

Materialien zu PACER

# Passivsolare Elemente bei Sanierungen und Umbauten

Synthesebericht

Markus Kunz



## **Passivsolare Massnahmen bei Sanierungen und Umbauten: Synthesebericht**

Die vorliegende Publikation wurde im Rahmen des PACER-Projektes «Möglichkeiten passivsolarer Massnahmen bei Sanierungen und Umbauten» erarbeitet. Es befasste sich mit der Anwendung dreier Elemente an Gebäuden: Balkonverglasung, Transparenz-Wärmedämmung und Luftkollektorfassade. Dazu wurden drei Studien mit Vorprojektcharakter erarbeitet, und die allgemeinen Erkenntnisse wurden in einem Synthesebericht zusammengefasst. Alle 4 Berichte sind einzeln oder als Paket erhältlich (Bestellnummern und Bezugsadresse auf der Seite 2).

Im Rahmen der Abklärungen zur Anwendung *passivsolarer Elemente bei Sanierungen* wurden drei sehr unterschiedliche Bearbeitungsgebiete zur weiteren Untersuchung ausgewählt. Trotzdem ergab sich als

gemeinsames Resultat die *Notwendigkeit eines integralen Ansatzes* bei der Planung Passivsolare Bauelemente sollten innerhalb eines *Gesamtkonzeptes* für die Sanierung eingesetzt werden, damit sie energetisch, komfortmässig und nutzungstechnisch, ästhetisch und technisch die *optimale Wirkung* entfalten können. Damit ergeben sich für neuartige passivsolare Elemente nicht zuletzt auch *ökonomische Chancen*.

Der vorliegende *Synthesebericht* fasst die Resultate der drei Teilstudien zusammen, vergleicht sie und beschreibt die *allgemeinen Erkenntnisse* aus der Projektphase. Er formuliert noch zu studierende *Problemfelder*. Der Bericht richtet sich an all jene, die sich genauer über den Einsatz passivsolarer Bauelemente informieren wollen.

# Passivsolare Elemente bei Sanierungen und Umbauten

Synthesebericht

**Markus Kunz**



Bundesamt für Konjunkturfragen

## **Impressum:**

Herausgeber Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)  
Belpstrasse 53  
3 0 0 3 B e r n  
Tel.: 031/322 21 29  
Fax: 031/372 41 02

Programmleitung: PACER  
c/o EPFL-LESO  
Dr. Jean-Bernard Gay  
Jean Graf  
1015 Lausanne  
Tel.: 021/693 45 49  
Fax: 021/693 27 22

Ressortleiter Dr. Charles Filleux  
Basler & Hofmann AG  
Forchstrasse 395  
8029 Zürich  
Tel.: 01/387 11 22  
Fax: 01/387 11 01

Autor: Markus Kunz  
Intep AG  
Lindenstrasse 38  
8034 Zürich  
Tel.: 01/383 63 64  
Fax: 01/383 65 66

Diese Studie gehört zu einer Reihe von Untersuchungen, welche zu Händen des Impulsprogrammes PACER von Dritten erarbeitet wurde. Das Bundesamt für Konjunkturfragen und die von ihm eingesetzte Programmleitung' geben die vorliegende Studie zur Veröffentlichung frei. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren und der zuständigen Ressortleitung.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen  
3003 Bern, Oktober 1993

Auszugsweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern.

Bestell-Nummern:  
Passivsolare Elemente bei Sanierungen und  
Umbauten:

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Synthesebericht           | 724.210.1d |
| Balkonverglasungen        | 724.210.2d |
| Luftkollektorfassaden     | 724.210.3d |
| Transparente Wärmedämmung | 724.210.4d |

# Inhalt

---

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Zusammenfassung der Ergebnisse                     | 5  |
| 1.1 | Balkonverglasungen                                 | 5  |
| 1.2 | Transparente Wärmedämmung (TWD)                    | 5  |
| 1.3 | Luftkollektoren- und Doppelwandfassade             | 6  |
| 1.4 | Übersichtsmatrix mit Zusammenfassung der Resultate | 8  |
| 2.  | Einleitung   | 9  |
| 2.1 | Vorgeschichte                                      | 9  |
| 2.2 | Aufgabe und Methodik                               | 9  |
| 2.3 | Vorgehen   | 10 |
| 2.4 | Kontakt mit IP BAU                                 | 11 |
| 3.  | Grundlagen   | 12 |
| 3.1 | Praxisbezogenheit                                  | 12 |
| 3.2 | Verbreitungsgrad                                   | 12 |
| 3.3 | Anwendbarkeit auf der Baustelle                    | 12 |
| 3.4 | Wirtschaftlichkeit                                 | 13 |
| 3.5 | Marktchancen                                       | 13 |
| 3.6 | Mieter   | 14 |
| 4.  | Energie  | 15 |
| 4.1 | Energieeinsparung                                  | 15 |
| 4.2 | Resultate Balkonverglasungen                       | 15 |
| 4.3 | TWD  | 16 |
| 4.4 | Luftkollektoren                                    | 18 |
| 5.  | Nutzung  | 19 |
| 5.1 | Balkonverglasungen                                 | 19 |
| 5.2 | TWD  | 20 |
| 5.3 | Luftkollektoren und Doppelwandfassade              | 21 |
| 6.  | Technische Machbarkeit                             | 22 |
| 6.1 | Balkonverglasungen                                 | 22 |
| 6.2 | TWD  | 23 |
| 6.3 | Luftkollektoren                                    | 25 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 7.        | Architektur  | 26 |
| 7.1       | Balkonverglasungen   | 26 |
| 7.2       | TWD  | 26 |
| 7.3       | Luftkollektoren  | 27 |
| 8.        | Ausblick   | 28 |
| 8.1       | Balkonverglasungen   | 28 |
| 8.2       | TWD  | 28 |
| 8.3       | Luftkollektoren  | 28 |
| 8.4       | Weitere Ideen  | 28 |
| <hr/>     |  |    |
| Anhang 30 |  |    |
| A.1       | Weitere Ausführungen zum Mieteraspekt                              | 30 |
| A.2       | Weitere Ausführungen zum Thema Marktchancen                        | 31 |
| A.3       | Technische Details der Balkonverglasungen im untersuchten Gebäude: | 32 |
| A.4       | Quellennachweis  | 34 |

# 1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Eine Übersicht auf einer Seite befindet sich im Kapitel 1.4.

## 1.1 Balkonverglasungen

■ Die nachträgliche Balkonverglasung eignet sich bestens für den Sanierungs- oder Umbaufall. Ebenso klar ist, dass deren Anwendung die Beachtung einer Vielzahl von Faktoren umfassen muss, wenn die möglichen energetischen und komfortbezogenen Vorteile nicht in ihre Gegenteil verkehrt werden sollen.

- Eine Balkonverglasung wird kaum je allein aus Energiespargründen eingesetzt. Sie spart nur Energie,
- wenn ihre Anwendung konzeptionell abgestützt ist (siehe unten),
  - wenn sie gut konstruiert ist (z.B. Doppelverglasung), und
  - wenn sie von den Mietern richtig betrieben wird.

Im Idealfall beträgt die Energieersparnis einer optimalen Balkonverglasung einige Prozent des Heizenergiebedarfes.

■ Konzeptionell abgestützt meint: Der energetische Nutzen und die Wohnwertsteigerung stehen sich eigentlich diametral entgegen. Nur optimal konstruierte Balkonverglasungen bzw. Gesamtsysteme «geschlossener Balkon» vermögen sowohl Wohnbarkeit wie auch einen energetischen Vorteil zu gewähren. Im Rahmen eines Nutzungskonzeptes können die möglichen Vorteile gewichtet und ihr Ausmass bestimmt werden.

■ Da eine Balkonverglasung nebst höherem Wohnwert und dem möglichen Energiespareffekt auch Schallschutz, Raumkomfort, intensivere Nutzungen und eine Aufwertung des architektonischen Erscheinungsbildes bieten kann, sollte der Auslöser für eine Sanierung unter Einsatz von Balkonverglasungen eine entsprechende Sammlung von Mängeln sein. Je mehr Mängel mit einer Balkonverglasung eliminiert oder verringert werden können, desto höher ist deren Nutzen.

■ Wirtschaftlichkeit ist aus der Sicht des Hausbesitzers nur dann gegeben, wenn die Balkonverglasung als Sanierungsteil zu einer umfassenden Reduktion der Betriebskosten beiträgt. Aus der Sicht der Mieter muss eine (massvolle) sanierungsbedingte Erhöhung der Miete durch tiefere Energiekosten und einen höheren Wohnwert aufgewogen werden. Die Kosten für eine Balkon(doppel)verglasung bewegen sich in der gleichen Grössenordnung wie die Kosten für qualitativ gute Fenster. Eine Balkonsanierung mit nachträglicher Ver- glasung verursacht ähnliche Kubikmeterkosten wie eine Gebäudesanierung.

■ Eine Balkonverglasung ist ein Fassadenelement und bietet damit dem Sanierungsarchitekten zahlreiche gestalterische Möglichkeiten. Die notwendige Beschattung und die individuelle Einrichtung der Balkonräume tragen zum Erscheinungsbild bei.

## 1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD)

■ Eine Fassadensanierung mit *herkömmlichen* TWD-Produkten ist, bei Kosten über Fr. 1000/m<sup>2</sup>, für den Wohnungsbau zu teuer.

■ Da eine verbreitete Anwendung von TWD im Sanierungsfall mit der Entwicklung eines fertig einsetzbaren Fassadenelementes steht und fällt, wurde ein Prototyp von der E. Schweizer AG entwickelt. Mit einem solchen sogenannten Wandheizelement ist eine Fassadensanierung unter Einsatz von TWD technisch machbar und energetisch vorteilhaft.

■ Die angestrebten Kosten von Fr. 500/m<sup>2</sup>, bei denen das Wandheizelement konkurrenzfähig wäre, werden jetzt noch überschritten, gelten aber nicht als unerreichbar.

