

Möglichkeiten der Finanzierung von Wärmedämmungsmaßnahmen durch Brennstoff- und andere Heizkosteneinsparungen im Bereich der Fernwärmeversorgung

Teilbericht zum Projekt Urban Design, Urban Renewal and Infrastructure Development in Odessa¹⁾

**Harald Buschbacher, Aleksandr Kotenko
Evgenij Safronov, Dimitri Lozinsky**

1. Einführung

1.1 Ausgangslage: Die Situation der Energieversorgung in Odessa

(Stand September 2001)

Die Ergebnisse der Erhebungen anlässlich des Kraft-Wärme-Kopplungsprojekts im Herbst 2001 lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

1.1.1 Wärmeversorgung

Wie in allen größeren Städte der ehemaligen Sowjetunion geschieht die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser zum überwiegenden Teil mittels Fernwärme, basierend auf meist gasbeheizten Bezirksheizwerken sowie einem Wärmekraftwerk mit Fernwärmeauskopplung. Aufgrund der generell schlechten wirtschaftlichen Lage in der Ukraine, aber auch aufgrund spezifischer Übergangsschwierigkeiten von Plan- auf Marktwirtschaft können die Wärmeversorgungsunternehmen ihre Aufgabe nur mehr unzureichend erfüllen: Zwar hat sich die öffentliche Hand gemäß ihrer marktwirtschaftlichen Ausrichtung aus der Finanzierung des Energie-, besonders aber des Wärmesektors weitgehend zurückgezogen. Von der Bevölkerung Entgelte zu verlangen, welche die vollen Kosten der Wärmebereitstellung, inklusive aller Infrastrukturkosten decken, ist jedoch aufgrund der geringen Einkommen politisch und praktisch undurchsetzbar. Schon jetzt zahlt ein großer Teil der Bewohner die Wärmerechnungen nicht. Diese Wohnungen einzeln vom Wär-

menetz zu trennen, ist technisch unmöglich, ebenso wie nur in wenigen Fällen per Wärmezähler, zumeist jedoch pauschal abgerechnet wird. In Folge dieser, nun schon mehr als 10 Jahre andauernden finanziellen Unterversorgung der Heizwerke ist die Infrastruktur, besonders das Leitungsnetz in schlechtem Zustand, was zu hohen Wärme- und Wärmeträgerverlusten sowie zu erhöhtem Strömungswiderstand und dadurch wiederum zu mehr Pumpaufwand und schlechterer Verteilung der Wärme führt. Im täglichen Leben der Odessiten macht sich die angeschlagene Lage der Heizwerke durch unzureichende Wärmeversorgung bemerkbar: In vielen Wohnungen wird die vorgesehene Raumtemperatur von 18°C bei weitem nicht erreicht. Besonders in den Plattenbauten sowie in Räumen mit großen Fenstern sind 12-13° Raumtemperatur keine Seltenheit. Obwohl die Infrastruktur das überwiegende Problem darstellt, ist die mangelnde Heizleistung sehr wohl auch darauf zurückzuführen, dass aus Geldmangel auch beim eingesetzten Brennstoff gespart werden muß. Das lässt sich schon alleine daran ablesen, dass die Raumtemperatur auch bei stark unterschiedlichen Außentemperaturen stets etwa gleich bleibt. Würde lediglich die maximale Leistung aufgrund des schlechten Zustands der Infrastruktur unzureichend sein, so müsste sich das ja speziell an besonders kalten Tagen auswirken, während an wärmeren Tagen mit der verbleibenden Höchstleistung die vorgesehene Raumtemperatur immer noch zu erreichen sein sollte.

1.1.2 Stromversorgung

Noch auffälliger, als die Defizite in der Wärmeversorgung waren jene in der Stromversorgung. Bis zum Winter 2002 kam es in den Wintermonaten zu häufigen Stromausfällen, denen im weiteren durch planmäßige, in den Medien angekündigte, bezirksweise Stromabschaltungen begegnet wurde. Bedingt waren diese Ausfälle und Abschaltungen durch einen Mangel an Kraftwerksleistung in der Ukraine im Allgemeinen, und ganz besonders im Gebiet Odessa, welches nur über ein einziges Wärmekraftwerk verfügt, das bereits in sehr schlechtem Zustand ist. Dass sich die Situation besonders in den Wintermonaten zuspitzt, hängt auch mit der schlechten Wärmeversorgung zusammen, die viele Bewohner dazu veranlasst, mit elektrischen Heizgeräten zuzuheizen. Bezüglich der finanziellen Situation der Elektrizitätswerke ist zu erwähnen, dass diese, wenn sie die Stromerzeugung mit der Summe der bei den Konsumenten abgerechneten Kilowattstunden vergleichen, auf einen "Netz- und Leitungsverlust" von 36% kommen. Nachdem jedoch vergleichbare Netze auf tatsächliche, physikalisch bedingte Verluste von nur 13% kommen, dürften die restlichen 23% auf Stromdiebstahl durch Zählerüberbrückung entfallen.

1.2 Projektidee und Zielsetzung dieser Arbeit

Während das ursprüngliche Projekt im Herbst 2001 zum Ziel hatte, die Lage durch effiziente Strom- und Wärmebereitstellung durch den Einsatz von kleinen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen zu verbessern, sollte im Rahmen dieses Projekts versucht werden, durch verbrauchsseitige Maßnahmen das Auseinanderklaffen von Bedarf und Aufbringung zu verringern. Nachdem anzunehmen war, dass die niedrigen, nicht kostendeckenden, oft auch gar nicht bezahlten Wärmeentgelte sowie die pauschale Abrechnung Energiesparmaßnahmen für die Bewohner selbst keinesfalls sinnvoll machen, wurde das Modell gewählt, dass die Heizbetriebe selbst Wärmedämmungsmaßnahmen veranlassen und durch die Einsparung an Brennstoff und evtl. auch an anderen Kosten refinanzieren. Ziel der Arbeit war, modellhaft an einem möglichst verbreiteten Typ von Wohnhäusern, am besten Plattenbauten, die Wirtschaftlichkeit eines solchen Wärmedämmungsvorhabens zu überprüfen.

1.3 Veränderungen zwischen Herbst 2001 und Winter 2004

An Veränderungen zwischen dem ersten Aufenthalt in Odessa im September 2001 und dem diesmaligen Projekt im Winter 2004 sind zwei Dinge zu erwähnen:

Erstens hat sich die Situation im Bereich der Stromversorgung deutlich verbessert. Es gibt keine planmäßigen Abschaltungen mehr, und auch die ungeplanten Stromausfälle sind selten geworden. Die Ursache dafür liegt in der Wiedervereinigung der Stromnetze Russlands und der Ukraine, das hinsichtlich Frequenz und Spannung wesentlich stabilere russische Netz und vermutlich auch gewisse Stromimporte aus Russland haben das gesamte ukrainische Netz, auch die aufbringungsschwache Region Odessa spürbar stabilisiert. Auch die Situation der Wärmeversorgung hat sich etwas gebessert. Zwar sind die Raumtemperaturen immer noch unzureichend, aber wenigstens gibt es keine Abschaltungen der Warmwasserversorgung mehr.

Zweitens beginnen die Odessiten damit, in Eigeninitiative Wärmedämmungsmaßnahmen zu treffen. Abgesehen von kleinen bastlerischen Maßnahmen wie dem Anbringen von Fenster- und Türdichtungen oder Reflektorfolien hinter Heizkörpern gibt es Firmen, die vergleichsweise günstig - 15 US-Dollar pro Quadratmeter - jenes Stück der Außenmauer eines Wohnhauses außenseitig mit Styropor-Schaumstoff dämmen, das zur Wohnung des Auftraggebers gehört. Noch auffälliger ist aber das Auftreten zahlreicher Anbieter von zeitgemäßen Verbundfenstern aus Holz oder PVC mit energiesparender Doppel- oder Dreifachverglasung, und tatsächlich sind immer mehr solche Fenster in der Stadt zu sehen, nicht zuletzt am außenseitig neu renovierten Gebäude der technischen Universität.

1.4 Modifizierte Aufgabenstellung vor Ort

Gegenüber dem ursprünglichen Vorhaben wurde die Aufgabenstellung letztlich in folgenden zwei Punkten verändert:

- Auf Wunsch des Rektors wurden keine gewöhnlichen Wohnhäuser für die Berechnung herangezogen, sondern zwei Studentenheime unterschiedlicher Bauart. Diese unterscheiden sich insofern von den gängigsten Plattenwohnhäusern, als sie

ungewöhnlich große Fensterflächen aufweisen und das eine Gebäude aus Ziegeln gemauert ist, das andere zwar aus Platten, allerdings aus einer seltener verwendeten Art von Platten, welche dicker ist und eine kleinere Fläche aufweist, als die klassischen Fertigteile.

- Auf Wunsch des Betreuers in Odessa, Prof. Evgenij Pavlovich Fomichev wurde die gesamte Arbeit während meines zehntägigen Aufenthalts in Odessa ausgeführt, ganz im Gegensatz zu meiner ursprünglichen Vorstellung, vor Ort nur die wichtigsten Fragen der Zusammenarbeit zu klären und im weiteren in Arbeitsteilung und per E-Mail weiter zu arbeiten. Die somit erheblich verkürzte Arbeitszeit hat freilich zur Folge, dass die Ausgangsdaten weitaus weniger solid sind, als wünschenswert wäre und die gesamte Arbeit wesentlich größeren Ungenauigkeiten unterworfen ist.

Es folgt im weiteren die deutsche Übersetzung der in Odessa gemeinsam verfassten Arbeit, ergänzt mit als solchen gekennzeichneten Anmerkungen bezüglich für Westeuropäer nicht selbstverständlichen Besonderheiten.

2 Übersetzung der gemeinsamen Arbeit in Odessa

2.1 Ziel des Projekts

Das Ziel des Projekts ist die Verbesserung der Energiesituation im Bereich der Beheizung von Wohnhäusern durch die Verringerung der Wärmeverluste und infolgedessen der Wärmeerzeugung.

