



ENERGIE
VERWERTUNGSAGENTUR

Endbericht

Tschechisch-Österreichische Energiepartnerschaft

STRATEGIEN ZUR ÖKOLOGISCHEN SANIERUNG VON PLATTENBAUTEN

Am Beispiel der Siedlung Kamenny Vrchin Brno

im Auftrag des
Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

Wien, Juni 2001

TSCHECHISCH-ÖSTERREICHISCHE ENERGIEPARTNERSCHAFT

STRATEGIEN ZUR ÖKOLOGISCHEN SANIERUNG VON PLATTENBAUTEN

AM BEISPIEL DER SIEDLUNG KAMENNÝ VRCH IN BRNO - NOVÝ
LÍSKOVEC, TSCHECHISCHE REPUBLIK

ENDBERICHT

Verfasser:

Arbeitsgemeinschaft:

Architekt DI Dr. techn. Adil Lari

Architekt Prof. DI M. Arch. Georg Reinberg

Architekt DI Dr. Martin Treberspurg

unter Mitarbeit von:

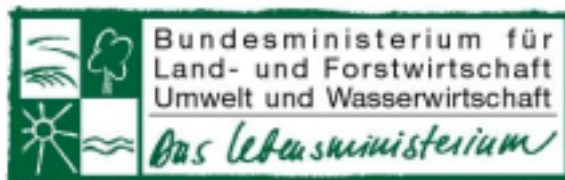
a.o. Univ.-Prof. DI Dr. techn. Wolfgang Streicher

Arch. Mag. Alexander Mandic

im Auftrag des

Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft

GZ: 21 1700/14-II/1U/01



Wien, Juni 2001

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	2
1 Projektauftrag	3
2 Beschreibung des Bestandes und Ziel der Studie	4
3 Planungsbereiche	5
3.1 Grünraumgestaltung	6
3.2 Parken	8
4 Sanierung der Musterobjekte	10
4.1 Projektbeschreibung – Musterobjekt Oblá 14	10
4.2 Projektbeschreibung – Musterobjekt Oblá 15-19	13
4.3 Projektbeschreibung – Musterobjekt Oblá 5-13	15
5 Kosten	18
5.1 Kostenüberblick	18
5.2 Detaillierte Kostenaufstellung	19
6 Energiebilanz am Musterobjekt Oblá 14	27
6.1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise	27
6.2 Thermische Simulation des Gebäudes	27
6.2.1 Allgemeine Eingabeparameter	27
6.2.2 Variante0: das ursprüngliche Gebäude	28
6.2.3 Variante1: Variante0 mit verbesserter Dämmung	30
6.2.4 Variante2: Variante1 mit verbesserter Verglasung.	30
6.2.5 Variante3: Variante2 mit Küchen- und Dachzubau	31
6.2.6 Variante4: Variante3 mit verändertem Luftwechsel	32
6.2.7 Variante5: Variante4 mit Abluftwärmerückgewinnung	32
6.3 Ergebnisse für thermische Gebäudesimulation	32
6.4 Abschätzung für die Rohrleitungsquerschnitte der Lüftungsanlage	34
6.5 Berechnung der Brauchwassersolaranlage	34
6.6 Verwendete Simulationsprogramme	35
6.6.1 TRNSYS	35
6.6.2 SHWin	38
6.7 Ergänzung: Solarer Luftkollektor	38
6.8 Literatur	39
6.9 Anmerkung zum Energieverbrauch	39

Kurzfassung

Durch die ökologische Sanierung von Plattenbauten kann der Energieverbrauch im Wohnbau in Mittel- und Osteuropa wesentlich gesenkt werden. Dies führt nicht nur zu einer Reduktion der (grenzüberschreitenden) Schadstoffemissionen, sondern auch zu einer Entlastung der Zahlungsbilanz. Vor Beginn von landesweiten Sanierungskampagnen ist jedoch die Ausführung von Prototyp-Generalsanierungen erforderlich, damit in der Praxis technische, wirtschaftliche und soziologische Erfahrungen am Gebäude gesammelt werden können.

Im Rahmen der Tschechisch-Österreichischen Energiepartnerschaft, und im Auftrag des österreichischen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, werden in der vorliegenden Studie am Beispiel von drei typischen Plattenbauten in Brno – Nový Lískovec die Grundlagen für drei verschiedene Strategien erstellt, die auf eine umweltschonende, energieeffiziente Sanierung abzielen. Zusätzlich soll die Option von Dachaufbauten geprüft werden, die als wirtschaftlicher Anreiz für die Sanierung dienen sollen.

Bei der ersten Strategie liegt der Schwerpunkt auf innenraum- und haustechnikbezogenen Maßnahmen. Neben einer grundsätzlichen thermischen Sanierung und der Verbesserung des Grundrisses durch geringfügige Zubauten wird die Südseite zur Gewinnung von Warmwasser, passiver indirekter Solarwärme für die dahinterliegenden Wohnungen und warmer Luft über Luftkollektoren genutzt. Die Dachaufbauten sollen dieses Geschoss für gemeinschaftliche Nutzungen erschließen und so den Umbau für die Bewohner noch attraktiver machen.

Das Ziel der zweiten Strategie besteht darin, die nötige Infrastruktur für eine ökologische Aufwertung durch südliche Orientierung des Gebäudes zu schaffen, ohne dass der Wohnbetrieb gestört wird. An der Südfassade wird ein begrünter Vorbau geschaffen, der den Bewohnern die Möglichkeit bietet, sich individuell an die Infrastruktur zum Ausbau der Wohnungen in Form von Wintergärten anzubinden. Der Ausbau des Dachgeschosses erfolgt grundsätzlich in Form von Zweispännern, wobei die Aufenthaltsräume ausschließlich nach Süden und die Schlafräume nördlich orientiert sind.

Die dritte Strategie legt den Fokus auf die Verbesserung der Grundrisse und Innenräume der Wohnungen, sowie auf die Anhebung der Wohnqualität durch eine großflächig verglaste Südostfassade. Dies wird erreicht durch Abbruch der bestehenden Südostfassade, Erweiterung der gesamten Gebäudestruktur, und Montage einer wärmegeprägten Alu-Glas-Fassade. Die Aufstockung des Gebäudes soll durch die Verwertung des Dachgeschosses als wirtschaftlicher Anreiz zur Sanierung dienen.

Die drei vorgeschlagenen Strategien können auch, je nach den gegebenen Möglichkeiten, in Kombination angewendet werden, um optimale Bedingungen für die Absenkung des Heizwärmebedarfs auf rund 25 kWh/m²a zu schaffen.

Um den Energieeffekt der vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen zu überprüfen, wurde eine Energiebilanz für das Musterobjekt der ersten Strategie erstellt. Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen eine Absenkung des Heizenergiebedarfs auf bis zu 23 kWh/m²a bewirken können.

Die hier präsentierte Layout-Studie dient als Grundlage für ein weiterführendes Projekt. Insbesondere soll ein Konzept für die Multiplizierung (Erstellung von Schulungsunterlagen, Klärung der Rahmenbedingungen, Einbeziehung weiterer Akteure) und Schulung von Professionisten erstellt werden. Dieses Vorhaben soll von der Energieverwertungsgagentur E.V.A. in Kooperation mit dem Umweltbundesamt Wien beim Amt der NÖ. Landesregierung und beim Programm INTERREG zur Förderung eingereicht werden.

1 Projektauftrag

Im Rahmen der Fachkonferenz der Tschechisch-Österreichischen Energiepartnerschaft zu „Energie und Architektur“ vom 14.-16. Oktober 1999 in Brno wurden v.a. die Problematik von Plattenbauten und die Entwicklung von Strategien zu ihrer energieoptimierten und umweltfreundlichen Sanierung thematisiert.

Die Sanierung von Plattenbauten aus der Zeit von 1960 bis 1980 ist eine der wichtigsten Herausforderungen an die Baubranche in Mittel- und Osteuropa. Durch eine Generalsanierung kann der Energieverbrauch von derzeit 250–350 kWh/m²a auf bis zu ein Zehntel, also 25–35 kWh/m²a gesenkt werden. Bei einer breitgefächerten Durchführung entsprechender Sanierungsprogramme kann in der Tschechischen Republik der Energieverbrauch im Wohnbau wesentlich gesenkt werden. Dies führt nicht nur zu einer Reduktion der Schadstoffemissionen durch die Reduktion des Nutzwärmebedarfs, sondern auch zu einer spürbaren Entlastung der Zahlungsbilanz (Energieimporte). Die aufgrund von Sanierungsmaßnahmen bei Plattenbauten erzielbaren Emissionsreduktionen stellen auf der anderen Seite aus österreichischer Sicht ein bedeutendes Potenzial zur Reduktion der grenzüberschreitenden Immissionen dar. Darüber hinaus eröffnet sich ein beträchtliches Marktpotenzial für österreichische Produkte und Anbieter.

Vor Beginn einer landesweiten Sanierungskampagne ist jedoch die Ausführung von Prototyp-Generalsanierungen erforderlich, damit in der Praxis technische, wirtschaftliche und soziologische Erfahrungen am Gebäude gesammelt werden können.

Die vorliegende Studie liefert die Grundlagen für drei verschiedene Strategien (sog. Layout-Studien) anhand von drei typischen Plattenbauten, die auf eine umweltschonende, energieeffiziente Sanierung abzielen. Zusätzlich soll die Option einer Aufstockung der Wohnhäuser mit Maisonetten in Holzbauweise geprüft werden, wodurch auf wirtschaftliche Weise zusätzliche, hochwertige Wohnungen geschaffen werden könnten.

Die Studie soll die Voraussetzungen einer Sanierung in technischer und in wirtschaftlich-finanzieller Hinsicht bezüglich der folgenden Punkte klären:

- Fassadendämmung,
- Dachdämmung,
- Sanierung von Balkons – Loggien/Wintergarten-Zone,
- Zentralheizungsregelung, ggf. gesamte Heizungssanierung,
- Heizkörperregulierung,
- Reparatur der Fenster bzw. Tausch der Fenster,
- natürliches Licht im Stiegenhaus,
- Baumpflanzung,
- bessere Beleuchtung im Freien,
- Mieterinformation

Ziel der Studie ist die Abklärung aller Voraussetzungen einer erfolgreichen Sanierung der Gebäude auf Niedrigenergieniveau. Der Gesamtumfang der Studie beinhaltet die Erstellung von drei verschiedenen Strategien zur Sanierung, welche jeweils umfassen:

- grundsätzlicher Lösungsvorschlag,
- Lageplan 1:500,
- Grundrisse 1:200,
- Schnitte,
- Ansichten,
- Perspektiven,
- überschlägige Baukostenschätzung,
- Auswertung und Überprüfung,
- Dokumentation für alle drei Strategien.

2 Beschreibung des Bestandes und Ziel der Studie



Abb. 2-1: Siedlung Brno – Nový Lískovec

Der betroffene Stadtteil liegt auf einer Anhöhe westlich des Stadtzentrums in weitläufiger grüner Umgebung mit interessanten Sichtbeziehungen zur Stadt Brno und zum Grünraum. Innerhalb der Anlage ergibt sich der Eindruck einer dichten Bebauung mit öffentlichen Einrichtungen (Geschäfte des täglichen Bedarfs, Park- und Erholungsflächen, Kinos etc.) Der Stadtteil wird durch eine zweispurige Straße zerschnitten.

Die kompakten einfachen Baukörper bilden gute Voraussetzungen für eine wirtschaftliche thermische Sanierung. Die gegebene Energieversorgung ist überaltert und wenig effektiv. Die Anbindung an den öffentlichen Verkehr (Straßenbahn, Bus) ist relativ günstig.

Eine ökologische, für den gesamten Stadtteil effektive Sanierung sollte jedenfalls nicht nur die Einzelgebäuden betreffen, sondern muss sich auch auf die halböffentlichen und öffentlichen Flächen und die Gemeinschaftsbereiche beziehen.

