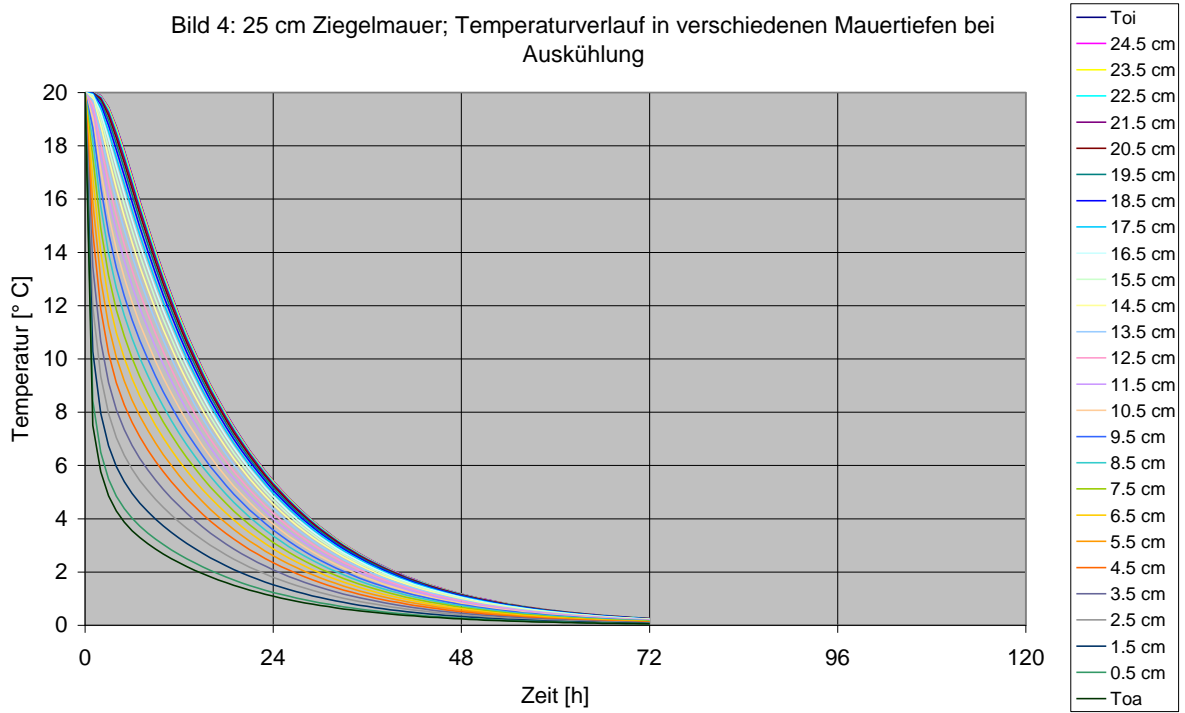
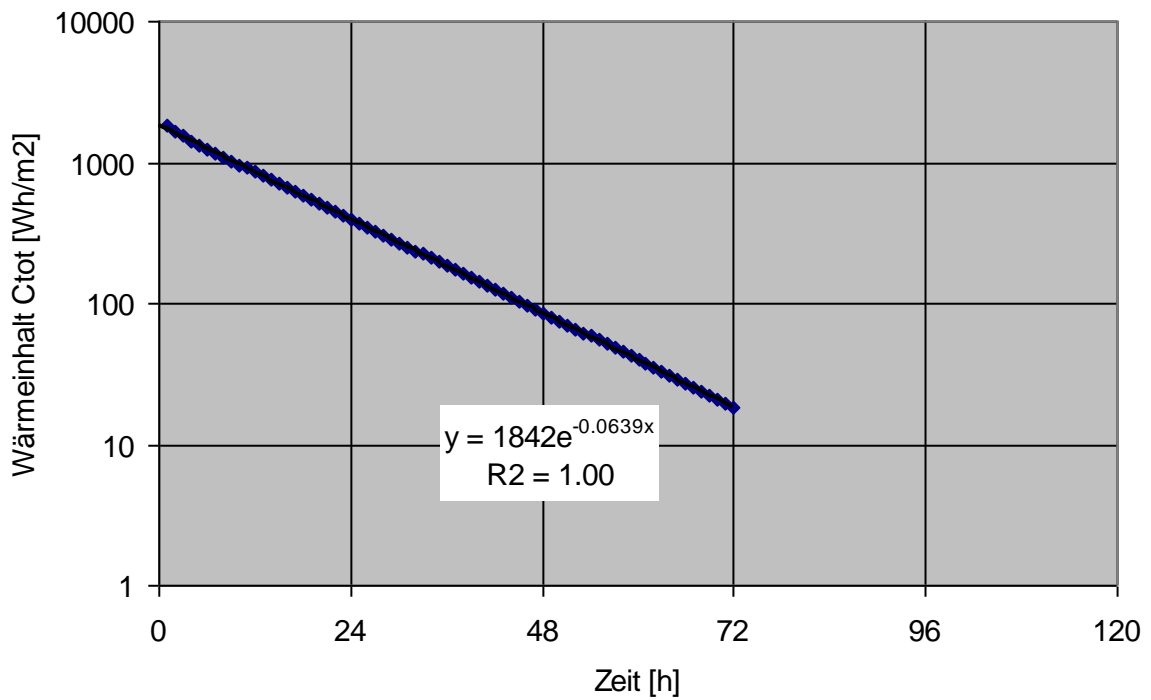


Bild 4b: Ziegelmauer 25 cm; Abnahme von C_{tot} bei Auskühlung



--> Halbwertszeit aus Steigung = 11 Stunden

$U = 2.19 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei $\alpha_a = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $\alpha_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$

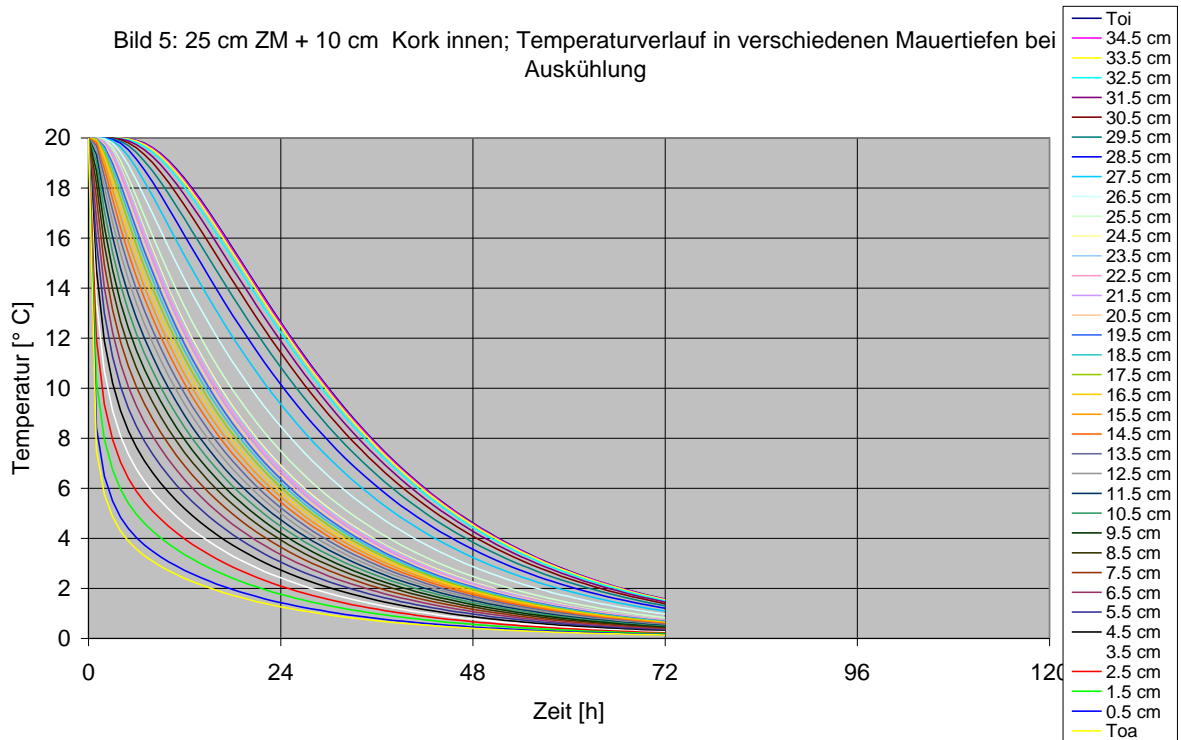
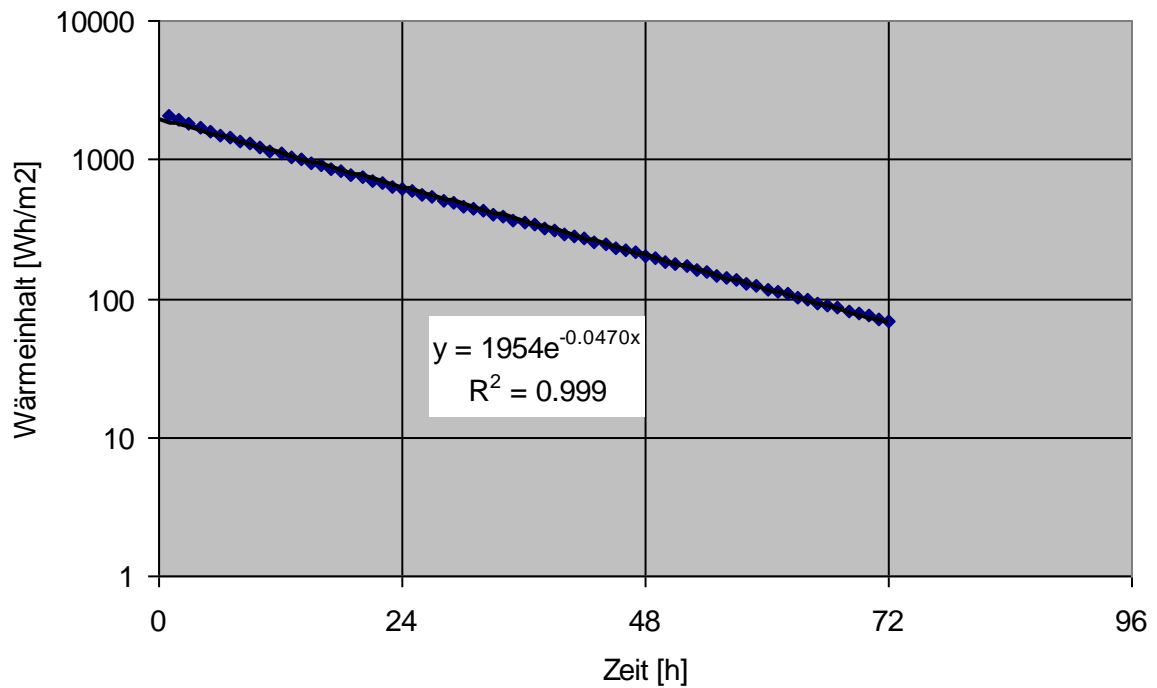


Bild 5b: ZM 25 cm + 10 cm Kork innen; Abnahme von C_{tot} bei Auskühlung



--> Halbwertszeit aus Steigung = 15 Stunden

$U = 0.42 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei $\alpha_a = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $\alpha_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$

ANHANG 2

Der Wärmegewinn durch Sonnenstrahlung auf unterschiedlich wärmespeichernde Mauerkonstruktionen

Von der auf nichttransparente Bauteile auftreffenden Sonnenstrahlung wird entsprechend dem Absorptionsgrad ein Teil der Strahlung auf der Oberfläche in Wärme umgewandelt und ein Teil reflektiert. Es ist nicht nachvollziehbar, warum bei einer durch Strahlung herbeigeführten Temperaturerhöhung andere physikalische Gesetzmässigkeiten gelten sollen als durch eine anderweitig ausgelöste Temperaturerhöhung. Die Ansicht der Wärmedämmgegnen, der U-Wert sei lediglich bei nicht bestrahlten Bauteilen relevant, entbehrt auch daher jeglicher Grundlage.