2.2 Aufgabenstellung

1. Bestimmung des Energieverbrauchs für die Beheizung konkreter Beispielgebäude
2. Berechnung der möglichen Reduktion der Wärmeverluste im Falle der Verwendung verschiedener Energiesparttechnologien
3. Wirtschaftliche Bewertung der verschiedenen Energiesparmaßnahmen mit dem Ziel, die wirtschaftlichste auszuwählen zu können

Als Beispiele in Betracht zu ziehen sind mehrgeschossige Plattenbauten, welche die größten Wärmeverbraucher in Odessa darstellen.

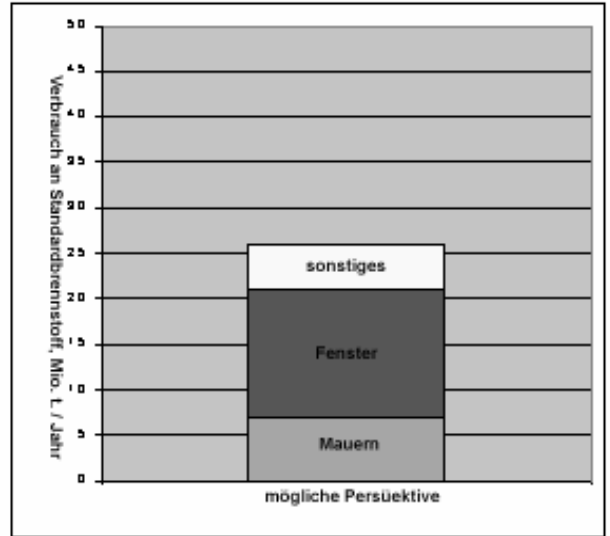
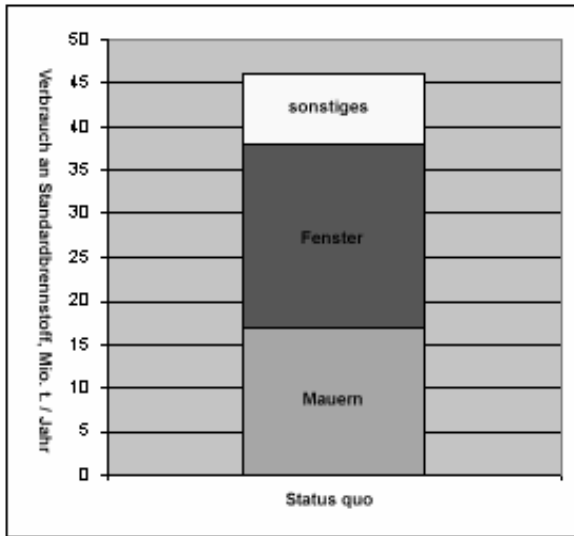
2.3 Grundlegendes Ziel der Wärmedämmung

In Wohnhäusern sollten für den Mensch unverzichtbare klimatische Bedingungen aufrecht erhalten werden. Der Schutz vor äußeren Wettereinflüssen, welche die Gebäudehülle bietet, ist nicht ausreichend, um ganzjährig die erforderlichen Bedingungen in den Räumlichkeiten zu gewährleisten. Diese Bedingungen können künstlich geschaffen werden, beispielsweise durch Heizsysteme. Die geforderten Temperatur in den Zimmern wird durch zwei Komfort-Kennwerte bestimmt, einer davon ist die Oberflächentemperatur der Innenseiten der Außenmauern. In dem von uns untersuchten Gebäudetyp (Plattenbauten) wird dieser Kennwert teilweise nicht eingehalten. Die Erfüllung dieser Forderung kann ebenfalls durch die Wärmedämmung der Außenmauern erreicht werden. Auf diese Weise können wärmedämmende Maßnahmen unabhängig des wirtschaftlichen Vorteils der Brennstoffeinsparung auch das Wohlbefinden des Menschen verbessern.

2.4 Statistische Daten über den Energieverbrauch für die Raumheizung

Um die verschiedenen grundlegenden Wärmeverbräuche im Heizbereich vergleichend bewerten zu können, werden die Wärmeverluste der Gebäudehülle nach deren einzelnen Teilen aufgegliedert und der landesweite Verbrauch an Standardbrennstoff berechnet, der für die Kompensation dieser Wärmeverluste notwendig ist. (Anmerkung: "Standardbrennstoff" ist ein theoretischer Brennstoff für statistische Zwecke und hat einen Heizwert von 29,3 MJ oder 7000 Kcal pro kg bei einer Dichte von 1 kg/m³) In der untenstehenden Abbildung ist auch das minimale Niveau dieser Verluste dargestellt, welches mit dem heutigen Stand der Technik erreichbar wäre.

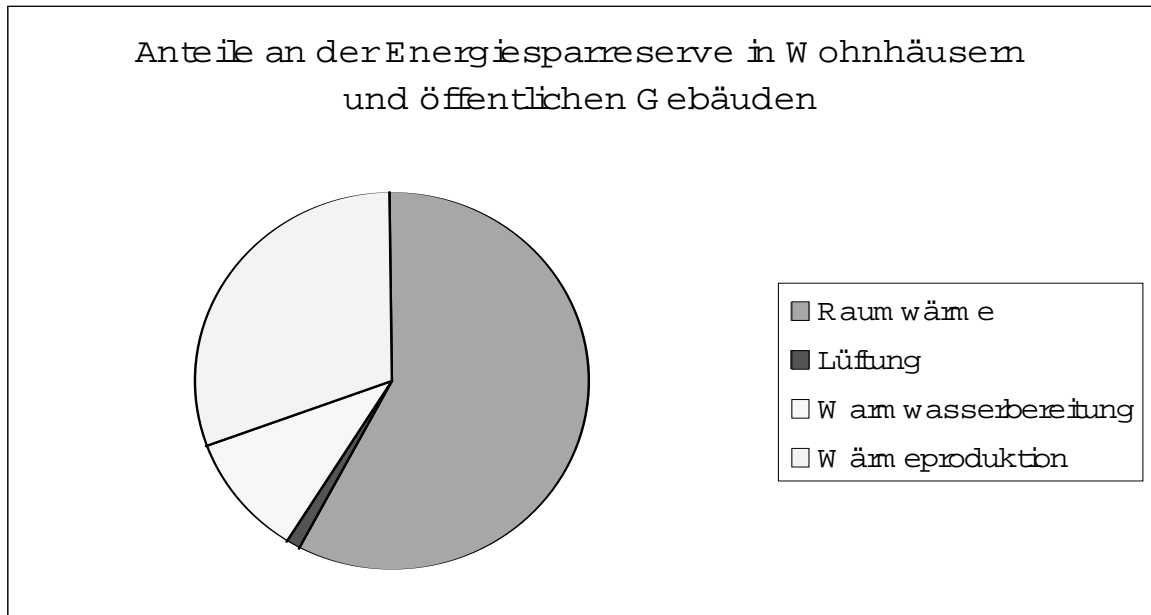
Der Unterschied zwischen dem Status quo und der möglichen Perspektive wird als Energiesparreserve



bewertet, welche für Wohnhäuser in der Ukraine 33,8 Millionen Tonnen Standardbrennstoff im Jahr beträgt, davon können im Bereich der Raumheizung 19,4 Millionen Tonnen oder 57,4% eingespart werden, der Rest im Bereich der Wärmeproduktion,

giesparmaßnahmen investiert wird und wie effizient diese Maßnahmen sein werden.

Es ist sehr wichtig, den Beitrag konkreter Energiesparmaßnahmen zur gesamten Energiesparreserve



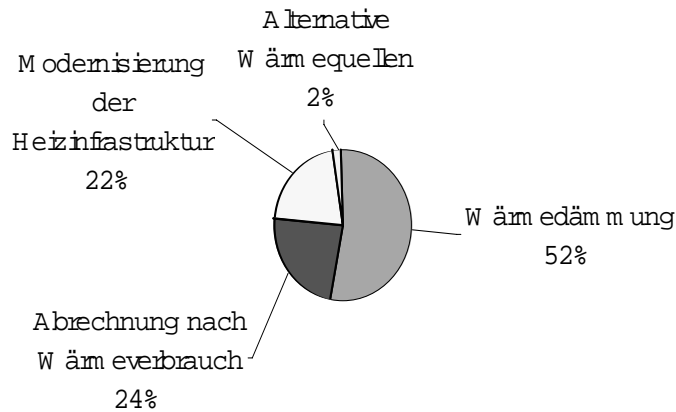
Warmwasserbereitung und Lüftung.

Offensichtlich wird es nicht gelingen, diese Reserve in vollem Ausmaß auszunutzen, doch ohne Bewertung der gesamten theoretischen Einsparungspotentiale ist es auch nicht möglich, reale Ziele von Energiesparprogrammen festzulegen. Wie schnell ein wie großer Teil der Energiesparreserven realisiert werden kann, wird davon abhängen, wie stark in Ener-

zu bewerten. Mehr als die Hälfte der Reserve (52,3%) ist mit Wärmedämmung verbunden, was auf die Sinnhaftigkeit der Isolierung der Gebäudehülle hinweist.

Der Wohnbau legt ein jährliches Wachstum der Brennstoffgewinnung und eine dementsprechende Steigerung der Leistung der Heizwerke nahe, in denen dieser Brennstoff verheizt wird. Früher war das auch so, doch mittlerweile geht in der Ukraine

**Anteile verschiedener Maßnahmen an der Energiesparreserve in
Wohnhäusern und öffentlichen Gebäuden**



die Brennstoffgewinnung zurück, es werden nicht ausreichend neue Heizwerke errichtet und neue Häuser müssen auf Kosten der bestehenden Häuser mit Wärme versorgt werden. Abgesehen davon sollte, unabhängig von der heutigen wirtschaftlichen Lage in der Ukraine bedacht werden, dass die Vorräte an Energieressourcen beschränkt sind.