- Die Wandheizelemente – so genannt, da sie bei einfallendem Sonnenlicht die dahinter liegende Wand erwärmen – können in verschiedenen, aufs Gebäude bezogenen Grössen hergestellt werden; sie sind mit anderen Fassadenelementen kombinierbar.
- Spezielle Vorarbeiten an der Fassade sind kaum nötig. Es eignen sich fast sämtliche Wandaufbau-Typen für solche Sanierungen. Die Wandheizelemente sind einfach auf einer herkömmlichen Konstruktion zur Befestigung von Metallfassaden anzubringen. Auf TWD spezialisierte Handwerker werden nicht benötigt.
- Eine mögliche Kostenreduktion bedeutet der Verzicht auf eine Beschattung und der Einsatz von Wandheizelementen auf der Gebäude-Nordseite. Eine Wärmeenergie-Nullbilanz über die Heizperiode wurde in ersten Simulationen nachgewiesen.
- Auch das Wandheizelement, als Ersatz für Fassadenelemente mit herkömmlichen Wärmedämmungen eingesetzt, bietet dem Architekten eine Reihe von gestalterischen Möglichkeiten. Die so sanierte Fassade präsentiert sich als verglast.
- Um das Argument der (für den Mieter wichtigen) Wohnraumerweiterung einzubringen, wurde die Idee einer nordseitigen Gebäudeerweiterung entwickelt, welche, mit Wandheizelementen verkleidet, ohne zusätzliche Raumwärmeerzeugung bewohnt werden kann.
- Die Projektierung und die Ausführungsplanung werden komplexer, es gibt mehr Aspekte zu beachten, wie die konvektionsfreie Lagerung der Elemente in der Fassade, die Beschattung oder spezielle Lösungen für die Anschlüsse.

### 1.3 Luftkollektoren- und Doppelwandfassade

■ Auch eine Fassadensanierung mit Luftkollektoren- bzw. Doppelwandssystemen ist technisch und architektonisch möglich, wenn auch (vor allem von der Technik her) komplex. Unter günstigen Voraussetzungen ergibt sich auch bei ökonomischer Betrachtung ein energetischer Gewinn.

- Die energetischen Vorteile sind wie folgt:
  - passiv: Wärmespeicherung, Luftvorwärmung, Nachtabkühlung, Wärmedämmung
  - weitergehenden Verwendungsmöglichkeit der vortemperierten Luft durch Luftführung in abgelegene Räume oder mittels Wärmepumpe
  - Verbesserung der Tageslichtsituation

Eine Doppelwandfassade kann den Heizenergiebedarf eines Gebäudes merklich senken.

■ Da die Luftkollektorfassade im direkten Vergleich „solarer Wärmeenergie-Ertrag contra Heizenergieeinsparung“ nicht wirtschaftlich ist, werden solche Systeme am besten innerhalb von Konzepten für eine Zwangsentlüftung verwendet, wie sie bei Gebäudehüllensanierungen zur Vermeidung von Kondenswasser-Schäden nötig werden können. Die Luftkollektoren- bzw. Doppelwandfassade wird dabei zur Ersatzluft-Vorwärmung eingesetzt.

■ Der Einsatz von Luftkollektoren bzw. Doppelwandfassaden bei Sanierungen erweist sich damit ganz besonders als Aufgabe, die nur mit einem integralen Planungsansatz gelöst werden kann.

■ Für die Architektur gelten die gleichen Erwägungen wie bei der TWD; der Einsatz im Elementbau ist prädestiniert. Im Verbund mit Balkonverglasungen, Luftkollektor-Elementen, Beschattungsvorrichtungen und konventionellen Wärmedämm-Elementen ergeben sich zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten.

■ Für den Mieter ergeben sich, nebst energetischen Vorteilen (Wärme, Tageslicht), auch Verbesserungen beim Schallschutz. Die Bedienung einer solchen Fassade erfordert, wie bei der Balkonverglasung, ein erhöhtes Energiebewusstsein und mehr Know-How. Der Wartungsaufwand vergrössert sich.

■ Im Optimalfall wird also durch den Einsatz einer solchen Fassade zur Ersatzluftvorwärmung der Aufwand für Wärmeenergie und Elektrizitätsbedarf reduziert und die Voraussetzung für eine mittelfristige Rentabilität solcher Systeme geschaffen. Wie weit das Ausmass der Rentabilität gehen kann, müssen Ausführungsbeispiele erst noch erweisen.

1.4 Übersichtsmatrix mit Zusammenfassung der Resultate

| Element           | Energie   |   | Nutzung  |   |  | Architektur   | Kosten  | Technik  |  |
|-------------------|---|---|--|---|--|---|---|--|--|
|                   | Wärme   | Licht   | Raumverweigerung                                     | Komfort   | Schallschutz   |   |   | Machbarkeit  | Bauablauf  |
| Balkonglasung     | geringes Sparpotential bei der Wärmeenergie bei unschögemässiger Bedienung sogar Verluste möglich | Verbesserung der Teagslichtsituation im Balkonraum, Verschlechterung im dahinter liegenden Raum | wichtigstes Argument! attraktive Wohnraumerweiterung | thermischer Raumkomfort abhängig von der Qualität der Verglasung erhöhter Reinigungsaufwand | effizient gegen Aussenlärm, Trittlärm und Körperschallmassnahmen nötig                             | wesentliches Fassaden-Ge-staltungselement prägt das Gesicht der Aussenhülle | ähnlich wie Fenstersatz mit Doppelverglasung Sanierungskosten pro m <sup>3</sup> sind gleich hoch wie bei Gebäudesanie rung | zahlreiche fertige Systeme auf dem Markt vorhanden konzeptionelles „Abstützen“ der nachträglichen Verglasung nötig | in der Regel zumutbare Störung für Mieter  |
| TWD               | optimaler Wärmeschutz Wärmeenergie-Bilanz auch auf N-Seite ausgeglichen über die Heizperiode      | kein Einfluss   | Anbauten mit TWD energieverbrauchsneutral möglich    | guter thermischer Komfort durch höhere Wandtemperaturen                                     | kein Einfluss  | senierte Fassade ist verglast Absorberfarbe sichtbar                        | < Fr. 500/m <sup>2</sup> als Zielwert scheint erreichbar  | abhängig von der Entwicklung eines Fertigelements mit einfacher Handhabung   | mit Wandheizung elementar einfach Ablauf möglich: Vorbereitung Fassade, Montagevorbereitung, Montage |
| Fassadenkollektor | Ersatzluftwärmung innerhalb eines Lüftungssystems bringt einen spürbaren Ertrag                   | kaum Einfluss; Teagslichtsituation bleibt etwa gleich   | kein Einfluss  | Überhitzungsprobleme bei Doppelwandfassade möglich erhöhter Aufwand beim Unterhalt          | Doppelwandfassade bietet Schutz gegen Aussenlärm dafür ist auf innere Schallübertragung zu achten! | wesentliches Fassaden-Ge-staltungselement senierte Fassade ist verglast     | keine Angaben möglich, da eine Lösung im Rahmen eines Lüftungskonzepts angestrebt werden sollte                             | komplexe Technik mit hohen Anforderungen Entwicklung eines Fertigelementes wäre vorteilhaft                        | erheblicher Eingriff für die Mieter mit Fertigelement wäre eine Vereinfachung möglich                |

## 2. Einleitung

### 2.1 Vorgeschichte

Ausgehend vom Bedürfnis, über einige Teilbereiche der Anwendung passivsolare Grundsätze bei Umbauten und Sanierungen mehr Wissen zu erhalten, wurde die Intep AG 1991 mit der Ausarbeitung einer Vorstudie [Ref. 1] beauftragt. Die Studie lieferte eine Zusammenstellung möglicher Massnahmen (inkl. Beispiele) sowie erste Hinweise zur Gewichtung und möglichen Bewertungskriterien. Damit waren die Entscheidungsgrundlagen für die nächste Phase auf dem Tisch.

Auf der Basis eines Projektvorschlags der Intep AG [Ref. 2] entschied sich die Programmleitung in ihrer Sitzung vom 10.3.1992, drei Teilbereiche genauer untersuchen zu lassen: Balkonverglasungen, Transparente Wärmedämmung (TWD) und Luftkollektorenfassade mit und ohne Massenspeicher. Bewusst wurden damit drei Bereiche mit unterschiedlichem Erfahrungsstand gewählt.

Als Nutzungsbereich sah der Projektvorschlag den (Genossenschafts-)Mehrfamilienhausbau vor, oft aus den 50er- und 60er Jahren stammend; dessen Sanierung ist häufig an beschränkte wirtschaftliche Möglichkeiten gebunden. Als Vorbild (und in zwei Fällen als Studienobjekt) diente die Elementbauweise.

### 2.2 Aufgabe und Methodik

Die 2. Phase setzte sich zum Ziel, Antworten auf die folgenden Fragen zu geben:

- Welches sind die Rahmenbedingungen für die Anwendung der drei Massnahmen? (Sanierungsgründe, Gebäudetypologie, Veränderung der Gebäudehülle, Umweltauswirkungen, Benutzerverhalten, usw.)
- Wie sieht das Vorgehen und der Ablauf bei einer Sanierung mit einer der Massnahmen aus?
- Welche spezielle Probleme treten auf («speziell» meint: verglichen mit einer herkömmlichen Sanierung)? Welche speziellen Aufwände können entstehen?
- Wie sind die Auswirkungen auf das Gesamtsystem «Haus»?
- Wie sieht es mit der Wirtschaftlichkeit aus? Können allgemeine Aussagen zu den Investitionen und den Betriebskosten gemacht werden?
- Können die Resultate der Abklärungen zu den drei Massnahmen so in den Bereich «Projektierungshilfen bei Sanierungsvorhaben» eingebaut werden, dass die Erkenntnisse dem Zielpublikum von IP Bau vermittelt werden können? Wenn ja, wie?

Dabei wurde vom Studium eines Sanierungsobjektes ausgegangen – im Fall Balkonverglasung sogar ein realisiertes Projekt –, und es wurde versucht, in induktivem Vorgehen Aussagen genereller Natur zu den obgenannten Fragen zu machen.

