Samtgemeinde Grasleben - Verwaltungsvorlage Nr. 50 b)

zur Sitzung am: 15.11.2007

()	**Schulausschuss**	**(x)**	**Bau-, Planungs- u. Umweltschutzausschuss**
()	**Finanz- u. Haushaltsausschuss**	**()**	**Redaktionsausschuss**
()	**Ausschuss für Soziales, Sport u. Kultur, Tourismus und Medien**	**()**	**Samtgemeindeausschuss**
()	**Ausschuss für öffentliche Sicherheit**	**()**	

Beschlussorgan:

() **Samtgemeinde-bürgermeister** **()** **Samtgemeindeausschuss** **(x)** **Samtgemeinderat**

im Rahmen der Haushaltsberatungen!

Tagesordnungspunkt:

Sanierung der Schulturnhalle

(x) Einmalige Kosten: 40.000 € () Keine Kosten

(X) Die Mittel stehen haushaltsrechtlich zur Verfügung Haushaltsstelle:

() Die Mittel müssen über- o. außerplanmäßig bereitgestellt werden. Haushaltsstelle:

Haushaltsansatz: bisher ausgegeben: noch verfügbar:

Deckung: Die Mittel sollen im Haushalt 2008 bereit gestellt werden!

Folgekosten: Die Energiekosten für das Beheizen der Schulturnhalle sollen durch diese Maßnahmen gesenkt werden, so dass es zu einer Reduzierung der Betriebskosten kommt!

Beschlussvorschlag:

Der Bau-, Planungs- und Umweltschutzausschuss empfiehlt, die in dem Gutachten von Herrn Wagner vorgeschlagenen Maßnahmen durchzuführen. Er empfiehlt dem Finanzausschuss, die erforderlichen Mittel in den Haushalt 2008 einzuplanen.

Sach- und Rechtslage:

Der Bau-, Planungs- u. Umweltschutzausschuss hat sich zuletzt in seiner Sitzung am 04.10.2007 auf Grundlage der Verwaltungsvorlage Nr. 50 a) mit der Sanierung der Schulturnhalle befasst. Die Verwaltung hatte empfohlen auf die Sanierung der Schulturnhalle mit den errechneten Volumen in Höhe von rd. 389.000 € zu verzichten, da diese Investition auch unter Berücksichtigung der errechneten möglichen Energieeinsparung in Höhe von 66 % nicht zu einem positiven Ergebnis führen würde. Zur letzten Sitzung waren Herr Stottmeister als Energieberater der Wiethake-Haustechnik GmbH aus Grasleben und der Architekt Marcus Wagner aus Grasleben als Fachleute geladen. Herr Stottmeister hatte den Einbau einer modernen Gas- oder Biomasseheizung kombiniert mit einer Sonnenkollektoranlage zur Warmwasserbereitung vorgeschlagen. Die vorgesehenen Maßnahmen zur Wärmedämmung sind aus seiner Sicht erforderlich, da nur so die Leistung der Heizungsanlage von 120 KW halbiert werden kann.

Herr Wagner sich hat dagegen aus seiner Erfahrung in der Altbausanierung für die Beibehaltung der vorhandenen Heizungsanlage mit den installierten Strahlungsheizkörpern ausgesprochen. Vom Einsatz einer Biomasseheizung rät er ab, da für solche Anlagen voraussichtlich ab 2008 Filtersysteme vorgeschrieben werden sollen und diese nachzurüstenden Anlagen den derzeitigen Preisvorteil beim Brennstoff wettmachen werden.

Herr Wagner hat seine Ausführungen in einem Gutachten zusammengefasst. Er kommt darin zu folgendem Ergebnis:

- Die vorgeschlagene Erneuerung der Dacheindeckung sollte aus Kostengründen unterbleiben.

- Zur Dämmung der obersten Geschossdecke wäre die Aufbringung einer Trockenschüttung aus Leicht-Perlite (max. 90 kg/m³) in einer Dicke von 10 cm auf einem Rieselschutzvlies empfehlenswert. Der Laufhorizont könnte durch Bohlen gebildet werden.

- An den Fassadenflächen sollten Rissreparaturen mit untergrundidentischen Materialien zur Verhinderung von Wassereintritt und Folgeschäden durchgeführt werden.

- Im Bereich von Betonabplatzungen durch korrodierte Armierungsstähle der Stahlbetonkonstruktion sollten lose Teile entfernt, Stahlteile entrostet und die Stelle mit möglichst körnungsähnlichem Zementmörtel verfüllt werden. Zur Verhinderung einer Auffeuchtung sollten keine trocknungsblockierenden Anstriche oder Hydrophobierungen durchgeführt werden. Hier ist ein Anstrich mit Silikatfarben sinnvoll.

- Zur Steigerung des Komforts und zur Verminderung des Tauwasseranfalls während intensiver Nutzung der Dusch- und Umkleideräume wird die Anbringung von Vorsatzfenstern auf der Innenseite der Fensteröffnungen empfohlen. Schlichte Kunstoffenster mit Kippflügeln (obere Lippendichtung entfernen!) sind dabei ausreichend und verhindern eine übermäßige Verschmutzung der Fensterbereiche durch ablaufendes Tauwasser.

- Die Heizanlage sollte im Bestand erhalten bleiben. Eine Ergänzung durch einen Abgaswärmetauscher in der Abgasleitung hebt die Anlage auf Brennwertniveau. Dann ist allerdings das Abgasrohr im Schornstein kondensatfest auszubilden.

- Die Dämmung der Armaturen und Rohrleitungen im Heizraum sollte vervollständigt werden. Die Konvektionsheizkörper im Hallenbereich sollten ausgetauscht werden. Gegebenenfalls wäre schon ein Verschließen der Luftaustrittsöffnungen ausreichend. Die ursprünglich vorhandenen Strahlplatten im nördlichen Obergadenbereich sollten ergänzt werden. Auf die Nachtabsenkung sollte zur Ermöglichung der Reduzierung der Vorlauftemperatur auf 40°C – 50°C verzichtet werden.

- Die vorgeschlagene Deckenstrahlungsheizung ist vom Prinzip her zielführend, sprengt aber durch die anfallenden Kosten den Finanzierungsrahmen. Sie sollte nicht ausgeführt werden.

  Die Kosten für die von Herr Wagner vorgeschlagenen Maßnahmen belaufen sich auf 33.580 €.

Bewertung der von Herrn Wagner vorgeschlagenen Maßnahmen:

Zunächst ist festzustellen, dass die Ausführungen von Herrn Wagner zur Dämmung Außenfassade und zum Einbau von Fenstern mit Isolierglas im krassen Gegensatz zu den geltenden DIN-Vorschriften und sonstigen Regeln der Technik stehen. Die Verwendung bzw. Beibehaltung des Prinzips der Wärmestrahlung zur Beheizung der Halle deckt sich mit den Aussagen der Firma Frenger, die der Samtgemeinde ein Angebot für eine moderne Deckenstrahlungsheizung (Kosten 81.100 €) unterbreitet hatte. Ob die Halle mit den vorhandenen Heizkörpern unter Wiederherstellung der Heizkörper im Obergabenbereich ausreicht, muss sich dann in der Praxis zeigen. Herr Wagner hat vorgeschlagen, die Luftaustrittsöffnungen der vorhandenen Heizkörper zunächst probeweise zu verschließen, um so einen Wärmestrahlungseffekt zu erreichen. Dies sollte zumindest vor der Ausschreibung getestet werden. Der Einbau eines Abgaswärmetauschers kann sicherlich eine Einsparung erbringen. Es muss jedoch geprüft werden, ob der 28 Jahre alte Heizungskessel, Baujahr 1979, überhaupt noch umgerüstet werden kann.

Die Dämmung der oberen Geschossdecke war bereits vorgesehen. Es soll hier lediglich ein anderer Baustoff verwendet werden. Dagegen bestehen aus Sicht der Verwaltung keine Bedenken. Die Erneuerung der Dacheindeckung kann sicherlich noch verschoben werden, da das Dach zurzeit keine Undichtigkeiten aufweist. Die Dacherneuerung kommt aber sicherlich in den nächsten 10 Jahren auf die Samtgemeinde zu, so dass diese Maßnahme nur verschoben wird.

Die angeführten Argumente erscheinen der Verwaltung schlüssig und nachvollziehbar. Zudem führen die vorgeschlagenen Maßnahmen mit geschätzten Kosten in Höhe von 33.580 € zu einer Reduzierung unter 1/10 der ursprünglich berechneten Kosten (rd. 389.000 €). Aus dieser Sicht stellt sich die Variante von Herrn Wagner sehr positiv dar. Zur Sicherheit hält es die Verwaltung für ratsam, einen Sicherheitsbetrag aufzuschlagen und somit 40.000 € zu veranschlagen.

Mit der Ausschreibung und Planung der Maßnahmen ist unbedingt ein geeignetes Ingenieurbüro zu beauftragen.