3 Planungsbereiche

Neben der Objektsanierung (deren Planung jedenfalls im Zusammenhang des gesamten Gebietes gesehen werden muss) sind die Verbesserungen der Versorgung (Schaffung eines Stadtteilzentrums), die Grünraumgestaltung und die Schaffung von Parkplätzen in umweltfreundlicher, und das Stadtbild aufnehmender Weise erforderlich. Die Schaffung neuer gemeinschaftlicher Heizzentralen, Regenwassersammelanlagen Biotop etc. könnten zur Aufwertung und Imageverbesserung des gesamten Stadtteils beitragen.

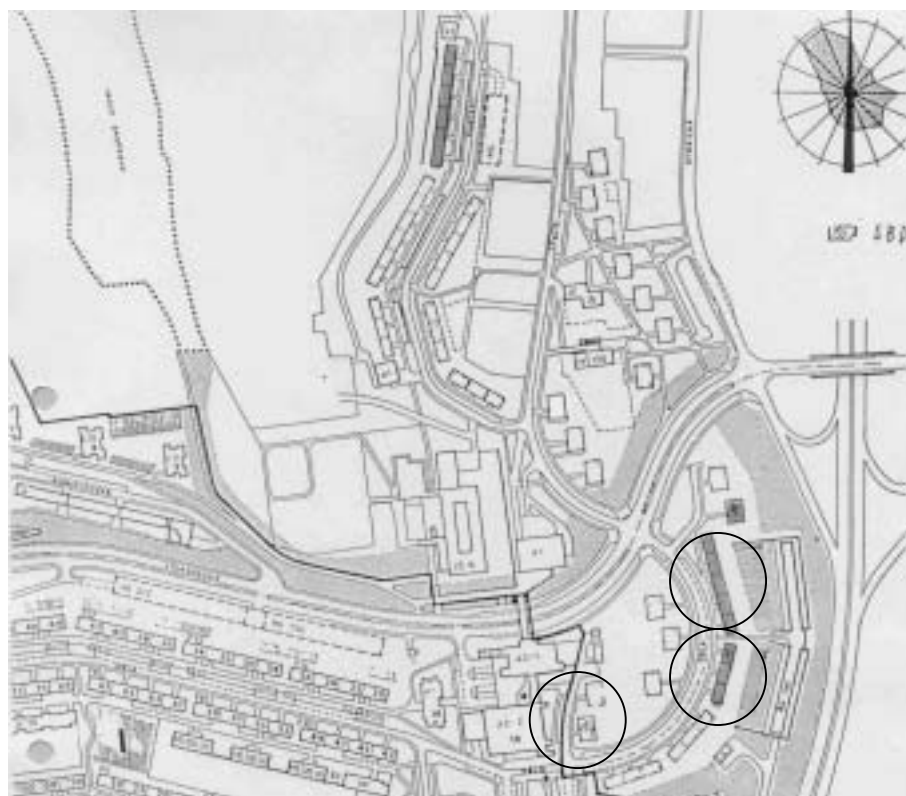


Abb. 3-1: Planungsgebiet mit gekennzeichneten Planungsobjekten

Zur beispielhaften Sanierung wurden 3 Objekte von der Stadt Brno zur Verfügung gestellt.

Es handelt sich um 3 verschiedene Typen von fünf- bis neugeschossigen Plattenbauten (Bezeichnung KS – T 06 B – KDU), die vor ca. 17 Jahren gebaut wurden. Über alle 3 Objekte stehen von tschechischen Kollegen verfasste bautechnische und thermische Gutachten zur Verfügung, die in den vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt wurden.

3.1 Grünraumgestaltung



Abb. 3-2: Grünraum im Bestand

Ein neues Grünraumkonzept könnte den Erholungswert innerhalb der Wohnanlage steigern, das Kleinklima verbessern, das Image heben, sowie der Pflanzen- und Tierwelt und letztlich dem Menschen wesentlich helfen. Kinderspiel- und Sportflächen, Anlagen für „New Sports“ (Skater, Rollschuhfahrer etc.), pflanzliche Erlebnisbereiche, ein natürlicher Badensee usw. wären kostengünstig herzustellen, und können die emotionale Bindung zum Stadtteil stimulieren.

Mietergärten innerhalb der Anlage ermöglichen es, die Kosten für die Betreuung von Teilen der Grünanlagen in eine Einnahmequelle zu verwandeln, und können hohe Werte für die einzelnen Bewohner darstellen.



Abb. 3-3: Mietergärten mit eigenem Gemüseanbau



Abb. 3-4: Biotop



Abb. 3-5: Kinderspielplätze



Lithophon



Partnerschaukel



Abb. 3-6: New Sports Anlage

3.2 Parken



Abb. 3-7: Parken im Bestand

Die derzeitigen Parkieranlagen verbrauchen nicht nur unnötig viel Freiraum, die abgestellten PKW beeinträchtigen auch wesentlich das optische Erscheinungsbild der Siedlung. Die Schaffung von durchgehenden Parkplätzen entlang aller Erschließungsstraßen erübrigt die Verkehrsfläche von Parkplätzen, konzentriert die Autos dort, wo tatsächlich der Autoverkehr stattfindet. Weiters können gemeinsam mit gestapelten Stellplätzen (die das Gelände ausnützen) zusätzliche Stellplätze geschaffen werden.

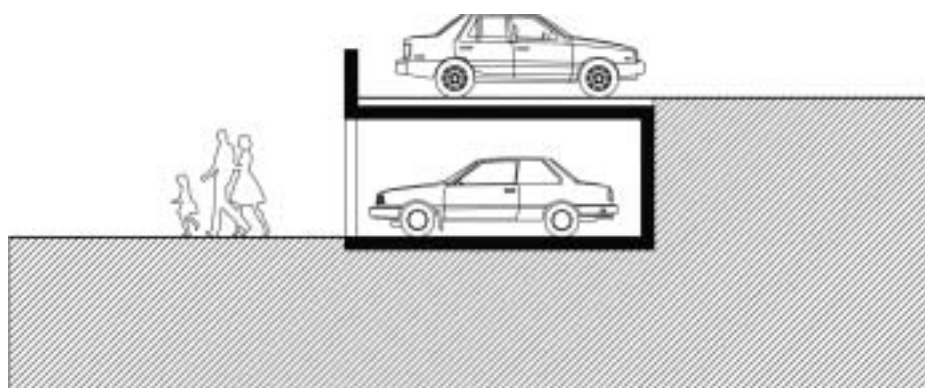


Abb. 3-8: Parken im gestapelten Parkdeck

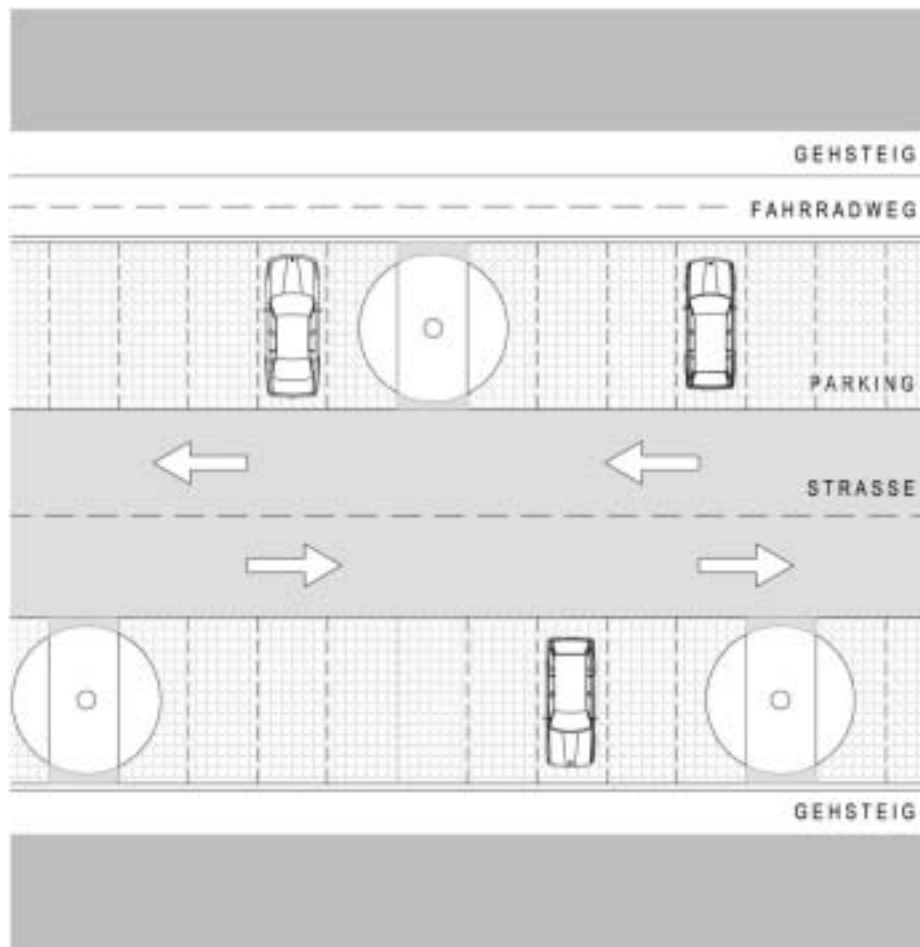


Abb. 3-9: Platzsparendes Parken an der Straße

4 Sanierung der Musterobjekte

4.1 Projektbeschreibung – Musterobjekt Oblá 14

Beschreibung des Bestandes

Beim Objekt Obla 14 handelt es sich um ein reines Wohngebäude in Plattenbauweise. Das rechteckige Gebäude ist mit den etwas schmälere Seiten nach Süden und Norden, mit den etwas breiteren Seiten nach Osten und Westen orientiert. Ein zentrales Stiegenhaus erschließt je Geschoss vier Wohneinheiten. Das Gebäude besitzt acht Wohngeschosse und ein teilweise eingegrabenes Sockelgeschoss mit dem Eingang sowie Kellerabteilen, technischen Räumen und Gemeinschaftsräumen.

Die Bausubstanz ist in Detailbereichen sanierungsbedürftig. Die einfach verglasten Fenster sind undicht und teilweise nur sehr schlecht schließbar.

Die Heizungsanlage ist in einem nicht mehr optimal funktionstüchtigen Zustand und innerhalb der Wohnungen kaum regulierbar (fehlende Heizkörperventile). Der Heizenergieverbrauch ist mit bis zu 240 kWh/m² einzuschätzen.

Das Gebäude ist südseitig voll besonnt und unzureichend wärmedämmend. Die oberen Geschosse erlauben einen großzügigen Ausblick in alle Richtungen. Die Südseite (hangabwärts) und die Westseite sind in der näheren Umgebung frei von Bebauungen und erlauben so einen weiten Ausblick für die Bewohner.

Tragende Idee

Die tragende Idee sieht – unter besonderer Beachtung von Solarmaßnahmen an der Südseite – vor, ein multiplizierbares Modell zu schaffen, das die serielle Sanierung von diversen Typen von Plattenbauten umfasst.

Neben einer grundsätzlichen thermischen Sanierung und der Verbesserung des Grundrisses durch geringfügige Zubauten an den Ost- und Westfassaden und am Dach wird die Südseite zur Gewinnung von Warmwasser, passiver indirekter Solarwärme (über eine Kartonwaben-Fassade) für die dahinterliegenden Wohnungen und warmer Luft (zur Unterstützung der Zuluftanlage) über Luftkollektoren (Solar Wall) genutzt.

Die Dachaufbauten sollen dieses Geschoss für gemeinschaftliche Nutzungen (Sauna, Veranstaltungsraum, Sonnenterrasse) nutzbar und so den Umbau für die Bewohner noch attraktiver machen.

Durch den Zubau können billige, standardisierte Installationen eingesetzt werden. Vorgefertigte Nassräume (Bad, WC) erlauben die Sanierungsdurchführung innerhalb eines Tages.

Städtebauliche Aspekte

Die Akzentuierung der Südfassade mittels Solarmaßnahmen, die auch symbolhaft für die Zukunftsfähigkeit dieses Stadtteils stehen, kann dieser weithin sichtbare Bauteil zum positiven Zeichen für den gesamten Stadtteil werden. Gemeinsam mit einer Neugestaltung (Renaturierung) der weitläufigen Grünanlagen auf der Süd- und Westseite kann um diese „Solarfassade“ ein neues positives Image für die gesamte Umgebung geschaffen werden.