Wenn man unter dem Bausektor nicht nur die Unternehmen der Bauwirtschaft versteht, sondern auch die von diesen errichtete Gebäude, ist der Anteil des Bausektors am gesamten Verbrauch von Energieressourcen in der Ukraine durchaus bedeutend. Um die Möglichkeiten des Energiesparens im Bausektor zu bewerten, ist es auch wichtig, dessen Verbrauch an Energieressourcen zu kennen. Die wesentlichen Energiesparreserven liegen dementsprechend im Bereich der Renovierung bestehender Objekte.

Die Wohnhäuser in den Städten und den ländlichen Gemeinden werden zentralisiert mit Wärme versorgt, von Wärmekraftwerken, Heizwerken und örtlichen Wärmegeneratoren. Der gesamte Brennstoffverbrauch beträgt 74,4 Mio. t., davon 23,6 Mio.t. (31,7%) von örtlichen Wärmegeneratoren, 25,5 Mio.t. (34,3%) von Wärmekraftwerken und 25,3 Mio.t. (34,0%) von Bezirksheizwerken. (Anmerkung: "örtliche Wärmegeneratoren" sind vermutlich schlichtweg kleinere Heizwerke in ländlichen Gemeinden)

Vom gesamten jährlichen Brennstoffverbrauch des Heizwesens von 74,4 Mio.t. entfallen 14,2 Mio.t. auf Warmwasserbereitung, 0,9 Mio.t. auf Lüftung und 59,3 Mio.t. auf Raumwärme.

Manchmal erscheint es zielführend, nur jene Gebäudeteile zu isolieren, welche die größten Wärmeverluste aufweisen, beispielsweise Dächer oder fensterlose Feuermauern. Das ist jedoch insofern nicht unbedingt die wirtschaftlichste Lösung, als im Zuge der Gebäuderenovierung ein großer Teil der Kosten nicht mit den Baumaterialien, sondern mit dem Baustellenbetrieb verbunden ist und im Falle einer Isolierung des ganzen Gebäudes die anteiligen Kosten erheblich niedriger wären. In manchen Fällen kann die teilweise Isolierung eines Gebäudes die Situation sogar verschlechtern und die Wärmeverluste vergrößern, indem die Inhomogenität der Gebäudehülle zu deren Deformation und zur Bildung von Rissen führen kann, welche den Zutritt von Feuchtigkeit zu den Isoliermaterialien ermöglichen. Um bei der Renovierung eines Gebäudes und der Verringerung der Wärmeverluste an dessen Oberfläche einen maximalen Effekt zu erzielen, ist es unumgänglich, eine Bewertung der Möglichkeiten der Isolierung von Mauern, Dächern, Kellern und ebenso Fenstern und Türen vorzunehmen.

2.5 Charakteristika der untersuchten Gebäude

Als Beispiele wurden die Studentenheime Nr. 3, 5 und 6 der Technischen Universität Odessa herangezogen, wobei Nr. 5 und Nr. 6 völlig baugleich sind. Folgende Daten konnten von der Bauabteilung der Universität gewonnen werden:

2.5.1 Studentenheim Nr. 3

Anzahl Geschosse: 5

Aussenmaße: Meter

Baumaterialien :

- Außenmauern: übliche Tonziegel, Mauerstärke 510mm.
- Fenster: 1385X2110mm: 197 Stück; 1385X1320mm: 34 Stück; 2185X1320mm: 16 Stück; 1385X1910mm: 16 Stück.

2.5.2 Studentenheime Nr. 5 und 6

Anzahl Geschosse: 9.

Höhe: 31,5 Meter

Kubatur: 40700 m³.

Baumaterialien :

- Außenmauer: Keramsitbetonblöcke (dickere Platten).

(Anmerkung: Keramsitbeton ist ein leicht poröser Beton, der bei ausreichender Festigkeit eine etwas geringere Wärmeleitfähigkeit aufweist)

- Fenster: 2900X1800mm: 423 Stück.

2.6 Klimadaten für Odessa

Minimale Außentemperatur für die Auslegung der Heizung: -18° C

Angestrebte Raumtemperatur: 18° C

Mittlere Außentemperatur der Heizperiode: 1° C

Mittlere Dauer der Heizperiode: 165 Tage
Berechnung der Wärmeverluste

2.7 Berechnung der Wärmeverluste

2.7.1 Studentenheim Nr. 3

Wärmeverluste nach generalisierten Kennzahlen

(Anmerkung: wie in untenstehender Formel erkennbar, handelt es sich bei den generalisierten Kennzahlen eigentlich um einen Normenergieverbrauch pro Gebäudekubatur. Nachdem physikalisch gesehen der Heizenergieverbrauch jedoch nicht direkt von der Kubatur, sondern im wesentlichen von der Gebäudeoberfläche und einigen anderen Parametern abhängt, handelt es sich um einen technischen Standard, der bei der Projektierung des Gebäudes angestrebt werden sollte. Die Annahme, dass dieser Standard damals erreicht, aber nicht übertroffen wurde ist ebenso gewagt, wie jene, dass sich der Zustand seither nicht verschlechtert hätte. Es wurden daher parallel dazu die Wärmeverluste durch die einzelnen Gebäudeteile berechnet, der Unterschied zu der Berechnung nach den generalisierten Kennzahlen betrug zwischen 2 und 16%)

$$Q = \left(0,54 + \frac{22}{\Delta t}\right) \cdot q_0 \cdot V_0 \cdot \Delta t = \left(0,54 + \frac{22}{36}\right) \cdot 0,44 \cdot 19700 \cdot 36 = 365kW$$

Mit: $V_0 = 19700 \text{ m}^3 = \text{Kubatur}$,

$q_0 = 0,442 \text{ W}/(\text{m}^3\text{K}) = \text{spezifischer Wärmeverlust}$

$\Delta t = 36^\circ \text{ C} = \text{Temperaturunterschied bei Auslegungstemperatur.}$

Wärmeverluste der einzelnen Bauteile

Wärmeverluste durch die Fenster:

$$Q_{ges} = Q_{durch} + Q_{lift} = 62 + 196 = 258kW$$

bei:

$$Q_{durch} = K_0 \cdot F_0 \cdot \Delta_t \cdot (1 + \beta) \cdot n = 2,27 \cdot 687 \cdot 36 \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 62kW$$

= Wärmedurchgangsverluste

$$K_0 = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{0,44} = 2,33W/(m^2K)$$

= Wärmedurchgangskoeffizient (Doppelverglasung in Form alter, teilbarer Holzverbundfenster)

$F_0 = 687 \text{ m}^2$ = Glasfläche

$\beta = 0,1$ = Zusatz für windbedingte Wärmeübertragung

$n = 1$ = Koeffizient zur Berücksichtigung der Lage des Gebäudes

$$Q_{\text{luft}} = 0,337 \cdot F_g \cdot h \cdot \Delta t = 0,337 \cdot 5775 \cdot 2,8 \cdot 36 = 196kW$$

= (Fugen-) Lüftungswärmeverluste

$F_g = 5775 \text{ m}^2$ = Geschossfläche aller Geschosse des Gebäudes

$h = 2,8 \text{ m}$ = Geschosshöhe

(Anmerkung: Auch diese Berechnung der Wärmeverluste durch Fugenlüftung basiert nicht auf einer physikalischen Berechnung oder Messung der tatsächlich einströmenden Luftmengen, sondern ebenso auf einer bei Projektierung anzustrebenden natürlichen Lüftung, einströmend durch Fensterfugen und ausströmend durch in Bad und/oder Küche angebrachte Lüftungsöffnungen und dahinterliegende Lüftungsschächte. Aufgrund der schwer quantifizierbaren Zunahme der Fensterfugen sowie notdürftig reparierten Sprüngen in den Scheiben ist hier noch mehr Unsicherheit anzunehmen, als bei den Wärmeverlusten nach generalisierten Kennzahlen)

Wärmeverluste für die Erwärmung von Luft, welche durch die Eingangstüren einströmt:

$$Q_{\text{Tür}} = 0,7 \cdot W \cdot (H + 0,8 \cdot P) \cdot \Delta t = 0,7 \cdot 1 \cdot (17 + 0,8 \cdot 250) \cdot 36 = 5,5kW$$

$W = 1$ = Koeffizient zur Berücksichtigung der Anzahl an Windfängen,

$H = 17 \text{ m}$ = Gebäudehöhe,

$P = 250$ = Anzahl Bewohner

Wärmeverluste durch die Außenmauern:

$$Q_{\text{Wand}} = K_w \cdot F_w \cdot \Delta t \cdot (1 + \beta) \cdot n = 1,14 \cdot 2441 \cdot 36 \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 110kW$$

Wärmeverluste durch das Dach:

$$Q_{\text{Dach}} = K_d \cdot F_d \cdot \Delta t \cdot (1 + \beta) \cdot n = 1,12 \cdot 1155 \cdot 36 \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 51kW$$

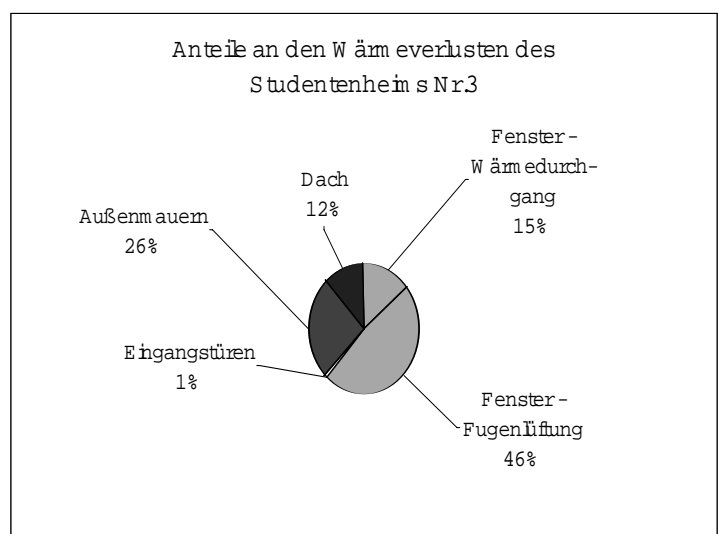
Wärmezufuhr durch Bewohner, Elektrogeräte und Kochherde:

$$Q_{\text{Bewohner}} = N \times q = 250 \times 250 \times 0,6 = 37500W$$

$$Q_{\text{Geräte}} = N \times q = 250 \times 100 = 25000W$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{Bewohner}} + Q_{\text{Geräte}} = 37500 + 25000 = 62500W$$