Anders gesagt, wer mit den Strahlungsüberlegungen nicht klar kommt, kann statt dessen gedanklich (oder physisch) eine elektrische Heizfolie auf die Fassadenoberfläche aufziehen und so Bilanzen erstellen. Die Ergebnisse werden gleich ausfallen wie hier aufgezeigt wird.

Für die Nutzung der Sonneneinstrahlung ist jedoch generell von ausschlaggebender Bedeutung, dass ein zusätzliches Wärmangebot von der entsprechenden Heizungsregelung auch berücksichtigt wird. Dies ist bei der in Mehrfamilienhäusern üblichen witterungsabhängigen Vorlauftemperaturregulierung mit dem Aussenfühler auf der Gebäudenordseite nicht und bei Thermostatventilen an den Heizkörpern nur ungenügend der Fall. Im Klartext, was über die Mauern (und auch durch die Fenster) kommt, ist normalerweise zumindest im Winter zum grösseren Teil verloren.

A) Theoretischer Nutzen bei stationäre Betrachtungsweise

Bei Null Grad C Aussentemperatur soll ein unbeheiztes, fensterloses Haus mittels ununterbrochener Sonnenstrahlung aus allen vier Himmelsrichtungen dauernd auf 20° C Raumtemperatur gehalten werden. Dazu müssten folglich das Dach und alle Aussenwände via Sonneneinstrahlung täglich während 24 Stunden auf 20° aufgeheizt sein. Gemäss Physikbuch hat aber eine 20° warme Fassade bei Null Grad Aussentemperatur einen Wärmeverlust von etwa 400 - 600 W pro m² Fassadenfläche. Eine solche, zur Aufrechterhaltung der Maueroberflächentemperatur von 20° C erforderlichen Leistung kann die Sonne jedoch kaum erbringen, nicht einmal kurzfristig auf der Gebäudesüdseite. Von einer 24 h pro Tag scheinenden Sonne und dem im Winter äusserst bescheidenen Strahlungsangebot aus den andern drei Himmelsrichtungen nicht zu reden.

Daraus folgt: Um die Fassadenwärmeverluste eines Gebäudes auch nur wenig zu vermindern, muss die äussere Fassadenoberfläche mit einer x-fach grösseren Wärmeleistung aufgewärmt werden. Im Winterhalbjahr reicht aber die vorhandene Sonnenstrahlung theoretisch nur für eine Verminderung der Fassadenwärmeverlust von durchschnittlich rund 10 % auf der Südseite und etwa 2 % auf der Nordseite. Dies allerdings lediglich bei einer normalerweise unrealistisch «dunkler» Fassadenoberfläche mit dem entsprechenden Absorptionsgrad.

Wie im obigen Beispiel mit einer Tag und Nacht ununterbrochener Sonneneinstrahlung erläutert, ist der prozentuale Gewinn bei pausenloser Strahlung praktisch unabhängig vom Schichtaufbau, dem Ausmass der Wärmedämmung, der Mauerdicke und des Speichervermögens der Aussenmauer. Der absolute Gewinn wird hingegen nur durch die Wärmedämmeigenschaften der Mauer bestimmt.

Für die solare Ausnutzung η_S gilt also:

$$\eta_S = 100 \cdot G \cdot \alpha / \alpha_a (\theta_i - \theta_a) \quad [\%]$$

Die solare Ausnutzung η_S wird 100 Prozent, wenn die Globalstrahlung G mal den Absorptionsgrad α gleich gross ist wie die Temperaturdifferenz zwischen Aussen und Innen mal der äusseren Wärmeübergangszahl α_a .

Für den absoluten solaren Gewinn G_S gilt:

$$G_S = U \cdot G \cdot \alpha / \alpha_a \quad [\text{W/m}^2]$$

Der absolute solare Gewinn G_S ist wie erwähnt vom U-Wert abhängig; die Temperaturdifferenz zwischen Aussen und Innen ist dabei nicht von Belang.

Wie im folgenden dargelegt wird, gelten diese Ansätze unter Einbezug der Intervallzeit auch für eine nur sporadisch scheinende Sonne. Vergleichbar ist das sinngemäss mit einer monatlichen Wärmeverbrauchsberechnung unter Anwendung einer Monatsmitteltemperatur. Kein Mensch käme da auf den Gedanken, diesen Monatswärmeverbrauch anhand eines Temperaturverlaufs mit Stunden- oder Minutenauflösung zu berechnen – unter Berücksichtigung einer eventuellen Nachtabenkung womöglich noch getrennt nach Tag und Nacht!

Natürlich treffen diese Aussagen nur für die Heizsaison zu, wenn also keine Beeinflussungen durch Heizgrenzen zu beachten sind.

B) Instationäre Betrachtungsweise

(siehe dazu auch das Meilener Experiment am Schluss von Anhang 2)

Je mehr beispielsweise das oben genannte, unbeheizte Haus - ganz in Sinne der Speicheranhänger - mit Speichermasse versehen wird, um so mehr wird der instationäre Einfluss (Strahlung und/oder Temperatur) gedämpft und damit im Extremfall bis zu einem stationären Ablauf ausgemittelt. Ein zusätzlicher Nutzen durch Speichermasse ist selbst im entsprechenden Extremfall immer noch nicht gegeben, sofern die Heizgrenze nicht überschritten wird. Ob dieses Gebäude dann nur jeden zweiten Tag, dafür aber mit der doppelten Strahlungsleistung aus allen vier Himmelsrichtungen auf 20° C aufgeheizt würde oder gar im Minutentakt (eine Minute doppelte Strahlung, eine Minute Pause), ist auf den längerfristigen Heizaufwand praktisch belanglos. Umgekehrt würde bei derselben Strahlungsleistung, die aber zeitlich nur zu 50 Prozent erbracht wird, eine Raumtemperatur von lediglich etwa 10° C resultieren.

Dasselbe ergibt sich, wenn fast keine oder übliche Speichermassen zum Einsatz kommen: Schichtaufbau, die Wärmedämmung und das Speichervermögens der Aussenmauer bestimmen zwar die Temperaturverläufe und damit die momentanen Wärmeflüsse in der Mauer. Es gibt Phasenverschiebungen und Amplitudendämpfungen; letztlich ist aber der absolute Gewinn auch bei instationärer Betrachtungsweise nur vom U-Wert der Mauer abhängig. Dies soll im folgenden näherungsweise anhand von sechs Simulationsrechnungen mit fünf unterschiedlichen Mauern aufgezeigt werden.

Zum Einsatz kommen dabei zwei Materialien in unterschiedlichen Anordnungen:

Material	Wärmeleitfähigkeit	Wärmespeicherzahl
Backstein	$\lambda = 0.44 \text{ W/mK}$	$s = 275 \text{ Wh/m}^3\text{K}$
Styropor	$\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$	$s = 10 \text{ Wh/m}^3\text{K}$

Als Wärmeübergangszahl innen (α_i) wurde 7.7 W/m²K eingesetzt. Die äussere Wärmeübergangszahl (α_a) ist wegen der Wärmeabgabe der solar aufgewärmten Oberfläche wichtiger; sie wurde mit 25 W/m²K angenommen. Als Absorptionsgrad wurde 0.7 eingesetzt; dies ist ein hoher Wert, welcher in der Praxis nur bei intensiver Farbgebung erreicht wird.

Die Simulationsrechnungen setzen eine mittels Heizung exakt auf 20° C gehaltene Raumtemperatur sowie eine Aussentemperatur von 0° C voraus. Nach dem Erreichen des Beharrungszustandes wird das Bauteil einmalig während drei Stunden mit 400 W/m² bestrahlt (Ausnahme Beispiel 4 mit täglich sechs Stunden Strahlung). Zur besseren Interpretation wurde eine konstante Sonnenstrahlung angenommen. Das Simulationsprogramm lässt allerdings jeden beliebigen Verlauf der Strahlung (wie auch der Außen- und der Innentemperatur) zu. Die je nach Mauertiefe verschiedenen Temperaturverläufe sind weiter hinten in diesem Anhang 2 aufgeführt

Aus diesen Temperaturkurven resp. deren Differenzen und den angegebenen Parametern sind die Energieflüsse sowie der Wärmehalt der Mauer jederzeit zu berechnen. In Anlehnung an das Kirchhoffsche Knotenpunktgesetz sind Bilanzen erstellbar, siehe nachstehende Bilder einer Simulation mit einer 24 cm Backsteinmauer samt Temperaturen und Wärmeflüsse im 1 cm Maueraster. Anmerkung: Die vielen Nachkommastellen bei den Temperaturen und den Wärmeflüssen täuschen eine real nicht vorhandene Genauigkeit nur vor.

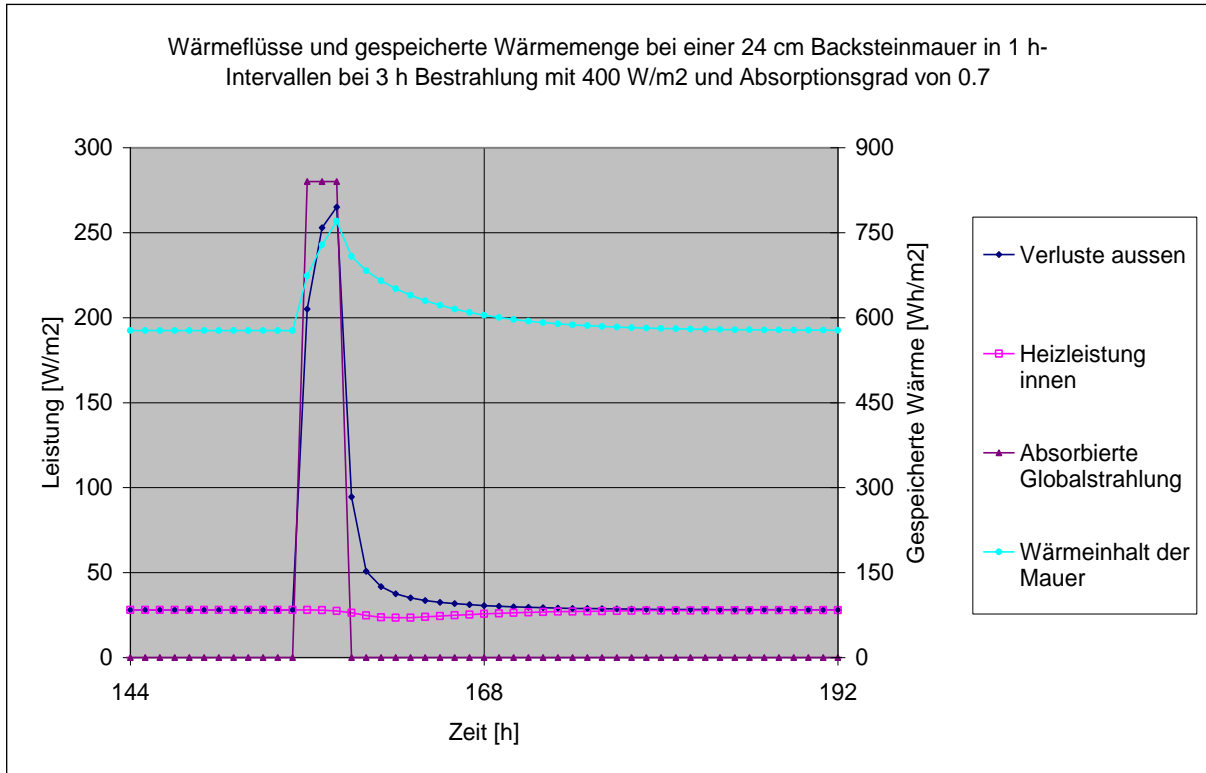
```
7 d 0 h 0 Min      Mittl. Schichttemp. TS1: 5.29   TS2: 13.02 [°C]
                   C01: 174.7   C02: 429.6   C01&2: 604.3 [Wh/m2]

: 0 ° / -30.387 W/m2
 * 1.56 ° / -30.313 W/m2
 * 2.249 ° / -30.23 W/m2
 * 2.936 ° / -30.123 W/m2
 * 3.621 ° / -29.993 W/m2
 * 4.302 ° / -29.842 W/m2
 * 4.98 ° / -29.671 W/m2
 * 5.655 ° / -29.483 W/m2
 * 6.325 ° / -29.279 W/m2
 * 6.99 ° / -29.063 W/m2
 * 7.651 ° / -28.835 W/m2
 * 8.306 ° / -28.599 W/m2
 * 8.956 ° / -28.357 W/m2

 * 9.601 ° / -28.111 W/m2
 * 10.239 ° / -27.866 W/m2
 * 10.873 ° / -27.621 W/m2
 * 11.501 ° / -27.381 W/m2
 * 12.123 ° / -27.148 W/m2
 * 12.74 ° / -26.924 W/m2
 * 13.352 ° / -26.711 W/m2
 * 13.959 ° / -26.511 W/m2
 * 14.561 ° / -26.326 W/m2
 * 15.16 ° / -26.158 W/m2
 * 15.754 ° / -26.008 W/m2
 * 16.345 ° / (P .5 Z n.u.)
 : 20 ° / -25.866

h-Bilanz: Verlust 30.6   Heizen 25.7   d Cap. -4.9   GS (h,S) 0   Wh/m2h
d-Bilanz: Verlust 1450  Heizen 637   d Cap. 27    GS (h,S) 840 Wh/m2d

TASTE DRÜCKEN
BS je 5 Min.: m      BS je h: h      BS je d: d
Printer: p          Einzelschritt: i   Abbruch: e
```