Unser Interesse galt nicht nur der Frage nach der prinzipiellen Anwendbarkeit neuer passivsolare Bauelemente (als rein technische oder architektonische Aufgabe), sondern auch den Bedingungen für eine breite Anwendung. Dabei steht ohne Zweifel die Frage nach den Kosten im Vordergrund. Es galt daher, von einem vorgegebenen, konkurrenzfähigen Preis für die neuen Elemente auszugehen und diese Rahmenbedingung immer vor Augen zu halten. Eine Situation wie bei der Photovoltaik, die auch nach Jahren der Anwendung preislich immer noch nicht konkurrenzfähig ist, gilt es unter allen Umständen zu verhindern. (Vgl. dazu Kapitel 3.5.)

### 2.3 Vorgehen

Für die Bearbeitung der drei Teilbereiche wurden zunächst drei Architekten angefragt, die sich in der Folge mit mindestens je einem Mitarbeiter verstärkten:

| Arbeitsbereich                                   | Mitarbeiter  |
|--|--|
| Projektleitung, Koordination und Synthesebericht | Markus Kunz, lic.phil.<br>Intep AG, Zürich   |
| Balkonverglasungen                               | Christian Süssstrunk, dipl. Arch. ETH/SIA<br>Erlenbach<br><br>Eric Labhard, Arch. HTL<br>Basler&Hofmann AG, Zürich                             |
| TWD  | Heini Glauser, Arch. HTL/NDSE HTL<br>metron-Architekten, Brugg-Windisch<br><br>Andreas Haller, dipl. El. Ing. ETH<br>E. Schweizer AG, Hedingen |
| Luftkollektoren                                  | Hansruedi Meier, Siedlungsplaner HTL<br><br>Prof. Peter Steiger, dipl. Arch. BSA/SIA BSP<br>Zürich   |

Die Begleitung (Vertretung der Programmleitung PACER) erfolgte durch Dr. Charles Filleux, Basler&Hofmann AG, Zürich.

#### Arbeitsablauf

Nach einer ersten Koordinationsbesprechung erfolgte die Arbeit in den drei Teilbereichen autonom in den einzelnen Gruppen. In vier Arbeitssitzungen im Plenum [Ref. 7–10] wurden die Zwischenresultate zusammengetragen und intensiv diskutiert.

Es zeigte sich nach der zweiten Sitzung, dass das ursprüngliche Vorhaben, für alle drei Teilbereiche dasselbe Beispielgebäude einzusetzen, nicht durchführbar war. Durch die selbständige Arbeitsweise entwickelten sich auch weitere (sachgegebene) Unterschiede fort und bewirkten unterschiedliche Vorgehensweisen und Ergebnisse. Zwei Beispiele: Im Bereich TWD wurde (ausgelöst durch unser Projekt) bei der E. Schweizer AG ein Prototyp eines TWD-Wandheizelementes entwickelt. Dies ist eine unumgängliche Voraussetzung für den Einsatz von TWD im Sanierungsfall, und dank der Existenz eines solchen Elementes wurden klarere Aussagen bezüglich der Anwendung von TWD möglich. – Die Arbeitsgruppe Luftkollektoren bekam von der ABB eine konkrete Anfrage für die Realisierung einer Gebäudesanierung unter Einbezug von Luftkollektoren, wo mit der Arbeit in diesem Bereich einen noch stärkeren Realitätsbezug erhielt. (Auch das ATAL des Kantons ZH zeigte sich übrigens interessiert an einer Sanierung mit Luftkollektoren.)

Entsprechend verlagerte sich das Arbeitsinteresse in den drei Gruppen, auch unter Einbezug der für alle Bereiche gültigen Vorgaben unseres Projektes, auf verschiedene Schwerpunkte. Es zeigte sich dabei, dass die Differenzen im Erfahrungsstand doch schwerwiegender waren als zunächst vielleicht vermutet. So entstanden drei unterschiedliche Teilberichte, die kurz wie folgt charakterisiert werden können:

■ Balkonverglasung [Ref. 3]: Handbuchartiger Bericht mit kurzem allgemeinem Teil – da das Element ja kaum vorgestellt werden muss – und Beschreibung der (tatsächlich erfolgten) Sanierung. Variantenstudium im Bereich der Verglasung. Schlussfolgerungen. Anhang mit Dokumentation des Beispiels und weiteren, auch allgemein verwendbaren Unterlagen.

■ TWD [Ref. 4]: Dreiteiliger Bericht mit Stand der Entwicklung einer auch für Sanierungen geeigneten TWD-Fassade und eines normierten TWD-Wandheizelementes (inkl. erste grobe Berechnung der Energiebilanz). Beschreibung einer möglichen Fassadensanierung mit TWD an einem Wohnhaus sowie skizzenartiger Beschreibung einer Gebäudeerweiterung unter Einsatz von TWD-Wandheizelementen auf der Nordseite eines Wohnblockes (als weiteres Anwendungsbeispiel). Literaturverzeichnis.

■ Luftkollektoren [Ref. 5]: Arbeitsbericht mit allgemeiner Einleitung und Abgrenzung. Variantenstudium verschiedener Kollektortypen am Fallbeispiel der Sanierung einer Wohnüberbauung in Elementbauweise. Dasselbe mit der Doppelwandfassade. Folgerungen für den Einsatz von Luftkollektoren im Sanierungsfall. Anhang mit Objektbeschreibung, Berechnungen (EBF, Qh) gemäss SIA 380/1 und Literaturverzeichnis.

Da ein detaillierter gemeinsamer Inhaltsraster dem unterschiedlichen Stand in den Teilbereichen zuwenig Rechnung getragen hätte, entschieden wir uns, drei unabhängige Arbeitsberichte sowie den vorliegenden Synthesebericht zu erstellen, der wiederum die Aufgabe hat, die vorhandenen Querverbindungen, Gemeinsamkeiten wie Unterschiede, festzuhalten, die Ergebnisse zusammenzufassen und zu interpretieren.

#### 2.4 Kontakt mit IP BAU

Ein erster, früher Kontakt mit Herrn E. Meier (Programmleitung IP Bau) verwies uns auf die bei den Umsetzungsprojekten (auch «Aktivitäten» genannt) «Bauablauf» (HB.07) und «Massnahmen und Technologien» (HB.08, heute «Projektierungshilfen für Sanierungsvorhaben» genannt) des IP Bau als mögliche Abnehmer unserer Resultate. Der Terminplan sah bei beiden Projekten eine Umsetzung im ersten Quartal 1993 vor.

Für eine Einspeisung der Ergebnisse der drei Teilbereiche unseres Projektes zeigte sich vor allem der Bereich «Projektierungshilfen für Sanierungsvorhaben» als geeignet; Projektleiter ist Herr Max Bigler (Frutiger GU in Bern). Sein Projekt sah, im Anschluss auf die Stufen «Grobanalyse» und «Feinanalyse» unter anderem die Erstellung von Datenblättern zu den einzelnen Gebäudeelementen (architektonische wie Haustechnikelemente) vor, wobei bald einmal klar wurde, dass es über 600 mögliche Elemente zu beachten gäbe. Aus einer Menge von 50 ausgewählten Elementen wurden vorerst 21 aus Kapazitätsgründen als irrelevant ausgeschieden. Für die restlichen Elemente wurde eine Datenbank begonnen, in der sämtliche Charakteristika je Element verzeichnet sind. – Die Elemente 05 (Balkone, Loggien) und 06 (Fassade Wärmedämmung) korrespondieren dabei gut mit unseren Bereichen Balkonverglasung und TWD; die Luftkollektorfassade als Element mit mehreren Komponenten hätte dagegen nicht so einfach in die Datenstruktur der «Projektierungshilfen» eingespielt werden können.

Aufgrund verschiedener Schwierigkeiten wurde das Projekt vorerst sistiert und extern begutachtet. An der Programmleitersitzung vom 17.12.92 wurde dann der Entscheid gefällt, dass das Projekt vorerst nicht weiter verfolgt werde.

### 3. Grundlagen

Im folgenden werden einige Voraussetzungen und Grundlagen beschrieben, welche die Rahmenbedingungen für die Arbeit in den drei Teilbereichen darstellen. Es handelt sich da bei sowohl um Gemeinsamkeiten wie um Unterschiede.

#### 3.1 Praxisbezogenheit

Unsere Teilstudien wurden im Rahmen eines Impulsprogrammes, also im Umsetzungsbereich durchgeführt. Die Rahmenbedingungen müssen daher von der praktischen Anwendung her definiert und geprägt sein. Der Arbeitsansatz verfolgt den Zweck, die prinzipielle Anwendbarkeit der gewählten Massnahmen gewissermassen in einer «Trockenübung» und in Vorprojekt-Genauigkeit durchzuspielen und zu erproben. Dies negiert nicht die Notwendigkeit detaillierterer Forschungsarbeit an einzelnen Problemen; sie muss aber in anderem Rahmen (z.B. «Solar Retrofit», IEA) geleistet werden.

Die Ebene der Praxisbezogenheit wird auch im Hinblick auf die Tatsache gewählt, dass auf dem Markt bereits Produkte (v.a. Balkonverglasungen) bestehen, die leider aber oft falsch eingesetzt werden. Gerade dass im Bereich Balkonverglasungen eine Reihe von Fertigelementen auf dem Markt sind, kann zur Annahme verführen, dass die Produkte ausgereift und deren Anwendung unproblematisch sei. Diesem Irrtum gilt es entgegenzutreten, und es gilt zu verhindern, dass in den Bereichen TWD und Fassadenkollektoren nicht ähnliche Entwicklungen passieren.

Der Grundsatz des Praxisbezugs bewirkte eine logische Abfolge bei der Aussage methodik, von den gebäudespezifischen zu allgemeineren Resultaten; da je Teilstudie aber nur ein Objekt untersucht wurde, überwiegen natürlich die gebäudespezifischen Aussagen. Für allgemeine Aussagen zur breiten Anwendung der untersuchten Massnahmen müssen mehr Objektbeispiele als Grundlage zur Verfügung stehen.