(Anmerkungen: Der Faktor 0,6 bei der Berechnung der Wärmezufuhr durch die Bewohner berücksichtigt jenen Anteil der Zeit, den die Bewohner außerhalb des Heims verbringen. Generell macht die Wärmezufuhr durch interne Wärmequellen angesichts der schlechten Bausubstanz einen erstaunlich hohen Anteil - etwa ein Sechstel, bei den anderen Heimen sogar ein Viertel - des Wärmebedarfes des Studentenheims aus. Die Ursache dafür dürfte die sehr dichte Belegung der Zimmer (im Schnitt 2 Studenten auf etwa 10-15 Quadratmetern) sein. Die internen Wärmequellen spielten trotzdem bei den weiteren Berechnungen keine Rolle, da ja die absolute Verringerung der Wärmeverluste, und daraus die absolute Verringerung des Zuheizbedarfs berechnet wurde. Zwar ist es denkbar, dass an den Rändern der Heizperiode der Zuheizbedarf unter die Wärmezufuhr der internen Wärmequellen fällt, allerdings dürfte das in unbekanntem Ausmaß bereits in der Länge der Heizperiode eingerechnet sein.)



2.7.2 Studentenheime Nr.5 & 6

Wärmeverluste des Studentenheims Nr. 5/6 nach generalisierten Kennzahlen

$$Q = \left(0,54 + \frac{22}{\Delta t}\right) \cdot q_0 \cdot V_0 \cdot \Delta t = \left(0,54 + \frac{22}{36}\right) \cdot 0,44 \cdot 40670 \cdot 36 = 745kW$$

Mit: $V_0 = 40670 \text{ m}^3 =$ Gebäudevolumen,

$q_0 = 0,442 \text{ W/(m}^3\text{K)}$ = spezifischer Wärmeverlust,

$\Delta t = 36^\circ \text{ C}$ = Temperaturunterschied bei Auslegungstemperatur

Wärmeverluste der einzelnen Bauteile

Wärmeverluste durch die Fenster:

$$Q_{ges} = Q_{durch} + Q_{lüft} = 189 + 395 = 584kW$$

bei:

$$Q_{durch} = K_0 \cdot F_0 \cdot \Delta_i \cdot (1 + \beta) \cdot n = 2,27 \cdot 2100 \cdot 36 \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 189kW$$

= Wärmedurchgangsverluste

$$K_0 = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{0,44} = 2,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

= Wärmedurchgangskoeffizient (Doppelverglasung in Form alter, teilbarer Holzverbundfenster)

$F_0 = 2100 \text{ m}^2 =$ Fensterfläche

$\beta = 0,1$ = Zusatz für windbedingte Wärmeübertragung

$n = 1 =$ Koeffizient zur Berücksichtigung der Lage des Gebäudes

$$Q_{lüft} = 0,337 \cdot F_g \cdot h \cdot \Delta t = 0,337 \cdot 11620 \cdot 2,8 \cdot 36 = 395kW$$

$F_n = 5400 \text{ m}^2 =$ Geschossfläche aller bewohnten Geschosse

$h = 2,8 \text{ m} =$ Geschosshöhe

Wärmeverluste für die Erwärmung von Luft, welche durch die Eingangstüren einströmt:

$$Q_{Tür} = 0,7 \cdot W \cdot (H + 0,8 \cdot P) \cdot \Delta t = 0,7 \cdot 1 \cdot (31,5 + 0,8 \cdot 850) \cdot 36 = 18kW$$

$W = 1 =$ Koeffizient zur Berücksichtigung der Anzahl an Windfängen

$H = 31,5 \text{ m} =$ Gebäudehöhe,

$P = 850 =$ Anzahl Bewohner

Wärmeverluste durch die Außenmauern:

$$Q_{Wand} = K_w \cdot F_w \cdot \Delta t \cdot (1 + \beta) \cdot n = 0,67 \cdot 3900 \cdot 36 \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 104kW$$

Wärmeverluste durch das Dach:

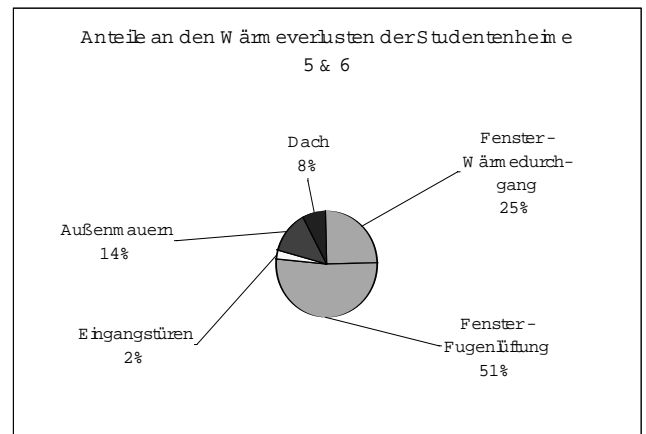
$$Q_{Dach} = K_d \cdot F_d \cdot \Delta t \cdot (1 + \beta) \cdot n = 1,12 \cdot 1291 \cdot 36 \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 57kW$$

Wärmezufuhr durch Bewohner, Elektrogeräte und Kochherde:

$$Q_{Bewohner} = N \times q = 850 \times 250 \times 0.6 = 127500W$$

$$Q_{Geräte} = N \times q = 850 \times 100 = 85000W$$

$$Q_{\Sigma} = Q_{Bewohner} + Q_{Geräte} = 127500 + 85000 = 212500W$$



2.8 In Betracht gezogene Isoliertechnologien

Folgende drei grundlegende Methoden der Wärmedämmung wurden in Betracht gezogen:

- Äußere mittels Styropor, Polyurethan oder Mineralwolleplatten
- Innere mittels Mineralwolleplatten
- Fenstertausch (neue Verbundfenster mit doppelter

Isolierverglasung und Isoliergasfüllung)

Preisvergleichen zufolge wurde Styropor mit einer Dicke von 80mm als Material mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis ausgewählt. Die Innendämmung wurde verworfen, weil sie wesentlich teurer kommt, und sich außerdem herausstellte, dass auch Außendämmung wohnungsweise möglich ist.

2.9 Berechnungsvarianten

Folgende drei Varianten der Wärmedämmung wurden in die Berechnung aufgenommen:

- 1) Fenstertausch sowie Verkleinerung der übergroßen Fensterflächen (Anmerkung: Verringerung der Fensterflächen um ca. 40%. Derzeit bestehen beispielsweise beim 5./6. Studentenheim die Außenmauern der Zimmer von innen gesehen zu etwa $\frac{3}{4}$ aus dem Fenster!)
- 2) Außendämmung mit 80mm Styropor (Anmerkung: beim Studentenheim Nr.5/6 mit Ausnahme der aus der Wand herausstehenden Rippen)
- 3) Varianten 1 & 2 gleichzeitig

2.10 Wirtschaftlichkeitsrechnung der verschiedenen Varianten

2.10.1 Ausgangsdaten

Folgende Daten wurden für die Berechnung angenommen:

Allgemein

- Ergebnisse der Abschätzung der Wärmeverluste durch die verschiedenen Gebäudeteile
- Es wurde angenommen, dass seit dem Bau die Fugenlüftung durch verzogene Fenster, Sprünge in den Scheiben und dergleichen um 50% zugenommen hat.
- unterer Heizwert von Erdgas: $37,5 \text{ ?J/m}^3$
- Wirkungsgrad von Heizwerk und Netz: 55%
- Gaspreis: $0,032 \text{ Euro/m}^3$ (Anmerkung: es wurde

ein über den Berechnungszeitraum konstanter Gaspreis angenommen. Dieser Preis ist etwa ein Zehntel der mitteleuropäischen Großabnehmerpreise.)

- Gesamte Selbstkosten der Wärmeproduktion: $0,0023 \text{ Euro/MJ}$ (Anmerkung: Diese Selbstkosten stellen die gesamten jährlichen Aufwendungen des Heizwerks inklusive Abschreibung vorangegangener Investitionen dar. Sie sind somit eine buchhalterische Größe und spiegeln somit nicht jene Kosten wieder, welche eine nachhaltige Erhaltung der Heizinfrastruktur erfordern würde)

Für die erste Variante

- K_{Fenster} : $1,3 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$
- K_{Mauer} : $0,67 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ (Nr. 5/6)/ $1,14 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$ (Nr. 3) (die selben, wie die bestehenden Mauern)
- Verringerung der Fugenlüftung: 80%
- Preis eines Fensters: 170 Euro
- Preis der restlichen Baumaterialien: 20 Euro/Fenster
- Arbeitskosten: 20 Euro/Fenster

Für die zweite Variante

R_{Styropor} : $2,3 \text{ K*m}^2\text{/W}$

Preis des Styropors: 2 Euro/m² (Anmerkung: Es stellte sich heraus, dass die Preise auf Preislisten, welche in Geschäften und auf Messen verteilt werden, um ein vielfaches überhöht sind gegenüber den Preisen, zu denen Styropor an den Baumaterial-Ständen des größten innerstädtischen Markts angeboten werden. Allerdings gab es am Markt nur Styropor bis maximal 50mm Stärke angeboten, der Preis für solches mit 80mm Dicke wurde proportional zur Dicke hochgerechnet.)

Preis der restlichen Baumaterialien und der Arbeit: 2 Euro/m² (Anmerkung: Informationen über die Quadratmeterkosten von Kleber, Netz und Putz waren am Markt leider nicht zu bekommen. Nachdem für das Komplettangebot der individuellen Außendämmung 15 Dollar (nach derzeitigem Kurs ca. 12 Euro) pro Quadratmeter verlangt werden, nehme ich an,

dass insgesamt 4 Euro erheblich zu niedrig angesetzt wären. Die Mitautoren und der Betreuer setzten sich jedoch mit der Einschätzung durch, die große Differenz wäre eben der Gewinn der Firma, die die Isolierung durchführt.)