Beispiel 1: Wand aus 12 cm Styropor

Mit Einsetzen der Strahlung steigen die Wandtemperaturen praktisch unverzögert an (und fallen bei Strahlungsende dementsprechend auch sofort wieder ab). Gegen innen ist die Temperaturamplitude stark gedämpft, die Phasenverschiebung klein. Wie anhand der inneren Oberflächentemperatur T_{oi} ersichtlich wird, ist der Nutzen der Strahlung mit Blick auf eine verminderte Heizleistung gering.

Beispiel 2: 24 cm Backsteinmauer

Nach 3 h Strahlung ist die äussere Oberflächentemperatur fast gleich wie beim Beispiel 1. Absolut gesehen scheint hier der für die Heizung nutzbare Anteil grösser zu sein. Deutlich sichtbar ist auch die Phasenverschiebung.

Beispiel 3a: 48 cm Backsteinmauer

Die nach 3 h Strahlung resultierende Oberflächentemperatur aussen ist nochmals etwa tiefer als beim 2. Beispiel. Die Amplitudendämpfung bewirkt, dass die Auswirkung der Strahlungsperiode auf die innere Oberflächentemperatur kaum mehr sichtbar ist. Entsprechend ist der Nutzen der Strahlungsperiode gering. Die Phasenverschiebung ist dagegen gross.

Beispiel 3b: 48 cm Backsteinmauer mit täglich sechs Stunden Strahlung

Trotz täglich 6 h mit 400 W/m^2 Strahlung ist der (theoretische) Heizaufwand nur unwesentlich geringer wie beim Beispiel 3a. Der tägliche Nutzen steigt mit der Einstrahlungsdauer linear, siehe Tabelle 1.

Beispiel 4: 24 cm Backstein mit 12 cm Polystyrolämmung aussen

Im Fall der Mauer mit Aussendämmung sind die Temperaturverläufe ähnlich wie beim Beispiel 1. Die Strahlungsenergie wird ohne grosse Verzögerung auf den Backstein übertragen, die Amplitude wird dort weiter gedämpft. Die Phasenverschiebung erfolgt im Backstein.

Beispiel 5: 24 cm Backstein mit 12 cm Polystyrolämmung innen

Als Folge der recht grossen Speichermasse aussen wird hier während der Strahlungsperiode eine grosse Wärmemenge aufgenommen und gespeichert. Im Polystyrol ist davon aber nicht mehr viel vorhanden: Nach innen kann die Wärme als Folge der tiefen Wärmeleitfähigkeit des Polystyrols nicht eindringen; jene wird vielmehr mit grosser Verzögerung wieder nach aussen abgeführt.

Tabelle 1: Verschiedene Mauern – gleicher prozentualer Gewinn

Bsp.	Maueraufbau	Wärmeverluste ohne Sonne in $\text{Wh/m}^2\text{d}$	Absoluter Sonnergewinn in Wh/m^2 aus 1200 Wh/m^2	Prozentualer Gewinn, bezogen auf einen Tag (gerundet)
1	12 cm Styropor	133	9	7
2	24 cm Backstein	671	47	7
3a	48 cm Backstein	381	28	7
3b	48 cm Backstein, täglich 6 h Sonne à 400 W/m^2	381	(täglich 56)	(täglich 15)
4	12 cm Styropor aussen 24 cm Backstein innen	116	8	7
5	24 cm Backstein aussen 12 cm Styropor innen	116	8	7

Wie schon nach der stationären Betrachtung zu erwarten war, ist der prozentuale Gewinn durch die Strahlung gemäss der letzten Spalte von Tabelle 1 immer gleich gross. Dies selbst bei grossen Unterschieden in den Mauereigenschaften

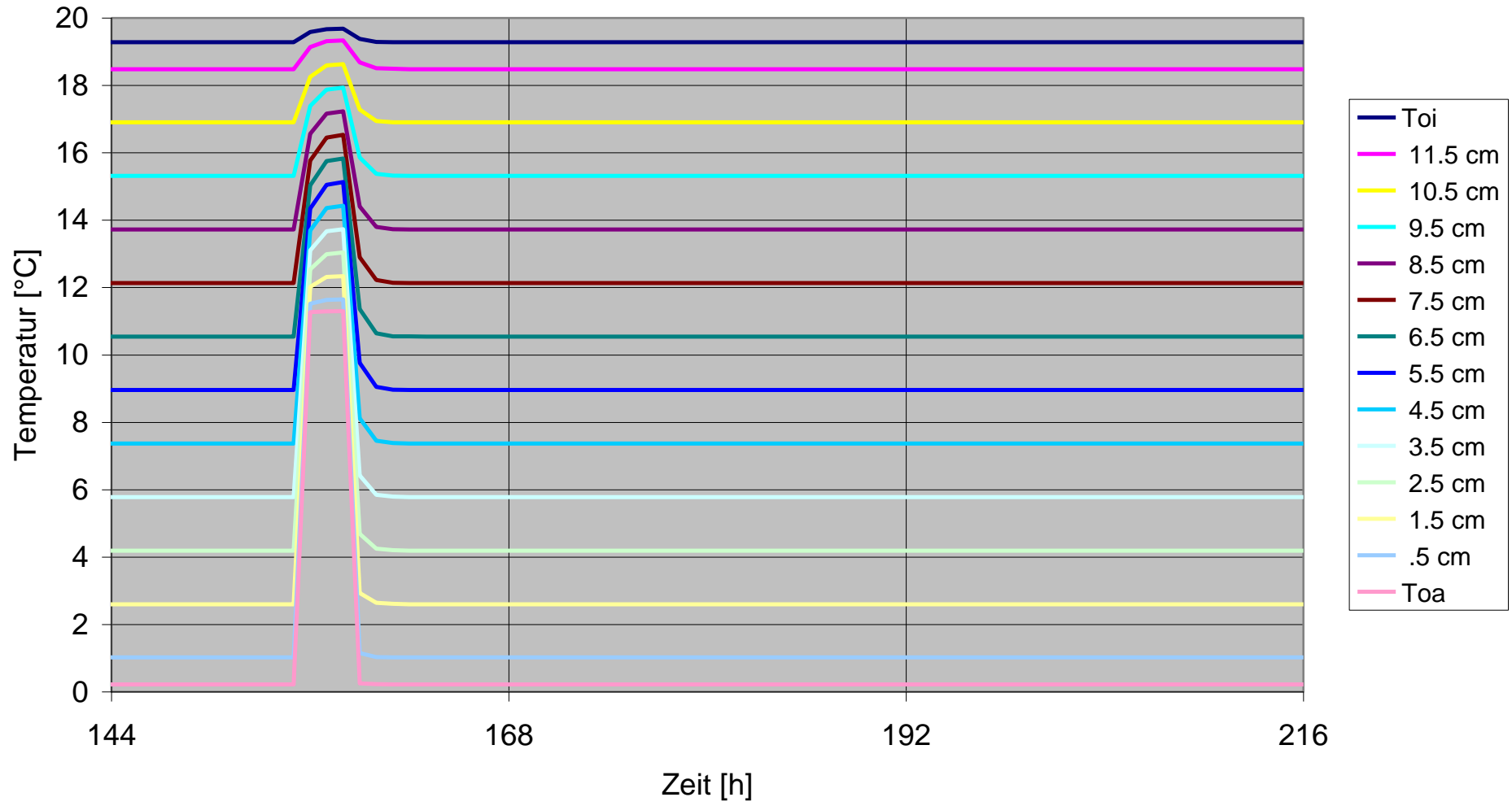
In der zweitletzten Spalte von Tabelle 1 sind die absoluten Wärmegewinne aufgelistet, welche dem verminderten Heizaufwand entsprechen. Anders als angenommen nutzt nicht die 48 cm Backsteinmauer mit der grössten Speicherkapazität insgesamt die meiste Strahlung, sondern die halb so dicke 24 cm Backsteinmauer. Ursache ist der hohe U-Wert, denn je höher der U-Wert, um so mehr vom Wärmeverlust ist einsparbar, um so höher also der absolute Gewinn. Mit andern Worten, optimal ist der absolute Gewinn bei einer unisolierten Wellblechbaracke.

Die beiden zweischichtigen Mauern haben (ebenfalls entgegen gefühlsmässigen Abschätzungen) den gleichen absoluten Wärmegewinn, ob die Wärmedämmung aussen oder innen angebracht ist. Da beide Mauern den kleinsten Wärmeverlust aller Beispiele aufweisen, sind auch die absoluten Gewinne minimal.