#### 3.2 Verbreitungsgrad

Die Verbreitung der Produkte, des Know-How und von realisierten Beispielen ist unterschiedlich. Während die Balkonverglasungen oft eingesetzte Elemente sind und in verschiedenen Ausführungen angeboten werden, sind TWD und Luftkollektoren bzw. deren Wirkungsweise teilweise sogar unbekannt. Nur vereinzelt (betrifft sowohl Firmen wie Personen) werden diese Elemente entwickelt, eingesetzt und erprobt. Dies entspricht zwar den individuellen Anforderungen und Gegebenheiten der einzelnen Gebäude, steht aber einer breiten Anwendung entgegen.

#### 3.3 Anwendbarkeit auf der Baustelle

Während einzelne Architekten und Ingenieure zur Entwicklung und Anwendung neuer passivsolarer Elemente motiviert sind, trifft dies oft auf die eigentlichen Anwender, die Handwerker, weniger zu. Es besteht aufgrund der Vereinzelung bei der Anwendung auch kaum genügend Wissen, welches zusätzlich durch die individuellen Anforderungen auf der Baustelle relativiert wird. Dies verstärkt die Forderung nach einfach einzubauenden, möglichst fertigen Elementen.

#### 3.4 Wirtschaftlichkeit

Es zeigte sich schon bald im Arbeitsablauf, dass die Wirtschaftlichkeit zum Oberthema der Projektphase geraten würde, dies aus folgenden Gründen:

- Wirtschaftlichkeit als unumgängliche Voraussetzung für eine vermehrte (ev. sogar breite) Anwendung passivsolarer Elemente,
- als Vergleichsmöglichkeit mit anderen energiewirksamen Elementen,

■ als Motivation zum Energiesparen (ohne bürgerliche Vorschriften etc.)

Im Zentrum steht die Kosten/Nutzen-Frage, und dabei steht dem Aufwand die Quantifizierung des Ertrags gegenüber. Die Kosten sind dabei relativ schnell ermittelt; die Frage ist, wie man im konkreten Fall den Nutzen quantifiziert bzw. monetarisiert. Während eine Energieeinsparung oder ein allfälliger Gebäudemehrwert recht genau zu beziffern sind, ist dies etwa bei einer Komfortsteigerung schwierig.

Allgemeine Aussagen zur Lösung dieses Problems sind kaum möglich. Im konkreten Fall kommt es auf die Höhe der Miete vor Sanierung, auf die Mieterstruktur, auf die subjektive Einschätzung der Nutzwertsteigerung durch die Mieter usw. an, ob und wie sich die Sanierungskosten auf die Mieten überwälzen lassen. Ein anderes Problem ist dabei, dass im Wohnungsbau die Investitionen auf Besitzer und Mieter aufgeteilt werden, während die Betriebskosteneinsparung (v.a. Energie) zugunsten der Mieter ausfällt. Der Sanierungsentscheid ist aber meist allein Sache des Besitzers, auch wenn es einige Fälle gibt, bei denen die Mieter Mitbestimmungsrecht beim Ausmass der Sanierung (und damit der Mietzinserhöhung) hatten (vgl. Ref. 6; Seiten 59ff).

Gemeinhin muss man von der Situation ausgehen, dass nur im Rahmen einer baulichen Sanierung abhängige Energiesparmassnahmen realisiert werden, unabhängig von der Einfachheit oder Kompliziertheit der technischen oder architektonischen Anwendung. Dies kann die Motivation der Bauherrschaft vermindern, da das hauptsächliche Augenmerk auf der baulichen Sanierung liegt. Es liegt im Aufgabenbereich (meist) des Architekten, die Anwendung passivsolarer Elemente bzw. den Energieaspekt ins Spiel zu bringen.

Das Energiesparpotential bei einer Veränderung der Gebäudehülle ist nicht immer so hoch, dass die Rentabilität – Höhe der Energieeinsparung deckt die Kapitalkosten – gewährleistet wäre. Die Sanierung der Gebäudehülle ist andererseits meist die Voraussetzung für eine sinnvolle Sanierung der Haustechnik.

Realistische Angaben lassen sich am Beispiel Balkonverglasung (realisiertes Beispiel) machen (vgl. Ref. 3, Seite 37): Die Sanierungskosten von rund Fr. 1000.-/m<sup>3</sup> konnten mit Wertvermehrung, Energieeinsparung und Gebäudeunterhaltsarbeiten begründet werden. Die monatliche Mehrmiete von Fr. 160.- war nur in einem von 70 Fällen Grund für einen Wohnungswechsel, scheint also erträglich gewesen zu sein.

### 3.5 Marktchancen

Ein Musterbeispiel, wie die Einführung einer neuen Technik, bzw. eines technischen Elementes *nicht* passieren soll, ist für uns die Solarzelle (Photovoltaik): Zuerst wurde PV installiert, technisch verbessert, und erst in zweiter Linie wurde und wird daran gearbeitet, die Kosten auf ein konkurrenzfähiges Niveau zu bringen. Wir schlagen ein umgekehrtes Vorgehen vor: Nur wenn es gelingt, neue Elemente, wie z.B. das TWD-Wandheizelement, zu einem konkurrenzfähigen Preis zu produzieren, können wir eine breite Anwendung empfehlen. Dazu sind aber weitere Entwicklungsschritte, P+D-Projekte und Optimierungen notwendig.

Dabei ist entscheidend, dass neue Elemente einem bestehenden Gebäude nicht einfach «aufgepfropft» werden, sondern innerhalb eines Sanierungskonzeptes zur Anwendung kommen. Empfohlen werden kann der Einsatz der hier untersuchten Elemente, wenn der folgende «Muster»fall einer baulichen Sanierung die Ausgangslage bildet:

- unattraktive (kleine) Wohnungen
- tiefer Wohnwert
- lärmige Lage
- bauliche Sanierung steht an (böckelnde Fassaden etc.)
- bauphysikalische Sanierung steht an (Feuchtigkeitsschäden etc.)
- Das Gebäude ist eine Energieschleuder.

Da die Anwendung passivsolarer Elemente bei vielen (ev. allen) dieser Faktoren einen Gewinn bringen kann, bestehen mehr Anhaltspunkte für die Quantifizierung eines Nutzens. Dabei kann auch der Ökologieaspekt

eine Rolle spielen: Passivsolare Massnahmen verursachen keine Emissionen (diejenigen der grauen Energie ausgenommen). – Weitere Angaben zum Thema finden sich im Anhang A.3.

### 3.6 Mieter

Wir gehen von der Grundlage aus, dass die Mieter im Haus wohnen und auch nach der Sanierung wenn möglich dort wohnen bleiben sollen. Wir streben also als Voraussetzung eine möglichst geringe Veränderung der Mieterstruktur an. Dies bedeutet auch, dass sich Bauherrschaft und Architekt Gedanken über den Ablauf einer Sanierung machen müssen (optimaler Ablauf, allfällige Aus- oder Umquartierungen, Einrichtung von temporären sanitären Zellen, Mieteinformation etc.; vgl. dazu Ref. 12, S. 12/13 und 21-23).

Mitbestimmung oder zumindest Mitsprache der Mieter beim Sanierungsvorhaben ist uns wichtig. Zweifler an der Nützlichkeit solcher basisdemokratischer Massnahmen verweisen wir etwa auf Ref. 6, wo einige interessante Beispiele auch aus dem Genossenschaftswohnungsbau beschrieben sind. Klar ist, dass die Mitbeteiligung der Bewohner am Sanierungsvorhaben ihre Identifikation mit dem Haus und damit die Motivation stärkt, richtig damit umzugehen.

Tendenziell leben Mieter weniger energiebewusst als Hausbesitzer. Im Sanierungsfall bedeutet das, dass das Benutzerverhalten einen wesentlichen Einflussfaktor für das (energetische) Gelingen der Sanierung darstellt. Je nachdem, wie gut das Verhältnis des Hausbesitzers zu den Mietern ist, kann er einen grösseren oder geringeren Einfluss auf Faktoren wie die Möblierung, Lüftungsverhalten etc. nehmen. (Ausführlichere Hinweise im Anhang A.2.) Werden die Mieter optimal in die Lage versetzt, nach der Sanierung tiefere Energiekosten zu erreichen, so ist dies allein bereits ein Gegenwert für die Beeinträchtigungen während der Sanierung sowie für höhere Mietpreise. Die Steigerung des Wohnwertes ist wohl der häufigste andere Gegenwert (vgl. dazu Kap. 5).

## 4. Energie

### 4.1 Energieeinsparung

Die wesentlichste Gemeinsamkeit aller drei untersuchten Elemente ist ihre energetische Wirksamkeit, wobei Unterschiede in der Zwangsläufigkeit dieser Wirksamkeit bestehen; so etwa lässt ein falsches Bedienen der Balkonverglasung sogar die Möglichkeit eines erhöhten Energieverbrauches zu. Die Arten der energetischen Wirksamkeit sind im wesentlichen:

- Solargewinn
- Wärmedämmung
- Puffereffekt
- Luftvorwärmung
- Nachtauskühlung
- Speichereffekt

Ob diese prinzipiell vorhandenen Möglichkeiten auch aktuell zum Tragen kommen, wird durch mehrere Faktoren bestimmt wie etwa:

- Lage und Ausbildung der Elemente
- Benutzerverhalten
- Art des Heizsystems
- Art der bereits vorhandenen Bausubstanz

Grundsätzlich ist der mögliche Energiespareffekt beim Einsatz der untersuchten drei Elemente nicht immer gross; er kann auch mittels anderer Massnahmen (vor allem durch eine verbesserte konventionelle Wärmedämmung) erreicht werden. Alle Elemente werden daher (wenn überhaupt) im Rahmen von generellen Bausanierungen eingesetzt (vgl. oben, Kap. 3.4), und es galt daher herauszufinden, ob und wie der «Zusatz»effekt Energiesparen einen Einsatz im Rahmen einer baulichen Sanierung rechtfertigen kann.