Grasleben, den 01.11.2007

(Nitsche)

Anlage:
- Gutachten von Dipl.-Ing. Architekt Marcus Wagner

Handreichungen zur Beurteilung der projektierten Sanierung der Schulturnhalle in Grasleben

Verfasser: **Dipl.-Ing. Architekt Marcus Wagner** **11.10.2007**
Walbecker Straße 76
38368 Grasleben
Tel. 05357 / 992074

1. Anlass

Im Zuge einer Ortsbesichtigung anlässlich der Sitzung des Bau-, Planungs- und Umweltausschusses der Samtgemeinde Grasleben vom 04.10.2007 wurde ich um Abgabe einer Einschätzung der technischen Möglichkeiten der energetischen Sanierung der Schulturnhalle der Grundschule Grasleben gebeten.

2. Problemstellung

Nutzer der Halle beklagen eine unzureichende Beheizung. Die gemessenen Verbräuche liegen mit knapp 170.000 kWh bei ca. 340 kWh/m² a im Vergleich mit ähnlichen Hallen sehr hoch.

Der zur Diskussion anstehende Sanierungsvorschlag sieht die Applikation eines Wärmedämmverbundsystems auf der Fassade, den Austausch der Befensterung, die Erneuerung der Heizanlage samt Wärmeverteilung und die Dämmung der obersten Geschossdecke vor.

Der von einem Energieberater vorgelegte Sanierungsvorschlag übersteigt mit einer Investitionssumme von 388.930,- EUR selbst bei Inanspruchnahme sämtlicher Fördertöpfe die Finanzkraft der Samtgemeinde. Im Übrigen sind die Kosten durch die erzielbaren Heizkosteneinsparungen nicht zu decken.

Im Folgenden sollen die vorgeschlagenen Maßnahmen analysiert, bewertet und gegebenenfalls Alternativen aufgezeigt werden.

3. Baubeschreibung

Das 1958 errichtete Turnhallengebäude beinhaltet im vorderen zweigeschossigen Teil die Umkleide- und Duschräume sowie zwei Wohnungen. Daran anschließend die eigentliche Turnhalle mit den Geräteräumen in einem Seitenschiff.

3.1 Baukonstruktion Fassade

Das Gebäude ist in der zeittypischen Art mit einem für die damalige Wärmedämmzone II ausreichenden Wandaufbau ausgeführt worden. Die Außenwände sind im zweigeschossigen Bereich aus massivem 30 cm dickem Hochlochziegel-Mauerwerk mit einer ungünstigerweise angenommenen Rohwichte von 1400 kg/m³ ausgeführt. Der Innenputz ist ein Kalkputz von 1,5 cm Dicke. Als Außenputz findet ein Kalkzementunterputz mit einem Spritzputz auf Kalkzementbasis in einer Gesamtdicke von etwa 2,5 cm Dicke Verwendung. Die Befensterung wird durch Betonfenster mit Einfachverglasung aus Dickglas gebildet. Der Hallenteil ist eine Stahlbetonskelettkonstruktion mit außen- und innenseitiger Klinkerausfachung in einer Stärke von 25 cm. Die Belichtung erfolgt durch den Obergaden mittels Betonfenstern mit Dickstrukturglasfüllungen.

3.2 Baukonstruktion Dach

Das Dach ist als Kaltdach mit einer Eindeckung aus Faserzementwellplatten auf einer Holzbinderkonstruktion mit angehängter Unterdecke im Hallenbereich ausgebildet.

4. Maßnahmen

4.1 Erneuerung der Dacheindeckung

Die vorhandene Dacheindeckung besteht aus bauzeitlichen Faserzementwellplatten (sog. „Berliner Welle“). Die Eindeckung ist asbesthaltig, jedoch noch in augenscheinlich gutem Zustand, so dass Faserfreisetzungen nicht zu befürchten sind. Ein rechtlicher Zwang der Entsorgung besteht daher nicht. Die Eindeckung ist regendicht, lediglich die Anschlüsse an den Schornstein sollten im Zuge der Bauunterhaltung überprüft werden.

4.1.2 Fazit: Die vorgeschlagene Erneuerung der Dacheindeckung sollte daher aus Kostengründen unterbleiben.

4.2 Dämmung der obersten Geschossdecke

Gemäß § 30 Abs. 3 EnEV 2007 hätten oberste Geschossdecken bis zum 31.12.2006 gedämmt werden müssen, sofern sie nicht begehbar sind. Der vorgeschlagenen Dämmung kann zugestimmt werden, sofern die verwendeten Materialien eine Auffeuchtung der Konstruktion verhindern und die Ausführung die Entlüftung der Halle über die Leuchtenkästen weiterhin ermöglicht.

Die Neigung von Dämmstoffen zur kondensatbedingten Feuchteeinlagerung und Schimmelbefall wird auch durch alte Mineralwolledämmungen in Dachkonstruktionen belegt. Sie zeigen die dafür typischen schwarzgrauen Verfärbungen, die vom Randbereich zur Holzkonstruktion ihren Ausgang nehmen. Dabei wird nicht nur Kondensat aus Raumluft eingelagert, sondern die im Jahreswechsel aus dem Konstruktionsholz abgegebene Eigenfeuchte.

Schimmelbefallene Mineralwollmatten in einem Dachgeschoß

Empfehlenswert wäre daher die Aufbringung einer Trockenschüttung aus Leicht-Perlite (max. 90 kg/m³) in einer Dicke von 10 cm auf einem Rieselschutzvlies. Der Laufhorizont könnte durch Bohlen gebildet werden.

4.3 "Wärmedämmung" der Fassaden

4.3.1 Geplante Maßnahmen

Laut Sanierungsvorschlag soll die Fassade mit 10 cm dicken Polystyrol-Hartschaumplatten mit einem in Spachtelkleber eingebetteten Armierungsgewebe als Bewehrung gegen Temperaturspannungen (Temperaturdehnzahl a Polystyrol: 8 mm/m x 100 K, dagegen Mauerwerk: 0,5 mm/m x 100 K) beschichtet werden. Als Deckschicht des damit entstehenden sogenannten Wärmedämmverbundsystems WDVS ist ein Oberputz, voraussichtlich mit algizid ausgerüstetem Anstrich vorgesehen.

Inwieweit der erhebliche Gestaltwechsel durch die geplanten Beschichtungsmaßnahmen bei sachgerechter Würdigung der gestalterischen Belange hinnehmbar wäre, ist hier nicht zu untersuchen.

4.3.2.1 Beurteilung der Polystyrolbeschichtung in energetischer Hinsicht

4.3.2.1.1 Vorbemerkung

Nach gängiger Betrachtungsweise soll ein Wärmedämmsystem zu geringeren Heizkosten führen. Ursächlich hierfür soll die geringe Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Dämmstoffe sein, die eine Abgabe der das Bauteil durchdringenden Heizwärme an die Umgebungsluft verhindere. Dies steht aber im Widerspruch zu den nachfolgend aufgeführten Fakten.

4.3.2.2 Bedeutung der Wärmeleitfähigkeit

Maßgeblich für die energetische Qualität eines Baustoffes oder eines aus solchen zusammengesetzten Bauteils sind die Wärmeleitfähigkeit und das Wärmespeichervermögen jeweils in Abhängigkeit von der vorhandenen Feuchte. Beim Wärmeübergang an den Bauteiloberflächen sind dann noch Einflüsse aus Strahlungsverhalten und Konvektion zu berücksichtigen. Normgemäß wird sehr reduziert nur die Wärmeleitfähigkeit betrachtet und in einer für Optimierungsrechnungen geradezu ungeeigneten Weise in eine Rechenkenngröße (k-, bzw. U-Wert) gepresst.

Die dem Wärmedurchlasswiderstandkoeffizienten k (heute U) zugrundeliegende Wärmeleitfähigkeit, auch Wärmeleitzahl (λ, W/(K·m) wird im Labor gem. DIN 52611 bestimmt

In einer genormten Versuchsdurchführung wird ein geregelter Heizkasten in einem Schutzraum an den Probekörper (Mindestgröße 1x1 m, Regelgröße 1,5x1,5 m) angebracht, in dem mittels elektrischem Heizdraht als Heizquelle die Innenluft in örtlicher und zeitlicher Konstanz erwärmt wird. Alle Temperaturen müssen sich nun laborgemäß stationär einstellen, dazu *6.2:*

"Der stationäre Zustand ist ... erreicht, wenn sich die Messwerte innerhalb von 3 Stunden nicht stetig und um nicht mehr als 1 % ändern."