Architektonische Maßnahmen

Die Fassaden werden mit außenliegendem Vollwärmeschutz gedämmt und geschützt. Die Fenster werden ausgewechselt, eingedichtet und sind hoch wärmedämmend mit gutem Solar-Energiedurchlass.

Die Anbauten (4 Küchenerker) werden aus vorgefertigten Elementen hergestellt und ermöglichen neben der besseren Gebäudegliederung eine wesentliche Verbesserung der Funktionstüchtigkeit der Grundrisse (Küche nicht mehr mit Erschließungsfunktion überlagert, Bad von einem Vorraum aus zugänglich, zusätzliches Süd-Fenster für die Nord-Ost- und Nord-West-Wohnungen).

Die Beschattung der Ost- und West-Fenster (gegen sommerliche Überhitzung) erfolgt teilweise durch bewegliche Jalousien einfachster, gängiger Bauart, die gemeinsam mit der Färbung der Fenster und deren Zwischenräumen dem Gebäude eine völlig neue Gliederung – und damit ein neues, modernes Erscheinungsbild – geben. Ergänzt werden diese Jalousien durch Pflanzgerüste an den Südfenstern, die keine Balkone als Schattenschutz haben und an den West- und Ost-Balkonen, deren Orientierung so nach Süden konzentriert wird. Diese grünen Fassaden tragen – ebenso wie die Solarkollektoren – zum modernen, zukunftsweisenden Image bei. Pflanzentröge am Dach der neuen Zubauten können das moderne, grüne Image der Bauten zusätzlich verstärken.

Eine Reorganisation des Eingangsgeschosses kann den Zugang aufwerten (heller Eingang mit Durchblick auf die andere Seite, informelle Gemeinschaftsräume wie Tischtennis etc.) sowie allfällige Service-Einrichtungen für intelligente neue Service-Funktionen (Boxen für Essenzustelldienste, Bügel- und Waschs-service etc.).

Wirtschaftlichkeit

Die Fertigteilzubauten können kostengünstig produziert und versetzt werden. Die Dachaufbauten werden aus Holz ausgeführt (Kreuzlagenholz bzw. Dickholz oder Holzstapelwände). Dadurch wird die bestehende Konstruktion nur geringfügig zusätzlich belastet, und es werden Kosten bei der Dachsanierung eingespart.

Die Solarfassade übernimmt teilweise die Funktion des Vollwärmeschutzes und der Endbeschichtung und wird dadurch verbilligt.

Energietechnische Maßnahmen

Folgende Maßnahmen zur energetischen Sanierung werden vorgeschlagen:

1. Wärmedämmung: Eine Wärmedämmung der Außenhülle wird vorgesehen, bestehend aus 20 cm Styropor (Wand) und 30 cm Styropor (Dach).
2. Fenster: Die bestehenden Fenster werden durch luftdicht angebundene Fenster ersetzt.
3. Solarfassade: aus Warmwasserfassadenkollektoren, Kartonwaben-Fassade (TWD) und „Solar Wall“ (Luftkollektoren).

Beschattungselemente: Bewegliche Beschattungselemente und Pflanzengerüste werden vorgesehen, um die maximale Ausnutzung der solaren Gewinne zu ermöglichen, und gleichzeitig eine sommerliche Überwärmung zu vermeiden.

Weitere Maßnahmen: Als weitere Maßnahmen zur Energieoptimierung werden vorgeschlagen:

- Kontrollierte Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung
- Nachheizung wohnungsweise in Zuluft (aus Fernwärme, Entfall der Heizkörper)
- Zuluft über Lochblechkollektoren (passive Solargewinne, evtl. sommerliche Kühlung Nacht)

- Warmwasserkollektoren ausgelegt auf Sommer- und Winterbetrieb
- Erdkollektor (evtl. zusätzlicher Zuluftkanal durch Erde und Gebäude, als Frostschutz für Wärmetauscher)
- TWD zur passiven Solarnutzung

Haustechnik: Die Instandsetzung und Optimierung der bestehenden Haustechnik ist durch die oben beschriebenen Maßnahmen nicht erforderlich (Kostensparnis).

7. Nachisolierung des Kellergeschosses: Eine zusätzliche Wärmedämmung des Kellergeschosses ist vorgesehen.
8. Humanressourcen: Ein wichtiges Energiesparpotential ist in den Bewohnern selbst und ihrem Verhalten zu erschließen. Ein Benutzerhandbuch zur Erläuterung der angewandten Energiesparmassnahmen und der optimalen Nutzung des Gebäudes schafft die Möglichkeit, Fehlverhalten zu einzudämmen, das den Energieverbrauch um bis zu 300% steigern kann.

Statistik zum Objekt Oblá 14

Wohnungen	Nettobl. alt	Nettobl. neu	Balkon alt	Balkon neu
	70,05 m ²	74,55 m ²	3,40 m ²	4,88 m ²
Gemeinsame Einrichtungen am Dach				
Gemeinschaftsraum am Dach		61,53 m ²		
Technikraum am Dach		10,19 m ²		
Sauna am Dach		11,47 m ²		
Gestaltung des Eingangsbereiches		Maßnahmen		
Variante 1	Mehr Licht im Eingangsbereich			
Variante 2	Mehr Licht im Eingangsbereich			
		Fahrradraum neu		20,64 m ²
Variante 3	Mehr Licht im Eingangsbereich			
<i>Anstatt Dachaufbau</i>		Fahrradraum neu		20,64 m ²
		Sauna-Bereich und Gemeinschaftsraum		37,71 m ²

4.2 Projektbeschreibung – Musterobjekt Oblá 15-19

Beschreibung des Bestandes

Beim Objekt Oblá 15-19 handelt es sich um ein reines Wohngebäude in Plattenbauweise. Das Gebäude weist eine Südwest-Nordost-Orientierung auf. Es ist in drei Stiegenhäuser geteilt und besitzt 4 Wohngeschosse. Im Untergeschoss befinden sich Kellerabteile.

Die Bausubstanz weist massive Rissbildungen und Bauschäden auf. Die Fenster besitzen eine 2 x Einfachverglasung; sie sind undicht und nicht dem Standard entsprechend gedämmt. Die Heizungsanlage ab Haustür befindet sich in einem nicht optimal funktionsfähigen Zustand. Es fehlen Thermostate, bzw. zum Teil überhaupt jegliche Regelungsmechanismen für die Heizkörper. Die Heizungsrohre sind im gesamten Gebäude nicht entsprechend isoliert. Das Objekt weist einen Heizenergieverbrauch von bis zu 240 kWh/m²a auf.

Tragende Idee

Die tragende Idee sieht vor, ein multiplizierbares Modell zu schaffen, das die serielle Sanierung von diversen Typen von Plattenbauten umfasst.

Das Ziel des Entwurfs besteht darin, die nötige Infrastruktur für eine Orientierung des Gebäudes durch Akzentuierung der Südfassade, bzw. für die Erweiterung der Wohnräume durch Wintergärten zu schaffen, um Maßnahmen zur Senkung des Heizenergieverbrauchs auf 25-35 kWh/m²a zu treffen, ohne dass der Wohnbetrieb gestört wird.

Zusätzlich wird eine Aufstockung des Gebäudes vorgeschlagen, um einen wirtschaftlichen Anreiz zur Sanierung des Gebäudes durch die Verwertung des Dachgeschosses zu schaffen.

Städtebauliche Aspekte

Die Akzentuierung der Südfassade setzt einen städtebaulichen Akzent zur sanften Umorientierung; die Sonne wird der Mittelpunkt eines neu gestalteten Stadtteils. Dieser Eingriff in den bestehenden öffentlichen Raum führt eine neue Strukturierung ein, ohne den vorhandenen positiven Raum zu beeinträchtigen.

Architektonische Maßnahmen

An der Südfassade wird ein skelettartiger, mit Kletterpflanzen begrünter Vorbau geschaffen. Diese „grüne Wand“ bietet den Bewohnern die Möglichkeit, sich zum individuell gewählten Zeitpunkt und in der jeweils gewünschten Form an die so entstehende Infrastruktur zum Ausbau der Wohnungen in Form von Wintergärten anzubinden. Dieser individuelle Ansatz, der Ausbauprozesse ermöglicht, ohne das Gesamtbild des Gebäudes zu beeinträchtigen, schafft die Voraussetzung für eine Sanierung bei ungestörtem Wohnbetrieb.

Die Möglichkeit von Wintergärten soll für die zukünftige Erweiterung der Wohnungen den Anreiz schaffen, die Wohnräume im Sinne der Energieoptimierung in Richtung Südfassade zu orientieren, während der nordöstliche Teil der Wohnungen die Schlafräume enthalten soll.

Zusätzlich ist der Einbau von Lifanlagen in die drei Stiegenhäuser vorgesehen, die sowohl der besseren Erschließung der bestehenden Geschosse als auch der Anbindung des neu geschaffenen Dachgeschosses dienen.

Der vorgeschlagene Ausbau des Dachgeschosses erfolgt grundsätzlich in Form von Zweispännern. Die Wohn- und Aufenthaltsräume der neu geschaffenen Wohnungen sind ausschließlich nach Süden orientiert und besitzen vorgelagerte Wintergärten und Terrassen, die

zusammen mit den Beschattungselementen der Fassade ein spielerisches Element hinzufügen. Die Schlafräume der Wohnungen sind in Richtung Norden orientiert.

Weiters wird eine Reorganisation des Kellergeschosses vorgeschlagen. Es werden zusätzliche Kellerabteile geschaffen, sowie Kinderwagenräume, Fahrradräume, Trockenräume und bei Bedarf weitere Räume (evtl. Sauna).

Material

Die Aufstockung und der Fassadenvorbau sind in Holzbauweise konzipiert. Die vorgelagerte tragende Konstruktion zur Ermöglichung von Wintergärten besteht aus Stahl. In Holz ausgeführte Lamellenelemente und vorgelagerte Terrassen steigern die Behaglichkeit und den Wohnkomfort. Die „grüne Wand“ aus Kletterpflanzen an der Außenfront des Gebäudes zeigt ökologischen Einsatz und schafft ein neues Wohngefühl.

Wirtschaftlichkeit

Durch ein vorgefertigtes Holzplattensystem wird ein rascher und effizienter Prozess der Aufstockung und Sanierung ermöglicht. Die Leichtigkeit der verwendeten Materialien stellt keine hohen Ansprüche an die Tragfähigkeit der vorhandenen Bausubstanz. Durch die vorgelagerte Bauweise entsteht keine Beeinträchtigung für die ungestörte Fortführung des Wohnbetriebs.

Energetische Maßnahmen

Folgende Maßnahmen zur energetischen Sanierung werden vorgeschlagen:

1. **Wärmedämmung:** Eine Wärmedämmung der Außenhülle wird vorgesehen, bestehend aus 20 cm Styropor (Wand) und 30 cm Styropor (Dach).
2. **Fenster:** Die bestehenden Fenster werden durch luftdicht angebundene Fenster ersetzt.
3. **Wintergärten:** Es wird die nötige Infrastruktur geschaffen, um die Erweiterung der Wohnräume durch Wintergärten an der Südfassade zu ermöglichen. Die Wintergärten sind mit kontrollierten Zuluftmöglichkeiten (Klappen) ausgestattet, um zur Reduzierung des Energieverbrauchs beizutragen.
4. **Beschattungselemente:** Fixe und bewegliche Beschattungselemente werden vorgesehen, um die maximale Ausnutzung der solaren Gewinne zu ermöglichen, und gleichzeitig eine sommerliche Überwärmung zu vermeiden.
5. **Weitere Maßnahmen:** Als weitere Maßnahmen zur Energieoptimierung werden vorgeschlagen:
 - Kontrollierte Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung
 - Nachheizung wohnungsweise in Zuluft (aus Fernwärme, Entfall der Heizkörper)
 - Zuluft über Lochblechkollektoren (passive Solargewinne, evtl. sommerliche Kühlung Nacht)
 - Warmwasserkollektoren ausgelegt auf Sommer- und Winterbetrieb
 - Erdkollektor (evtl. zusätzlicher Zuluftkanal durch Erde und Gebäude, als Frostschutz für Wärmetauscher)
6. **Haustechnik:** Die Instandsetzung und Optimierung der bestehenden Haustechnik (Heizkörper, Thermostate, etc.) ist erforderlich.
7. **Nachisolierung des Kellergeschosses:** Eine zusätzliche Wärmedämmung des Kellergeschosses ist vorgesehen.