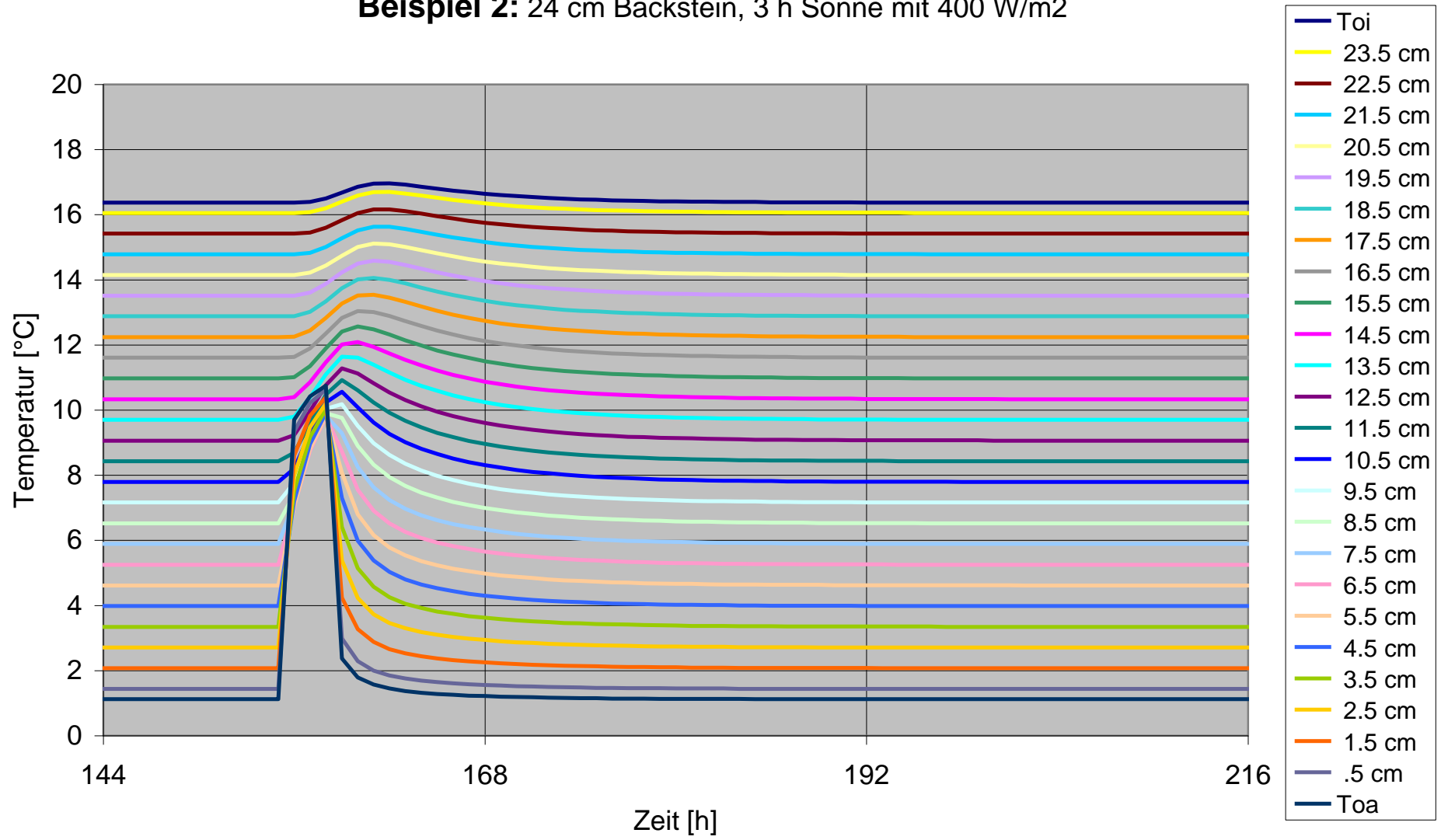
Scheint die Sonne täglich sechs statt einmal drei Stunden, vervielfacht sich der absolute und der relative Gewinn (Beispiel 3b). Die bei der stationären Betrachtungsweise geäusserten Gesetzmässigkeiten haben somit auch bei instationärer Betrachtungsweise ihre Gültigkeit. Immer vorausgesetzt, der Nutzungsablauf werde nicht durch Heizgrenzen beeinflusst.

Die Beispiele belegen ferner, dass die Phasenverschiebung – d.h. die Zeitverschiebung, bis eine aussen auftretende Störung sich innen auswirkt - bei den heute üblichen Dämmwerten irrelevant ist.

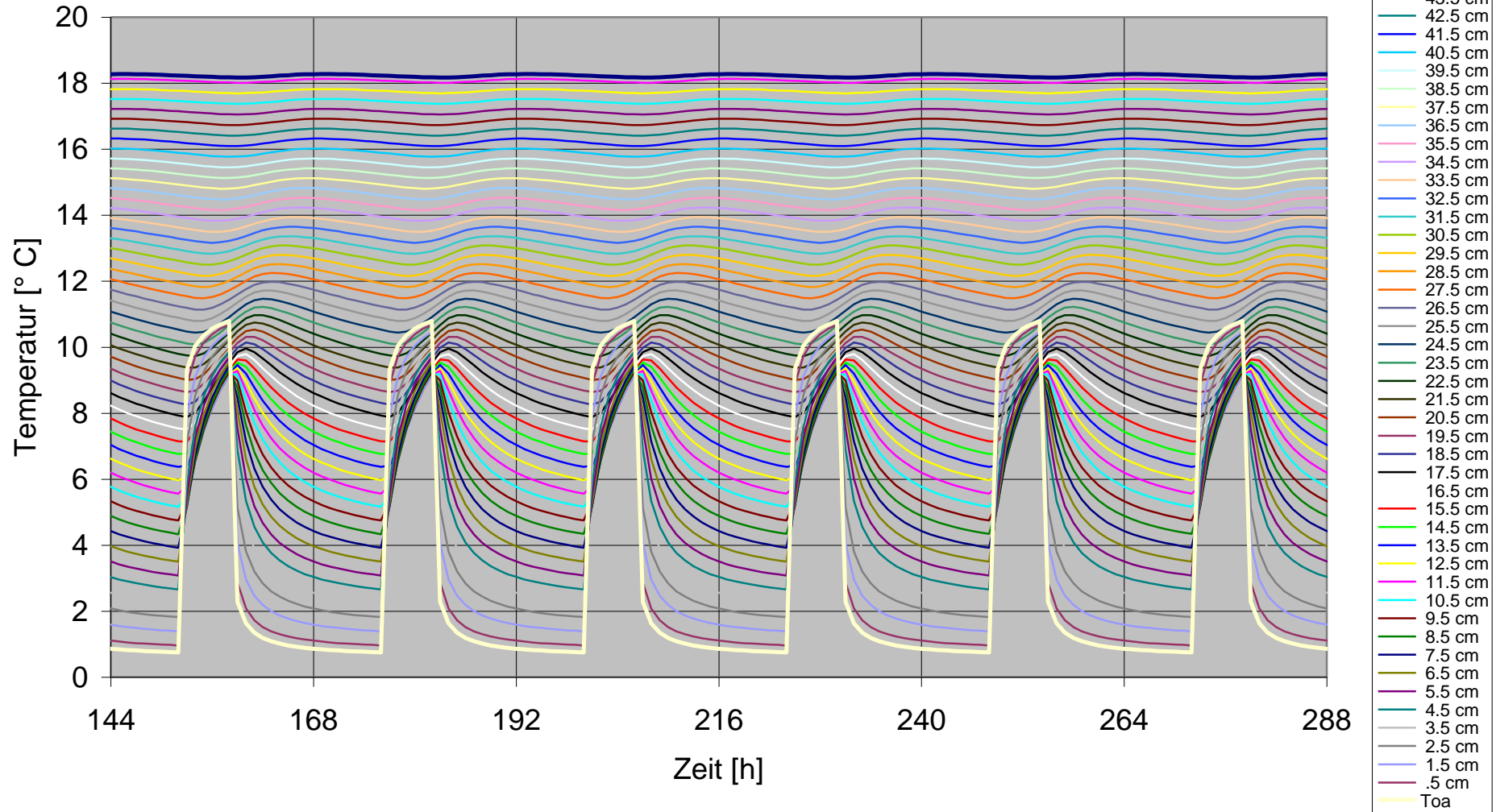
Beispiel 1: 12 cm Polystyrol, 3 h Sonne mit 400 W/m²



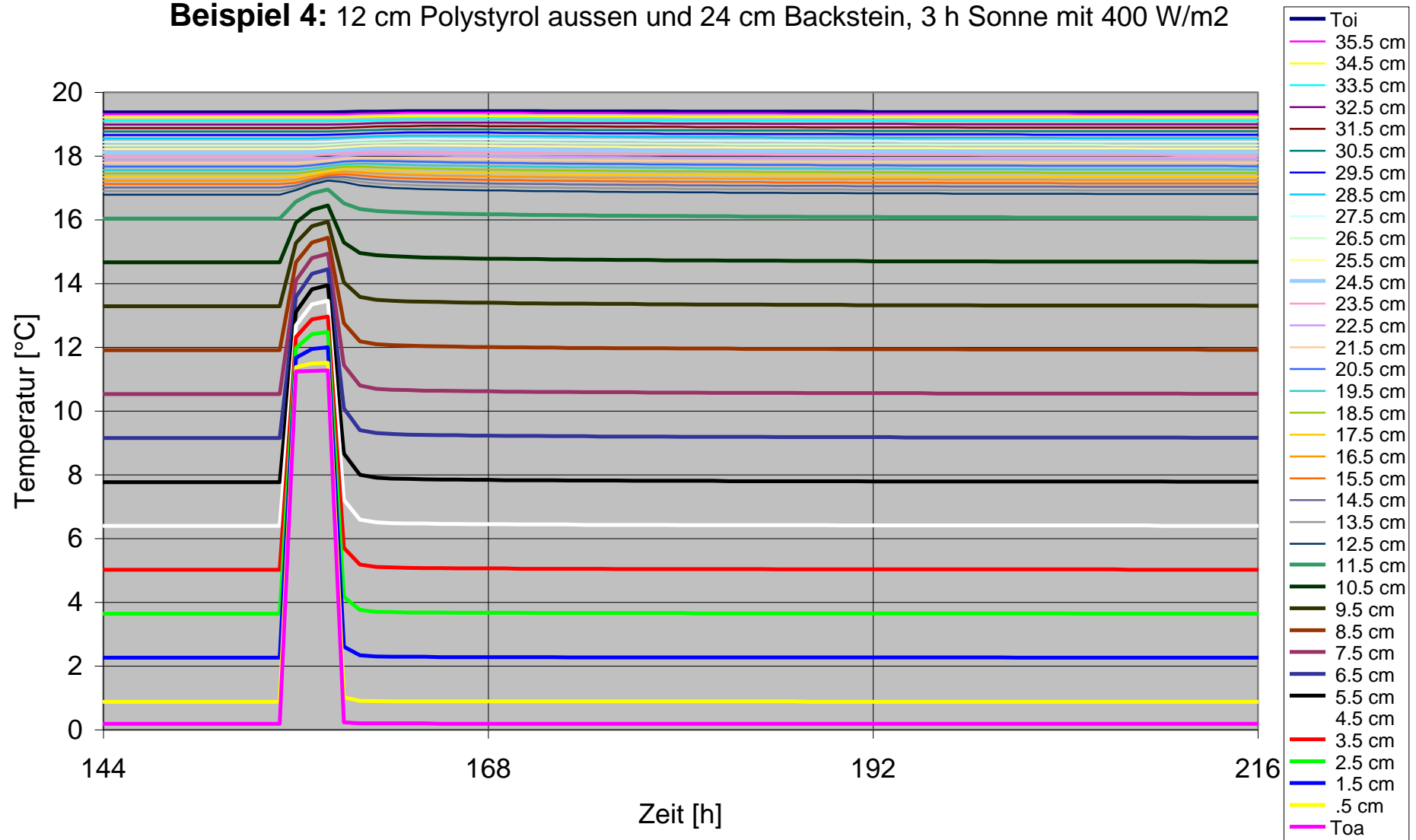
Beispiel 2: 24 cm Backstein, 3 h Sonne mit 400 W/m²