Dabei wird völlig unterschlagen, dass sich Leichtbaustoffe (Dämmstoffe) sehr schnell auf den stationären Zustand einstellen, während massive Prüfkörper erst über eine lange Zeit mit hohen Energiemengen bis zum Messbeginn aufgeheizt werden müssen. Dass sie nach der erheb-

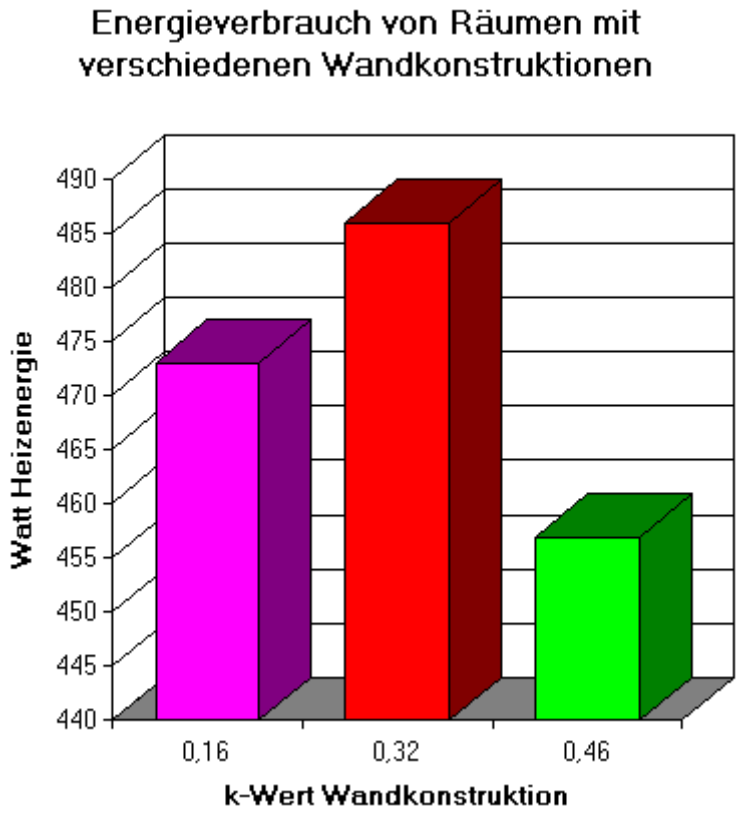
lichen Energieaufladung auch größere Energiemengen abgeben und damit mehr Zuheizbedarf als Leichtbaustoffe aufweisen, wird fälschlicherweise als überhohe Wärmeleitfähigkeit mit entsprechend schlechterem U-Wert gedeutet.

Das Normverfahren benachteiligt folglich die Massivbaustoffe zugunsten der Dämmstoffe. Mit dem tatsächlichen Durchfluss der Wärmeenergie durch einen Stoff hat dieses Verfahren nichts zu tun. Die realen Verhältnisse werden durch das "Lichtenfelser Experiment" genauer beschrieben. Es zeigt die Temperaturentwicklung nach 10 min Bestrahlung mit einer 150 W Wärmelampe als Ergebnis des Wärmeflusses durch Baustoffe während der instationären Aufheizphase (Quelle: www.konrad-fischer-info.de/2139bau.htm).

Demnach fließt die Wärme in sehr kurzer Zeit durch übliche Dämmstoffe. Ein wesentliches Ergebnis dieser Versuchsanordnung ist, dass die typischen Dämmstoffe wie Mineralwolle und Polystyrol gegenüber den Massivbaustoffen **keinen** bemerkenswerten Dämmeffekt aufweisen.

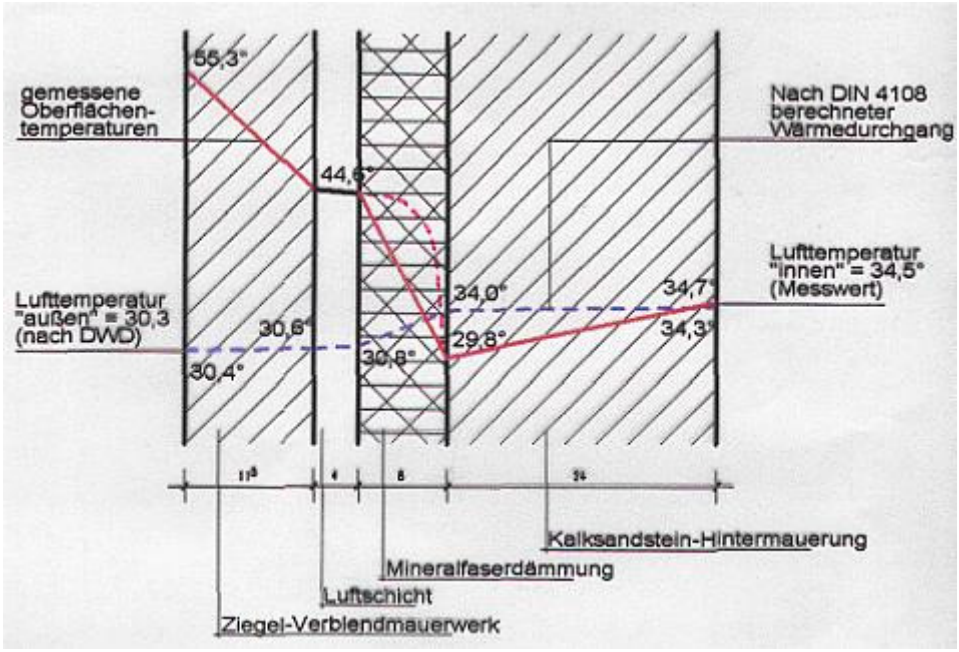
Dies korrespondiert auch mit den Messergebnissen der Fraunhofer Instituts Holzkirchen an Vergleichsbauten unterschiedlicher k- bzw. U-Werte der Außenwände (Datenquelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Untersuchungsbericht zu Energiebedarf versch. witterungsexponierter Außenwandkonstruktionen von Versuchsbauten während Winterperiode, Außenstelle Holzkirchen, 1983).

Der Raum mit angeblich schlechtem k-/U-Wert verbraucht entsprechend dem Messergebnis die geringste Heizenergie für die gleiche Raumtemperatur.



Dass das Verhalten von realen Baustoffen unter den Bedingungen der Praxis mit den genormten Berechnungsformeln auf Grundlage der U-Werte nicht übereinstimmt, hat eine neuere

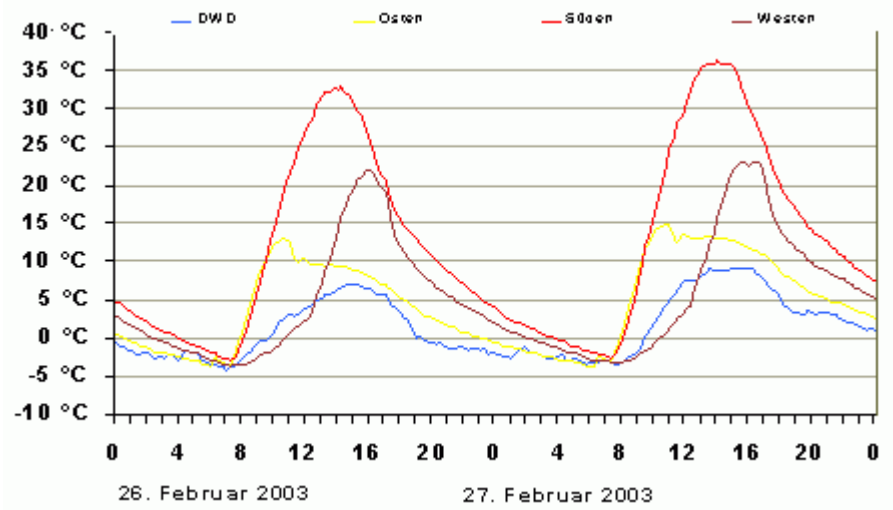
Untersuchung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft FAL, Inst. für Betriebstechnik und Bauforschung unter Prof. Dr.-Ing. habil. Franz-Josef Bockisch über eine gesamte Jahresdauer an einem Versuchsbau erwiesen.



Rot (Linienkurve) die Messwerte, blau (strichliert) die Norm-Rechenwerte (Quelle: FAL, Dipl.-Ing. Karl-Wilhelm Haake)

Die Unterkühlung der äußeren Innenwand gegenüber den Außenschichten und die damit gegebene Kondensationsanfälligkeit durch Feuchteaufnahme aus der Außenluft wird hier deutlich. Interessanterweise ist hier mit einem Feuchteanfall gerade in der normgemäß für die Austrocknung während der Heizperiode einkondensierter Feuchte angesetzten Jahreszeit zu rechnen.