8. Humanressourcen: Ein wichtiges Energiesparpotential ist in den Bewohnern selbst und ihrem Verhalten zu erschließen. Ein Benutzerhandbuch zur Erläuterung der angewandten Energiesparmassnahmen und der optimalen Nutzung des Gebäudes schafft die Möglichkeit, Fehlverhalten zu einzudämmen, das den Energieverbrauch um bis zu 300% steigern kann.

4.3 Projektbeschreibung – Musterobjekt Oblá 5-13

Beschreibung des Bestandes

Beim Objekt Oblá 5-13 handelt es sich um ein reines Wohngebäude in Plattenbauweise. Das Gebäude weist eine Südost-Nordwest-Orientierung auf. Es ist in fünf Stiegenhäuser geteilt und besitzt 4 Wohngeschosse. Im Sockelgeschoss befinden sich Kellerabteile.

Die Bausubstanz weist massive Rissbildungen und Bauschäden auf. Die Stahlbalkone weisen bereits starke Rostschäden auf. Die Fenster sind als Verbundfenster mit 2 x Einfachverglasung ausgebildet; sie sind undicht und nicht dem Standard entsprechend wärmegeklämt. Die Heizungsanlage ab Haustür befindet sich in einem nicht optimal funktionsfähigen Zustand. Es fehlen Thermostate, bzw. zum Teil überhaupt jegliche Regelungsmechanismen für die Heizkörper. Die Heizungsrohre sind im gesamten Gebäude nicht entsprechend isoliert. Das Objekt weist einen Heizenergieverbrauch von bis zu 240 kWh/m²a auf.

Tragende Idee

Die tragende Idee sieht vor, ein multiplizierbares Modell zu schaffen, das einen Beitrag für die serielle Sanierung von diversen Typen von Plattenbauten umfasst.

Das Ziel des Entwurfs besteht darin, die Grundrisse und Innenräume der Wohnungen zu verbessern sowie die Wohnqualität durch eine großflächig verglaste Südostfassade wesentlich anzuheben. Durch passive Sonnenenergiegewinnung und thermische Sanierung des Gebäudes soll der Energieverbrauch bis auf ein Zehntel des derzeitigen Verbrauches reduziert werden (25 – 35 kWh/m²a). Dies wird erreicht durch Abbruch der bestehenden Südostfassade, Erweiterung der gesamten Gebäudestruktur um ca. 2,20 m nach Süden zur Parkanlage, und Montage einer wärmegeklämten Alu-Glas-Fassade.

Zusätzlich wird eine Aufstockung des Gebäudes vorgeschlagen, um einen wirtschaftlichen Anreiz zur Sanierung des Gebäudes durch die Verwertung des Dachgeschosses zu schaffen.

Städtebauliche Aspekte

Die Akzentuierung der Südostfassade setzt einen städtebaulichen Akzent zur sanften Umorientierung; die Sonne wird der Mittelpunkt eines neu gestalteten Stadtteils. Dieser Eingriff in den bestehenden öffentlichen Raum führt eine neue Strukturierung ein, ohne den vorhandenen positiven Raum zu beeinträchtigen.

Architektonische Maßnahmen

Die bestehende Südostfassade wird abgebrochen und das Gebäude in einer Tiefe von ca. 2,20 m nach Süden erweitert. Dadurch ist es möglich, ein großzügiges Wohnzimmer, eine Wohnküche und eine vollständig verglaste Loggia als Aufenthalts- und Arbeitsbereich vor dem Schlafräum zu gewinnen. Die neue Südostfassade wird in einer Pfosten-Riegel-Konstruktion mit 2-Scheiben-Wärmeschutzglas ($U = 1,1\text{W/m}^2\text{K}$) ausgebildet, die durch verschiebbare

Lamellenläden aus Leichtmetall sonnengeschützt wird. Durch die von den Bewohnern individuell entsprechend der Tageszeit und der Nutzung verschobenen Lamellenläden entsteht ein sich ständig veränderndes, abwechslungsreiches Fassadenbild an der Südostseite – eine „lebendige Fassade“, an jedem Tag und zu jeder Stunde anders. Durch diese fast vollständig verglaste Fassade gelangt die niedrig stehende Wintersonne bis tief in die Wohnräume. Diese hellen und sonnigen Wohnräume im Winterhalbjahr sind ein wesentliches Element für hohe Wohnqualität. Ebenso werden durch den zusätzlichen Flächengewinn die Wohnungen dem modernen Standard angepasst. Eingriffe im Innenbereich der Wohnungen, wie der Einbau von durchscheinenden Verglasungen zwischen Küche und Bad, ermöglichen es, dass alle Räume im Inneren des Gebäudes Tageslicht bekommen.

Zusätzlich ist der Einbau von Liftanlagen in die drei Stiegenhäuser vorgesehen, die sowohl der besseren Erschließung der bestehenden Geschosse als auch der Anbindung des neu geschaffenen Dachgeschosses dienen.

Der vorgeschlagene Ausbau des Dachgeschosses erfolgt grundsätzlich in Form von Zweispännern. Die Wohn- und Aufenthaltsräume der neu geschaffenen Wohnungen sind großteils nach Süden orientiert und besitzen vorgelagerte Terrassen, die zusammen mit den Beschattungselementen der Fassade ein spielerisches Element hinzufügen. Die Schlafräume der Wohnungen sind in Richtung Nordwesten orientiert. Die Aufstockungen sind in Holzbauweise konzipiert.

Weiters wird eine Reorganisation des Kellergeschosses vorgeschlagen. Es werden zusätzliche Kellerabteile geschaffen, sowie Kinderwagenräume, Fahrradräume, Trockenräume und bei Bedarf weitere Räume (evtl. Sauna).

Wirtschaftlichkeit

Durch ein vorgefertigtes Holzplattensystem wird ein rascher und effizienter Prozess der Aufstockung und Sanierung ermöglicht. Die Leichtigkeit der verwendeten Materialien stellt keine hohen Ansprüche an die Tragfähigkeit der vorhandenen Bausubstanz.

Energietechnische Maßnahmen

Folgende Maßnahmen zur energetischen Sanierung werden vorgeschlagen:

1. Wärmedämmung: Eine Wärmedämmung der Außenhülle wird vorgesehen, bestehend aus 20 cm Styropor (Wand) und 30 cm Styropor (Dach).
2. Fenster: Die bestehenden Fenster werden durch luftdicht angebundene Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzglas $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt.
3. Beschattungselemente: Fixe und bewegliche Beschattungselemente werden vorgesehen, um die maximale Ausnutzung der solaren Gewinne zu ermöglichen, und gleichzeitig eine sommerliche Überwärmung zu vermeiden. Diese Elemente sind als Lamellen-Schiebeläden aus Alu vorgesehen.
4. Weitere Maßnahmen: Als weitere Maßnahmen zur Energieoptimierung werden vorgeschlagen:
 - Kontrollierte Lüftung mit Abluftwärmerückgewinnung
 - Nachheizung wohnungsweise in Zuluft (aus Fernwärme, Entfall der Heizkörper)
 - Zuluft über Lochblechkollektoren (passive Solargewinne, evtl. sommerliche Kühlung Nacht)
 - Warmwasserkollektoren ausgelegt auf Sommer- und Winterbetrieb
 - Erdkollektor (evtl. zusätzlicher Zuluftkanal durch Erde und Gebäude, als Frostschutz für Wärmetauscher)

5. Haustechnik: Die Instandsetzung und Optimierung der bestehenden Haustechnik (Heizkörper, Thermostate, etc.) ist erforderlich:
 - Einsatz von energiesparenden Lichtquellen
 - neue Armaturen und Brausen – wassersparend bis zu 50%
 - Toiletten-Spülkasten 1/3 – 2/3 Spartastensystem
 - durchgehend tagesbelichtete Räume im Kernbereich – Einsparung von elektrischer Beleuchtungsenergie
6. Nachisolierung des Kellergeschosses: Eine zusätzliche Wärmedämmung des Kellergeschosses ist vorgesehen.
7. Humanressourcen: Ein wichtiges Energiesparpotential ist in den Bewohnern selbst und ihrem Verhalten zu erschließen. Ein Benutzerhandbuch zur Erläuterung der angewandten Energiesparmassnahmen und der optimalen Nutzung des Gebäudes schafft die Möglichkeit, Fehlverhalten zu einzudämmen, das den Energieverbrauch um bis zu 300% steigern kann. Durch Erstellung eines neuartigen Informationssystems über den Energieverbrauch der einzelnen Wohnungen, unter Verwendung des Internets, sollen die Bewohner die Möglichkeit erlangen, ihr Heizverhalten zu optimieren.

5 Kosten

5.1 Kostenüberblick

Die Kosten der Sanierungsmaßnahmen wurden durch ein tschechisches Partnerbüro ermittelt. Die Kosten für die einzelnen Objekte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Objekt 1 – Oblá 14

Gesamte Investitionskosten	26 604 615,--
Kosten pro m ² Nettowohnfläche	10 935,--
Kosten pro Wohneinheit	CZK 831 394,--

Objekt 2 – Oblá 15-19

Gesamte Investitionskosten	27 351 120,--
Kosten pro m ² Nettowohnfläche	9 034,--
Kosten pro Wohneinheit	CZK 729 549,--

Objekt 3 – Oblá 5-13

Gesamte Investitionskosten	72 653 792,--
Kosten pro m ² Nettowohnfläche	13 250,--
Kosten pro Wohneinheit	CZK 1 037 911,--

5.2 Detaillierte Kostenaufstellung

BERECHNUNG DER GESAMTEN BAUKOSTEN - OBLÁ 14					
	Beschreibung	Einheit	Anzahl	Preis	Summe
1	Vorbereitungsarbeiten	Ep	1,0	50 000	50 000 Kč
2	EG - Umbauarbeiten	Ep	1,0	13 975	13 975 Kč
3	Regelgeschoss - Abbrucharbeiten	Ep	8,0	80 100	640 800 Kč
4	Dach - Abbrucharbeiten	Ep	1,0	188 941	188 941 Kč
5	Fassade - Abbruch - Gerüst	m2	1 493,3	235	350 926 Kč
6	Fassade - Balkondemontage	St	32,0	2 800	89 600 Kč
7	Installationsschächte - Demontage	Ep	4,0	45 360	181 440 Kč
8	Aufzugsschacht - Demontage	Ep	1,0	85 500	85 500 Kč
9	Transport - Bauschutt (bis 20 km)	t	238,1	602	143 207 Kč
10	EG - Gestaltung des Eingangsbereichs	Ep	30,3	4 500	136 485 Kč
11	Eingang - Vordächer	m2	30	4100	121 360 Kč
12	Innenausbau	Ep	32,0	117 481	3 759 381 Kč
13	Fassade - neue Balkons	Ep	32,0	187 090	5 986 890 Kč
14	Fassade - Türe, Fenster - Holz /Alu	M2	277,3	9 300	2 578 518 Kč
15	Fassade - Wärmedämmung ohne Kollektoren	M2	1 120,8	1 618	1 813 678 Kč
16	Fassade - Wärmedämmung unter Kollektoren	M2	372,5	1 108	412 781 Kč
17	Neue Dachdeckung	M2	233,3	2 647	617 587 Kč
18	Geländer Dachterrasse	LM	78,2	1 900	148 580 Kč
19	Dachaufbau	M2	83,2	16 000	1 331 200 Kč
20	Kollektoren - Schätzung	Ep	1,0	2 048 486	2 048 486 Kč
19	Neuer Aufzug	Ep	1,0	1 370 000	1 370 000 Kč
20	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	Ep	1,0	1 700 000	1 700 000 Kč
GRUNDPREIS					23 769 334 Kč
VORBEREITUNG UND NEBENKOSTEN					
19	Reserve		%	5,0	1.188.467
20	Revision und Prüfungen		%	1,1	261.463
21	Gebühren				20.000
22	Vorbereitungsarbeiten, Baustelleneinrichtung	%	3,9		927 004 Kč
23	Kompletierungszuschläge	%	1,8		427 848 Kč
24	Geodet. Arbeiten				10 500 Kč
VORAUSSICHTLICHE INVESTITIONSKOSTEN (LIEFERPREIS)					26 604 615 Kč
	GESAMTE NETTOWOHNNUTZFLÄCHE		2.432,9	m²	
	<i>KOSTEN PRO M2 NUTZFLÄCHE</i>				<i>10.935 Kč</i>