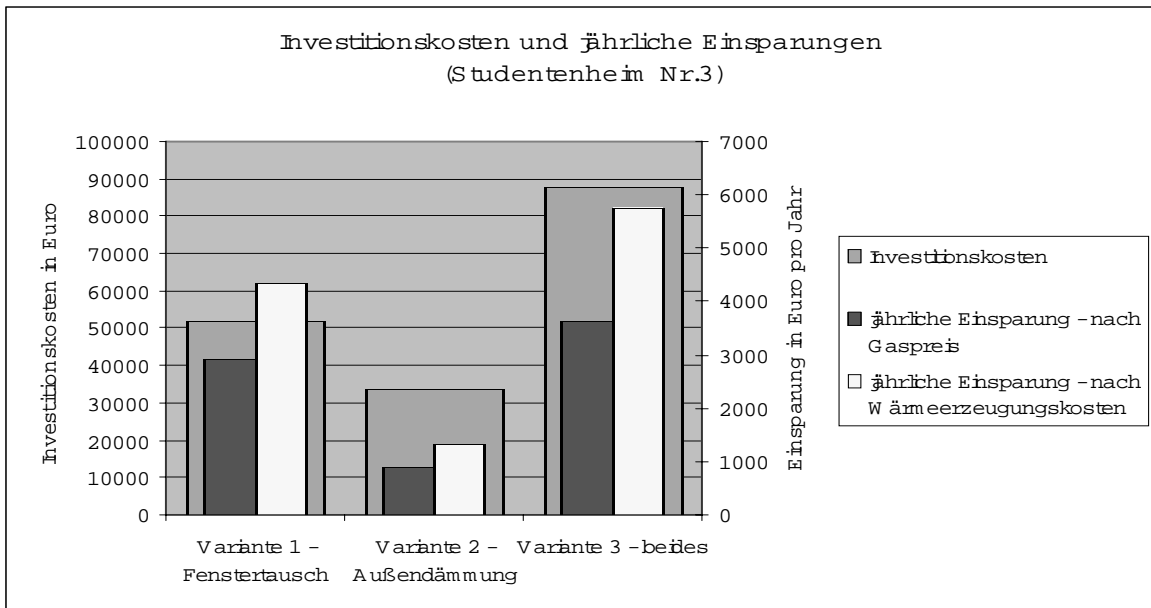
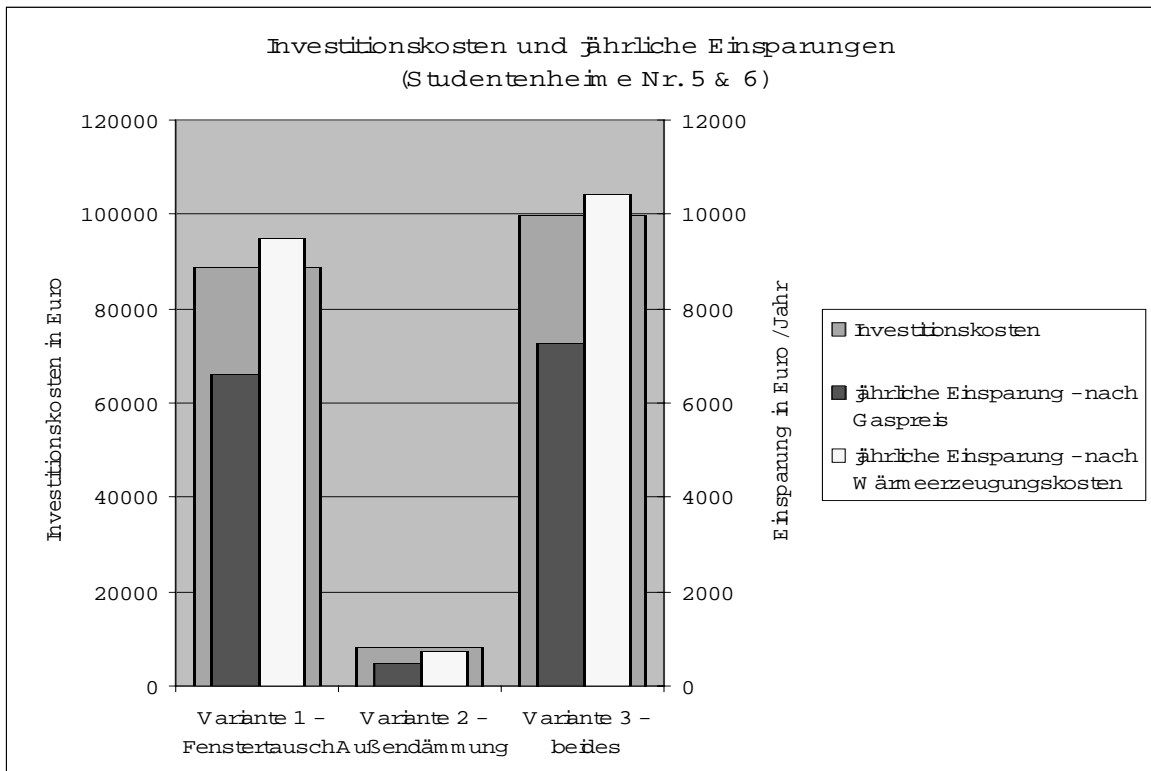
2.10.2 Ergebnisse

Hinsichtlich der Investitionskosten ist der Fenstertausch viel teurer, als die Dämmung der Außenmau-

ern, etwa 10 mal so teuer beim 5. und 6. Studentenheim, doppelt so teuer beim dritten.

In absoluten Zahlen würde der Fenstertausch bei den Studentenheimen Nr. 5 & 6 88000 Euro kosten, beim Studentenheim Nr.3 52000 Euro.

Die Wärmedämmung mittels Styropor würde am Studentenheim Nr.5/6 etwa 8200 Euro kosten, am Studentenheim Nr. 3 etwa 34000 Euro. Die Variante 3 - also Variante 1 + Variante 2 - ist geringfügig teurer, als die Summe der zwei Varianten, da ja auch die

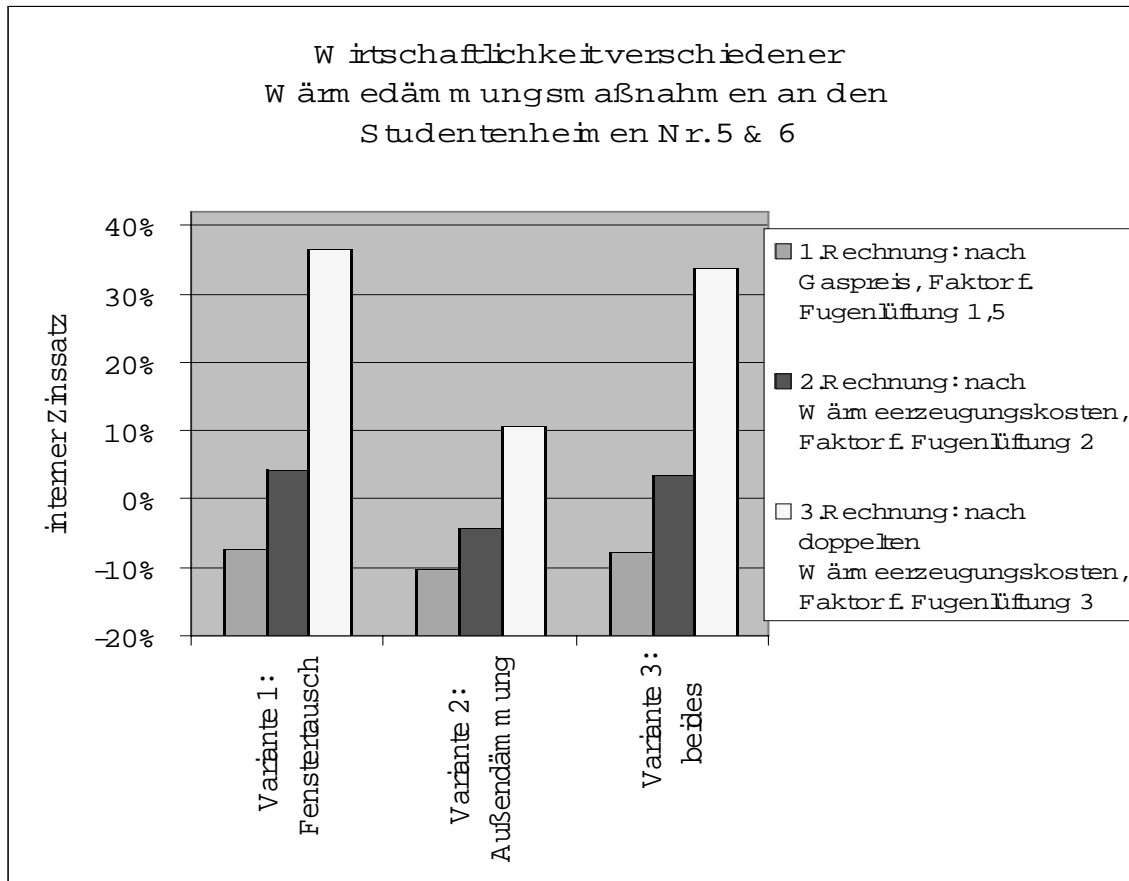


"neuen" Mauern, welche durch die Verringerung der Fensterflächen entstehen, gedämmt werden müssen.