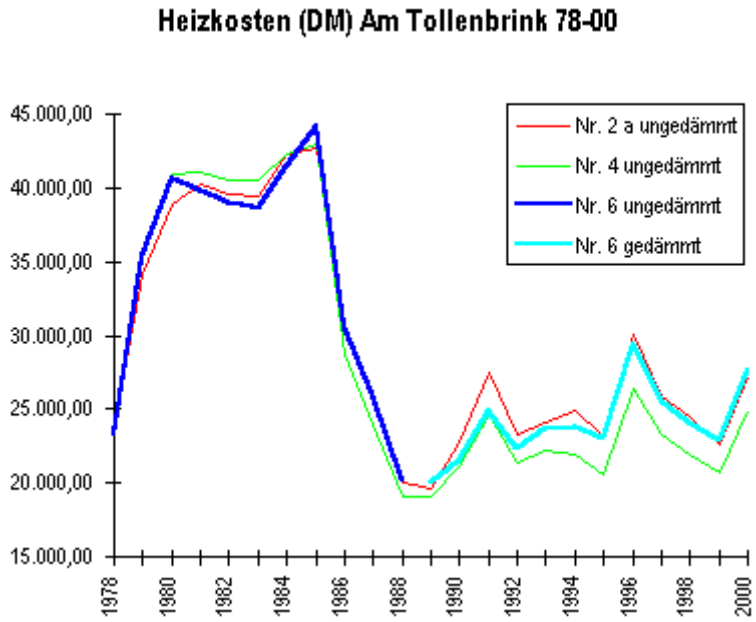
Ebenfalls als Ergebnis der FAL-Forschung hier ein Auszug aus der Februar-Kurve mit Darstellung der Temperaturverläufe an den verschiedenen gemessenen Fassadenrichtungen.



Deutlich werden die erheblichen Temperaturen an den Fassadenoberflächen (Ziegel), die bei entsprechenden Speichereffekten eine Abkühlung unter die Nachtlufttemperatur und damit die Kondensataufnahme verhindern (Blau: Lufttemperatur gem. Station Deutscher Wetterdienst auf Versuchsgelände):

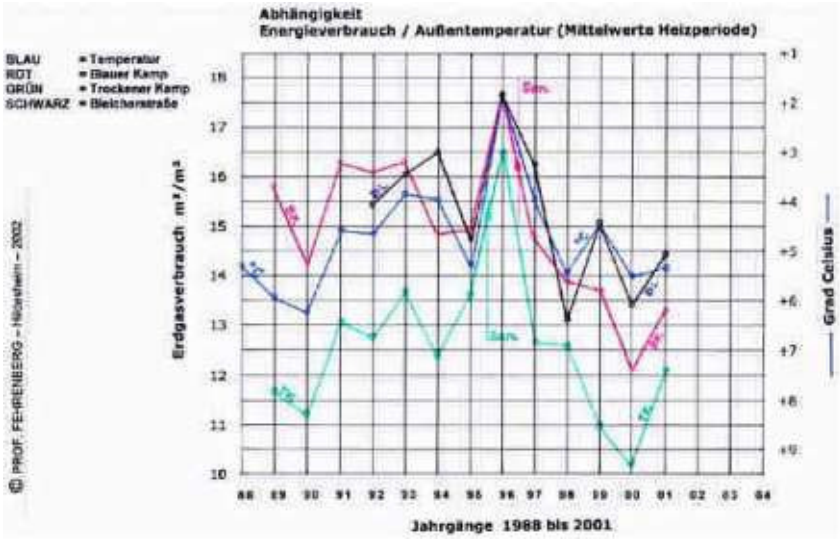
Die vergeblichen Dämmversuche an Großbauten hat bisher Prof. Jens Fehrenberg, FH Hildesheim, an verschiedenen langjährigen Vergleichen des Energieverbrauchs von benachbarten Appartementhäusern mit ca. 25 Wohnungen belegt.

Die Grafik zeigt die von Prof. Fehrenberg gutachterlich festgestellten Heizkosten der drei Appartementhäuser am Tollenbrink in Hannover.



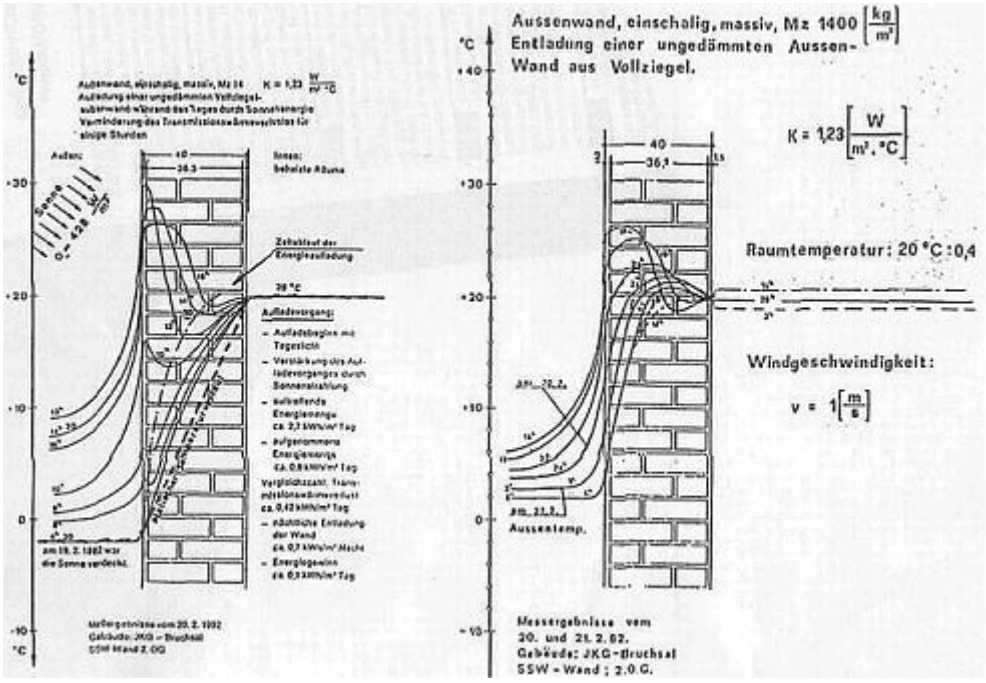
Dabei ergeben sich die tatsächlichen Heizkosten des mit einem WDVS gedämmten Hauses 6 auch nach der Dämmung im gleichen Rahmen wie bei den ungedämmt gebliebenen Häusern Nr. 2a und 4.

Mit der folgenden Grafik belegt Prof. Fehrenberg die Beeinflussung des Energieverbrauchs an drei Großbauten in Hannover lediglich durch die jeweils unterschiedliche Durchschnittstemperatur der Heizperiode. Die durchgeführten Wärmedämmmaßnahmen mit WDVS (Eintrag "San.") haben demnach keinen bemerkenswerten Einfluss auf den Heizenergieverbrauch:



Auch die Untersuchungen von Wichmann / Varsek am Julius-Knecht-Gymnasium in Bruchsal belegen die tatsächlichen Verhältnisse bei der Energieaufnahme einer Massivwand im Winterfall (Februar). Demnach ergeben sich an der solar bestrahlten Massivoberfläche Temperaturen bis 30 Grad bei einer Außenlufttemperatur von ca. 8 Grad. Durch die nächtliche Wärmeabgabe sinkt die Temperatur der Massivwand wieder ab, bleibt aber immer wesentlich über der Außenlufttemperatur und dadurch kondensatfrei.

Die folgende Abbildung zeigt das Messergebnis:



Bildquelle: Rationeller Bauen, Februar 1983

4.3.2.3 Der U-Wert / Wärmedurchlasswiderstand als Hyperbelfunktion

Setzt man trotz der oben gezeigten Erkenntnisse voraus, dass der stationäre Zustand ein adäquates Modell zur Beurteilung der energetischen Wirkung von Baukonstruktionen darstellt, so stößt man sehr schnell auf die systemimmanenten Grenzen dieser Betrachtungsweise.

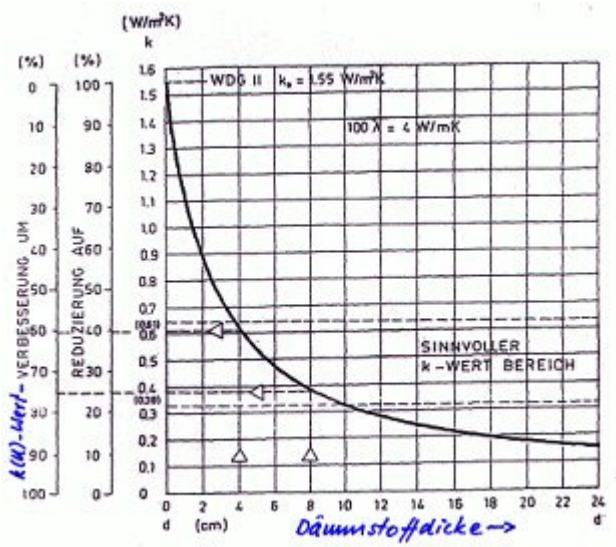
Der U-Wert ist eine Hyperbelfunktion und errechnet sich: $U = 1: 1/\lambda_i + 1/\lambda + 1/\lambda_a$ (W/m²K)

Daraus ergibt sich:

Dämmstoffstärke	U-Wert in (W/m²K)	Verbesserung um
5 cm	0,8	
10 cm	0,4	50%
20 cm	0,2	50%
40 cm	0,1	50%

Eine Verdoppelung des Aufwands halbiert folglich den Effekt, mit steigender Dämmstoffdicke nimmt die Effizienz ab.