### 4.2 Resultate Balkonverglasungen

#### 4.2.1 Wärmeenergie

Die verglasten Balkone des untersuchten Gebäudes funktionieren vor allem als thermische Pufferzonen mit folgenden Wirkungen:

- Wärmeerzeugung bei Sonneneinstrahlung (Wärmefalleneffekt)
- Reduktion der Wärmeverluste des Gebäudes
- Klimaausgleich (Pufferung) zwischen Aussen und Innen (angrenzende Wohnräume)

Dabei ist das Ausmass der Energieeinsparung von einer Vielzahl von Parametern (Orientierung, Verglasungsart, Grösse, usw.) abhängig. Genaueres zu diesen Faktoren im untersuchten Objekt kann im Teilbericht (Ref. 3) nachgelesen werden. Hier folgen einige Erläuterungen zum wesentlichen, oft entscheidenden Einflussfaktor Benutzerverhalten.

Mit der Verglasung wird der Balkon oft zur attraktiven Wohnraumerweiterung (vgl. Kap. 5), die intensiv genutzt wird. Dabei wird die Nutzungsdauer oft vom Tageslichtanfall bestimmt, der nicht immer mit den für den Aufenthalt nötigen Temperaturverhältnissen übereinstimmt; erst recht entsteht ein Missverhältnis, wenn der Aufenthalt mittels Kunstlicht in die kühlen Abendbereiche ausgedehnt wird. Die Inbetriebnahme eines Elektroofens ist dann vorprogrammiert.

Ein zweiter wichtiger Punkt betrifft das falsche Lüftungsverhalten: Oft wird die einfache Regel, dass die Balkontüre nur geöffnet werden darf, wenn die Balkonraumtemperatur die Wohnraumtemperatur übersteigt, missachtet. Hier könnten geeignete technische Hilfsmittel einen wesentlichen Beitrag leisten. Ebenfalls in dieses Kapitel gehört der Fall, wenn Benutzer tagsüber abwesend sind und bei der abendlichen Heimkehr entweder eine ausgekühlte Wohnung (bei Offenlassen der Balkontüre) oder einen überhitzten (da geschlossenen) Balkon antreffen. Hier wäre eine Abhilfe nur auf technischem Weg (Schliessautomatik etc.) möglich.

Schliesslich ist auf die Gefahr falscher Möblierung hinzuweisen: Vorhänge an der Balkonverglasung zum Beispiel – so was gibt es! – bewirken eine Reduktion der Direktstrahlung und damit häufig dunkle Wohnräume, was die Aktivitäten wiederum in den (helleren) Balkon verlagert, der dadurch für die obgenannten energetische Missbräuche anfällig wird.

*Insgesamt zeigt die Erfahrung aus der Anwendung von Balkonverglasungen, dass dieses Element kaum für eine wirksame Verwendung der Solarenergie geeignet ist. Die passive Nutzung der Sonne im Balkon widerspricht der aktiven Nutzung als Wohnraum und umgekehrt. Dem hat auch das Konzept bei einer Balkonverglasung Rechnung zu tragen.*

*Im untersuchten Objekt wurde dieser Widerspruch zwischen Solar- und Wohnnutzung (wie zumeist) zwar zugunsten der Wohnnutzung gelöst. Immerhin wurde aber die Sonnenenergienutzung durch die gute Konstruktion optimiert und kann in Form der drei oben genannten Wirkungen stattfinden. Obwohl eine Quantifizierung der Energieeinsparung durch die Balkonverglasung nicht möglich ist, darf dank der Konzeption der Balkonhülle doch angenommen werden, dass eine Einsparung resultiert. Die Beseitigung früherer Wärmebrücken sowie die gegenüber der früheren Hülle verminderten Transmissionsverluste sind wichtige Faktoren für diese Annahme.*

#### 4.2.2 Feuchtigkeit

Im untersuchten Gebäude (wie meist auch) sind drei Klimazonen unterscheidbar (Zustand im Winterhalbjahr):

- Wohnungsklima (ziemlich konstante 20 °C, Raumluftfeuchtigkeit variabel)
- Balkonklima (Temperaturen zwischen 0 °C und 30 °C, Raumluftfeuchtigkeit variabel)
- Aussenklima (Temperaturen zwischen -10° C und +10° C, Luftfeuchtigkeit relativ tief)

Ein Feuchtigkeitstransport passiert in der Regel von innen nach aussen, wobei das Ausmass von der Luftfeuchtigkeit in der Wohnung, von der Aussenlufttemperatur und von den Luftundichtigkeiten der Gebäudehülle abhängt. Dabei kann an kalten Oberflächen des Balkonraumes Kondenswasser (oder sogar Eisblumen) auftreten, vor allem, wenn die Verglasung einen hohen k-Wert aufweist.

*Im Untersuchungsgebäude ist die Kondenswasserbildung gering, vor allem auch wegen der Qualität der Wand zwischen Wohnung und Balkon. – Auch hier trägt das Benutzerverhalten (richtiges Lüften) massgeblich zum Feuchtigkeitshaushalt des Balkons bei.*

#### 4.2.3 Tageslicht

*Die Tageslichtsituation ist beim Untersuchungsobjekt speziell ungünstig, da die Wohnräume hinter dem Balkon bereits eine grosse Tiefe (bis zu 7.7 m bei einer Breite von 3.7 m) aufweisen. Die Vergrösserung der Balkontiefe sowie die neuen Fenster mit Wärmeschutzverglasung bewirkten eine Gesamtreduktion des Lichtdurchlassgrades um ca. 40%, was nun zur Folge hat, dass das Kunstlicht sehr häufig den ganzen Tag eingeschaltet bleibt. Zusätzlich sorgen Vorhänge für eine weitere Reduktion des Tageslichts.*

### 4.3 TWD

#### 4.3.1 Energetische Wirkung der sanierten Fassade

*Beim Einsatz von TWD-Materialien ist auch auf der Nordseite eines Gebäudes durch die Einstrahlung von Diffuslicht eine ausgeglichene Wärmebilanz über die Heizperiode möglich. Da auf der nordöstlichen bis nordwestlichen Seite kaum solare Direktstrahlung auftrifft, kann auf die Beschattung verzichtet werden, die auf der südlichen Seite ein unumgängliches Element einer TWD ist. Damit entfällt bei kostenoptimierten Lösungen ein wesentliches Kostenelement, und angesichts der Wichtigkeit dieses Faktors ist der Einsatz von TWD-Elementen auf der Nordseite zu prüfen. (Bei teuren „Hochleistungssystemen“ spielt der zusätzliche Aufwand für die Beschattung eine weniger grosse Rolle.)*

*Der Einsatz von Wandheizelementen (Beschreibung siehe Ref. 5) ist bei fast allen nicht oder schwachisolierten Wandaufbau-Varianten möglich, wobei die Simulation zeigt, dass 15-20 cm dicke Betonmauern (bei südlicher Orientierung) am geeignetsten sind; ebenfalls vorteilhaft sind andere Vollmauerwerke.*

Ungeeignet sind nur Wände mit innen- oder aussenliegender Wärmedämmung, (die allerdings im Sanierungsfall im Rahmen der Vorarbeiten entfernt werden können). Eine vorhandene (möglichst nicht dicke) Zwischenwärmedämmung dagegen kann unter Umständen hilfreich bei einer verzögerten Wärmeabgabe ins Innere sein.

#### 4.3.2 Energetische Wirkung des Elementes

Erste Simulationen der Energiegewinne belegen, dass mit der Orientierung von Nordost bis Nordwest nur in den Monaten November bis Januar (bei wenigen Wandaufbauten bis Februar) mit Energieverlusten (einer negativen Energiebilanz) gerechnet werden muss. Über die gesamte Heizperiode (Okt.-April) wird in jedem Fall eine positive Wärmebilanz ausgewiesen. Im Vergleich dazu: Eine opake Wand mit dem k-Wert 0.2 erreicht in derselben Simulation in allen Monaten der Heizperiode eine negative Bilanz. Je nach Nutzung kann dieses Resultat sogar darauf hinweisen, dass (bei Tolerierung von Abweichungen von der Norm von 20° Celsius Raumtemperatur nach unten) auf eine permanente Wärmeabgabe des Heizsystems in den Nordräumen mit TWD verzichtet werden kann.

*Die energetischen Vorteile einer Fassadensanierung auf der Nordseite unter Einsatz von TWD-Wandheizelementen sind damit eine k-Wert-Minimierung auf Null oder leicht darunter sowie die Erhöhung der Oberflächentemperaturen auf komfortable Werte. Südseitig liegt der Nutzen zusätzlich in einem Wärmeenergie-Gewinn, der dank Verzögerung beim Durchgang durch die Mauer zeitlich verschoben den angrenzenden Räume zukommt. All diese Vorteile sind im übrigen benutzerunabhängig.*

#### 4.3.3 Sparpotential Sanierungsobjekt

Der Heizenergiebedarf  $Q_h$  beim für den Sanierungsfall gewählten Mehrfamilienhaus in Muri (BE, erbaut 1968) ist für verschiedene Varianten wie folgt (vgl. Ref. 5, ~~Kitel~~ 6):

| Massnahme   | $Q_h$ [MJ/m <sup>2</sup> EBF] | %    | Mehrkosten*               |
|---|-------------------------------|------|---------------------------|
| Ausgangszustand vor Sanierung   | 460                           | 100  |                           |
| Optimale konventionelle Sanierung mit k-Wert-Verbesserungen bei Dach, Aussenwänden, Kellerdecke und Fenster | 175                           | 38   |                           |
| TWD auf der Nordseite anstelle der konventionellen Wärmedämmung   | 150                           | 32.6 | Fr. 30/m <sup>2</sup> EBF |
| TWD auf der Südseite  | 115                           | 25   | Fr. 60/m <sup>2</sup> EBF |

\*gegenüber konventioneller Sanierung

## 4.4 Luftkollektoren

### 4.4.1 Energetische Wirkung

Die primäre Wirkung ist die thermische; daneben können sich auch leichte Vorteile bei der Ta geschichtnutzung ergeben. Da es den Rahmen der Untersuchung gesprengt hätte, wurde keine Variante mit Luft-Rückführung (Gebäudekreislauf) einbezogen. Der Luftkollektor oder auch die Doppelwandfassade dienen in den untersuchten Varianten also zur Ersatzluft-Vorwärmung: Innerhalb einer Grundlüftung wird der Ersatzluft Sonnenwärme zugeführt. Damit können auch allfällige Kondensatschäden – als mögliche Folge von falschem Lüftungsverhalten (zu geringes Lüften) nach energetischen Sanierungen (Wärmedämmung etc.) – reduziert oder vermieden werden.