Es sind allerdings nicht nur die Kosten der zweiten Variante erheblich niedriger, als die der ersten, auch die Einsparung an Brennstoffkosten sind viel geringer: Rechnet man allein mit dem Gaspreis, kann man mit dem Fenstertausch am 5./6. Studentenheim jeweils 6500 Euro jährlich einsparen, am 3. Studentenheim 2900 Euro jährlich. Die zweite Variante hingegen, die Wärmedämmung mit Styropor spart am Studentenheim Nr. 5/6 nur 500 Euro jährlich, am Studentenheim Nr. 3 900 Euro. Nach den gesamten Wärmeerzeugungskosten gerechnet, kann die erste Variante an den Heimen 5 & 6 jeweils 9500 Euro und am Heim Nr.3 4300 Euro sparen, die zweite Variante 700 (Nr. 5/6) bzw. 1300 (Nr.3) Euro.

Bei diesen Ausgangsdaten, Investitionskosten und erzielbaren Einsparungen sind sämtliche Varianten an beiden Gebäuden eindeutig unrentabel. Keine der Varianten hat, auf zehn Jahre gerechnet, einen positiven internen Zinssatz und amortisiert sich bei einem Diskontierungszinssatz von 10% auch in einem wesentlich längerem Zeitraum nicht.

Es wurden jedoch, angesichts der vielen möglichen Ungenauigkeiten in den wärmetechnischen Berechnungen sowie der unklaren Gaspreisentwicklung zwei weitere Berechnungen mit veränderten Ausgangsdaten berechnet: Der Faktor, um welchen die Fugenlüftung seit der Bauzeit zugenommen hat, wurde von 1,5 auf 2 (zweite Rechnung) bzw. 3 (dritte Rechnung) erhöht. Zudem wurde in der ersten Rechnung mit dem reinen Gaspreis gerechnet, in der zweiten mit den Wärmeerzeugungskosten und in der dritten mit verdoppelten Wärmeerzeugungskosten: Immerhin ist bekannt, dass sich die Heizinfrastruktur in Odessa in schlechtem Zustand befindet und nicht ausreichend gewartet und erneuert wird, was in Zukunft zur Notwendigkeit von großen Reparaturen und Ersatzinvestitionen und dementsprechenden Investitionen führen kann, sodaß unter Berücksichtigung der Kapitalkosten auch die Wärmeerzeugungskosten deutlich steigen würden. (Anmerkung: Einer Aufschlüsselung der erwähnten, buchhalterischen Selbstkosten (Durchschnittskosten) der Wärmeproduktion war zu entnehmen, dass nur etwa 20% dieser Kosten auf Posten entfällt, welche im wesentlichen Aufwände für die Erhaltung der Infrastruktur enthalten, etwa 70% der durchschnittlichen Wärme-

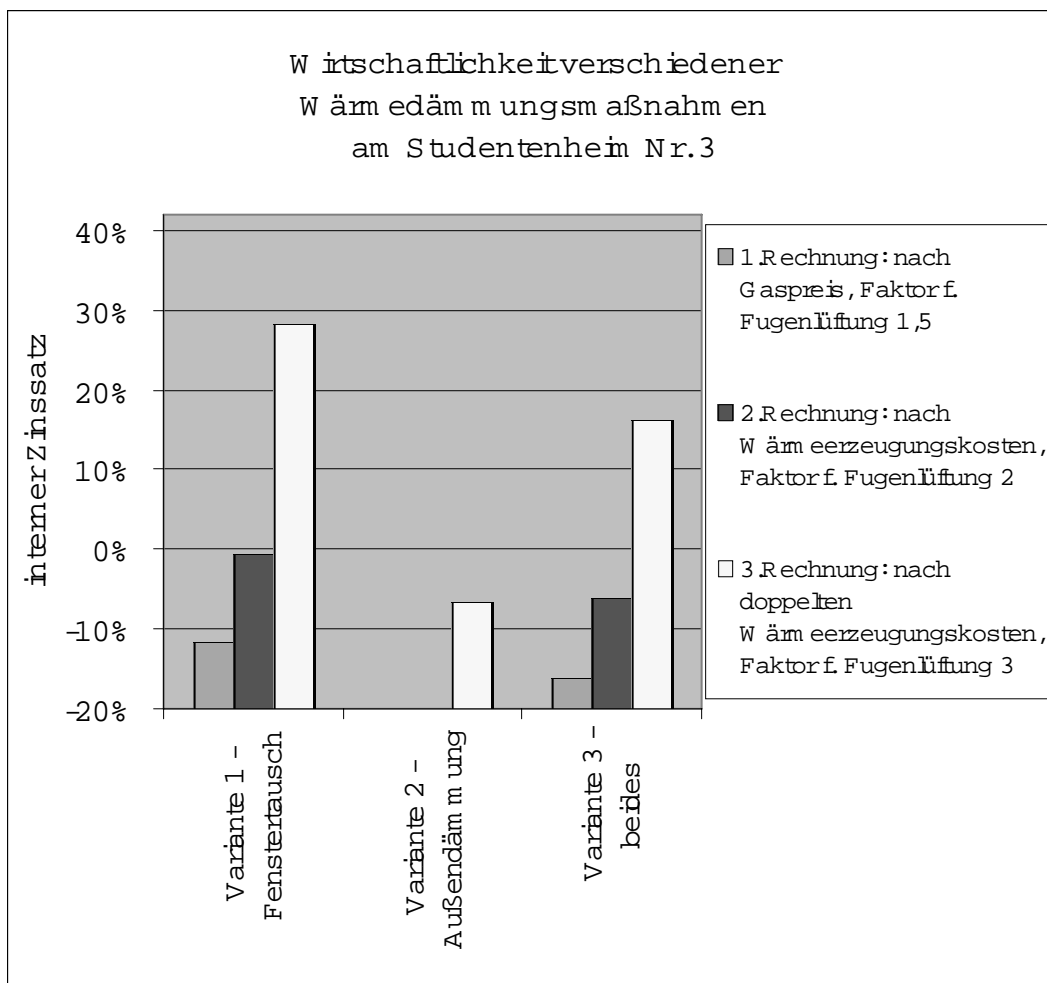


kosten sind, trotz des niedrigen Gaspreises, Brennstoffkosten. Es ist somit eindeutig, dass dieser Wert keinesfalls die Kosten für eine nachhaltige Instandhaltung der Heizinfrastruktur darstellt. Das ist auch insofern anzunehmen, als das Heizwerk diese sogenannten Selbstkosten (abzüglich gestohlener Wärme) auch tatsächlich von den Endkunden bezahlt bekommen. Das Ausmaß, in dem Erhaltung und Ersatzinvestitionen vernachlässigt werden, ist alleine mit den Wärmeschuldnern nicht zu erklären, es sind mit Sicherheit auch die kalkulierten Wärmeerzeugungskosten und im Zuge dessen auch die Tarife zu niedrig. Um wie viel die Kosten im Falle einer Reperaturoffensive steigen würden und ob sie dann gegenüber der individuellen oder hausweisen Heizung überhaupt noch wettbewerbsfähig wären, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht abgeschätzt werden.)

Bei der zweiten Berechnung erreichen die Varianten 1 und 3 bei den Studentenheimen 5 & 6 bereits posi-

tive interne Zinssätze, allerdings liegen diese noch deutlich unter marktüblichen Zinssätzen. Bei der dritten Berechnung erreichen diese zwei Varianten bei diesen zwei Heimen hohe interne Zinssätze (über 30%) und amortisieren sich im Laufe von 5 Jahren. Die zweite Variante amortisiert sich im zehnten Jahr und hat einen internen Zinssatz von 10%. Beim dritten Studentenheim ist das Ergebnis bei der dritten Rechnung auch positiv, wenn auch nicht in dem Ausmaß, wie beim 5. und 6: Der interne Zinssatz der ersten Variante beträgt 28% (Amortisationszeit 6 Jahre), jener der dritten Variante 16% (Amortisationszeit 8 Jahre), die zweite Variante weist auch bei der dritten Rechnung einen negativen internen Zinssatz auf und ist somit unwirtschaftlich, ebenso wie alle Varianten in der zweiten Rechnung.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass bei realistischen Ausgangsdaten die vorgesehenen Varianten der Wärmedämmung am ganzen Gebäude (ungeachtet seiner Ausrichtung) unrentabel wäre. Das bedeu-



tet jedoch nicht, das generell Wärmedämmung unter den Bedingungen Odessas nicht zielführend wären. Erstens sind die großen Ungenauigkeiten der Berechnungen zu berücksichtigen, insbesondere bezüglich des tatsächlichen Zustands der Objekte 28 Jahre nach Fertigstellung und möglicher Wärmeverluste durch Stiegenhäuser, Liftschächte und dergleichen.

Zweitens beträgt die Raumtemperatur derzeit in Wirklichkeit gar nicht 18°C, sondern oftmals nur 12-14°C. Man kann somit bestenfalls aussagen, dass es theoretisch billiger wäre, die vorgesehene Temperatur dadurch zu erreichen, dass man entsprechend mehr Gas verheizt, was jedoch oftmals der Zustand der Heizwerke und des Fernwärmenetzes nicht zulassen. In diesem Fall hat ein einzelner Bewohner bzw. Wohnungseigentümer, der eine wärmere Wohnung haben will, wenn die restlichen Hausbewohner keine Zahlungsbereitschaft oder Zahlungsfähigkeit für eine generelle Erhöhung der Wärmezufuhr haben, keine andere Möglichkeit zur Verbesserung seiner Situation, als seine Fenster zu tauschen oder an den zu seiner Wohnung gehörenden Außenmauern eine Dämmschicht anzubringen. (Anmerkung: Für einzelne Wohnungseigentümer ist zumeist auch die Installation einer individuellen, wohnungsweisen Heizanlage keine Alternative. Zwar gibt es in fast allen Häusern einen Gasleitungsanschluß (für den Gasherd), aber in der Regel keine (Not-)Kamine, wie sie die österreichischen Bauordnungen für alle Wohnhäuser vorschreiben, auch wenn eine Beheizung mit Strom oder Fernwärme vorgesehen ist. Es gibt daher in Odessa bestenfalls hausweise Heizanlagen, üblicherweise in Neubauten und anderen Häusern, welche überwiegend von wohlhabenderen Bürgern bewohnt werden. Mangels Rauchfängen werden diese Heizkessel, für Österreicher etwas ungewöhnlich, am Dach montiert. Wie unüblich wohnungsweise Heizungen in der Art einer Gas-Kombitherme sind, ist auch daran abzulesen, dass die ukrainische Gesetzgebung jede Heizanlage, welche kein Ofen ist, sondern mit Wasser oder einem anderen Wärmeträger funktioniert, als "Kesselheizwerk" einstuft, und dafür beispielsweise eine 24-Stunden-Überwachung verlangt, und eine Montage höher als im 9.Stockwerk verbietet.)