Als Grafik zeigt sich das folgendermaßen, der angegebene k-Wert ist identisch mit dem heute gültigen U-Wert:



Die Hyperbelfunktion des U-Werts. Die Effizienzgrenze liegt bei ca. 6-8 cm Dämmstoffstärke (Quelle: Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Meier, Richtig bauen, Bauphysik im Zwielicht – Probleme und Lösungen, 4. Auflage, expert verlag 2007).

Als Folge lassen sich höhere Dämmstoffstärken wie im gegebenen Fall mit 10 cm nicht unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten realisieren.

4.3.2.2 Beurteilung der Polystyrolbeschichtung in baukonstruktiver Hinsicht

Das Wärmedämmverbundsystem mit Polystyrolplatten an der Fassade ist ein Leichtbausystem mit sehr geringer Speicherkapazität. Der Strahlungsausgleich mit dem kalten Nachthimmel führt im Unterschied zu einer speicherfähigen Fassadenoberfläche zur schnellen Abgabe der tagsüber durch diffuse und direkte Solarstrahlung aufgenommenen Wärmezufuhr. Während Massivoberflächen auch bei längeren Frostperioden so gut wie nie unter die Außenlufttempe-

ratur absinken, bilden sich auf den Oberflächen von Isolierschichten zeitweise Befrostungen durch auffrierende Kondensataufnahme.

Abbildung: Vereiste und veralgte WDVS-Beschichtung am 23.12.06

Die Temperaturabsenkung der Oberfläche unter die Temperatur der abkühlenden Nachtluft begünstigt die Kondensataufnahme im Beschichtungssystem. Dabei dringt Feuchtluft hinter die diffusionsoffene Beschichtung ein und kondensiert im Innenbereich des Beschichtungssystems aus.

Eine weitere künftige Befeuchtung der Dämmstofffassade steht im Zusammenhang mit der erwähnten großen Temperaturdehnung des Dämmstoffsystems. Die erheblichen Temperaturdehnungen des Systems führen nach einiger Zeit zur Rissbildung im Beschichtungssystem. Die sich in der Oberschicht bildenden Risse wirken kapillaraktiv und saugen Regenwasser ein.

Da das Beschichtungssystem keine nennenswerte Kapillartrocknung zuläßt, ist ein erhebliches Risiko der Auffeuchtung bzw. Hinterfeuchtung des Systems gegeben.

Um das damit verbundene Risiko des Pilz- und Algenbefalls zu vermindern, werden den synthetisch und damit trocknungsblockierend ausgerüsteten Anstrichen toxische Algizide und Fungizide beigemischt, die nach Abbau der zunächst wasserabweisenden Hydrophobiewirkmittel bei Beregnung auswaschbar sind und damit über längere Dauer in ihrer Abwehrwirkung nachlassen.

Die Vorsatzschale blockiert wesentliche Anteile der Solarzustrahlung in das dahinter liegende Massivmauerwerk. Die damit verbundene Abkühlung der Massivwand hinter dem WDVS vor allem in der Winterperiode ist zu erwarten und kann erhöhten Zuheizbedarf von innen her erforderlich machen.

4.3.2.3 Brandschutz

Da es sich bei den zur Verwendung kommenden Dämmstoffen zwar um schwer entflammbare, aber dennoch bei Erreichung der Zündtemperatur durch äußere Einflüsse brennbare Baustoffe handelt, ist mit deren Einsatz auch ein erhöhtes Brandrisiko verbunden.

WDVS-Brand aus "Schadensbilder aktuell" der Bayer. Brandversicherungskammer

4.3.2.4 Wirtschaftlichkeit einer Zusatzdämmung der Fassade

Eine Recherche nach den letzten Jahresverbräuchen der Heizung dient als Grundlage einer wirtschaftlichen Bewertung der geplanten Energiesparmaßnahmen durch die Zusatzdämmung. Damit kann der künftige Heizenergieverbrauch des Bauwerks und das rechnerisch anzusetzende Einsparpotential für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung eingeschätzt werden.

Bei dem durchschnittlich ermittelten Jahresverbrauch (2004, 2005) von 18.100 m³ Erdgas, entsprechend 170.000kWh, ergeben sich bei den 500 qm beheizter Nutzfläche des Bauwerks ein jährlicher Verbrauch von 340 kwh/qm.

Die Jahreskosten betragen durchschnittlich 9.800,- EUR (Warmwasserbereitung unbeachtet). Unterstellt man eine Einsparung durch die geplanten Energiesparmaßnahmen von (in der Werbung dargestellten aber in der Praxis nie erreichbaren, s.o.) 40 Prozent, ergibt dies eine fiktive jährliche Ersparnis von 3.920,- EUR.

Schon damit ergibt sich bei einem üblichen Mehrkosten-Nutzen-Verhältnis MNV von 12 ein Investitionskostenlimit für die anstehenden Energiesparmaßnahmen von maximal 47. 040,- EUR. Die geplanten Energiesparmaßnahmen mit Gesamtkosten von 68.800,- EUR sind damit unrentierlich.

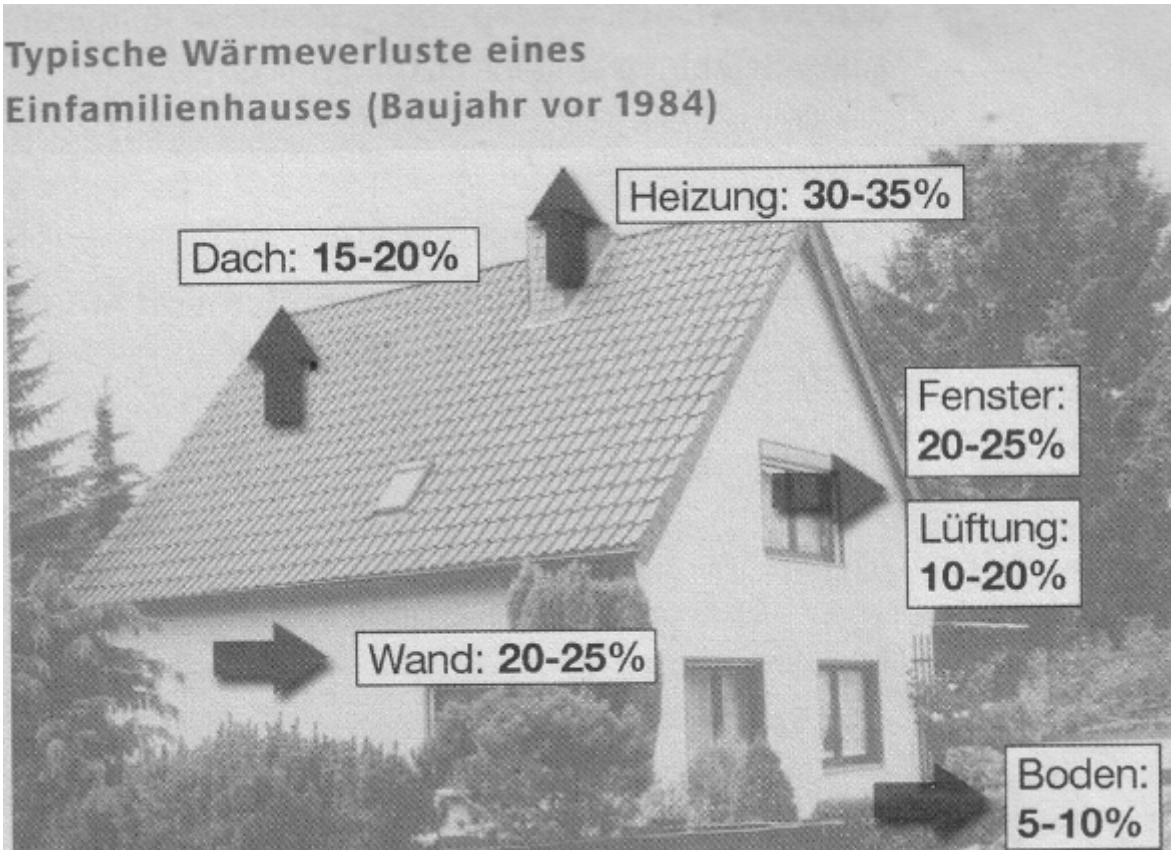
Außerdem ist am Energieverlust von Bauwerken die Außenwand real nur mit ca. 20 % beteiligt, so dass hier vorgenommene Verbesserungen nur marginalen Effekt auf den Gesamtenergieverbrauch haben können.