Der Solarenergienutzen einer Doppelwandfassade besteht zusätzlich in den folgenden Punkten:

- Wärmegewinn durch direkte Sonneneinstrahlung (Fenster)
- Absorption der Strahlung durch die massive Innenwand
- Puffereffekt der Luftschicht im Zwischenraum

Aufgrund der tiefen k-Werte und der hohen g-Werte der Fassadenkonstruktion ist damit ein deutlich höherer Energieeintrag (verglichen mit den Wärmeverlusten durch die Fassade) zu erwarten.

#### 4.4.2 Luftkollektoren im Lüftungskonzept

Trotz dieser günstigen Wirkungen haben die Variantenstudien gezeigt, dass die direkte Nutzung der Solarwärme unrentabel ist, dass also die Leistung eines Luftkollektors in keinem ökonomischen Verhältnis zur dadurch entstehenden Reduktion des Heizenergieverbrauchs steht. Die Aufmerksamkeit richtete sich daher auf den indirekten Nutzen im Rahmen eines Zwangslüftungskonzeptes, das den hygienisch notwendigen Luftaustausch je Wohnung abdeckt. Die Ersatzluft wird dabei in der Luftkollektor- oder auch Doppelfassadenwand vorgewärmt und trägt damit zur Reduktion des Heizenergiebedarfs bei. Die warme Luft wird frei durch die Wohnräume geführt und in gefangenen Räumen abgesogen. Eine Wärmerückgewinnung ist bei einem solchen Konzept allerdings nicht vorgesehen.

*Im Rahmen eines solchen Konzeptes, das vorteilhaft innerhalb einer Gesamtsanierung realisiert wird, kann der Luftkollektor von grossem Nutzen sein. Die bisher überwiegende Betrachtungsweise des Luftkollektors als Einzelmassnahme mag dagegen nicht zu überzeugen.*

#### 4.4.3 Luftkollektor über die ganze Fassade

Nur skizzenartig wird in Ref. 5 eine weitere Variante angedeutet: diejenige des Luftabzugs über eine ganze Fassade. Dabei wird die gesamte Gebäudefassade (ohne Erdgeschoss) erfasst. Die Luft zwischen der Innenwand (vor Sanierung die Aussenwand) und der vorgelagerten transparenten Wand erwärmt sich unter der Solareinstrahlung und steigt auf. Nach dem Schwerkraftprinzip wird sie oben auf die Nordseite geführt und beheizt dort entweder Räume in den Wohnungen oder etwa Treppenhäuser. Über den Keller wird sie wieder dem Luftkollektor zugeführt. *Die energetische Wirkung besteht also in der Reduktion der Wärmeverluste der Wohnungen gegen das (unbeheizte) Treppenhaus.*

## 5. Nutzung

*Insgesamt ergeben sich im Nutzungsbereich leichte bis erhebliche Vorteile bezüglich Raumkomfort (Wärme und Tageslicht) und bei möglichen Raumerweiterungen (auch Nutzungserweiterungen). Nachteile, meist geringfügiger Art, sind am ehesten bei der Bedienung bzw. bei der Wartung zu erwarten. Dem Schallschutz ist im konkreten Fall besondere Aufmerksamkeit zu schenken.*

### 5.1 Balkonverglasungen

#### 5.1.1 Energetischer Komfort

Der Komfortaspekt ist einer der häufig genannten Gründe für passivsolare Massnahmen, speziell bei Verglasungen. Mehr oder lichtdurchlässigeres Glas bringt mehr Licht und Direktstrahlung ins Rauminnere, was erwünscht ist (Massnahmen gegen die Überhitzung vor ausgesetzt). Das Raumgefühl und (wo vorhanden) die Aussicht ins Grüne werden besser.

Der Strahlungskomfort im Balkoninnern wird im wesentlichen durch die Qualität der gewählten Verglasung (vor allem durch den k-Wert) bestimmt. Weist die Verglasung einen tiefen k-Wert auf, ist die Oberflächentemperatur gegen das Rauminnere höher, was eine als unangenehm empfundene Kältestrahlung vermindert. Umgekehrt wird damit auch eine übermässige Hitzestrahlung bei hoher Sonneneinstrahlung reduziert.

#### 5.1.2 Raumerweiterung und Nutzung

Verglaste Balkone, die in geschlossene Räume verwandelt werden können, bieten sich für die Nutzung als Wohnraumerweiterung ganz offen an. Die Aufmerksamkeit richtet sich damit unweigerlich von der Balkonverglasung auf das System «verglaster Balkon». Dabei ist nicht nur die räumliche Erweiterung wichtig, sondern es ergibt sich durch die energetischen Besonderheiten, wie sie in Kapitel 4.2 beschrieben wurden, auch so etwas wie eine tageszeitliche und saisonale Raumerweiterung, da der Aufenthalt auf dem verglasten Balkon eine andere Qualität als der Aufenthalt im Wohnraum aufweist.

Die Wertsteigerung, die ein Mietobjekt durch die Raumerweiterung erfährt, ist sogar oft ein zentrales Argument für den Einsatz von Balkonverglasungen. Häufig ist diese daher eine Massnahme, um Mieter für allfällige Sanierungsumtriebe und Mietzinserhöhungen nach Sanierung zu entschädigen.

Ob der Wohnwert verglaster Balkone zum Tragen kommt, wird vorerst von der Ausgangssituation bestimmt. Primär müssen dazu die Grösse und die Proportionen der allfällig vorhandenen Balkone stimmen (Einzelheiten dazu in Kap. 6.1). Wichtig sind auch die Lage zur Umgebung sowie die Orientierung. Andere Faktoren für den Nutzwert können bei der Sanierung beeinflusst werden: Art und Anzahl der Verbindungen zur Wohnung sowie die bauliche Ausstattung.

Man muss sich bewusst sein, dass eine Verglasung von Balkonen und eine damit verbundene Nutzwertsteigerung in den meisten Fällen zwangsläufig eine intensivere Nutzung mit sich bringt. Ob dies erwünscht ist, ist häufig auch eine konzeptionelle Frage. «Schwähere» Nutzungen (etwa das Trocknen oder Lüften von Kleidern, die Lagerung von Dingen, usw.) werden damit vom Balkon verdrängt, oder sie finden mit ungünstigen Auswirkungen trotzdem noch dort statt (Feuchtigkeitsprobleme beim Trocknen von Kleidern!).

Schliesslich sei noch ein baujuristischer Aspekt der Raumerweiterung erwähnt (ausführlichere Bemerkungen zu den baurechtlichen Vorschriften in Ref. 3, Kap. B1). Verglaste Anbauten an ein Gebäude können unter Umständen von Sonderbestimmungen profitieren; zum Beispiel bieten sie die Möglichkeit, eine Raumerweiterung auch über die bestehende Ausnutzungsziffer hinaus zu realisieren. Die diesbezüglichen Bestimmungen sind kantonal geregelt. Allerdings muss der verglaste Balkon dazu meist eine Reihe von Voraussetzungen (nicht beheizt, Orientierung etc.) erfüllen.

### 5.1.3 Schallschutz

Im untersuchten Objekt spielte der Schallschutz gegen aussen (Autobahn und Fluglärm) eine wesentliche Rolle, da auch er ein Bewohnen des Balkons erst ermöglichte. Massnahmen:

- Doppelverglasung
- dichtes Schliessen der Fenster

Die Lärmimmissionen von anderen Balkonen (via Aussenluft, Boden, Decke und Trennwand) verhalten sich beim geschlossenen Balkon des Untersuchungsgebäudes wie bei anderen Innenräumen: Die Schalldämmqualität der trennenden Bauteile ist massgebend. Der Körperschall wurde mittels schalltechnischer Trennung übereinanderliegender Balkone reduziert. Ein Kunststoff-Bodenbelag sorgt für eine verbesserte Trittschalldämmung zum jeweils unteren Balkon, was bei vermehrter Benutzung eine grosse Rolle spielt.

Ein spezielles Problem trat bei der Akustik auf, da sämtliche Oberflächen im geschlossenen Balkon hart und glatt sind. Eine Holz-Deckenverkleidung mit hinterlegter Schallschluckmatte bot Abhilfe.

## 5.2 TWD

### 5.2.1 Raumkomfort

Das TWD-Wandheizelement bewirkt deutlich höhere Wand-Innentemperaturen als eine opake Wand. Erste Simulationen der Wandtemperaturen weisen darauf hin, dass mit der Orientierung von Nordost bis Nordwest im Juli Innentemperaturen zwischen durchschnittlich 26° und 30 °C erreicht werden, bei Maxima bis 37,5 °C.

### 5.2.2 Wohnraumerweiterung

Durch die Möglichkeit einer ausgeglichenen oder gar positiven Wärmebilanz über die Heizperiode eröffnet sich mit den TWD-Elementen die Möglichkeit, bestehende Gebäude im Rahmen von Um- bzw. Anbauten nordseitig zu erweitern. Damit werden alle Erörterungen, die wir zur Nutzwertsteigerung bei der Balkonverglasung gemacht haben (vgl. Kap. 5.1.2) aktuell. Allerdings ist dabei, im Gegensatz zu den Balkonen, die neue Nutzung völlig freigestellt; Schlafräume (unter Verzicht auf Heizkörper) oder Essplätze (im Anschluss auf oftmals im Norden gelegene Küchen) bieten sich als Möglichkeiten an (vgl. Beispiel in Ref. 4).