	ANZAHL DER WOHNUNGEN				
		32,0			
	<i>KOSTEN PRO WOHNUNG</i>				831.394 Kč
	NEU GESCHAFFENE FLÄCHEN	M2	227,2	20200	4.589.238 Kč
	BESTEHENDE WOHNFLÄCHEN	M2	2.241,6	9200	20.622.720 Kč
					25.211.958 Kč
		RESERVE + GEBÜHREN			1.280.598
		THEORETISCHE KOSTEN			26.492.556 Kč

INNENAUSBAU - OBLÁ 14					
	Beschreibung	Einheit	Anzahl	Preis	SUMME
1	Neue Bäder und Toiletten	Ep	1,0	75 000	75.000 Kč
2	Neue Installationen	Ep	1,0	29 000	29.000 Kč
3	Abgehängte Decken	M2	9,5	610	5.795 Kč
	Summe				109.795 Kč
4	Reserve für unvorhersehbare Arbeiten				7.686 Kč
	SUMME				117.481 Kč
FASSADE - NEUE BALKONS					
1	Balkonplatte	M2	12,5	1 188	14.826 Kč
2	Volle Wand - Seiten	M2	4,2	1 050	4.410 Kč
3	Verglaste Wand - Holz/Alu Füllungen	M2	14,7	9300	136.710 Kč
4	Balkongeländer	bm	4,85	2600	12.610 Kč
5	Fußboden innen	M2	4,76	1100	5.236 Kč
6	Fußboden außen	M2	4,62	950	4.389 Kč
	Summe				178.181 Kč
4	Reserve für unvorhersehbare Arbeiten				8.909 Kč
	SUMME				187.090 Kč
FASSADE - WÄRMEDÄMMUNG					
1	Wärmedämmplatten (200 Styropor)	M2	1,0	996	996 Kč
2	Netz	M2	1,0	80	80 Kč
3	Dünnputz	M2	1,0	285	285 Kč
4	Fassadenanstrich	M2	1,0	145	145 Kč
	Summe				1.506 Kč
5	Anteil an Leisten und Profile				65 Kč
	Summe				1.571 Kč
4	Reserve für unvorhersehbare Arbeiten				47 Kč
	SUMME				1.618 Kč

Weitere Detailberechnungen für andere Objekte finden sich in einer eigenen Tabelle siehe [Kosten-Ende-sw.xls](#).

6 Energiebilanz am Musterobjekt Oblá 14

Die Energiebilanz für das Beispielsobjekt Oblá 14 wurde durch ein Team der Technischen Universität Graz, Institut für Wärmetechnik, unter der Leitung von a.o. Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher erstellt.

6.1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Ziel der Untersuchung ist die quantitative Erfassung der Energiebilanz für das nach Maßgabe der in Kap. 4.1 vorgeschlagenen Maßnahmen sanierte Musterobjekt Oblá 14. Zusätzlich soll der Deckungsgrad der Brauchwasserbereitung durch Warmwasserkollektoren ermittelt werden. Die energetischen Einsparungsmöglichkeiten im Kontext einer möglichen Abluftwärmerückgewinnung werden ebenfalls diskutiert. Unter der Annahme eines kontrollierten Luftwechsels wird eine Abschätzung für die notwendige Dimensionierung (Rohrquerschnitte) der Ab- und Zuluftleitungen getroffen.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Eingabe der Daten des bestehenden Gebäudes (Geometrie, Wandaufbauten, Verglasung) sowie eines angenommenen Benutzerverhaltens und der auftretenden inneren Wärmen in ein thermisches Gebäudesimulationsprogramm [TRNSYS, 2000]. Berechnung der entsprechenden Energiebilanz.
- Veränderung der Gebäudekenndaten für die Simulation in fünf Stufen (Variantenrechnungen): Erneuerung der Gebäudehülle (Wandaufbauten), Verbesserung der Verglasung, Berücksichtigung der neuen geometrischen Auslegungen (Küchen- und Dachzubauten), Variation des Luftwechsels, Einbindung der Abluftwärmerückgewinnung. Sowohl die Gebäudedaten für die Simulation des bestehenden Plattenbaus als auch jene für die entsprechenden Variantenrechnungen basieren auf den zur Verfügung gestellten Plänen vom 03/04/2001, ergänzt durch mündliche und schriftliche Mitteilungen. Als weitere Referenzquelle dient die in Tschechien verfasste Energiestudie für dieses Gebäude [Audit, 2000].
- Quantitative Abschätzung für die Dimensionierung der Rohrquerschnitte der Ab- und Zuluftleitungen im Kontext eines kontrollierten Luftwechsels.
- Berechnung der Kollektorfläche für den effizienten Einsatz eines Fassadenkollektors auf der Südfassade zwecks Unterstützung der Brauchwasserbereitung in drei Varianten.

6.2 Thermische Simulation des Gebäudes

6.2.1 Allgemeine Eingabeparameter

Jede thermische Gebäudesimulation beruht auf einer Reihe von Berechnungsannahmen. Die Berechnungsergebnisse können nur im Zusammenhang mit diesen Annahmen beurteilt werden:

Klimatische Bedingungen:

Die Modellierung der klimatischen Verhältnisse wird mit dem Klimadatengenerator Meteonorm [Meteonorm 2, 1995] durchgeführt. Die Gebäudesimulation beruht auf Stundenwerten für die klimatischen Kenndaten Außenlufttemperatur, Global- und Diffusstrahlung, Luftfeuchtigkeit sowie Taupunkttemperatur. Da keine entsprechenden Daten für den Standort Brno uns zur Verfügung stehen wurden Klimawerte für den Standort Korneuburg/Österreich für die Berechnungen herangezogen. Jede Gebäudevariante wird für den gesamten Zeitraum zwischen dem 1. Jänner und dem 31. Dezember simuliert (8760 Stunden) und daraus die entsprechende Jahresenergiebilanz erstellt.

Personenbelegung:

Es wird angenommen, dass das Gebäude von 102 Personen bewohnt wird. Das Anwesenheitsprofil (Tabelle 6-1) ist tageszeitabhängig und nach folgendem Schema vorgegeben.

Tabelle 6-1: Personenbelegung

Stunde des Tages	1-5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Personen	102	88	63	49	18	25	18	35	49	35	42	35	46	49	70	88	88	88	102	102

Personenabwärme:

Die Wärmeabgabe durch anwesende Personen wird mit 100 W/Person festgelegt [ISO – Norm 7730] und folgendermaßen aufgeteilt:

sensible Wärme	60 W/Person
latente Wärme	40 W/Person

Lüftungsannahmen:

Es wird ein Luftwechsel angesetzt, der einerseits die Undichtigkeit der Gebäudehülle (Fugenlüftung) durch den Wert 0.2 h^{-1} berücksichtigt, andererseits für jede anwesende Person 60 m^3 Luft pro Stunde auswechselt (hygienische Lüftung). Dabei wird eine Fensterlüftung per Hand angenommen. Letzterer Wert ergibt sich aus dem der ÖNORM B-8110-1 entsprechenden Luftwechselrate $30 \text{ m}^3/\text{Person}/\text{Stunde}$ und dem Faktor zwei, welcher als Maß für die schlechte Regulierbarkeit der Lüftung per Hand eingeführt wird. Dies entspricht im Mittel einer hygienischen Luftwechselrate von etwa 0.6 h^{-1} bezogen auf das Nettovolumen. Zusätzlich wird ein Lüftungsschema gegen Raumluftüberhitzung im Sommer eingesetzt: Steigt die Raumtemperatur über einen bestimmten Grenzwert (25°C) erhöht sich der Luftwechsel automatisch um 1 h^{-1} (unter der Voraussetzung, dass die Außentemperatur unter der Innentemperatur liegt).

Geräteabwärme:

Diese werden mit 1,13 W je m² Nutzfläche angenommen [Feist, 1997].

Heizen

Als Raumsolltemperatur wird 21°C angesetzt.

6.2.2 Variante 0: das ursprüngliche Gebäude

Die Gebäudeflächen, die Ausrichtung der Fassaden und die konstruktiven Aufbauten des untersuchten Baukörpers sind den bereitgestellten Unterlagen und Informationen (u.a. der in Tschechien verfassten und teilweise übersetzten Energiestudie [Audit, 2000]) entnommen und in den folgenden Tabellen zusammengefasst. Bezüglich der raumbegrenzenden Bauteile (Außen- und Innenwände, Dach) wurden in der Simulation nur die wärmetechnisch relevanten Schichten berücksichtigt (). Die in der Simulation definierte thermische Zone erstreckt sich über die beheizten acht Geschosse und umfasst ein Bruttovolumen von 8331 m³. Als entsprechendes Nettovolumen ergibt sich 7059 m³. Flächenangaben (Tabelle 6-2) beziehen sich auf die so definierte thermische Zone.

Tabelle 6-2: Außen-, Nutz- und Fensterflächen für den bestehenden Plattenbau

	Gesamtfläche [m ²]	Fensterfläche [m ²]	Rahmenanteil %
Nordfassade	377,7	30,7	30
Ostfassade	509,6	161,3	30
Südfassade	377,7	30,7	30
Westfassade	509,6	161,3	30
Dach	360,7	-	-
Nutzfläche	2704	-	-

Tabelle 6-3: Konstruktionsaufbauten des bestehenden Plattenbaus

Aufbau	Schichtmaterial	Dicke [m]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	spez. Wärmekapazität [kJ/kgK]	U - Wert des Bauteils [W/m ² K]
Geschoßdecke	Stahlbeton	0,130	2400	2,10	1	-
	Estrich	0,020	2000	1,68	1	
		Σ	0,150			
Kellerdecke	Stahlbeton	0,150	2400	2,10	1	1,32
	Polystyrol	0,020	30	0,04	1,25	
		Σ	0,170			
Dach	Stahlbeton	0,140	2400	2,10	1	0,66
	Polystyrol	0,050	30	0,04	1,25	
		Σ	0,190			
Außenwand (N,S)	Normalbeton	0,067	2100	1,10	1	0,56
	Struskokeramzitbeton	0,200	1289	0,62	1	
	Normalbeton	0,030	2100	1,10	1	
	Mineralfämmwolle	0,060	80	0,05	0,9	
		Σ	0,360			
Außenwand (O,W)	Normalbeton	0,067	2100	1,10	1	1,72
	Struskokeramzitbeton	0,200	1289	0,62	1	
	Normalbeton	0,030	2100	1,10	1	
		Σ	0,300			
Innenwand	Leichtbeton	0,070	1289	2,23	1	-
Innenwand(tragend)	Stahlbeton	0,140	2400	2,10	1	-

Tabelle 6-4: Kennwerte der Fenster des bestehenden Plattenbaus

Verglasung:	U=2,8 W/m ² K	g=75%
Fensterrahmen:	U=2,27 W/m ² K	

6.2.3 Variante1: Variante0 mit verbesserter Dämmung

Die verbesserten Wandaufbauten sind in Tabelle 6-5 aufgelistet. Alle sonstigen Eingabeparameter bleiben gegenüber der Variante0 unverändert.