Legt man die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit veröffentlichten und in der Praxis nachgewiesenen Anteile der Wärmeverluste zu Grunde und lässt dabei sogar die durch das bessere A/V-Verhältnis der Großbauten begründeten weiteren Reduzierungen des Wärmeverlustes über die Außenwände außer Acht, (siehe nachstehendes Bild) so gilt im vorliegenden Fall folgende Rechnung:

Anteil der Außenwände am Energieverlust und damit an den Energiekosten:	25% von 9.800,- EUR → 2.450,- EUR
Reduzierung der Verluste um 75 % (siehe Diagramm U-Wert)	→ 613,- EUR
Ersparnis pro Jahr:	2.450,- EUR– 613,- EUR = 1.837,- EUR
Amortisation der Dämmaßnahme:	68.800,- EUR : 1.837,- EUR ~ 37 Jahre

(Lebensdauer des Systems 20 Jahre!)

Dies entspricht auch den diesbezüglich umfangreichen Erfahrungen in der Begleitung derartiger „energetischer Sanierungen“.



Wärmeverluste eines Einfamilienhauses
Quelle:
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
Referat Kommunikation und Internet/LP4, Berlin
Innovation und neue Energietechnologien
Das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung
Broschüre, Juli 2005, 2.1.1.4 Energieoptimiertes Bauen S. 33

4.3.3 Fazit:

Nach den hier aufgeführten Belegen gibt es so gut wie keine Energieersparnis durch U-Wert-optimierte Dämmbeschichtungen auf Massivfassaden. Bei Betrachtung der Kostensituation dürften die geplanten Energiesparinvestitionen unrentierlich sein.

4.3.4 Alternative:

An den Fassadenflächen sollten Rissreparaturen mit untergrundidentischen Materialien zur Verhinderung von Wassereintritt und Folgeschäden durchgeführt werden.

Im Bereich von Betonabplatzungen durch korrodierte Armierungsstähle der Stahlbetonkonstruktion sollten lose Teile entfernt, Stahlteile entrostet und die Stelle mit möglichst körnungsähnlichem Zementmörtel verfüllt werden. Ursache für die Abplatzungen ist nur mittelbar die Stahlkorrosion. Diese wird durch Carbonatisierung der oberen Betonschichten hervorgerufen. Carbonatisierung ist die chemische Umwandlung der alkalischen Bestandteile des Zementsteines durch CO_2 in Kalziumcarbonat. Dabei sinkt der pH-Wert des Zementsteines unter $pH < 9$ ab. Die Geschwindigkeit ist dabei vom Feuchtegehalt abhängig. Ein Maximum der Carbonatisierungsgeschwindigkeit stellt sich bei 50 – 60 % Betonfeuchte ein (Unkontrollierbare Gefahr für Stahlbetonkonstruktionen unter auffeuchtender Dämmung!). Durch die

Herabsetzung des pH-Wertes wird die Oxidschicht um den Betonstahl aufgelöst (Depassivierung) und er beginnt zu korrodieren. Zur Verhinderung einer Auffeuchtung sollten keine trocknungsblockierenden Anstriche oder Hydrophobierungen durchgeführt werden. Hier ist einzig ein Anstrich mit Silikatfarben sinnvoll.

4.4. Fenstererneuerung

4.4.1 Geplante Maßnahmen

Die vorhandenen Betonfenster mit Aluminiumlüftungsflügeln und Einfachverglasung sollen durch Kunstofffenster mit Wärmeschutzverglasung und Lippendichtungen ersetzt werden.

Inwieweit der erhebliche Gestaltwechsel durch die geplanten Austauschmaßnahmen bei sachgerechter Würdigung der gestalterischen Belange hinnehmbar wäre, ist hier nicht zu untersuchen.

4.4.2 Beurteilung des Fensteraustauschs in energetischer Hinsicht

4.4.2.1 Vorbemerkung

Nach gängiger Betrachtungsweise sollen dichtschließende Fenster mit Wärmeschutzverglasungen zu geringeren Heizkosten führen. Ursächlich hierfür soll die geringe Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Gläser und Rahmenwerkstoffe sein, die eine Abgabe der das Bauteil durchdringenden Heizwärme an die Umgebungsluft verhindern. Dies steht aber im Widerspruch zu den nachfolgend aufgeführten Fakten.

4.4.2.2 Fensterglas und Wärmestrahlung

Die Wärmestrahlung im maßgeblichen Wellenlängenbereich ab etwa 2,7 Mikrometer kann Fensterglas nicht wie Licht durchdringen, sondern wird teils reflektiert und absorbiert (mit anschließender Emission von der erwärmten Scheibenoberfläche auch in den Raum zurück).

Auch deswegen leisten teure Doppelverglasungen keine spürbare bzw. gar wirtschaftlich sinnvolle Verminderung des Heizwärmeverbrauchs. Sobald die Gebäudeheizung durch Strahlungsheizung erfolgt, spielt anders als im konvektionsgeheizten Raum die Strahlungswärme und nicht der Wärmeverlust durch Konvektion die maßgebliche Rolle. Die in der Raumluft enthaltene Energie steht zur Wärmestrahlungsenergie aus Innenwand, Boden und Decke in einem Verhältnis von ca. 1:360 bis 400! Es kommt also bei der Betrachtung der Energieverluste vor allem auf das Verhalten der Raumumschließungsflächen gegenüber der Licht- und Wärmestrahlung an.

Vergleiche aus der Praxis belegen, dass der Energieverbrauch in Wohnungen mit Einfachglas und Wärmeschutzglas identisch ist (z.B. Energiesparen an Baudenkmälern, Tagung des Deutschen Nationalkomitees für Denkmalschutz, Bonn 2002, Diskussionsbeitrag), wobei auch bei Einfachfenstern die messbare Innentemperatur der Glasoberfläche der Wandtemperatur sehr nahe kommt. Das Einfachfenster lässt wesentlich mehr kostenlose Solarenergiegewinne nach innen durch. Das Abstrahlverhalten einseitig erwärmter Gläser geht dann wieder ganz überwiegend in Richtung der Wärmequelle zurück und hält damit Wärmeverluste nach draußen gering.

Durch die erhöhte Dichtigkeit der Fenster ist mit einem Anstieg des Feuchtegehaltes der Raumluft zu rechnen (siehe auch Kapitel 4.4.2.3). Feuchte Luft benötigt zur Aufheizung mehr Energie als trockene. Somit werden die potentiellen Einsparungen durch einen erhöhten Heizenergieverbrauch stark gemindert oder gar aufgewogen.

4.4.2.3 Feuchteschutz

"Schimmelpilz nach Fensteraustausch" ist mit bis zu 40% Bauschadenshäufigkeit in Folge von Sanierungsvorhaben durch gummilippendichte Wärmedämm-Fenster-Konstruktionen im Zuge energetische Verbesserung/Sanierung der wichtigste Schadensfaktor aller Bauschäden,

"Sowohl an Gebäuden mit niedrigem Dämmniveau als auch an Gebäuden mit hohem Dämmniveau treten nach dem Einbau relativ luftdichter Fenster Bauschäden in Form von Tauwasserniederschlag und Schimmelpilzbildung auf. Selbst in Wohnungen, die vorher von dem gleichen Personenkreis schadlos bewohnt wurden, nehmen die Klagen über die Schimmelpilzbildung zu."

(H. Curth und J. Lorenz in: *"Das Fenster als Energie-Funktionselement"*, *bausubstanz* 4/2000)

Bereits seit längerer Zeit wird auf den Zusammenhang zwischen dem Anstieg des Schimmelpilzbefalls in Wohnungen und der vermehrten nahezu fugendichten Bauweise hingewiesen."

(Bauschadensbericht der Bundesregierung 1995)

Ein derartiges Risiko besteht auch im vorliegenden Fall, da das Gebäude über keinerlei mechanische Lüftungsanlage verfügt und gerade im Bereich der Duschen und Umkleiden mit erhöhtem Feuchteanfall zu rechnen ist.

4.4.3 Fazit:

Nach den hier aufgeführten Belegen gibt es so gut wie keine Energieersparnis durch U-Wert-optimierte dichtschließende Fenster mit Wärmeschutzverglasungen. Bei Betrachtung der Kostensituation dürften damit die geplanten Energiesparinvestitionen unrentierlich sein.

4.4.4 Alternative:

Zur Steigerung des Komforts und Verminderung des Tauwasseranfalls während intensiver Nutzung der Dusch- und Umkleideräume wird die Anbringung von Vorsatzfenstern auf der Innenseite der Fensteröffnungen empfohlen. Schlichte Kunstofffenster mit Kippflügeln (obere Lippendichtung entfernen!) sind dabei ausreichend und verhindern eine übermäßige Verschmutzung der Fensterbereiche durch ablaufendes Tauwasser.

4.5 Heizungserneuerung

4.5.1 Geplante Maßnahmen

Nach dem Vorschlag des Energieberaters soll die vorhandene Heizanlage durch eine Gasbrennwertheizung oder eine Holzpelletheizung ersetzt werden. Die Wärmeverteilung soll über eine Deckenstrahlungsheizung erfolgen. Die Warmwasserbereitung soll durch Solarkollektoren unterstützt werden.