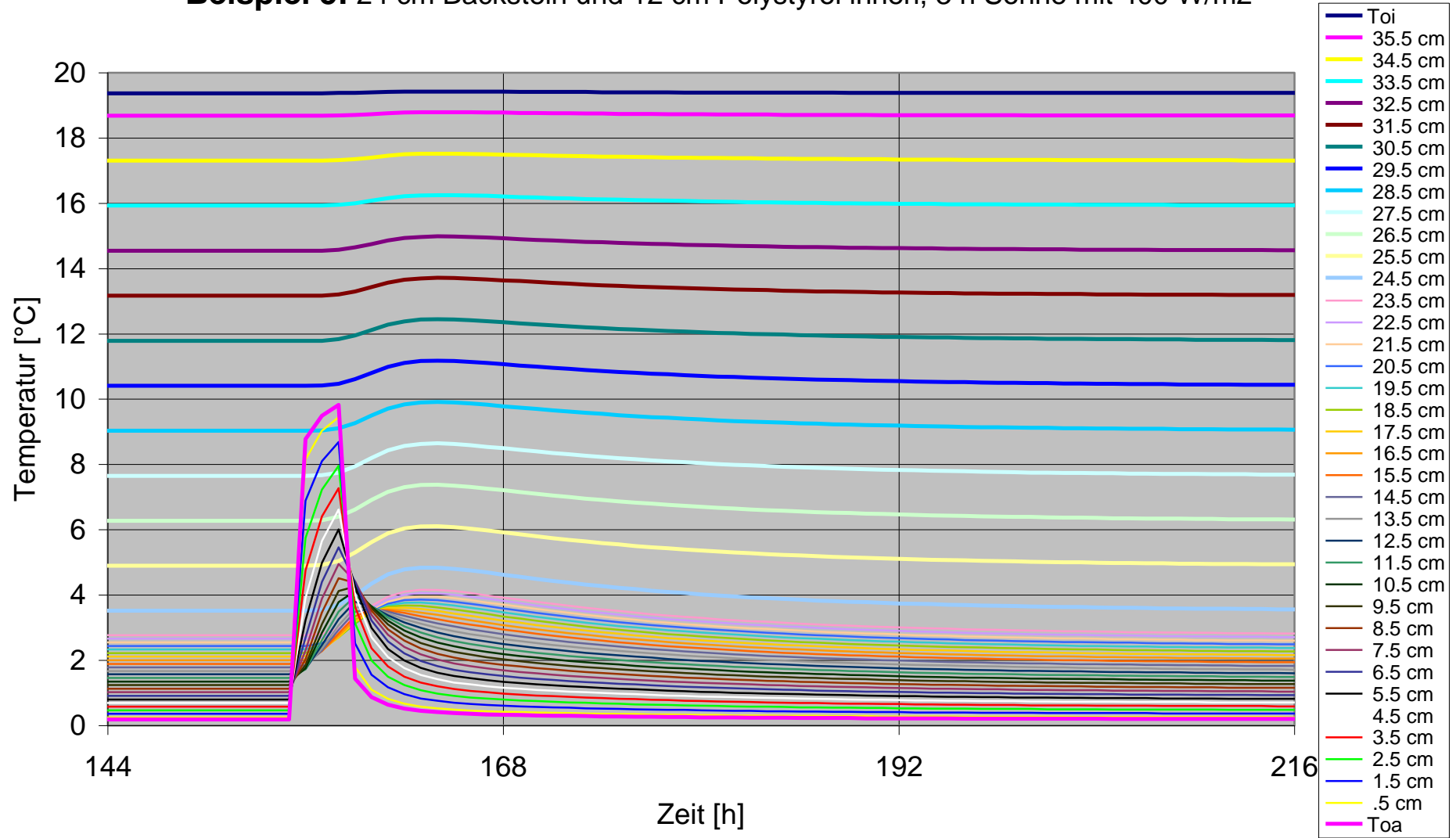
Beispiel 3b: 48 cm Backstein, täglich 6 h Sonne mit 400 W/m²



Beispiel 4: 12 cm Polystyrol aussen und 24 cm Backstein, 3 h Sonne mit 400 W/m²



Beispiel 5: 24 cm Backstein und 12 cm Polystyrol innen, 3 h Sonne mit 400 W/m²



Das Meilener Experiment

Angenommen, ein dichtes, fensterloses Häuschen aus dicken Styroporplatten beanspruche bei längerer winterlicher Exposition eine bestimmte Wärmemenge zur Aufrechterhaltung einer Innentemperatur von 20° C. Nach den Ansichten der Speicherbefürworter würde dieses Häuschen mit einer aussen anliegenden Vormauerung trotz identischer Innentemperatur bedeutend weniger Heizenergie verbrauchen.

Für das Gleichgewicht in der Energiebilanz müsste folglich eine andere Wärmequelle im Umfang der eingesparten Energie aufkommen. Diese geheimnisvolle Energiequelle wäre jedoch mit geringem Aufwand aufzuspüren: Zwei ansonsten exakt gleiche, mattschwarz lackierte und luftdicht verschlossene, grosse Einmachgläser – das eine mit sehr viel, das andere mit wenig Speichermasse versehen – werden in geeigneter Weise im Freien exponiert. In beiden Körpern wird die Innentemperatur beispielsweise mit einem Datenlogger aufgezeichnet.

Würde sich nun als Folge der Masse ein zusätzlicher Gewinn einstellen, etwa durch Sonnenstrahlung oder wegen des instationären Temperaturverlaufs, müsste demnach die Temperatur im schweren Körper im Durchschnitt höher liegen. Das war jedoch nicht der Fall. Über mehrere Tage oder Wochen ist die Mitteltemperatur im Bereich der Eichgenauigkeit identisch.

Dieses Resultat dürfte sinngemäss auch auf normal beheizte, fensterlose Gebäude übertragbar sein, sofern keine Heizgrenzen zu beachten sind. Sind hingegen transparente Bauteile in der Gebäudehülle vorhanden, werden sich im unbeheizten Zustand höhere Mitteltemperaturen einstellen. Die Globalstrahlung wirkt dann via Glasflächen wie eine weitere, besonders effiziente zusätzliche Heizung, und die Innentemperatur steigt solange, bis die ebenfalls ansteigenden Wärmeverluste dem gesamten Energieinput entsprechen.

Das ist wiederum praktisch unabhängig von der inneren Speichermasse, welche zwar auf den Temperaturverlauf dämpfend und verzögernd einwirkt, die Mitteltemperatur jedoch nicht beeinflusst. Um das experimentell zu überprüfen, wäre die obengenannte Versuchsanordnung um zwei (ebenfalls mit unterschiedlicher Speichermasse versehenen) Einmachgläser zu erweitern, deren Oberfläche beispielsweise zu einem Viertel transparent bleibt.

In diesem Zusammenhang sei auch auf das Tessiner Experiment des Autoren hingewiesen [8]:

In einem sporadisch bewohnten, ansonsten praktisch unbeheizten Wohnhaus in der Südschweiz (Tessin) wurden im Winter 2011/12 die Innentemperaturen gemessen und mit den Aussentemperaturen sowie der Globalstrahlung verglichen. Aus den erhobenen Daten ist zu schliessen, dass der sonnenbedingte Wärmegewinn dieses Gebäudes in den Monaten Dezember bis März etwa einer durchschnittlichen Temperaturerhöhung von 2 – 3° C entspricht.

Im Monat November dürfte unter üblichen Bedingungen auf der Alpennordseite jeweils mit einem solaren Zusatzgewinn von durchschnittlich höchstens 2 K zu rechnen sein, welcher bis zur Heizgrenze und zusammen mit den inneren Abwärmern eines normal bewohnten Gebäudes auf etwa 5 - 6 K steigt.

Der Grossteil dieses Wärmegewinnes wird im Normalfall via transparente Bauteile erzielt. Der Ertrag über die nichttransparenten Bauteile dürfte demgegenüber bescheiden sein. Die Diskussion über den prioritären Einfluss von beispielsweise der Speichermasse oder der Wärmeeindringgeschwindigkeit der Aussenmauer auf die Nutzung von Sonnenstrahlung dürfte sich somit aus dieser Sicht ebenfalls erübrigen.

ANHANG 3

Wer sich etwas mit der Antiwärmedämmszene beschäftigt, merkt bald einmal, dass sich die verschiedenen Wortführer nur mit der Ablehnung der in ihren Augen falschen U-Wert-Theorie völlig einig sind - das wissen einzelne Akteure oft auch in recht schroffem Ton zu vertreten. Warum jedoch diese Theorie falsch sein soll, darüber hat praktisch jeder seine eigene Meinung: Das sei wegen des Schichtaufbaus, der Mauerdicke, des Verhältnisses von Speicherkapazität zur Dämmwirkung, des Einflusses der Sonne, der Feuchtigkeit, des Wärmeeindringkoeffizientes, der Oberflächenstruktur, der Phasenverschiebung, der Amplitudendämpfung usw. usf.

Ob das allenfalls auch damit zu tun hat, als sich die Problematik nicht allein auf die Bauphysik reduzieren lässt? Und solches möglicherweise nicht zur Kernkompetenz dieser Baufachleute zählt?

Warum die Theorie oft nicht mit der Praxis übereinstimmt

In einem Punkt ist der Gegnerschaft der Wärmedämmung uneingeschränkt zuzupflichten: Meist ist der reale Minderenergieverbrauch als Folge von Wärmedämmmassnahmen geringer als nach der Berechnung. Das beschränkt sich aber nicht allein auf die Fassadenwärmedämmung, auch wenn in der entsprechenden Szene gleich sämtliche denkbaren Effekte kurzerhand der angeblich falschen U-Wertberechnung angelastet werden:

So bleiben nachträglich am Mehrfamilienhaus ausgeführte Dämmmassnahmen ohne nennenswerte Energieeinsparung, wenn die Heizkurve der witterungsabhängigen Vorlauftemperaturregelung nicht sorgfältig den neuen Gegebenheiten angepasst wird [5]. Erfahrungsgemäss sind in solchen Dingen Hauseigentümer, Hauswarte, Architekten und teils auch Heizungsspezialisten aus den unterschiedlichsten Gründen oft überfordert. Nicht zu reden vom entsprechenden Zeitaufwand, verlangt doch eine optimale Heizungsanpassung eine intensive, ganzheitliche Betreuung mit anschliessender sporadischer Kontrolle - für die niemand bezahlen will.

Ebenso problematisch sind beispielsweise bei einem mehrstöckigen Mehrfamilienhaus partielle Wärmedämmmassnahmen wie eine Flachdachisolierung: Von einer solchen Massnahme sind nur die Wohnungen im obersten Stockwerk betroffen, d.h. eine Heizungsanpassung über die zentralen Regelung ist nicht gut möglich. Damit sich ein entsprechender Minderverbrauch von Energie einstellt, sind vielmehr Vorkehrungen wie beispielsweise Durchfluss-

begrenzungen oder (im Mehrfamilienhaus nur sehr bedingt empfehlenswert) Thermostatventile an den Heizkörpern des obersten Stockwerkes unentbehrlich.

Im mehrstöckigen Gebäude kann eine alleinige Fassadenwärmehämmung ebenfalls zu heiklen Situationen führen: Ist die Wärmehämmung vom untersten Stockwerk gegen den Keller schlecht, führt die generelle Anpassung der Vorlauftemperatur in den Räumen des untersten Stockwerkes sofort zu «kalten Füßen». Gleiches trifft sinngemäss auf das oberste Stockwerk zu.

Im Einfamilienhaus sind in solchen Fällen zwar entsprechende Lösungen möglich – im Mehrfamilienhaus wird's dagegen meist bei einem nicht voll ausgeschöpftem Einsparpotential bleiben. Was letztlich identisch ist mit einer teilweisen Energieverschleuderung.

Mit der Dämmassnahme wird zudem oft auch ein vorher ungenügender Wohnkomfort korrigiert, was den Dämmgewinn schmälert. Oder neue Fenster mit speziellen Dichtungen und kleinstem U-Wert führen logischerweise nicht zu dem prognostizierten Minderverbrauch, wenn beispielsweise einzelne Kippfenster zum Dauerlüften verwendet werden.