### 5.2.3 Benutzerfreundlichkeit

Die Anwendung von TWD-Wandheizelementen bringt keinen erhöhten Aufwand oder die Notwendigkeit von mehr Know-How für die Mieter: Das System funktioniert unabhängig vom Benutzereinfluss. Zu erwähnen ist auch, dass die Räume bei Anwendung auf der Nordseite frei möblierbar bleiben, auch entlang der Aussenwände.

Gegen die Gefahr der Überhitzung werden, wo nötig, Beschattungseinrichtungen installiert, die je nach Lage automatisch funktionieren; auch hier vergrössert sich der Aufgabenbereich für die Benutzer nicht.

Erhöhter Aufwand ist dagegen für den Betreiber zu erwarten, etwa bei der Reinigung der verglasten Fassaden oder bei eventuellen Wartungsarbeiten.

## 5.3 Luftkollektoren und Doppelwandfassade

### 5.3.1 Tageslicht

Die Tageslichtsituation im sanierten Gebäude bleibt unverändert. Ein eventueller Vorteil entsteht sogar dadurch, dass bei einer herkömmlichen Fassadensanierung mit Erneuerung der Fenster meist der Fensterflächen- und damit der Tageslichtanteil verkleinert wird.

### 5.3.2 Schallschutz

Da eine Doppelwandfassade in einzelne Stockwerke unterteilt wird, gibt es keine durchgehende Verbindung; trotzdem können interne Schallprobleme durch Übertragung im Luftraum zwischen innerer und äusserer Wand entstehen. Dagegen bietet eine Doppelwandfassade einen gewissen Schutz vor äusseren Schalleinwirkungen, entsprechend der Argumentation bei den Balkonverglasungen.

### 5.3.3 Überhitzung

Bei der Doppelwandfassade mit ihrem direkten Zugang via Fensteröffnungen in der Innenwand besteht eine gewisse Überhitzungsgefahr. Dagegen können vor allem drei Maßnahmen ergriffen werden:

- Vermeidung von Doppelwandfassaden bei ungünstiger Orientierung des Gebäudes
- äussere Beschattungsvorrichtungen, (ev. auch solche im Luftzwischenraum, was aber wesentlich ungünstiger ist)
- geeignete Lüftungsklappen in der äusseren Wand, welche eine direkte Entlüftung des Luftzwischenraums erlauben

### 5.3.4 Benutzerverhalten

Die Auswirkungen auf das Benutzerverhalten sind geringfügig:

- Das Lüftungsverhalten muss etwas bewusster werden.
- Die Reinigung der Aussenwand ist aufwendiger.

## 6. Technische Machbarkeit

### 6.1 Balkonverglasungen

#### 6.1.1 Zur Typologie

Natürlich stellt sich bei einer Sanierung zunächst die Frage, ob sich Eingriffe bei den Balkonen lohnen, eine Frage, die nur individuell beantwortbar ist und deren Beantwortung vorerst von der Ausgangssituation bestimmt wird:

- Sind bereits Balkone vorhanden?
- Sind die vorhandenen Balkone zweckmässig (Fläche, Proportionen, Lage) ?

Beim vorliegenden Untersuchungsobjekt, war die Balkonsanierung in eine allgemeine Gebäudehüllensanierung eingebettet und konnte zu sämtlichen festgestellten Sanierungsgründen des Gebäudes einen Lösungsbeitrag leisten – eine optimale Voraussetzung! Die Erneuerungswirkung stand damit in einem optimalen Verhältnis zum Aufwand. Generell muss allerdings festgestellt werden, dass nur wenige Sanierungsobjekte ausreichende massliche und nutzungsbezogene Voraussetzungen mit sich bringen; viele Wohnbauten haben Balkone mit eingeschränkter oder ungenügender Brauchbarkeit. Es ergibt sich folgende Matrix:

| Ausgangszustand                                     | Merkmale   | Massnahmen                    | Kosten   |
|---|--|-------------------------------|--|
| Balkone vorhanden und zweckmässig                   |  | Nachbesserung, Sanierung      | angemessen, gutes K/N-Verhältnis                     |
| Balkone vorhanden, aber nur eingeschränkt benutzbar | Bodenfläche < 5m <sup>2</sup> ,<br>grosse Länge bei Tiefen < 1.3 m | Vergrösserung der Bodenplatte | steigend, je nach Aufwand, K/N-Verhältnis fragwürdig |
| Keine Balkone vorhanden                             |  | Neu- bzw. Anbauten nötig      | hoch, vermutlich schlechtes K/N-Verh.                |

Die wünschbare Grösse eines Balkons hängt von der vorgesehenen Nutzung ab. Im Untersuchungsbeispiel wurde eine Vergrösserung von 4,16 m<sup>2</sup> auf 7,04 m<sup>2</sup> (+ 70 %) vorgenommen, wobei das Ausmass der Vergrösserung von konstruktiven und statischen Überlegungen bestimmt wurde.

#### 6.1.2 Anwendung von Fertigsystemen

Balkonverglasungen sind als fertige Systeme von verschiedenen Herstellern erhältlich, was zur Annahme verleiten mag, dass diese Produkte technisch ausgereift seien und der Anwender nur noch funktionelle und ästhetische Fragen entscheiden müsse. Die Anbringung von Verglasungen bedeutet aber einen Eingriff ins Gebäude, der genau geplant sein will; sonst werden mittel- oder langfristig Mängel auftreten, die nichts mit der Qualität eines Produktes zu tun haben müssen. Im günstigsten Falle können mit einer Balkonverglasung andere Sanierungsmassnahmen (wie Nachdämmungen, Behebung von Kältebrücken im Balkonbereich oder die Anbringung eines Wärmeschutzes bei Fenstern) vermieden werden.

#### 6.1.3 Organisatorische Fragen

##### Rechtliches

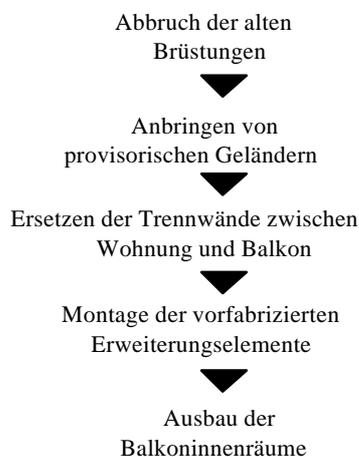
Beim Einsatz von Balkonverglasungen ist auf eine Reihe von baujuristischen Vorschriften zu achten. Sie betreffen:

- Bewilligungspflichtigkeit von verglasten Balkonen

- Nutzungsziffer
- Abstände und Baulinien
- Hygiene (Frischluftzufuhr in den Räumen hinter dem verglasten Balkon, wenn dieser sämtliche Fensteröffnungen des angrenzenden Raumes bedeckt)
- Gestaltung (Kernzonen, Schutzobjekte etc.)
- Sonderbestimmungen (etwa bezüglich Wintergärten, die bei gewissen Voraussetzungen auch für verglaste Balkone gelten können)

#### Bauablauf

Eine Balkonsanierung, und speziell die nachträgliche Verglasung des Balkons, ist ohne groÙe Eingriffe ins Mieterleben möglich. Natürlich sind Lärm und Staubimmissionen, Beschränkung der Aussicht wegen Gerüstbauten etc. unvermeidlich; doch wird die Wohnfläche der Mieter dafür kaum tangiert. Der Ablauf beim Untersuchungsobjekt war wie folgt:



Da allerdings ebenfalls unvermeidbar einige der Arbeiten in den Wohnungen stattfinden müssen, ist eine optimale Verständigung zwischen Bauleitung und Mietern unabdingbar. Ein zusätzlicher Sorgenbriefkasten sorgte für Konfliktregelung.

#### 6.1.4 Untersuchungsobjekt: Technische Details

Anhang A.4 fasst einige technische Details der Balkonverglasungen im untersuchten Gebäude zusammen. Mehr dazu findet sich im Teibericht [Ref. 3], Kapitel E.

## 6.2 TWD

### 6.2.1 Problematik

Mit der Installation von TWD bei Neubauten konnten bereits einige Erfahrungen gesammelt werden. Die bisheriger Praxis ergab einige wesentliche Nachteile:

- Aufwendigere Projektierung und Ausführungsplanung
- TWD zu teuer, da gebäudespezifisch angefertigt
- Integrierte Beschattung zu teuer und kompliziert (Installation), Wartung ist aufwendig
- Handhabung des ungeschützten TWD-Materials auf der Baustelle ist heikel
- Handhabung der Abdeckgläser ist heikel (Sauberkeit, Trockenheit)
- Probleme mit Wärmebrücken aufgrund Bautoleranzen
- Qualitätskontrolle schwierig
- Ergo werden Spezialisten benötigt
- Ergo sind die Kosten hoch
- Ausserdem sind Metallbaufassaden – als Grundlage für die TWD dient eine Pfosten-Riegel-Konstruktion – im Wohnungsbau nicht üblich und zu teuer.

### 6.2.2 Lösung Fertigelement

Falls der Einsatz von TWD bei Sanierungen überhaupt in Frage kommen sollte, galt es da her, möglichst viele dieser Mängel mit Hilfe einer neuen Konstruktionsidee zu eliminieren. Die Fassadenbaufirma E. Schweizer AG produzierte einen Prototyp für ein TWD-Wandheizelement (Beschrieb siehe Ref. 4). Die Ziele für dieses Fertigelement waren so gesetzt, dass die Voraussetzungen für eine optimale und einfache Anwendbarkeit (auch durch unspezialisierte Handwerker) gegeben sind. Das Wandheizelement ist auf die Anwendung bei der Elementbauweise abgestimmt.