4.5.2 Beurteilung des Heizungsaustauschs in energetischer Hinsicht

4.5.2.1 Vorbemerkungen

Der aus dem Jahre 1979 stammende, 1983 von Öl- auf Gasbefeuerung umgestellte, aber bis heute funktionstüchtige Kessel ist im Zuge einer Renovierungsmaßnahme an die bauzeitlich bestehenden Wärmeverteileinrichtungen angeschlossen worden. In der zeittypischen Gepflogenheit wurde die Anlage mit einer Leistung von 120 kW stark überdimensioniert (*Einschub: Man rechnete zu dieser Zeit übrigens noch ganz fest mit einer kurzfristig bevorstehenden neuen Eiszeit, auf die man vorbereitet sein wollte!*). Gleichzeitig wurden im Hallenbereich vorhandene zusätzliche Strahlplattenheizkörper entfernt, da man den mit Anprallschutzblechen zu Konvektoren umgerüsteten Radiatoren im Hallenbereich die Übernahme der vollen Heizleistung zutraute. Mit Einbau eines neuen Schwingbodens wurde weiterhin der Bereich des „Seitenschiffs“ als Geräteraum mit Schwingtoren vom Hallenbereich abgetrennt. Die dort befindlichen Strahlplattenheizkörper verloren damit einen Großteil ihrer Heizwirkung für den Hallenbereich. Die Beheizung der Halle erfolgte nun überwiegend über Konvektion. Eine Absenkung der Vorlauftemperatur auf heute übliche 70° –80° sowie die Nachtabsenkung der Heizung kamen hinzu.

Diese Kulmination von Veränderungen führte in der jüngeren Vergangenheit zu Klagen über eine mangelhafte Beheizbarkeit der Halle.

4.5.2.2 Konvektionswärme vs. Strahlungswärme

Wird ein Raum nunmehr ausschließlich konvektiv beheizt, so steigt die erwärmte Luft aufgrund ihrer geringeren Dichte nach oben, kühlt sich an den Raumumfassungsflächen ab und fällt wieder nach unten. Der Kreislauf beginnt von neuem.

Die entstehenden Luftströmungen bestimmen auch die Temperaturverteilung im Raum. Die höchsten Werte sind im Bereich der Decke zu verzeichnen, am Boden ist die Temperatur am geringsten. Hier sind dann auch aufgrund der Kaltluftströme Zugerscheinungen spürbar, die oft fälschlicherweise „undichten“ Fenstern oder Türen zugesprochen werden. Soll die Temperatur bodennah erhöht werden, so ist dies nur mit einem verstärkten Volumenstrom möglich, der die erwärmte Luft schneller wieder zu Boden zwingt, als sie sich an den Raumumschließungsflächen abkühlen kann.

Diese Abkühlung erfolgt so lange, bis das Bauteil die Raumlufttemperatur erreicht hat. Wegen des in der Heizperiode naturgemäß vorhandenen Temperaturgefälles nach außen, ist dies nie erreichbar (Aus dieser Anschauung folgt ja auch der Schluss, eine außenseitige Dämmung zur Anhebung der Bauteiltemperatur vorzusehen.).

Die Stofftemperatur stellt die Intensität der Bewegung der Stoffmoleküle dar. Ein Abkühlen der Raumluft ist nichts anderes als das „Abbremsen“ der Molekülbewegung an den Raumumschließungsflächen. Die Bewegungsenergie der Luftmoleküle wird dabei an die Moleküle der Wände und der Decke abgegeben. Da dieses Feststoffe mit in der Regel hohen Dichten sind, werden nur wenige Moleküle von den Luftmolekülen getroffen und zum Bewegen angeregt. Dies zeigt sich dann im Temperaturgefälle zwischen Luft und Wand. Die Aufrechterhaltung des oben genannten Volumenstroms ist sehr energieaufwendig, was in Anbetracht des im Verhältnis zu der Oberfläche der Raumumschließungsflächen immensen Raumluftvolumens anschaulich wird.

In der Praxis sind Temperaturunterschiede von bis zu 3 K pro m Raumhöhe messbar. Will man in 1,80 m Höhe eine Temperatur von 20 °C erreichen, so sind bei 10 m Raumhöhe im Deckenbereich schon fast 45°C notwendig. In 5 m Höhe sind es immer noch fast 33°C. Dieses Beispiel zeigt das Verschwendungspotential der Konvektionsheizung. Nicht zuletzt sei auch auf den mit den erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten einhergehenden Staubtransport verwiesen (Verschmutzung).

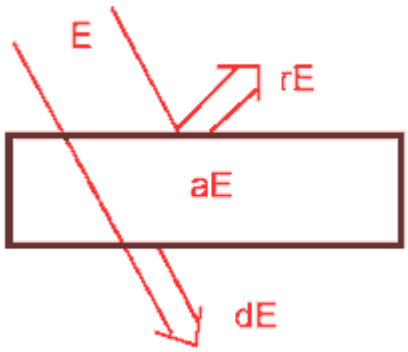
Ganz anders liegen die Verhältnisse bei einer Strahlungsheizung.

Für die Übertragung der Wärmeenergie durch Strahlung ist kein Stoff als Träger erforderlich. Die Intensität der Wärmestrahlung oder auch Temperaturstrahlung hängt von der Temperatur und der Fläche des strahlenden Körpers ab.

Von der Oberfläche des Körpers werden elektromagnetische Wellen geradlinig mit Lichtgeschwindigkeit ausgesendet (emittiert). Die Temperaturstrahlung umfasst den Wellenlängenbereich 0,8 bis 800 µm, wobei der Hauptanteil der ausgestrahlten Wärmeenergie im Bereich um 0,8 bis 10 µm liegt. (Sichtbares Licht für das menschliche Auge 0,4 bis 0,8 µm.)

Trifft Temperaturstrahlung auf einen Körper, so gibt es je nach Eigenschaft des Körpers verschieden Möglichkeiten:

1. Der Körper kann die auftreffende Strahlung (E) absorbieren (aE).
2. Der Körper kann die auftreffende Strahlung (E) reflektieren (rE).
3. Der Körper kann die Strahlung (E) unverändert hindurch lassen (dE).



Die in einem Körper **absorbierte** Strahlung wird in innere Energie zurück verwandelt. Das geschieht bei den meisten festen und flüssigen Körpern in einer sehr dünnen Randschicht, zum Beispiel bei elektrisch leitenden Körpern schon in einer Tiefe von 0,001 mm und bei Nichtleitern bis 1 mm.

Die **Reflexion** von Wärmestrahlung kann spiegelnd (bei blanken, glatten Oberflächen, Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel) oder diffus (matte Oberflächen) erfolgen.

Glas zum Beispiel ist für den sichtbaren Bereich der Temperaturstrahlung sehr gut durchlässig, während es die langwellige Wärmestrahlung weitgehend reflektiert. Bei der Sonnenstrahlung (Strahlertemperatur von etwa 6700 K) liegt das Intensitätsmaximum im

sichtbaren Bereich. Damit dringt ein großer Teil der Sonnenstrahlung durch das Glasfenster hindurch. Im Raum wird diese Strahlung zum größten Teil von Gegenständen und Wänden zu innere Energie absorbiert, die dann wieder durch Wärmestrahlung und Konvektion an die Umgebung abgegeben wird und den Raum erwärmt.

Die Raumluft dagegen wird von der Wärmestrahlung praktisch ungehindert **durchdrungen**. Eine Aufheizung erfolgt nur mittelbar über die Umfassungsflächen.

In einem strahlungsbeheizten Raum ist die Lufttemperatur immer geringer als die der Umfassungsflächen. Werden diese durch Heizflächen bestrahlt, so reflektieren und absorbieren sie die Wärmestrahlung, erwärmen sich oberflächennah und werden selbst zum Strahler. Da sich elektromagnetische Strahlung mit Lichtgeschwindigkeit und gleichmäßig ausbreitet, verteilt sich die Wärme im Raum. Weiter von der Strahlungsquelle entfernte Bauteile (Decke) werden dabei geringer bestrahlt, nahe mehr (unterer Wandbereich, Boden). Gleiches gilt natürlich auch für die sich im Raum befindlichen Einrichtungsgegenstände und auch für Personen. Wie angenehm diese Strahlungswärme empfunden wird, vermag jeder einzuschätzen, der schon einmal im Hochgebirge im Winter ein Sonnenbad genossen hat.

Diese Erkenntnisse werden richtigerweise auch in dem Vorschlag einer Deckenstrahlungsheizung umgesetzt.