Tabelle 6-5: Veränderte Konstruktionsaufbauten des voll gedämmten Plattenbaus

Aufbau	Schichtmaterial	Dicke [m]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	spez. Wärmekapazität [kJ/kgK]	U - Wert des Bauteils [W/m ² K]
Dach	Stahlbeton	0,140	2400	2,10	1	0,124
	Polystyrol	0,050	30	0,04	1,25	
	Polystyrol	0,250	30	0,04	1,25	
	Gummi	0,01	1100	0,2	6	
	Sand	0,03	1800	0,7	1	
	Betonplatten	0,04	2400	2,1	1	
		Σ	0,520			
Außenwand (N, S)	Normalbeton	0,067	2100	1,10	1	0,186
	Struskokeramzitbeton	0,200	1289	0,62	1	
	Normalbeton	0,030	2100	1,10	1	
	Minerale Dämmwolle	0,060	80	0,05	0,9	
	Polystyrol	0,14	30	0,04	1,25	
		Σ	0,50			
Außenwand (O,W)	Normalbeton	0,067	2100	1,10	1	0,175
	Struskokeramzitbeton	0,200	1289	0,62	1	
	Normalbeton	0,030	2100	1,10	1	
	Polystyrol	0,20	30	0,04	1,25	
		Σ	0,500			

6.2.4 Variante2: Variante1 mit verbesserter Verglasung.

Die Kenndaten der erneuerten Verglasung sind in Tabelle 6-6 angeführt. Die teilweise Überlappung der erneuerten Dämmschicht der Außenwände mit den Fensterrahmen wird über einen verbesserten U-Wert der Fensterrahmen in Rechnung gestellt. Weiters wird die verbesserte Dichtigkeit der Gebäudehülle durch eine Verringerung der Fugenlüftung um 0,1 h⁻¹ berücksichtigt. Bei einem Anstieg der Innenraumtemperatur über 25°C wird angenommen, dass ein Abminderungsfaktor für die solare Einstrahlung von 60% wirksam wird (außenliegende Jalousieverschattung).

Tabelle 6-6: Kennwerte der Fenster des sanierten Plattenbaus

Verglasung:	U = 1,0 W/m ² K	g = 58%
Fensterrahmen:	U = 1,4 W/m ² K	

6.2.5 Variante3: Variante2 mit Küchen- und Dachzubau

Die Küchenzubauten sind für alle Wohneinheiten identisch. Das Nettovolumen der thermischen Zone erhöht sich durch diese Zubauten auf 7505 m³. Die veränderten Außen- und Fensterflächen sind in Tabelle 6-7 aufgelistet.

Tabelle 6-7: Durch Küchenzubauten veränderte Außen-, Fenster- und Nutzflächen

	Gesamtfläche [m ²]	Fensterfläche [m ²]
Ostfassade	639	238,1
Westfassade	639	238,1
Dach	381,2	-
Nutzfläche	2868	-

Die Dachaufbauten werden in der Simulation als separate thermische Zone berücksichtigt. Die Raumsolltemperatur wird darin mit 20°C angesetzt. Der Basisluftwechsel (Fugenlüftung + hygienischer Luftwechsel) wird auf 0,5 h⁻¹ gesetzt. Als Überhitzungsschutz dienen die gleichen Maßnahmen wie in der ersten thermischen Zone (Jalousieverschattung und Zusatzlüftung). Wandflächen und Materialkenndaten für Wände und Fenster sind in Tabelle 6-8 bis Tabelle 6-10 aufgelistet.

Tabelle 6-8: Außen- und Fensterflächen des Dachaufbaus

	Gesamtfläche [m ²]	Fensterfläche [m ²]	Rahmenanteil %
Nordfassade	24,1	-	-
Ostfassade	36,5	20,1	15
Südfassade	24,1	24,1	15
Westfassade	36,5	20,1	15
Dach	109,7	-	-

Tabelle 6-9: Konstruktionsaufbauten des Dachaufbaus

Aufbau	Schichtmaterial	Dicke [m]	Dichte [kg/m ³]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	spez. Wärmekapazität [kJ/kgK]	U - Wert des Bauteils [W/m ² K]
Dach, Aussenwand	Holz	0,10	600	0,13	1	0,112
	Polystyrol	0,20	30	0,04	1,25	

Tabelle 6-10: Kennwerte der Fenster des Dachzubaus

Verglasung:	U=1,1 W/m ² K	g=63%
Fensterrahmen:	U=2,27 W/m ² K	

6.2.6 Variante4: Variante3 mit verändertem Luftwechsel

Für diese Variante wird der Luftwechsel im ganzen Gebäude auf 0,5 h⁻¹ gesetzt. Dabei entfallen 0,1 h⁻¹ auf die Fugenlüftung und 0,4 h⁻¹ auf den hygienischen Luftwechsel.

6.2.7 Variante5: Variante4 mit Abluftwärmerückgewinnung

Für eine erste Grobabschätzung des energetischen Einsparungspotentials wird folgende idealisierte Regelung angenommen: Fällt die Außentemperatur unter die Raumsolltemperatur von 21°C wird die Abluftwärmerückgewinnung für den hygienischen Luftwechsel von 0,4 h⁻¹ (Fugenluftwechsel kann nicht rückgewonnen werden) mit einem angenommenen Wirkungsgrad von 75% aktiviert.

6.3 Ergebnisse für thermische Gebäudesimulation

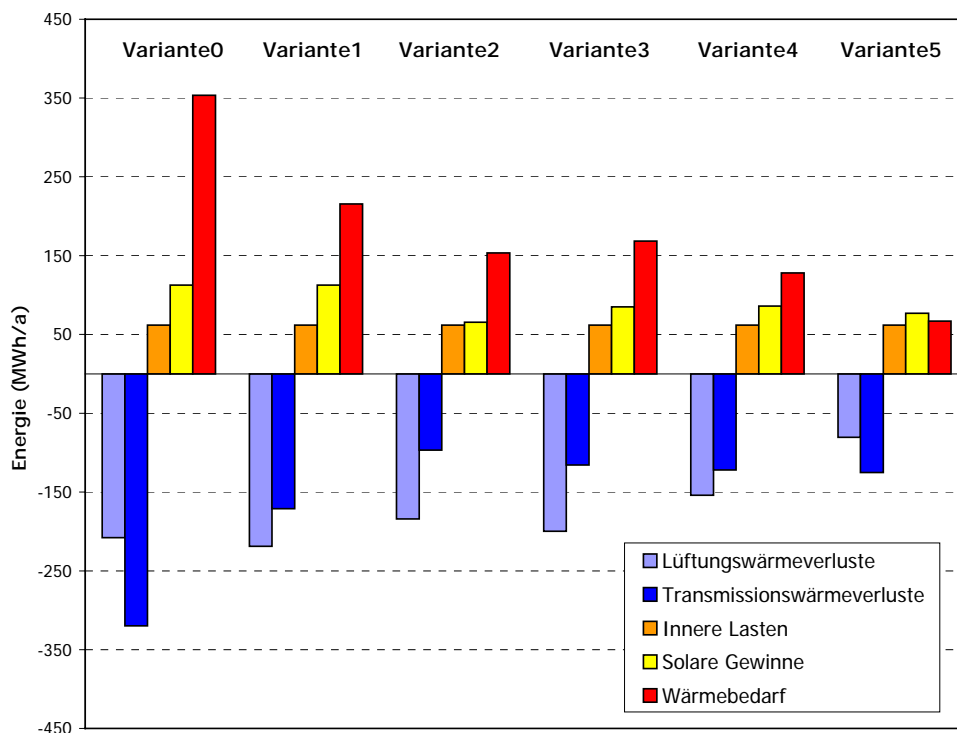


Abb.6-2: Jahresenergiebilanz in der ersten thermischen Zone (acht bewohnte Geschosse) für die sechs gerechneten Gebäudevarianten.

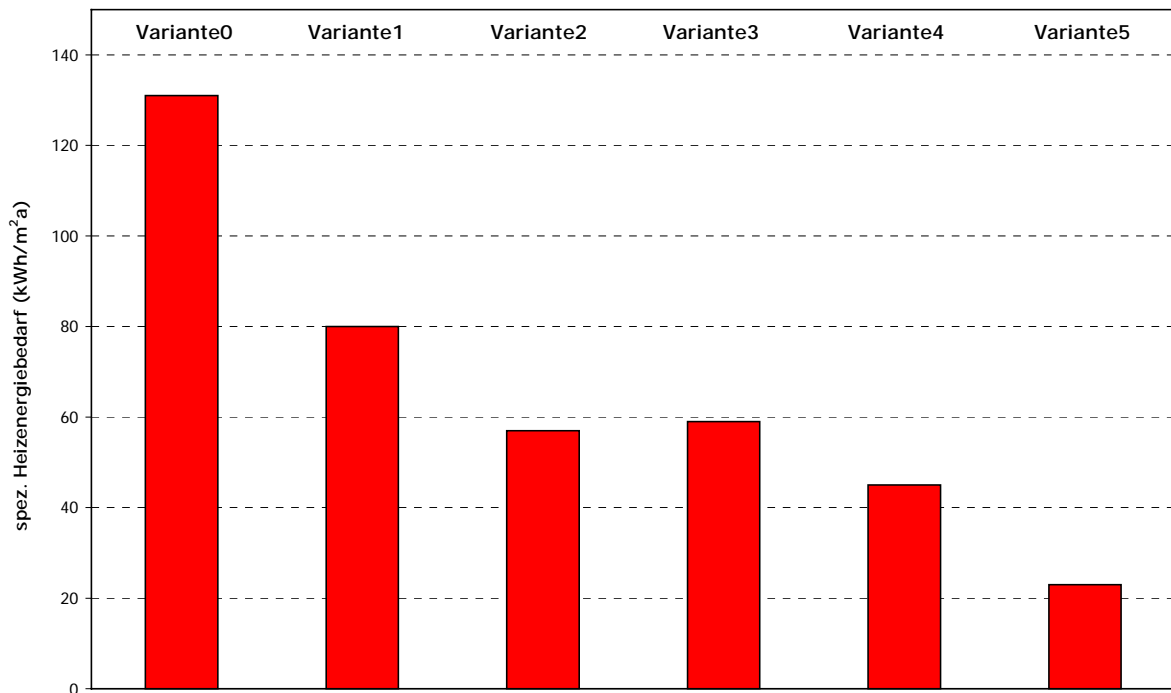


Abb. 6-3: Spezifischer Heizenergiebedarf in der ersten thermischen Zone (acht bewohnte Geschosse) für die sechs gerechneten Gebäudevarianten.

Tabelle 6-11: spezifischer Heizenergiebedarf in der ersten thermischen Zone (ohne Dachaufbau)

	Heizenergiebedarf (MWh/a)	Nutzfläche (m ²)	spezifischer Heizenergiebedarf (kWh/m ² a)
Variante0	353,4	2704	131
Variante1	215,6	2704	80
Variante2	153,6	2704	57
Variante3	168,4	2868	59
Variante4	128,1	2868	45
Variante5	67,1	2868	23

Anmerkungen:

Variante0: Es sei darauf hingewiesen, dass der sich für die bestehende Gebäudekonstruktion errechnete Heizenergiebedarf von 131 kWh/m² (Referenzwert: 128 kWh/m²a aus [Audit, 2000]) auf eine Raumsolltemperatur von 21°C bezieht. Da keine detaillierten Angaben über das bisherige Benutzerverhalten und den dabei tatsächlich aufgetretenen Raumtemperaturen für das untersuchte Gebäude vorliegen, wurde eine für den sanierten Bau anzustrebende Innenraumtemperatur angenommen.

Variante1 und Variante2: das ausschließlich durch die zusätzlichen Dämmassnahmen und die Erneuerung der Verglasung bzw. der Fensterkonstruktionen ermöglichte Einsparungspotential bezüglich des spezifischen Heizenergiebedarfs liegt bei etwa 65%.

Variante3: durch den hohen Verglasungsanteil im Dachzubau (Außenwände des Gemeinschaftsraumes) besteht im Sommer trotz der angenommenen Lüftungs- und Verschattungsmaßnahmen die Gefahr der Überhitzung. In der Simulation steigt unter den getroffenen Annahmen die Innenraumtemperatur im Sommer zeitweise auf über 30°C.