Die oft nur ungenau quantifizierbaren Einflüsse von Heizkörpern vor Fenstern sowie Wärmebrücken (Balkonplatten, Übergangsbereich des vorstehenden Flachdaches), Leibungen, Sturz, Storen- oder Rolladenkasten, Heizkörpernischen, Fensterrahmen, Fenster Sims, Türen und Türrahmen, Warmwasser, Luftwechsel, Lüftungsverhalten (oder dem Benutzerverhalten allgemein) sind schon bei einer dürftigen Wärmehämmung nicht vernachlässigbar. Bei Extremdämmung werden sie sogar ausschlaggebend: Ob die Fassade dann mit 15 cm oder 30 cm wärmehämmung wird, verschwindet dagegen «im statistischen Grundrauschen». Ebenfalls nicht mehr von Relevanz sind in solchen Fällen möglicherweise ungenaue Wärmeleitahlen der Fassadenmaterialien oder fehlerhafte Wärmeübergangszahlen.

Das alles gilt aber auch für sehr gut wärmehämmte Leichtbauten, die übrigens ein genau so träges Temperaturverhalten aufweisen können wie schwere Bauten ohne besondere Wärmehämmmassnahmen [6]. Die Trägheit berechnet sich nämlich aus dem Quotienten Wärmespeicherkapazität (inkl. Decken und Böden) dividiert durch Wärmeverluste. Das heisst, eine doppelte Gebäudetragheit ist mit einer Verdoppelung der Wärmespeichermasse, aber auch mit einer Halbierung der Wärmeverluste möglich. Vergleiche dazu die Ausführungen zum Auskühlungsverlauf resp. der Halbwertszeit einer Mauer am Anfang des Beitrags.

Ein träges Temperaturverhalten ist besonders im Sommer nur von Vorteil. Bei den trägen Leichtbauten mit guter Wärmedämmung und wenig Speichermasse sind im Sommer allerdings die Einflüsse durch Luftwechsel und der Sonneneinstrahlung bei transparenten Bauteilen noch viel stärker zu beachten. Tendenziell sind solche Leichtbauten aber vermehrt unter den Einfamilienhäusern zu finden, und dort gelten vor allem hinsichtlich des Benutzerverhaltens sowieso ganz andere Gesetzmässigkeiten.

Erstes Beispiel einer Fassaden- und Fenstersanierung

Im Jahr 1990 wurde ein eher schlecht gebautes Mehrfamilienhaus (Baujahr 1964, Mauerwerk 25 cm Backstein) an die Fernwärme angeschlossen. Dadurch fallen eventuelle Quereinflüsse durch die Wärmeerzeugung weg. Seither wird die Liegenschaft mit Blick auf einen geringen Energieverbrauch intensiv betreut, und auch der Fernwärmeverbrauch wird genau erfasst (Bild 1). 1997 wurden alle Fenster ersetzt und die Fassade mit 10 cm Mineralwolle wärmegeklämt. Die Flachdach-Wärmedämmung ist nur unwesentlich verbessert worden.

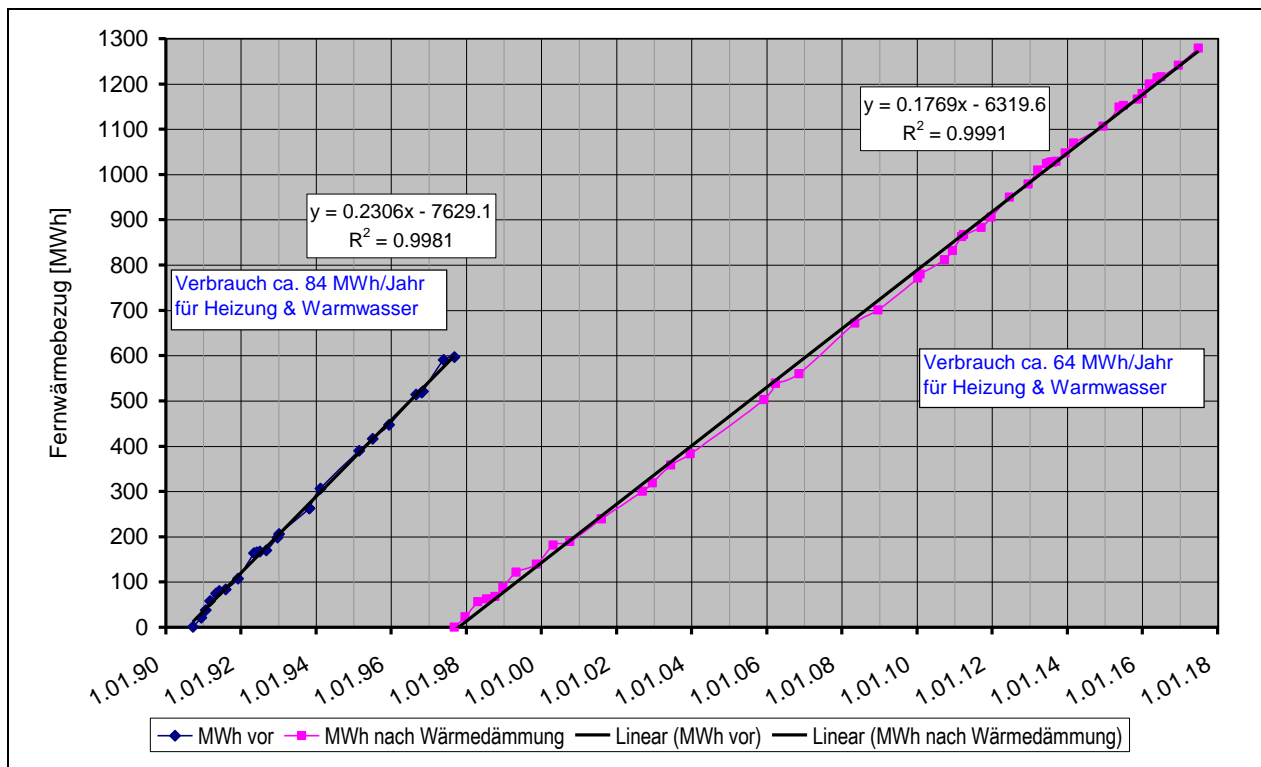


Bild 1: Energieverbrauch eines MFH in Zürich vor und nach Wärmedämmmassnahmen

Als Folge des eher geringen thermischen Wohnkomforts sowie der vielen Wärmebrücken (12 1-Zimmerwohnungen mit Balkon) war

eine realistische Minderverbrauchs-Prognose von vornherein angebracht. Unter Berücksichtigung des Wärmeverbrauchs für Warmwasser (rund 20 MWh/Jahr, [siehe auch Nachmessung im Sommer 2013 nach Tabelle 1](#)) konnte letztlich der Heizenergieverbrauch trotzdem um etwa einen Drittel gesenkt werden.

Datum	Fernwärmeverbrauch in MWh	kWh/d	Bemerkungen
15.06.13			Ab 11.06. Heizung AUS, nur WW
15.06. bis 01.07.13	1.2	75	
01.07. bis 18.07.13	1.3	76	
18.07. bis 02.08.13	0.9	60	15.07. - 16.08.2013 Schulferien
02.08. bis 15.08.13	0.6	46	
15.08. bis 14.09.13	1.8	60	Ab 14.09. Heizung EIN
Total	5.8	64	⇒ 23 MWh/a

Tabelle 1: Fernwärmeverbrauch Sommer 2013 bei gesperrtem Heizbetrieb

Bemerkenswert ist die Verbrauchszunahme anhand der Ablesung im März 2011, zurückzuführen auf ein defektes Fernwärmeventil. Obschon die Heizkörper (mit TV-Ventilen) seit längerem ungeregelt direkt auf Fernwärmetemperatur «liefen» und die Bürger über den unumgänglich werdenden Abbau der Energieverschwendung, die drohende Klimaapokalypse sowie mittels Einschüchterung durch Feinstaub ausreichend informiert (oder teils desinformiert?) sein sollten: Kein Mieter hat es als nötig erachtet, wegen der defekten Regelung zu intervenieren, obwohl die Mieter selber für die Heizkosten aufkommen müssen. Überheizte Räume sind ja im Winter bekanntlich auch durch Öffnen der Fenster auf akzeptable Temperaturen herunterzubringen. Energie sparen ja – aber bei den Andern!

Zweites Beispiel einer Fassadenwärmedämmung

Nachdem das schlecht wärmegeämmte Gebäude (18-Fam-Haus, je sechs 2, 3 und 3.5 Zimmer-Wohnungen, Baujahr 1964, Mauerwerk etwa 25 cm Backstein) infolge eines blockierten Mischers während Monaten direkt mit Kesselbetriebstemperatur beheizt wurde, erfolgte im Sommer 2008 ein Heizungsersatz. Auch hier war es eher dem Zufall zu verdanken, dass diese Störung entdeckt wurde, nämlich über einen abnormal hohen Heizölverbrauch.

Mit der neuen Heizung (max. Heizleistung um 80 kW!), sank der Heizölverbrauch deutlich. Allerdings ergaben die unmittelbar aufgenommenen Nachmessungen an der Anlage eine Vielzahl von inak-

zeptabeln Fehlern und Unzulänglichkeiten an Anlagenteilen und der Regelung, nota bene alles geliefert von einem grossen und bekannten Hersteller. Mit grossem Aufwand wurden Optimierungsmöglichkeiten gesucht und teils aufwendige Anpassungen vorgenommen. Es versteht sich von selbst, dass solche Probleme im Normalfall nicht gesucht werden und somit auch unentdeckt bleiben. Umso fraglicher sind daher die oft extremen, praxisfremden Forderungen gewisser Kreise, seien die nun politisch, ideologisch oder wirtschaftlich motiviert.

Im Sommer 2010 wurde die Fassadendämmung mit 16 cm Mineralwolle abgeschlossen. Sonstige energieverbrauchsrelevanten Massnahmen wurden keine durchgeführt; ein im Dezember 2010 anhand von thermografischen Aufnahmen erkannter Handlungsbedarf wurde absichtlich auf später verschoben.

Im vorliegenden Fall kann also davon ausgegangen werden, dass ein veränderter Heizenergieaufwand nur durch die Fassadensanierung sowie das Benutzerverhalten eingetreten ist. Nachdem in den zwei kritischsten Wohnungen bereits früher Temperaturaufzeichnungen mittels Datenlogger erfolgten und die Nachmessungen nach Anbringen der Wärmedämmung allgemein ein höheres Temperaturniveau ergaben (auch feststellbar anhand der Kippfensterstellung), dürfte somit der tatsächliche Minderverbrauch als Folge der Wärmedämmung eher etwas höher sein. Klar ist aber auch: Würde die Wärmedämmung «nur» 10 cm betragen, wäre der Minderverbrauch aus den zuvor bereits ausführlich dargelegten Gründen insgesamt kaum geringer.

Aus den regelmässigen, von zwei verschiedenen Personen unabhängig voneinander vorgenommenen Ablesungen des (so gut wie möglich geeichten) pneumatischer Flüssigkeitsstandmesser lässt sich der Heizölverbrauch pro Heizperiode bestimmen. Im Sommer 2011 wurde zudem der Heizölverbrauch für Warmwasser (inkl. Zirkulations- und Bereitschaftsverluste) genauer untersucht. Dabei ist zu beachten, dass ausserhalb der Heizsaison die meist mehr Warmwasser konsumierenden, eher jüngeren Mieter mitsamt den Kindern mitunter in den Sommerferien sind. Übers Jahr gemittelt dürfte daher ein täglicher Heizölverbrauch von 17 Liter realistisch sein.

Bezogen auf den reinen Heizbetrieb sank der Heizölverbrauch durch die Wärmedämmung der Fassade (trotz angeblichen Aussperren der Sonne) um rund einen Drittel (Tabelle 2). Dies entspricht recht exakt den zuvor bei einem der U-Wert-Aberkennerschriftlich hinterlegten Erwartungen.