Weiters ist anzumerken, dass die Dämmung der Gebäudehülle nicht nur die Verringerung der Wärmeverluste zum Ziel hat. Der Fenstertausch stellt ebenso einen Teil einer generellen Gebäuderenovierung dar, der die Ansehnlichkeit und den Zustand des Gebäudes verbessert. Außerdem verbessern sowohl Fenstertausch als auch die Dämmung der Außen-

mauern den Wohnkomfort im Vergleich zu der Variante, mehr Wärme zu produzieren: Durch neue Fenster zieht es nicht, und durch die Außendämmung werden die inneren Oberflächen der Wände wärmer. Wenn sich ein Wohnungseigentümer ohnehin für den Tausch der Fenster entscheidet, ist es zweifellos günstiger, energiesparende Verbundfenster zu nehmen, und tatsächlich ist in der Stadt auch zu sehen, dass dies in den meisten Fällen auch geschieht, ebenso wie die individuelle Außendämmung zu beobachten ist.

2.11 Empfehlungen

Schlussfolgernd aus den Ergebnissen dieser Arbeit kann folgendes empfohlen werden:

- An den Gebäuden könnte nach Wärmebrücken und generell nach Gebäudeteilen und Details mit besonders hohen Wärmeverlusten gesucht werden, für die Dämmmaßnahmen trotzdem sinnvoll sein könnten, etwa nordseitige Mauern und Fenster, die obersten Geschosse, Eingangstüren und Übergänge zwischen Gebäudetrakten, Fernwärmeleitungen ohne Isolierung u. dgl.
- Im Falle einer Entscheidung über umfangreiche Erneuerungen von Anlagen der Heizwerke und des Fernwärmenetzes, insbesondere bei Rohrleitungstausch, sollten unbedingt vergleichende Berechnungen durchgeführt werden, welche beurteilen, was wirtschaftlich günstiger ist: Eine Überarbeitung mit Erhöhung der installierten Heizleistung oder eine mit Beibehaltung oder gar Senkung der Leistung und gleichzeitiger Wärmedämmung der Wohnhäuser.

(Anmerkung: Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen wäre im Zuge einer Entscheidung über die Zukunft des Wärmenetzes vor allem auch in folgender Hinsicht zielführender: Die Wärmeproduktionskosten sind ja nicht nur insofern verzerrt, als sie nicht genügend Wartungs- und Ersatzinvestitionskosten beinhalten. Es ist auch umgekehrt zu hinterfragen, welcher Anteil davon variable oder Grenzkosten sind, welche wirklich vom Wärmeverbrauch abhängen. Vermutlich wird es einen nennenswerten Anteil an fixen Investitions- und Betriebskosten, weiters einen Anteil an Kosten, welche von der installierten Leistung abhängen, und zuletzt tatsächlich verbrauchsabhängige Kosten. Während bei unveränderter Heizinfrastruktur nur die letzte Kategorie, die rein verbrauchsabhängigen, variablen Kosten zu berücksichtigen sind, können

im Kontext mit Investitionsentscheidungen im Bereich der Heizwerke und des Leitungsnetzes auch die leistungsabhängigen Kosten berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass Systeme zur Sanierung von Fernwärmeleitungen angeboten werden, bei denen in die bestehenden Rohre neue Kunststoffschläuche eingezogen werden. Der Umstand, dass dadurch naturgemäß der Querschnitt verkleinert wird, deutet darauf hin, dass hier möglicherweise tatsächlich die Möglichkeit einer Lösung mit verringerter Heizleistung besteht, welche deutlich kostengünstiger wäre, als die Wiederherstellung der ursprünglichen Nennleistung des Netzes. Zuletzt wäre noch zu hinterfragen, ob im Falle einer Lösung mit verringerter Heizleistung und

Wärmedämmung dadurch Kapitalkosten gespart werden könnten, dass man die Erneuerung des Leitungsnetzes und der Heizwerke langsamer angehen könnte, weil man wegen der Wärmedämmung vorübergehend wieder mit der verringerten Leistung der desolaten Infrastruktur auskommt, und noch einige Jahre weiteren Verfalls tolerabel wären. Es handelt sich bei Wärmedämmung und weiterer Vernachlässigung der Heizinfrastruktur aber keinesfalls um eine nachhaltige Lösung, sondern bestenfalls um eine "Verschnaufpause" bzw. ein "Hinauszögern bis in bessere Zeiten".)

Zum Abschluß als anschauliches Beispiel ein Foto von den Arbeiten zur individuellen Außendämmung mit Styropor an einem Plattenwohnhaus in Odessa.



3 Nachtrag

3.1 Zusammenfassung der größten Ungenauigkeiten

Die größten Ungenauigkeiten sind mit Sicherheit bei der Berechnung der Wärmeverluste zu suchen.

- * Es wurde zu großen Teilen nicht nach wärmephysikalischen Gesetzen und Materialkennwerten gerechnet, sondern nach bei der Projektierung anzustrebenden Gebäudekennwerten. Das betrifft insbesondere die Wärmeverluste durch Fugenlüftung, die den größten Anteil an den gesamten Wärmeverlusten ausmachen. Es ist schon keinesfalls sicher, dass die anzustrebende Fugenlüftung beim Bau genau erreicht wurde, aber noch viel unsicherer ist die seitherige Zunahme durch verzogene Fenster, Rahmen sowie notdürftige überklebte Sprünge in den Scheiben.
- * Besonders beim Studentenheim Nr.5 wurde weiters die Gebäudeoberfläche nur sehr ungenau festgestellt, da keine Pläne verfügbar waren und es sich, im Gegensatz zum quaderförmigen Studentenheim Nr. 3 um einen besonders verwinkelten Bau handelt. Hinzu kommen zahlreiche vertikale Rippen und horizontale Fensterstürze, herausragende Decken und dergleichen, welche die äußere Oberfläche, aber auch die mittlere Mauerstärke vergrößern.
- * Nicht zuletzt wurden alle Rechnungen mit der Soll-Raumtemperatur von 18°C gerechnet. Tatsächlich aber hat es in jenem Zimmer im Studentenheim Nr.5, in dem ich während meines Aufenthalts gewohnt hatte, nur 12-14°C. Nicht nur, dass diese Annahme wünschenswerter, aber nicht realer Zustände das Ergebnis in Richtung Rentabilität beeinflusst, es ist noch folgendes zu bedenken: Wenn die Differenz zwischen Soll- und Ist-Temperaturen so groß ist, kann nur ein Wärmedämmungsprojekt mit deutlicher Rentabilität ausreichende Effizienzgewinne erreichen, dass eine nennenswerte Annäherung an die gewünschten Temperaturen daraus erreicht werden kann.

3.2 Weiterführende Überlegungen

3.2.1 (Unterlassene) Wärmedämmung als Druckmittel für Wärmeschuldner

Wie bereits erwähnt, führen die Heizwerke seit langem einen mühsamen und wenig erfolgreichen Kampf gegen jenen nicht unbedeutenden Teil der Bevölkerung, der die Heizrechnungen gar nicht, nur sporadisch oder mit großer Verspätung bezahlt. Diese schlechte Zahlungsmoral bewegt sich zwischen 20% gar nicht und 50% unzuverlässig (sporadisch oder verspätet) zahlenden. Es wurde daher folgende Vorgangsweise erwogen: In Häusern mit besonders vielen nicht-zahlenden Bewohnern sollte jenen, die zahlen der Fenstertausch finanziert werden, und danach für das gesamte Haus die Heizleistung soweit gedrosselt werden, dass jene, bei denen die Fenster getauscht wurden, immer noch eine wesentlich höhere Raumtemperatur bekommen, als derzeit (wünschenswert wäre die Normtemperatur von 18°C), während hingegen die anderen noch erheblich mehr frieren müssen als derzeit, solange bis sie zahlen. Diese Idee wurde zwar vom Mitautor Sascha Kotenko als "interessante Überlegung zur Disziplinierung der Bevölkerung" bezeichnet, in der zur Verfügung stehenden Zeit konnten jedoch keine Berechnungen diesbezüglich durchgeführt werden. Allerdings hat diese Überlegung jedoch folgenden Pferdefuß: Man kann zwar vielleicht mit der Androhung von noch bittererer Kälte in der Wohnung vorübergehend eine Verbesserung der Zahlungsmoral erreichen, doch besteht keinerlei Garantie dafür, dass die Bewohner nach dem Fenstertausch nicht sofort wieder beginnen, die Wärmerechnungen zu ignorieren. Wollte man also zusätzlich zu den Brennstoffeinsparungen auch noch durch die Erhöhung der Zahlungsmoral oder die Verringerung der Verbraucherschulden Geld zur Finanzierung der Wärmedämmung hereinbekommen, müsste man mit einem Schlag vergleichsweise hohe Summen eintreiben. Nachdem nur eine einmalige Schuldeneintreibung, aber keine dauerhafte Verbesserung der Zahlungsmoral zu erreichen wäre, müssten diese einmalig eingetriebenen Schulden schon einen nennenswerten Anteil der Kosten des Fenstertauschs ausmachen. Bei einer durchschnittlichen Wohnung mit, angenommen, 5 Fenstern sind das jedoch bereits etwa 1000 Euro, und so hohe Schulden werden einerseits wohl doch eher nur wenige haben, andererseits kann das durchaus das Jahreseinkommen eines einfachen Angestellten oder gar einer Pensionistin übersteigen; es ist somit vollkommen unrealistisch, dass die

Bewohner, selbst bei noch so drastischer Kälteandrohung, solche Summen in kurzer Zeit bereitstellen könnten.