Variante5: Unter den getroffenen Annahmen reduziert die Abluftwärmerückgewinnung den Heizenergiebedarf von 45 kWh/m²a auf 23 kWh/m²a. Dabei ist zu beachten, dass im Ganzjahresbetrieb die Frostfreiheit der kalten Wärmetauscherseite zu garantieren ist. Mögliche Lösungsstrategien umfassen die Vorschaltung eines Erdreichwärmetauschers auf der Zuluftseite bzw. Abtaumaßnahmen zur Verhinderung der Vereisung auf der Abluftseite (elektrisches Vorwärmen, Bypassschaltung). Erst eine detaillierte Analyse kann den quantitativen Einfluss dieser Maßnahmen auf die Gesamtenergiebilanz aufzeigen.

6.4 Abschätzung für die Rohrleitungsquerschnitte der Lüftungsanlage

Unter der Annahme eines kontrollierten hygienischen Luftwechsels von 0,4 h⁻¹ ergibt sich ein stündlich auszuwechselndes Luftvolumen von etwa 3000 m³ für die gesamte erste thermische Zone. Geht man weiters davon aus, dass die maximale Durchflussgeschwindigkeit in den Rohrleitungen aus schalltechnischen Gründen 2,5 m/s nicht überschreiten sollte [Seip, 2000] ergibt sich ein erforderlicher Rohrquerschnitt/Wohneinheit von etwa 100 cm² für eine Strömungsrichtung (entspricht einem Rohrinne Durchmesser von etwa 12 cm). Die notwendigen Gesamtrohrquerschnitte (Abluft- und Zuluft) pro Wohneinheit betragen somit 200 cm². Unter der Annahme der Revitalisierung der vier bestehenden Lüftungsschächte im Sinne der Nutzung als Zu- und Abluftschächte für den kontrollierten Luftwechsel ist ein Gesamtleitungsquerschnitt von 1600 cm² (40x40 cm) je Schacht notwendig.

6.5 Berechnung der Brauchwassersolaranlage

Die Südfassade des Gebäudes hat eine freie Fläche von ca. 340 m². Auf dieser Fläche kann eine Brauchwassersolaranlagen untergebracht werden. Im folgenden wurden mit dem Programm SHWwin [SHWwin, 1999] (siehe auch Abschnitt 6.2) drei Varianten einer Brauchwasseranlage mit unterschiedlicher Kollektorfläche und folgenden Annahmen durchgerechnet:

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
Anlagentyp		Low-Flow-Anlage mit Schichtladung, BW-Zirkulationsleitung		
Brutto-Kollektorfläche	m ²	50	200	340
Netto-Kollektorfläche	m ²	44	176	290
Kollektortyp		Selektiver Flachkollektor c0=0,77, c1=3,33, c2=0,012		
Warmwasserspeichergrösse	m ³	5	10	15
Warmwasserbedarf	l/Tag	5500 (54 l/Person, Tag)		
Kaltwassertemperatur	°C	10		
Warmwassertemperatur	°C	50		
Verluste Brauchwasserzirkulationsleitung		1/3 des Brauchwasserbedarfs dauernder Betrieb		
Jährlicher solarer Deckungsgrad	%	14	35	48
Sommerdeckung	%	21	50	70
Spez. Kollektorertrag	kWh/m²a	410	253	210

Der Brauchwasserbedarf wurde in den Monaten Juli und August aus Urlaubsgründen um 20 % verringert angenommen.

Als Ergebnis kann gezeigt werden, dass die gesamte zur Verfügung stehende Fläche für einen Sonnenkollektor zur Brauchwasserbereitung genutzt werden kann, ohne dass es im Sommer zu einer Stillstandsproblematik kommt.

Ein wirtschaftliche Analyse kann zeigen, wieweit es sinnvoll ist die Fläche nicht vollständig für die Brauchwasserbereitung zu verwenden, sondern einen Teil der Fläche als z.B. Solarwall mit Einbindung in das Lüftungssystem oder transparente Wärmedämmungswand (TWD) auszuführen.

6.6 *Verwendete Simulationsprogramme*

6.6.1 TRNSYS

Für die durchgeführte Gebäudesimulation wird das Programmpaket TRNSYS 15.0 (SEL, 2000) verwendet.

TRNSYS (Transient System Simulation Program) ist ein Programmpaket zur Berechnung des thermischen Verhaltens eines Gebäudes einschließlich der aktiven und passiven Komponenten zur Energieversorgung (z.B. Heizkessel, Wärmeverteilsystem, TWD, Kollektorsysteme) und zur Bilanzierung der auftretenden zeitabhängigen Energieströme. TRNSYS wurde ursprünglich für die detaillierte Analyse von Gebäuden mit aktiver Solartechnik entwickelt. Heute sind sowohl passive Solarkomponenten als auch herkömmliche Heiz- und Kühleinrichtungen als Modelle erhältlich. Der Vorteil von TRNSYS besteht in seiner Flexibilität und der Möglichkeit, ein System sehr detailliert nachzubilden. TRNSYS ist modular aufgebaut. Es enthält eine große Anzahl von Standardkomponenten, den TYPES, die je nach Anforderung zur Nachbildung des realen Systems zusammengebunden werden können. Die offene Struktur des Programms erlaubt es dem Anwender, selbst erstellte TYPES einzubinden und vorhandene Standardkomponenten zu verändern. Jeder TYPE beschreibt die Funktionsweise einer bestimmten Systemkomponente. Das reale Betriebsverhalten der Komponenten wird in den TYPES mit mathematischen Algorithmen nachgebildet. Zur Lösung des Gleichungssystems, das sich aus den Einzelkomponenten und deren logischen Verknüpfungen im Gesamtsystem ergibt, stehen in TRNSYS verschiedene Lösungsalgorithmen zur Verfügung. Die Zeitschrittweite und die Genauigkeit, mit der simuliert wird, sind durch den Anwender wählbar. Prinzipiell können alle Eingangs- und Ausgangsgrößen jeder Komponente ausgegeben werden. Die Ausgabegrößen können zudem über definierte Zeitintervalle (Tage, Monate, Jahre) integriert werden.

Gebäudesimulation

Für die dynamische Gebäudesimulation wird das Gebäude in thermische Zonen aufgeteilt. In der Regel werden einzelne Räume oder auch Raumgruppen, die gleiche Randbedingungen wie Nutzung, Belegung oder Verglasung aufweisen zu einer Zone zusammengefasst. Jede Zone wird durch einen Luftknoten repräsentiert, der die Kapazität des Inhalts des Zonenvolumens hat. Die Energiebilanz der Zone wird an diesem Luftknoten durchgeführt. Grundlage der Bilanz ist der Energieerhaltungssatz. Der Strahlungsaustausch zwischen den Oberflächen wird separat gerechnet. Die solaren Gewinne an die Zone finden nur indirekt Eingang in die Bilanzierung. Die Strahlung wirkt über den Umweg der Absorption an den Hüllflächen der Zone und die nachfolgende konvektive Wärmeabgabe an den Raum auf den Luftknoten. Dies gilt auch für den Strahlungsanteil interner Wärmequellen. Das thermische Modell der Wände basiert auf der Respons-Faktoren-Methode von Mitlas und Arsenault. Vor dem eigentlichen Simulationslauf wird das thermische Verhalten der Wand als Transferfunktion berechnet, auf die in der Simulation zugegriffen wird. Die Stoffwerte werden vor der Simulation als Konstanten festgelegt, die Abhängigkeit von physikalischen Zustandsgrößen findet keine Berücksichtigung.

Simulationsmethodik

Die dynamische Gebäudesimulation wird in TRNSYS mit einem Unterprogramm - dem TYPE 56 - durchgeführt. Die Vielzahl der benötigten Gebäude- und Wetterdaten, die Einfluss auf das Gebäudeverhalten haben, wird zunächst extern zusammengestellt und dem eigentlichen TRNSYS - Simulationslauf durch entsprechende Eingabedateien übergeben.

Aus der Nutzung des Gebäudes und der Gebäudegeometrie ergibt sich die Einteilung in thermische Zonen. Mit den aus den Gebäudeplänen ermittelten Abmessungen, den Materialdaten und weiteren Gebäudedaten (Luftwechselraten, Solltemperaturen etc.) wird über einen Editor das „Building Input Description-File“ (.bid) erstellt. Aus der Building Description erzeugt das BID-Programm die Übergabedateien (.bld und .trn) für die TRNSYS-Simulation.

Das .bld-File enthält die Geometriedaten des Gebäudes, die Transferfunktionen der Wände sind im .trn- File niedergelegt. Im Userfile .usr werden die für den in der Simulation aufgerufenen TYPE 56 nötigen INPUTS und die verfügbaren OUTPUTS aufgelistet.

Die Eingabedatei für die TRNSYS-Simulation des Gebäudes ist das sogenannte Deck-File. Hier werden die Übergabedateien für das Gebäude und die Wetterdaten aufgerufen, eingelesen und mit den in der Simulation benötigten TYPES verknüpft. So werden zum Beispiel die Strahlungsdaten aus dem Wetterdatensatz zuerst in einem Radiation Processor (TYPE 16) nach einem vorgewählten Himmelsmodell auf die Neigung und Orientierung der im .bid vereinbarten Gebäudeaußenflächen umgerechnet, bevor diese an den TYPE 56 übergeben werden können. Die Liste der INPUTS aus dem Userfile wird hier zur Vereinbarung des TYPE 56 im Deck benötigt. Zudem kann die Gebäudesimulation durch andere Komponenten, wie z.B. einem Wärmetauscher für die mechanische Lüftung, ergänzt werden. Die Ergebnisse der Simulation werden gezielt durch das Aufrufen der gewünschten OUTPUTS in einem Ausgabe-TYPE erzeugt.

Grenzen der dynamischen Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens mit TRNSYS:

TRNSYS verwendet zur Nachbildung des thermischen Gebäudeverhaltens ein Bilanzmodell mit einem Raumlufknoten pro Zone. Die Raumgeometrie ist nur durch die Größe der Flächen für den Wärmedurchgang und die Strahlungsverteilung zwischen den Flächen berücksichtigt. Die Aussagen über Raum- und Oberflächentemperaturen sind damit auf räumliche bzw. örtliche Mittelwerte beschränkt.

Bei Betrachtung von Komfort und Raumklima in größeren Räumen spielen Luftströmungen eine bedeutende Rolle, z.B. bei Zugscheinungen oder als Frischluftzug bei Luftheizungen. Die Behandlung solcher Phänomene erfordert eine dreidimensionale Auflösung der Strömungsvorgänge, die nur von CFD Programmen (Computed Fluid Dynamics) geleistet werden. Selbst diese speziellen Programme befinden sich zur Zeit für statische dreidimensionale Methoden noch im Validierungsstadium. Das Einknotenmodell von TRNSYS kann nur den Raumlufwechsel pro Zone berücksichtigen.

Das Nutzerverhalten in Gebäuden kann einen Mehrverbrauch an Heizenergie von bis zu 100 % bedingen. Einer Gebäudelastsimulation ist immer ein festes Nutzerschema zugrundegelegt. Insbesondere die Beschreibung des Lüftungsverhaltens ist kritisch zu betrachten, da nur eine kontrollierte Lüftung beschrieben und berechnet werden kann. Freie Lüftung wird auch über eine feste Luftwechselrate in das Modell eingeführt. Dasselbe gilt für die Bedienung elektrischer Verbraucher und das Auftreten interner Wärmequellen. Aussagen können also nur bezüglich eines Standardnutzers gemacht werden. Eine Überprüfung bei angenommenem falschen Nutzerverhalten kann zum Vergleich herangezogen werden.

Untersuchungen von Systemen mit sehr kleinen Zeitkonstanten sind unter TRNSYS nur eingeschränkt durchführbar. Das Gebäudemodell und die Numerik sind auf die schnelle Berechnung ganzer Jahresdurchläufe, in der Regel im Stundenzeitschritt, angepasst. Der Zeitschritt kann nur als konstant vorgegeben werden und führt bei Größenordnungen kleiner wenige Sekunden zu numerischen Instabilitäten.