Heizsaison	Ölverbrauch total Liter	Davon für Warmwasser, Zirkulation & Bereitschaftsverluste	Ölverbrauch Heizung Liter	Heizgradtage 20/12 (Wädenswil)
2008/09	18470	~ 6200	~ 12300	3343
2009/10	18100	~ 6200	~ 11900	3349
2010/11	14280	~ 6200	~ 8100	3073

Tabelle 2: Bilanz Heizölverbrauch, [vergleiche mit Tabelle 4 im Nachtrag](#)

Pro Quadratmeter nachisolierter Fassadenfläche ergibt sich daraus einstweilen einen Minderverbrauch von 5 - 6 Liter/Heizöl pro Jahr. Eine Wirtschaftlichkeit der Dämmassnahme liegt also in weiter Ferne. Wärmedämmmassnahmen sind daher vor allem dann auszuführen, wenn Renovationen anstehen [7]. Alles andere ist fast immer zum Fenster hinausgeworfenes Geld.

In diesem Sinne darf man gespannt sein auf die Entscheide in der EU, die Bürger zwecks Senkung des Energieverbrauchs zu Wärmedämmmassnahmen an Gebäuden zu zwingen. Eine unwirtschaftliche Massnahme ist nämlich selbst bei einer 100%-iger Subventionierung insgesamt immer noch unrentabel. Oder anders gesagt, mit solchem Geld wäre sinnvoller vorzukehren.

Zwar war der Winter 2010/11 gegenüber den beiden Vorjahren eher mild. Andererseits wurde die Heizkurve während dem Winter kontinuierlich verändert (tiefer gelegt), zuletzt anfangs März 2011 (Tabelle 3). Diese beiden gegenläufigen Einflüsse dürften sich letztlich etwa kompensieren. Ob im nächsten Winter noch weitere Verbrauchsverminderungen erreichbar sind, wird man sehen.

Datum	Vorlauftemperatur Heizung			Bemerkungen
	Bei + 10°	Bei 0°	Bei - 10°	
2008 - 2010	38	50	62	Vor Dämmung
07.07.2010	36	48	59	Nach Dämmung
21.10.2010	34	45	55	Nach Dämmung
18.11.2010	31	42	52	Nach Dämmung
03.12.2010	30	40	49	Nach Dämmung
17.12.2010	29	39	47	Nach Dämmung
23.12.2010	31	41	49	Nach Dämmung
19.01.2011	31	39	47	Nach Dämmung
07.03.2011	30	38	46	Nach Dämmung
30.06.2016	30	38	45	Nach Dämmung

Tabelle 3: Die laufend tiefer gelegte Heizkurve belegt ebenfalls den Erfolg der Dämmassnahme

Für die Berechnung der spezifischen Verbrauchszahlen gemäss Bild 2 wurden die Brennerbetriebsstunden via pneumatischer Flüssigkeitsstandmesser in Bezug zum Ölverbrauch gesetzt und mit den Tagesmitteltemperaturen einer geeigneten Messstation korreliert. Trotz akribischer Überwachung ist die Streuung der Werte relativ gross. Ursachen können das gegenüber der Bezugsmessstation schwankende Mikroklima, Sollwertveränderungen, die tageszeitlich unterschiedlichen Datenablesungen bei manchmal nur wöchentlichen Auswertungsperioden, uneinheitliche Warmwasserbezüge, [Aussenfühler der Heizungsregelung auf der Westseite und damit je nach nachmittäglicher Sonneneinstrahlung unterschiedliche Betriebsbedingungen](#), Wechsel der Brennerdüse sowie ein Fehlverhalten der Betriebsstundenzähler usw. sein. In der Nähe der Heizgrenze ist die Korrelation als Folge der Mittelwertbildung naturgemäss ungenau.

Auf lange Sicht sind diese Faktoren praktisch vernachlässigbar, nicht jedoch für Berechnungen über kurze Zeitintervalle. Solches kann vielmehr zu Fehlschlüssen führen und beinhaltet zudem ein gewisses Manipulationspotential. Immerhin kommt aus den Steigungen der Regressionsgeraden die erwähnte Einsparung von rund einem Drittel der Heizenergie ebenfalls zum Ausdruck – unabhängig von den saisonalen Heizgradtagen.

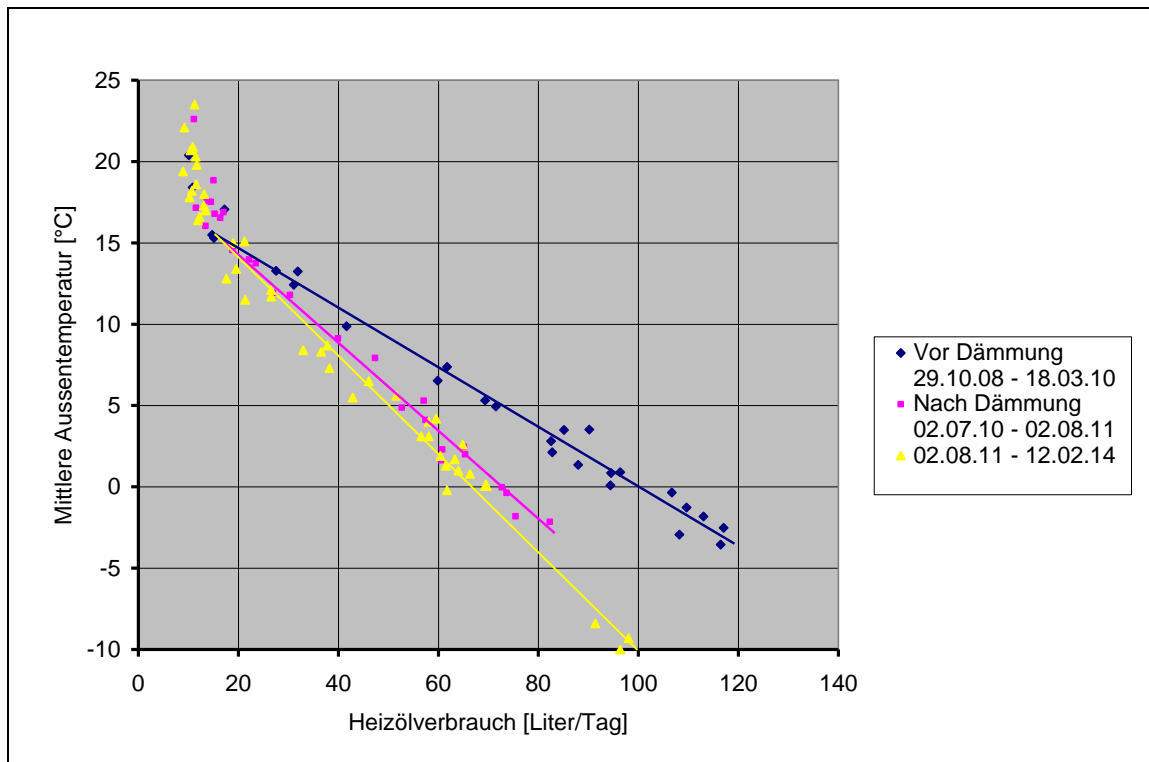


Bild 2: Korrelation Ölverbrauch Heizung und Warmwasser in Funktion der mittlerer Aussentemperatur bei einem MFH vor & nach der Wärmedämmung der Fassade

Nachtrag:

Erneuter Heizöl-Minderverbrauch ab Heizsaison 2011/12

Seit März 2011 blieb die Heizkurve gemäss Tabelle 1 unverändert. Im Sommer 2011 wurden ferner im Kellergeschoss einige unisolierte Heizleitungen mit einer Oberfläche von insgesamt rund 10 m² wärmegeklämmt.

Bereits Ende Winter 2012 zeichnete sich ab, dass der Heizölverbrauch der Heizsaison 2011/12 nochmals deutlich tiefer ausfallen wird, was weder mit der Wärmedämmung der Heizleitungen noch mit der mittlerweile konstanten HeizkurvenEinstellung oder mit einem besonders milden Klima erklärbar war.

Rechenfehler waren ebenso unwahrscheinlich wie Fehlablesungen, wurde doch der Heizölverbrauch wie erwähnt immer mehrfach erfasst (pneumatischer Flüssigkeitsstandmesser und mehrmals jährlich unabhängig voneinander durch zwei verschiedene Personen mittels Messstab gemessener Öltankinhalt, verifizierbar zudem anhand der Brennerlaufzeiten sowie der Heizöllieferungen). Ausser den generellen Messungenauigkeiten kommen somit nur Schwankungen im Ölverbrauch für Warmwasser, Zirkulation und Bereitschaftsverluste in Frage, welche wie bereits erwähnt ausserhalb der Heizsaison bestimmt wurden und möglicherweise wegen Ferienabwesenheiten verfälscht sind:

Gemäss Tabelle 4 lag im Sommer 2011 der entsprechende mittlere Heizölverbrauch für den Warmwasserbetrieb durchschnittlich bei rund 13 Liter pro Tag. Dies bei einer Schwankungsbreite der Einzelwerte zwischen 11.2 und 16.4 Liter/Tag.

Im Sommer 2012 betrug der Mittelwert rund 11 Liter/Tag, die Einzelwerte schwankten zwischen 8.9 und 13.5 Liter/Tag. Im Sommer 2013 wurden durchschnittlich rund 12 Liter Heizöl je Tag für den reinen Warmwasserbetrieb aufgewendet; die Einzelwerte schwankten im Bereich von 9.2 und 13.0 Liter je Tag.

Mit Blick auf den grossen Streubereich und der möglichen Fehlerquellen bei der Umlegung des Sommer-Ölverbrauchs auf ein ganzes Jahr muss der Sinn solcher Berechnungen nachträglich in Zweifel gezogen werden. So ist schon schwierig abzuschätzen, um wie viel kleiner der Verbrauch von Warmwasser während den Schulferien ist. Dazu kommen saisonale Einflüsse wie unterschiedliche Raumtemperaturen im Heizungskeller, welche die Warmwasserspeicherverluste sowie die Stillstandsverluste der Heizung mit beeinflussen. Unterschiedlich auch die Kaltwasserzulauftemperatur für die Warmwasserbereitstellung, oder je nach

Leitungsführung die Zirkulationsverluste im Sommer oder im Winter.

Datum	Ölverbrauch in Liter	Liter Öl/d	Bemerkungen
18.05.11			Ab 18.05.11 Heizung AUS, nur WW
18.05. bis 30.05.2011	174	14.5	
30.05. bis 08.06.2011	121	13.4	
08.06. bis 17.06.2011	148	16.4	
17.06. bis 23.06.2011	92	15.3	
23.06. bis 01.07.2011	120	15.0	
01.07. bis 02.08.2011	369	11.5	
02.08. bis 17.08.2011	173	11.6	09.07. bis 14.08.11 Schulferien
17.08. bis 25.08.2011	90	11.2	
25.08. bis 17.09.2011	302	13.1	Ab 17.09.11 Heizung EIN
Total	1589	13.0	⇒ 4700 Liter/a
08.06.12			Ab 08.06. Heizung AUS, nur WW
08.06. bis 20.06.2012	161	13.5	
20.06. bis 01.07.2012	126	11.5	
01.07. bis 19.07.2012	192	10.7	
19.07. bis 04.08.2012	143	8.9	08.07. - 12.08.12 Schulferien
04.08. bis 25.08.2012	219	10.4	
25.08. bis 13.09.2012	233	12.2	Ab 13.09. Heizung EIN
Total	1074	11.1	⇒ 4100 Liter/a
11.06.13			Ab 11.06. Heizung AUS, nur WW
11.06. bis 01.07.13	261	13.1	
01.07. bis 16.07.13	175	11.7	
16.07. bis 31.07.13	138	9.2	07.07. - 11.08.2013 Schulferien
31.07. bis 13.08.13	141	10.9	
13.08. bis 01.09.13	195	10.3	
01.09. bis 14.09.13	155	11.9	Ab 14.09. Heizung EIN
Total	1065	11.2	⇒ 4400 4100 Liter/a

(Korrektur Dezember 2014)

Tabelle 4: Ölverbrauch bei gesperrtem Heizbetrieb

Eigentlich genügt die Erkenntnis, dass der Heizölverbrauch im ersten Jahr nach der Fassadenwärmedämmung mit rund 4000 Liter/Jahr deutlich und im zweiten Jahr ohne Heizungsverstellungen mit knapp 7000 Liter/Jahr massiv kleiner geworden ist (Tabelle 5). In der Heizsaison 2012/13 ist der Verbrauch etwas angestiegen. Dies wahrscheinlich vor allem als Folge der kühleren Witterung.