3.2.2 Mögliche Teilnahme der Ukraine am CO₂-Emissionshandel

Nach Abschluss der Arbeit vor Ort wurde festgestellt, dass die Ukraine am 4. Februar 2004 das Kyoto-Protokoll ratifiziert hat. Es wurde daher nachträglich noch ein Szenario berechnet, in welchem die Heizwerke am Handel mit CO₂-Emissionszertifikaten teilnehmen könnten, d.h. sie bekämen etwas weniger, als sie derzeit emittieren, an Gratiszertifikaten und müssten den Rest entweder zukaufen, oder könnten umgekehrt durch Wärmedämmung so viel an Emissionen sparen, dass sie einen Teil der gratis zugeteilten Zertifikate an andere Emittenten weiterverkaufen könnten. Auch diese Rechnung ist jedoch in zweierlei Hinsicht hypothetisch: Erstens können die Heizwerke am Emissionshandel nicht teilnehmen. Sie erfüllen zwar vermutlich zu einem großen Teil die Forderung von 20MW Mindestleistung, doch gilt das von der EU vorgegebene Modell nur für den Handel innerhalb der EU, ukrainische Unternehmen können daran nicht teilnehmen. Auch kann ich mir nicht vorstellen, wie bei der derzeitigen Performance von Verwaltung und Justiz in der Ukraine eine auch nur einigermaßen glaubhafte Kontrolle der tatsächlichen Emissionen möglich sein sollte. Zweitens wurde mit einem mittleren der sehr stark schwankenden Schätzwerte für die in Zukunft zu erwartenden Zertifikatspreise, nämlich mit 12 Euro pro Tonne CO₂ gerechnet. Es wäre jedoch anzunehmen, dass ein Beitritt der Ukraine zum EU-internen Emissionshandel aufgrund der im Vergleich zu Westeuropa viel billigeren Energiesparmöglichkeiten (Aus vielfachen Gründen viel schlechterer Ausgangszustand von Bauten und Anlagen, billigere Arbeitskräfte) die Zertifikatspreise deutlich verringern würde.

Rechnet man den Zertifikatspreis von 12 Euro pro Tonne CO₂ über die Molekulargewichte von CO₂ und CH₄ (Hauptbestandteil von Erdgas) und die Dichte von Erdgas auf einen Normkubikmeter Erdgas um, so entfallen auf diesen zusätzliche Kosten von 0,023 Euro. Das entspricht einem zwar nicht umwerfenden, aber doch sehr erheblichen Anstieg von etwa 70% bezogen auf den Gaspreis oder etwa 50% bezogen auf die derzeitigen, nicht-nachhaltigen Wärmeerzeugungskosten.

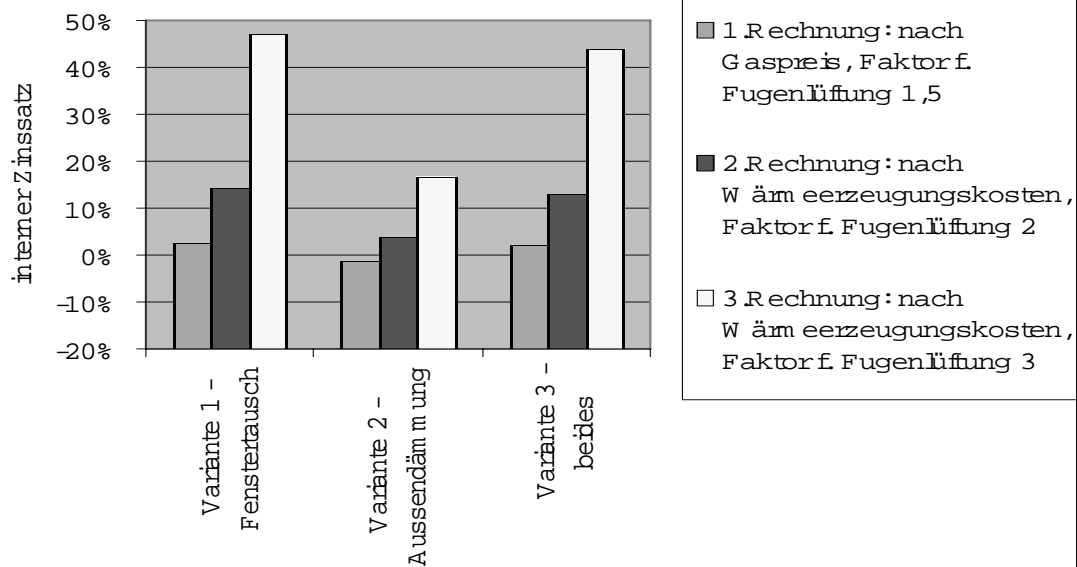
Tatsächlich werden bei den selben drei Berechnungen, wie sie in der ursprünglichen Arbeit vorgenom-

men wurden, unter Berücksichtigung der Zertifikatskosten deutlich günstigere Ergebnisse erreicht. So sind bei der zweiten Rechnung (mittel-pessimistische Annahme bezüglich Fugenlüftung, Rechnung nach derzeitigen Wärmekosten) bei den Studentenheimen Nr. 5 & 6 die Varianten 1 und 3 mit 14 bzw. 13 % internem Zinssatz schon eindeutig rentabel, die Variante 1 beim Studentenheim Nr.3 ist mit 8% ein Grenzfall. Bei der dritten Rechnung (sehr pessimistische Annahme bzgl. Fugenlüftung, verdoppelte Wärmekosten) erreichen die Varianten 1 und 3 bei den Studentenheimen 5 & 6 kaum zu glaubende interne Zinssätze von 47 bzw. 44%, die Variante 2 immerhin 16%. Beim Studentenheim Nr.3 erreicht die Variante 1 37%, die Variante 3 23%, die Variante 2 ist mit -3% weiterhin eindeutig unwirtschaftlich.

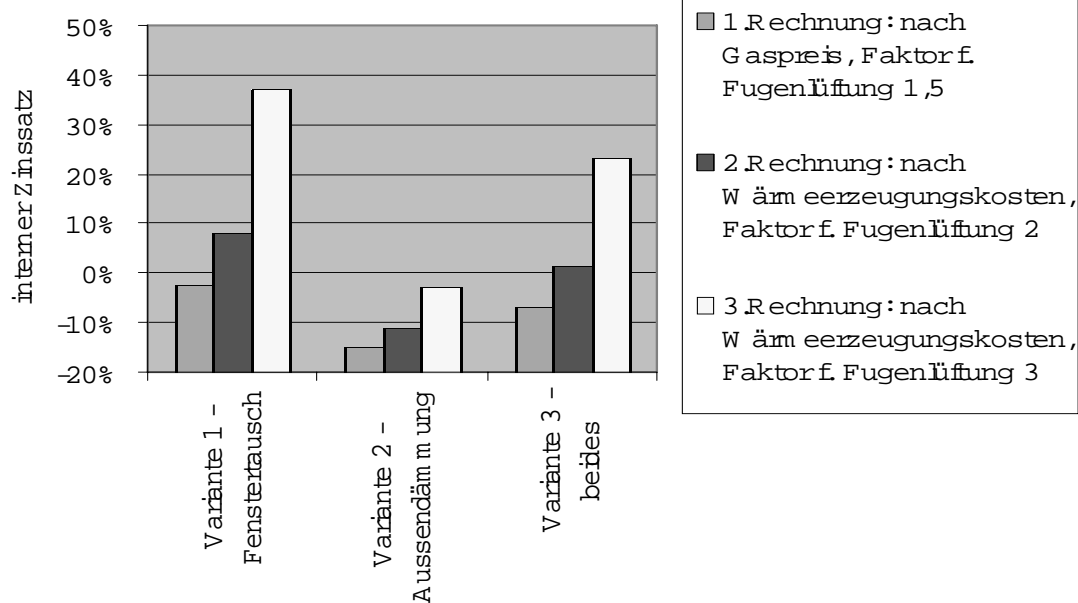
Abgesehen vom häufig vorgebrachten Vorteilen des Emissionshandels, dass er dort zur Emissionsvermeidung führt, wo diese mit den geringsten Kosten verbunden ist, zeigt dieses Beispiel einen weiteren Vorteil auf: Wirtschaftlich weniger prosperierende Länder wie eben die Ukraine könnten aufgrund ihrer vergleichsweise kostengünstigen Einsparungsmöglichkeiten erhebliche Deviseneinnahmen lukrieren, der Emissionshandel hätte somit international gesehen einen wünschenswerten, ausgleichenden Verteilungseffekt zugunsten ärmerer Länder.

Die folgenden zwei Diagramme zeigen zum Abschluß die Resultate im Szenario "Teilnahme am CO₂-Emissionshandel", analog zu den oben gezeigten Darstellungen.

Wirtschaftlichkeit verschiedener
Wärmedämmungsmaßnahmen an den
Studentenheimen Nr. 5 & 6



Wirtschaftlichkeit verschiedener
Wärmedämmungsmaßnahmen am
Studentenheim Nr. 3



1) Diese Arbeit wurde im Februar 2004 mit damals aktuellen Ausgangsdaten erarbeitet. Die Situation hat sich mittlerweile sowohl durch gestiegene Kyoto-Zertifikatspreise, vor allem aber aufgrund des Gaspreiskonflikts zwischen der Ukraine und Rußland deutlich zugunsten der Wärmedämmung verändert. Sobald die Gas-Großabnehmerpreise für die nächsten Jahre einigermaßen prognostizierbar sind, wäre eine Neubewertung anzustreben.

Harald Buschbacher

Doktoratsstudent Raumordnung und Raumplanung,
Technische Universität Wien

harald.buschbacher@reflex.at

Aleksandr Kotenko

Doktoratsstudent Heizungs- und Lüftungstechnik

Bau- und Architekturuniversität Odessa

Evgenij Safronov

Student Energiewirtschaft

Polytechnische Universität Odessa

Dimitri Lozinsky

Student Energiewirtschaft

Polytechnische Universität Odessa