Die klimatischen Randbedingungen werden in der Regel aus Referenzwetterdaten gebildet, wie sie vom Deutschen Wetterdienst als "Testreferenzjahre" für bestimmte Regionen Deutschlands angeboten werden. Aber auch Klimadatengeneratoren (z.B. Meteororm) erzeugen künstlich erzeugte Jahresprofile der Klimadaten eines Standortes. Solche Datensätze sind künstlich erzeugte Jahresprofile für ein typisches Jahr am Standort. Lange Hitze- und Kälteperioden bleiben meist, da sie nicht typisch für den Standort sind, unberücksichtigt.

Möglichkeiten der dynamischen Simulation des thermischen Gebäudeverhaltens mit TRNSYS:

Neben den üblichen Simulationsaufgaben, wie:

- Dynamische Heiz- und Kühllastermittlung für die thermischen Zonen.
- Winterliches und sommerliches Temperaturverhalten in den thermischen Zonen.
- Parameterstudien zu Wandaufbauten, Dämmstärken, Fensteranteilen, -qualitäten und -orientierungen, Auslegung solarer Brauchwasserbereitungssysteme

bietet die Simulation mit TRNSYS den Einsatz folgender - heute oftmals unerlässlicher - Komponenten zur Erstellung eines Gebäude- und Anlagenkonzeptes an:

- Dynamische Betrachtung und Auslegung von Fußboden-, Wand- und Deckenregistern und -hypokausten zur Beheizung und/oder (Nacht-) Kühlung.
- Berücksichtigung des interzonalen Luftwechsels bei Galerien, Atrien und Wintergärten (passive Klimatisierung).
- Zonale Nachbildung (Zu- und Abluft) und Integration kontrollierter Wohnraumlüftungen zu deren Feinabstimmung.
- Dimensionierung von kontrollierten Wohnraumlüftungen mit WRG zur Luftheizung mit nachgeschalteter Luft/Luft-Wärmepumpe und vorgeschaltetem Erdwärmetauscher für Minimalenergiehäuser.
- Nachbildung und wirtschaftliche Dimensionierung von Erdwärmetauschern (zur Luft- und Wasservorwärmung und/oder -kühlung) z.B. im Hinblick auf ganzjährige Vermeidung von Vereisung an Luft/Luft-Wärmetauschern in Wechselwirkung mit dem Erdreich und dem Gebäude.
- Auslegung teilsolarer Raumheizungen mit Niedertemperaturflächenheizung - Wirtschaftliche Anlagengesamtdimensionierung bei angestrebten solaren Deckungsgrad.
- Luft- und Fensterkollektoren als Ein- oder Zweikreissysteme mit Steinspeichern und/oder Hypokausten.
- TWD - Anwendungen verschiedener Hersteller und Optimierung in Bezug auf die Fläche, Massivwand, die Verschattungsstrategie usw.
- Erstellen von Heizgeraden für luft- und wassergeführte Systeme als Funktion der Umgebungstemperatur, der Einstrahlung und der internen Gewinne.
- Feinabstimmung verschiedenster Regelungsmechanismen.
- Nachbildung jeder Art und Regelung von Verschattungseinrichtung zur Vermeidung von sommerlicher Überhitzung.

6.6.2 SHWwin

Mit dem in Delphi geschriebenen Programm SHWwin können Solaranlagen zur Warmwasserbereitung, zur kombinierten WW-Bereitung und (teilsolaren) Heizung und zur teilsolaren Speisung von Fernwärmenetzen berechnet werden.

SHWwin verfügt über eine Datenbank (DB) in der die Eingabedaten und Ergebnisse der Simulationsprojekte gespeichert werden. Zusätzlich verwaltet die DB einen Pool aus Bauelementen aus dem Daten in das jeweilige Simulationsprojekt kopiert werden können. Um auch die ASCII Eingabedatensätze älterer Versionen von SHW verwenden zu können, wurde eine Importfunktion implementiert. Die grafische Auswertung der Ergebnisse ist mit SHWwin ebenfalls möglich.

Das Programm entstand in den Jahren 1993 - 1999 am Institut für Wärmetechnik der TU Graz zur Unterstützung mehrerer Forschungsprojekte. Es wurde an drei verschiedenen teilsolaren

Heizungsanlagen von Einfamilienhäusern validiert und zeigte gute Übereinstimmung mit den Messungen (Stundenmittelwerte relevanter Temperaturen und Energien jeweils über 3 Wochen). Auch Vergleichsrechnungen vergleichbarer Schemata (mit einfachen Speichern) mit TRNSYS zeigten eine gute Übereinstimmung.

SHWwin rechnet allerdings wesentlich schneller als TRNSYS, da Iterationen innerhalb eines Zeitschritts nur für den Solarkreis vorgenommen werden. Die Simulationszeit dauert je nach Anlagenschema zwischen 5 bis 10 Sekunden für ein Jahr (6 Minuten Schrittweite) auf einem PC Pentium III 800. Das Programm SHWwin kann gratis über einen Download von der Internetseite <http://wt.tu-graz.ac.at> bezogen werden.

6.7 Ergänzung: Solarer Luftkollektor

Im folgenden wird die Berechnung des energetischen Einsparungspotentials im Zusammenhang mit der Anbringung eines solaren Luftkollektors auf der Südfassade des Gebäudes dargelegt. Ausgangspunkt der Berechnung ist die Gebäudevariante 4, wobei folgende idealisierte Regelstrategie für den hygienischen Luftwechsel angenommen wird: Fällt die Außentemperatur unter die Raumsolltemperatur von 21°C, wird das dem hygienischen Luftwechsel (0,4 h⁻¹) entsprechende einströmende Luftvolumen (3002 m³/h) durch den Luftkollektor vorgewärmt. Für den Aufbau des Solar-Luftsystems wurden die technischen Spezifikationen der in Kanada entwickelten 'Solarwall' herangezogen [Fechner, 1999]. Dabei handelt es sich um eine dünne, perforierte (Löcher mit 0,8 mm Durchmesser), dunkel beschichtete Fassade aus Aluminium oder galvanisiertem Stahl, die etwa 10 cm vor der äußeren Wärmedämmung der Gebäudewand angebracht wird. Die Fassade ist unverglast. Der benötigte Luftstrom wird direkt aus der Umgebung durch die über die ganze Kollektorfläche verteilten Löcher angesaugt und dabei an der beschichteten Solarwall erwärmt. Bei einer angenommenen Kollektorfläche von 60 m² ergibt sich für einen Luftwechsel von 0,4 h⁻¹ ein stündlicher Massenfluss von etwa 60 kg/h/m². Der für diesen Massendurchsatz experimentell ermittelte Wirkungsgrad beträgt 0,38 [Fechner, 1999] unter konstant vorgegebenen Windbedingungen (3 m/s in horizontaler Richtung). Bei einer Strahlungsintensität von 700 W/m² ergibt sich in dieser Anordnung ein Temperaturhub von 16°C. Die Jahressimulation zeigt, dass durch die Anbringung dieses Luftkollektors der spezifische Heizenergiebedarf (SHE) der Gebäudevariante 4 von 45 kWh/m²/a auf 42 kWh/m²/a gesenkt werden kann. Dieser Wert berücksichtigt nicht die teilweise Rückführung der Transmissionswärmeverluste (Südwand) durch das angesaugte Luftvolumen. Der spezifische Kollektorertrag ergibt sich zu 312 kWh/m²/a. Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Regelstrategie (bei Überschreitung der Grenzaußenlufttemperatur von 21°C keine Vorwärmung durch Luftkollektor) fällt dieser Wert auf 239 kWh/m²/a. Folgende Aspekte sollten im Kontext dieser Ergebnisse berücksichtigt werden:

1. Eine substantielle Vergrößerung der Kollektorfläche würde das solare Energieangebot linear erhöhen. Dass sich dadurch der SHE (bei konstanter Luftwechselzahl 0,4 h⁻¹) nicht substantiell verringert, liegt darin begründet, dass sich einerseits der Wirkungsgrad des Luftkollektors verringert (Bsp.: Wirkungsgrad=0,32 bei 40 kg/h/m² Massenfluss) und andererseits die erzielten Temperaturhübe nur im Falle von niederen Außentemperaturen energetisch voll nutzbar sind. Erst bei einer signifikanten Erhöhung der Luftwechselzahl ist eine Vergrößerung der Luftkollektorfläche sinnvoll.
2. Der Wirkungsgrad der Solarwall ist im Vergleich zu anderen solaren Luftkollektorsystemen sehr stark von der Umgebungsluftgeschwindigkeit und der Windrichtung abhängig. Somit kann eine Jahressimulation ohne genaue Kenntnisse der lokalen Windverhältnisse nur eine grobe Abschätzung für die quantitative Auswirkung der Solarwall auf die Energiebilanz liefern.

6.8 Literatur

- [Audit, 2000] Energetisches Audit, Obla 14, Brno, September 2000.
- [Fechner, 1999] Fechner, H., Investigations on Series Produced Solar Air Collectors, Final Report, IEA Task 19, Oktober 1999.
- [Feist, 1997] Feist, Wolfgang (Hrsg.): Das Niedrigenergiehaus. Neuer Standard für energiebewusstes Bauen. Heidelberg: C. F. Müller Verlag, 4. Auflage 1997.
- [ISO – Norm 7730] Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort.
- [Meteonorm 2, 1995] Meteonorm: Meteorologische Grundlagen für die Sonnenenergienutzung; Fabrikstrasse 14, CH – 3012 Bern, Schweiz, 1995.
- [ÖNORM B 8110-1] Wärmeschutz im Hochbau; Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren. VORNORM 1. Juni 1998.
- [Seip, 2000] Seip, Stefan: Auslegung von Lüftungsanlagen - Vergleich einzelner Komponenten: Tagungsband zur 4. Passivhaus Tagung, S. 345-351, Kassel, März 2000.
- [SHWwin, 1999] Simulationsprogramm für solare Brauchwasserbereitungs- und Heizungssysteme. W. Streicher, K. Schnedl, A. Thür, A. Vilics, TU Graz, 1999.
- [TRNSYS, 2000] TRNSYS 15, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, Februar 2000.

6.9 Anmerkung zum Energieverbrauch

Der im vorhandenen tschechischen Audit errechnete bzw. als gegeben angenommene Energieverbrauch (130 kWh/m²a) erscheint – entsprechend den Bewohnerangaben und dem bautechnischen Zustand – als äußerst unwahrscheinlich. Vielmehr ist auch in dieser Anlage von Werten ähnlicher Anlagen auszugehen (ca. 210 – 240 kWh/m²a).

Der Energieverbrauch ist außer im Gebäude auch in der Wärmeerzeugung, Wärmeleitung und Wärmeverteilung zu betrachten. Auch hier bestehen – in Anbetracht des sehr mangelhaften technischen Zustandes – enorme Einsparungspotentiale.

Für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung und um den ökologischen Erfolg zu beurteilen, sind jedenfalls die Maßnahmen zur Wärmebewahrung am Objekt (Wärmedämmung, Lüftungswärmerückgewinnung), die solaren Gewinne im Objekt, das Benutzerverhalten und die Wärmeerzeugung und Verteilung zu betrachten.

Auffallend ist im gegebenen Fall jedenfalls, dass die tatsächlichen Heizenergieverbräuche, die Verluste bei Verteilung und Leistung der Wärme und die Effektivität der Wärmeerzeugung nicht zu eruieren waren, was jedenfalls auf eine sehr mangelhafte Kontrolle und ein fehlendes Bewusstsein über die Probleme und Potentiale dieses Bereiches schließen lässt.

Im Objekt 14 könnte beispielsweise von einem Heizenergieverbrauch von ca. 210-230 kWh/m²a ausgegangen werden. Dieser Heizenergieverbrauch kann durch die vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen auf ca. 25 kWh/m²a abgesenkt werden.

Im Warmwasserbereich können etwa 60% der Kosten eingespart werden.

Die Wohnnutzfläche in Oblá 14 beträgt 2460 m². Die durchschnittlichen Energiekosten betragen in der Tschechischen Republik derzeit 1.152 CZK/kWh. Die Sanierungskosten wurden im Fall Oblá 14 auf insgesamt ca. 23,8 Mio. CZK geschätzt. Etwa 1/3 dieser Kosten können als direkte Investitionskosten im Energiebereich angesehen werden.