Inklusive den notwendigen Anpassungsarbeiten kostete die Wärmedämmung der Fassade insgesamt rund Fr. 700.- pro m². Dies bei einer Öleinsparung von etwa 8 Liter/Jahr.m². Eine Wirtschaft-

lichkeit der Fassadendämmung ist folglich selbst dann nicht gegeben, wenn der Heizölverbrauch für die Heizung auf Null sinken würde. Was insofern egal ist, als die primäre Zielsetzung die generelle Sanierung der Aussenhülle war und der verminderte Heizölverbrauch als angenehme Begleiterscheinung zu betrachten ist.

Ob der tiefe Jahresverbrauch auch in Zukunft so bleibt, wird weiter beobachtet und das Ergebnis hier nachgeführt.

Heizsaison	Ölverbrauch total Liter	Davon für Warmwasser, Zirkulation & Bereitschaftsverluste	Ölverbrauch Heizung Liter	Heizgradtage 20/12 (Wädenswil)
2008/09	18470	~6200	~12300	3343
2009/10	18100	~6200	~11900	3349
2010/11	14280	~6200	~8100	3073
2011/12	11500	~4500	~7000	3191
2012/13	12800	~4500	~8300	3473
2013/14	11600	~4500	~7100	2835
2014/15	11600	~4500	~7100	2871
2015/16	11600	~4500	~7100	3039
2016/17	11700	~4500	~7100	3200

Tabelle 5: Revidierte Bilanz Heizölverbrauch

In Zusammenarbeit mit der örtlichen Elektrizitätsversorgung wurde ferner anhand des mehrjährigen Elektrizitätsverbrauchs abgeklärt, ob der nochmals deutlich verminderte Heizölverbrauch allenfalls mit einem vermehrten Einsatz von Elektroheizöfen kompensiert wurde. Das ist offensichtlich nicht der Fall; es ist im Gegenteil eher ein langjähriger Trend zu einem sinkenden Stromverbrauch auszumachen.

Ein gewisses Sparpotential wäre immerhin noch im mittleren Stockwerk dieses Gebäudes vorhanden, zeigen doch die dort auch im Winter teils häufig geöffneten Fenster gewisse Temperaturreserve an. Das wäre zwar mit einer individuellen Heizkostenabrechnung elegant lösbar. Der finanzieller Gesamtaufwand dieser Abrechnungsart dürfte bei dem mittlerweile tiefen Energieverbrauch aber klar höher ausfallen als die zu erwartende gesamte Heizölkosteneinsparung selbst und zudem die sparsamen Mieter zusätzlich bestrafen.

Eine weitere Möglichkeit zur Lösung dieses Problems bestünde in der Reduktion der Heizleistung mit den an allen Heizkörpern vorhandenen Durchflussbegrenzern im mittleren Stockwerk. Was im

selbst bewohnten Einfamilienhaus mühelos realisierbar ist, dürfte jedoch in der Praxis beim Mehrfamilienhaus in jeder Beziehung mit grössten Schwierigkeiten verbunden sein.

Weitere Massnahmen zur Minimierung des Heizölverbrauchs wären die Wärmedämmung der Kellerdecken sowie eine Reduktion der Garagenbeheizung. Wunder dürften damit aber keine mehr erwartet werden und wenn, dann eher in Form von unerwünschten Nebeneffekten.

Wichtiger Faktor: Die Heizungsregelung

Obwohl für den Heizenergieverbrauch von zentraler Bedeutung, ist die Funktionsweise einer witterungsabhängigen Aussentemperaturregelung unter Architekten usw. teils immer noch unklar: Geregelt wird nicht die Raumtemperatur, sondern lediglich die Vorlauftemperatur zur Wärmeabgabe (Heizkörper, Bodenheizung etc.). Dies nach der Aussentemperatur und gemäss der eingestellten Heizkurve. Da zudem der Fühler zur Erfassung dieser Aussentemperatur wie bereits erwähnt häufig auf der Nordseite des Gebäudes angebracht ist, wird auch die Sonneneinstrahlung nur in vernachlässigbarem Umfang von der Regelung berücksichtigt.

Wenn die Raumtemperatur mit der witterungsabhängigen Aussentemperaturregelung nicht geregelt, sondern gesteuert wird, bedeutet das letztlich, dass der Heizölverbrauch über die Heizkurve quasi beliebig von Null bis x vorgegeben werden kann. Die Frage ist nur, was die Mieter (gegen unten) zu akzeptieren bereit sind, wo also die «Schmerzgrenze» liegt.

Über die witterungsabhängige Vorlauftemperaturregelung ist folglich ein beachtlicher Minderverbrauch an Heizenergie oft ohne Massnahmen an der Gebäudehülle realisierbar: Dazu werden die Vorlauftemperaturen durch einen externen Verantwortlichen schrittweise abgesenkt und den eintreffenden Rückmeldungen und Reklamationen nachgegangen. So können Schwachstellen wie Luft im Heizkörper, festsitzende Thermostatventile, Lüftungsexzesse, unangemessene Bekleidungsgeohnheiten, fehlerhaft angeordnete oder falsch anzeigende Raumluftthermometer oder im Einzelfall auch einmal ein stark undichtes Fenster oder ein zu kleiner Heizkörper gesucht und selektiv beseitigt werden. Denn eingestellt ist die Heizkurve normalerweise so, dass der am schwächsten beheizte Raum ausreichend warm ist, der für den Heizbetrieb Verantwortliche seine Ruhe hat und die übrigen Räume (selbst mit Thermostatventilen) mehr oder weniger überheizt sind.

In Gebäuden der Öffentlichen Hand konnten so «Energieeinsparungen» von 20 bis 30 Prozent erreicht werden, ohne ins Gewicht fallende Investitionen. Um das «Spar»-Potential seitens des Benutzerverhaltens auch nur halbwegs ausschöpfen zu können, ist jedoch in diesen Fällen ein entsprechender politischer Beschluss unabdingbar. Selbst dann ist es alles andere als einfach, sind doch die Büros der Politiker meist an derselben Heizung angeschlossen. Diese bekommen zudem schnell kalte Füße – im einfachen wie im übertragenen Sinn.

Setzt man ferner den gesamten pekuniären Personalaufwand einer Verwaltung in Relation zu den möglichen Minderheizkosten, hält sich die Motivation für solche Hauruck-Aktionen ebenfalls in Grenzen. Bei der Öffentlichen Hand werden daher publizitätsträchtige Gesamtsanierungen, verbunden mit Schnitzelfeuerungen, Sonnenkollektoren, Wärmepumpen usw. eher bevorzugt. Denn dadurch können unliebsame Auseinandersetzungen umgangen werden und die eigene Bequemlichkeit bleibt unangetastet – auf Kosten der Steuerzahler natürlich.

Bleiben zudem so optimierte Anlagen längere Zeit ohne sporadische Kontrollen, werden die Einstellungen meist früher oder später verändert – immer zu höheren Raumtemperaturen, zum Teil sogar auf unsinnige Weise. Abschliessen des Heizungsraumes allein löst das Problem erfahrungsgemäss meist nicht.

Das Experiment von Höri

Im Sinne eines Versuches ging der Verfasser einmal den anderen Weg: In einer Überbauung mit sechs grösseren Mehrfamilienhäusern wurden jedes Jahr zwei Gebäude wärmetechnisch saniert und teils mit neuen Heizanlagen ausgerüstet. Auch als Folge von Messungen, Optimierungen und vor allem Einstellung einer neuen Heizkurve stellte sich in den zwei folgenden Jahren jeweils ein durchschnittlicher Minderverbrauch an Heizöl (inkl. Warmwasser) zwischen 33 und 38 Prozent ein, immer anschliessend an den Abschluss der Arbeiten. Bezogen auf den reinen Heizbetrieb sind das deutlich mehr als 50 Prozent. Nochmals, nicht die Wärmedämmmassnahmen haben zum Minderverbrauch geführt, sondern die durch die Dämmassnahmen mögliche Heizkurven-Anpassung! Die verschiedenen ausprobierten Varianten bei den Heizanlagen resp. deren Auswirkungen auf den Heizölverbrauch sind demgegenüber vernachlässigbar.

Doch das ist nicht der Punkt: Von der sanierten Überbauung wurde eines der 16-Familienhäuser in den kältesten Tagen nachträglich absichtlich mittels zu hoher Heizkurve eine Zeit lang massiv überheizt. So wurde (trotz Thermostatventilen an den Heizkörpern) gegenüber den identischen Gebäuden ein Mehrverbrauch von 30 - 40 Prozent des gesamten Heizölverbrauchs quasi erzwungen (Ölpreis damals Fr. 40.-/100 kg). Bezogen auf den reinen Heizenergieverbrauch ist das noch mehr. Tief blicken lässt allerdings auch da, dass niemand von den Bewohner reklamierte. Anhand der Zahl der selbst an kältesten Tagen offenen Kippfenster war jedoch schon von weitem erkennbar, um welches Haus es sich in der Überbauung handelte ...

Literatur

[1] *Paul Bossert*: [Die 8 energierelevanten Faktoren der Aussenwand](#). Oetwil a.d. Limmat (20.06.2003).

siehe <http://www.paul-bossert.ch/Berichte.htm>

[2] *R. Günther*: Die Kennziffer jeder Heizung, ein wirksames Mittel zur Erzielung von Brennstoffeinsparungen nach einheitlichen Richtlinien. Gesundheits-Ingenieur (12. März 1927).

[3] *Georg Hofbauer*: Wärmespeicherung, Halbwertzeit und gleichspeichernde Ziegeldicke. Gesundheits-Ingenieur (29. März 1941).

[4] *René Weiersmüller*: [Energietechnische Aspekte von Gebäudehülle und Wärmeerzeugung](#). Schweizer Ingenieur und Architekt, 36 (1981).

- [5] René Weiersmüller: [Ansteigender Energieverbrauch nach Isolierung der Fassade?](#) Diverse Zeitungen (1983).
- [6] René Weiersmüller: [Die Beeinflussung von Energiebilanzen durch Sonnenstrahlung auf nichttransparente Bauteile.](#) Heizung-Klima, 2 (1979).
- [7] Simon Bargetzi und René Weiersmüller: [Die Wirtschaftlichkeit einer nachträglichen Wärmedämmung.](#) Schweizer Ingenieur und Architekt, 29 (1979).
- [8] René Weiersmüller: [Das Tessiner Experiment.](#) Meilen (Mai 2012) mit Nachträge vom Mai 2013 und Juni 2014.

Lit. [4 – 8] sind einsehbar unter

<http://rene.weiersmueller.com/energie/bauphysik>

Meilen, im März 2011
(2. Update August 2011)
[Mit Nachführungen](#)