4.5.2.3 Solarthermische Anlage zur Brauchwassererwärmung

Der Bedarf an Warmwasser ist wegen der uneinheitlichen Nutzer und deren Duschverhalten (Schulen, Vereine, Gruppen) ohne genaue Messungen nur sehr schwer ermittelbar. Grundsätzlich lassen sich durch eine solarthermische Anlage ca. 60% des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung einsparen. Ob dies wirtschaftlich darstellbar ist, hängt vom tatsächlichen Anteil der Brauchwassererwärmung am Gesamtenergieverbrauch ab. Auch ist die Auslegung der Anlage wegen des stoßweisen Bedarfs nur nach intensiven Vorermittlungen sinnvoll möglich.

Hier wären zu einer verwertbaren Empfehlung noch weitergehende Untersuchungen notwendig.

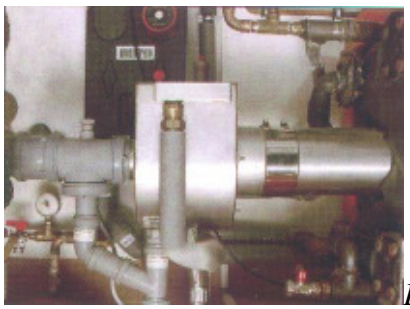
4.5.3 Fazit:

Ursächlich für den hohen Energieverbrauch und die schlechte Beheizung der Halle ist die Wärmeverteilung mittels Konvektoren und die Verschattung der Strahlplatten im Gerätebereich.

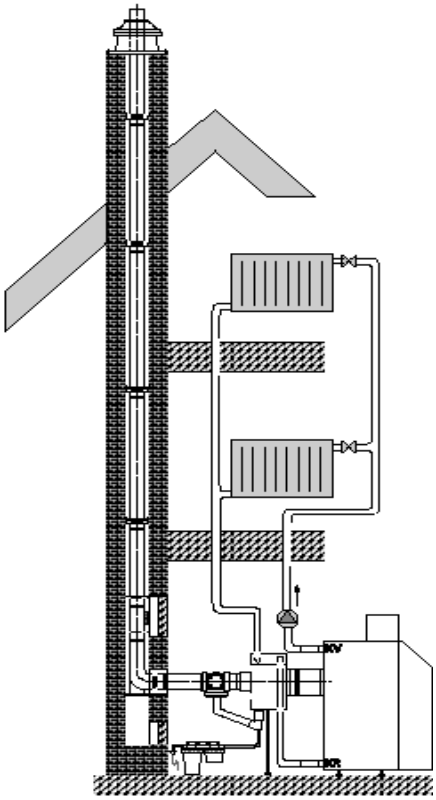
4.5.4 Alternative:

Die Heizanlage sollte im Bestand erhalten werden. Gegebenenfalls kann eine Ergänzung durch einen Abgaswärmetauscher in der Abgasleitung (siehe Abbildung) erfolgen. Dies reduziert die Abgasverluste (Brennwerttechnik). Dann ist allerdings das Abgasrohr im Schornstein kondensatfest auszubilden.

Abgaswärmetauscher



Einbaulage



Systemskizze

Die Dämmung der Armaturen und Rohrleitungen im Heizraum sollte vervollständigt werden. Die Konvektionsheizkörper im Hallenbereich sollten gegen Strahlplatten ausgetauscht werden. Gegebenenfalls wäre schon ein Verschließen der Luftaustrittsöffnungen ausreichend. Dies müssten Versuche ergeben. Die ursprünglich vorhandenen Strahlplatten im nördlichen Obergadenbereich sollten wieder angebracht werden. Mit einem Verzicht auf die Nachtabsenkung wird die Reduzierung der Vorlauftemperatur auf 40°C – 50°C ermöglicht. Dies kann durch Versuche festgestellt werden.

Die vorgeschlagene Deckenstrahlungsheizung ist vom Prinzip her zielführend, sprengt aber durch die anfallenden Kosten den Finanzierungsrahmen. Sie sollte nicht ausgeführt werden.

4.6 Planung

Auch eine kostenreduzierte Ausführung bedarf der soliden Vorbereitung durch einen qualifizierten Planer. Konzept, Ausschreibung und Überwachung der baulichen Ausführung muss

gerade bei einem von normierten Standards abweichenden Vorhaben durch einen mit der Problemstellung vertrauten Planer erfolgen. Eine Einsparung dieser Kosten ist nicht sinnvoll.

5. Zusammenfassung

- Die vorgeschlagene Erneuerung der Dacheindeckung sollte aus Kostengründen unterbleiben.
- Zur Dämmung der obersten Geschossdecke wäre die Aufbringung einer Trockenschüttung aus Leicht-Perlite (max. 90 kg/m³) in einer Dicke von 10 cm auf einem Rieselschutzvlies empfehlenswert. Der Laufhorizont könnte durch Bohlen gebildet werden.
- An den Fassadenflächen sollten Rissreparaturen mit untergrundidentischen Materialien zur Verhinderung von Wassereintritt und Folgeschäden durchgeführt werden.
- Im Bereich von Betonabplatzungen durch korrodierte Armierungsstähle der Stahlbetonkonstruktion sollten lose Teile entfernt, Stahlteile entrostet und die Stelle mit möglichst körnungsähnlichem Zementmörtel verfüllt werden. Zur Verhinderung einer Auffeuchtung sollten keine trocknungsblockierenden Anstriche oder Hydrophobierungen durchgeführt werden. Hier ist ein Anstrich mit Silikatfarben sinnvoll.
- Zur Steigerung des Komforts und zur Verminderung des Tauwasseranfalls während intensiver Nutzung der Dusch- und Umkleideräume wird die Anbringung von Vorsatzfenstern auf der Innenseite der Fensteröffnungen empfohlen. Schlichte Kunstoffenster mit Kippflügeln (obere Lippendichtung entfernen!) sind dabei ausreichend und verhindern eine übermäßige Verschmutzung der Fensterbereiche durch ablaufendes Tauwasser.
- Die Heizanlage sollte im Bestand erhalten bleiben. Eine Ergänzung durch einen Abgaswärmetauscher in der Abgasleitung hebt die Anlage auf Brennwertniveau. Dann ist allerdings das Abgasrohr im Schornstein kondensatfest auszubilden.
- Die Dämmung der Armaturen und Rohrleitungen im Heizraum sollte vervollständigt werden. Die Konvektionsheizkörper im Hallenbereich sollten ausgetauscht werden. Gegebenenfalls wäre schon ein Verschließen der Luftaustrittsöffnungen ausreichend. Die ursprünglich vorhandenen Strahlplatten im nördlichen Obergadenbereich sollten ergänzt werden. Auf die Nachtabsenkung sollte zur Ermöglichung der Reduzierung der Vorlauftemperatur auf 40°C – 50°C verzichtet werden.
- Die vorgeschlagene Deckenstrahlungsheizung ist vom Prinzip her zielführend, sprengt aber durch die anfallenden Kosten den Finanzierungsrahmen. Sie sollte nicht ausgeführt werden.

5. Weitere Hinweise

Die Hinweise erfolgten nach bestem Wissen und Erfahrungen aus 10 Jahren baupraktischer Begleitung von Sanierungen im Denkmalbereich. Sie folgen den bewährten Methoden und nicht unbedingt den industrieseitig beeinflussten und für die Altbausanierung nicht immer zutreffenden DIN-Normen und sonstigen angeblichen Regeln der Technik.

Für weitere Auskünfte und Erläuterungen stehe ich jederzeit gerne zur Verfügung.

Marcus Wagner

Anlage:

	Gewerk	Kosten inkl. 19% MWSt. EUR	Alternative	Kosten inkl. 19% MWSt. EUR	Begründung	Einsparung Heiz-energie
1.	Erneuerung der Dacheindeckung	52.300,-	Nullvariante	0,-	Dacheindeckung funktionstüchtig	0 %
2.	Dämmung der Hallendecke	9.700,-	Dto.	9.700,-	Anhebung der Oberflächentemperatur zur Vermeidung von Strahlungsverlusten	5-10%
3.	Fassadendämmung	68.800,-	Fassadenreparatur, Überprüfen der Bauteilanschlüsse	5.000,-	In der Praxis keine messbare Energieeinsparung, Verhinderung von Feuchteeintrag	0%
4.	Fenstererneuerung	61.300,-	Vorsatzfenster für Duschen und Umkleiden	6.000,-	Vermeidung von Kondensatanfall	5%
5.	Heizungserneuerung					
5a..	Holzpellets-Heizung	45.000,-	Abgaswärmetauscher Nachrüstung, Dämmung der Rohrleitungen	3.500,-	Heizung funktionstüchtig	15%
5b.	Solaranlage für Warmwasserbereitung	20.000,-	Reduzierung der Wassertemperatur auf 55°C	0,-		4%
5c.	Deckenstrahlungsheizung	81.100,-	Umstellung auf Strahlungsheizung, Austausch / Ergänzung der Heizkörper	5.000,-	Angenehmes Halenklima	20%
	Baukosten	338.200,-		29.200,-	**Gesamteinsparung**	**50%**
	Planungskosten 15%	50.730,-		4.380,-		
	Gesamtkosten	**388.930,-**		**33.580,-**		