Folgende Detailprobleme müssen noch gelöst werden, bzw. sind auch bei jeder Projektierung zu beachten:

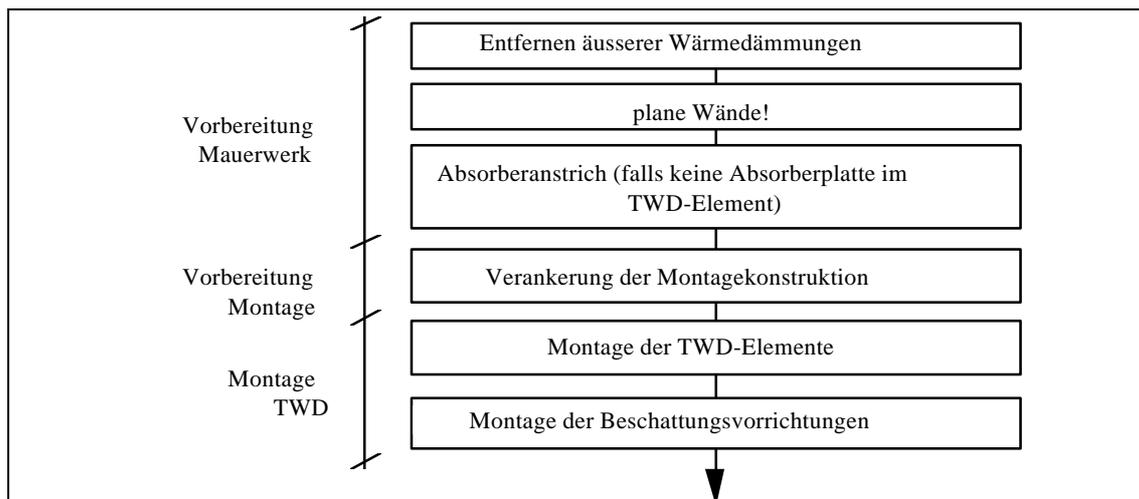
- Unebenheit der Mauern und daraus resultierende Spalten mit unerwünschter Luftzirkulation („Kamineffekt“)
- Maximaldimension der Elemente
- Konvektionsfreiheit
- Wärmebrücken und Kondensatprobleme
- Wandabschlüsse
- Anschlüsse bei Fenstern
- Beschattung
- architektonische Integration

Eine Zukunft für solche TWD-Elemente besteht dann, wenn ihre Kompatibilität mit anderen Fassadenelementen gewährleistet ist. Sie müssen behandelt, installiert und gewartet werden können, wie andere modulare Systemelemente auch.

Genauere Aussagen zur Installation von TWD-Wandheizelementen werden gemacht werden können, sobald die ersten Erfolgskontrollen an Beispielgebäuden durchgeführt sind.

### 6.2.3 Bauablauf

Auch zum Bauablauf können erst provisorische Angaben gemacht werden. Man muss ihn sich etwa wie folgt vorstellen:



## 6.3 Luftkollektoren

### 6.3.1 Problemstellung bezüglich Installation

Bei einer Luftkollektoren- oder auch Doppelwandfassade handelt es sich um technisch anspruchsvolle Systeme mit hohen Anforderungen an die Planer bezüglich Haustechnik- und Gebäudehüllenkenntnisse. Die bisher installierten Luftkollektoren waren Einzelanfertigungen, zugeschnitten auf die individuellen Gebäudeverhältnisse. Sollten solche Systeme aber breiter angewendet werden, ist ein Lösungsansatz in

ähnlichem Sinne wie bei der TWD wohl unumgänglich: Benötigt wird ein industriell vorgefertigtes Fertigelement für den Anbau an die Fassade, das kompatibel mit anderen Wandelementen (z.B. Wärmedämmung, Fassadenverkleidung) ist.

Auch die Installationsbedingungen dürften ähnlich sein wie bei der TWD: Einfaches Handling auf der Baustelle, Unempfindlichkeit gegen Verschmutzung und Schäden, Installation durch unspezialisierte Handwerker möglich, usw.

#### 6.3.2 Weitere Problemkreise

Schliesslich werden auch bei Luftkollektoren- oder Doppelwandfassaden verschiedene Problemkreise noch zu studieren sein: Einerseits die Problematik der Anschlüsse (die allerdings wohl kaum schwieriger sind als bei einer konventionellen Fassadensanierung), andererseits die Verbindung zu den Innenräumen und eine allfällige Zirkulation in hintere Wohnräume.

Schliesslich ist die Problematik des Bauablaufs zu erwähnen: Der Eingriff in den Mieteralltag ist erheblich grösser als bei der TWD oder bei der Balkonverglasung, und die Abläufe einer Sanierung "um die Mieter herum" müssen genau festgelegt werden.

Ein anderes grundsätzlicheres Problem, das ebenfalls individuell (durch ein entsprechendes Wärmekonzept) gelöst werden muss, ist dasjenige der Wärmespeicherung. Im Sanierungsfall ist es ja kaum möglich, zusätzliche Speichermasse in die Wohnungen einzubringen. Es muss daher in jedem Fall überdacht werden, wann und wo die produzierte Wärme verwendet werden kann.

## 7. Architektur

*Alle drei passivsolaren Elemente prägen die Fassadengestaltung in hohem Mass. Als auffallendste Gemeinsamkeit ist im ästhetischen Bereich die Verwendung von Glas zu erwähnen. Ebenfalls ein gestaltendes Element sind Beschattungsvorrichtungen. Es ist zu erwarten (bzw. wird durch bereits realisierte Beispiele bestätigt), dass die so sanierten Fassaden ein völlig verändertes Aussehen erhalten.*

### 7.1 Balkonverglasungen

Die Balkonverglasung erscheint zunächst und von aussen als gestaltungswirksames Fassadenelement. Die nachträgliche Verglasung hat einen grossen Einfluss auf den gesamten Gebäudecharakter. Dabei spielen die baulichen Mittel (Rahmenkonstruktion, Beschattung, Brüstungen etc.) eine wesentliche Rolle.

Unter Erweiterung des Blickes auf das Gesamtsystem «verglaster Balkon» verweist der Balkon auf den Innenraum. Diese Zweiwertigkeit wird unterstrichen durch eine bewegliche Verglasung, die den Balkonraum zum offenen Vorbau oder zu einem geschlossenen Wohnraum machen kann. Der verglaste Anbau an ein Gebäude, durch seine Transparenz bereits Symbol der Vermittlung zwischen Innen und Aussen, hat Tradition. «Die Anwendbarkeit der Balkonverglasung bedarf keines prinzipiellen Beweises» (Ref. 3)

Zu den bautypologischen Besonderheiten ist im Teilbericht Balkonverglasungen (Ref. 3, Kapitel B3) genaueres nachzulesen. Die Lage am Gebäude und in der Fassadenflucht, die gestalterischen Mittel, die Grundrissformen, das Verhältnis zu angrenzenden Räumen sowie die Materialwahl sind vorgegebene Parameter, die beim Entscheid zu einer Verglasung zu beachten sind.

### 7.2 TWD

#### 7.2.1 Gestaltung

Technische Besonderheiten und die Kostenfrage haben, wie ausführlich erläutert, zur Entwicklung eines fertigen Elementes geführt. Dessen Anwendung findet mit Vorteil auf grösseren geschlossenen Wandpartien und im Fall von gleichmässigem Fensterraster statt. Die Elementbauweise bietet sich als exemplarischer Bautypus an. Dort, wo eine Beschattung nötig ist, sind vertikale zusammenhängende Flächen geeigneter als horizontale Bänder.

Als die hauptsächlichsten Gestaltungsmittel fungieren:

- Elemente: Gösse, Proportionen, Rahmen, Glasoberfläche
- Farben (Absorberfläche, Rahmenprofil)
- Beschattungsvorrichtung
- eventuelle Anbauten

#### 7.2.2 Verglasung

Die so sanierte Fassade präsentiert sich als verglast. Glas als edles Material kann dem Bau eine Imageverbesserung bringen. Spiegelungseffekte und/oder eine Oberflächenbehandlung (Ätzen, etc.) sind gestalterische Optionen; das Spektrum an Glasprodukten ist überdies gross. Glas ist des weiteren unterhaltsfreundlich, vor allem, was Verschmutzung an betrifft. Ähnliche Überlegungen betreffen die Transparenz der Aussenhaut: Tiefenwirkung, Durchscheinen des Hintergrundmaterials und mögliche Lichteffekte, usw. sind Stichworte.

### 7.3 Luftkollektoren

Die Evaluation verschiedener Möglichkeiten, einen wärme-energetischen Beitrag durch Zuflutvorwärmung zu leisten, orientierte sich im Themenbereich Luftkollektoren ebenfalls an der Fassadengestaltung: Der erste

Ansatz bestand darin, Eingriffsmöglichkeiten an Gebäuden aus architektonischer Sicht festzulegen. Hier bot sich der Zugriff auf bereits bestehende Gebäudevorsprünge (Balkone) an, da keine neuen Vorsprünge geschaffen werden sollten; so entstand zunächst die Idee des Balkonkollektors.

Bei der Ausweitung auf Eingriffe in die gesamte Fassade stand vor allem ein Vergleich mit den Alternativen im Vordergrund: Immerhin ist ja auch eine herkömmliche Fassaden sanierung mit Ersatz der Fenster und Anbringung einer neuen Fassadenverkleidung ein erheblicher Eingriff ins Erscheinungsbild, so dass die flächige Anwendung von verglasten Kollektoren eine valable Variante darstellen kann.

Die Problematik stellt sich ähnlich wie bei der TWD, so dass sich auch hier die Elementbauweise als exemplarischer Bautypus anbietet. Die hauptsächlichen Gestaltungsmittel sind:

- Auswahl der verglasten Fassadenpartien und Kombination mit opaken Teilen
- Gläser und Halterungen
- Farben (durchscheinende Fassade)
- Beschattungsvorrichtungen

## 8. Ausblick

### 8.1 Balkonverglasungen

Mit der vorliegenden Teilstudie Balkonverglasungen wurde erstmals der Versuch unternommen, dieses Bauelement innerhalb des Gesamtzusammenhangs bei einer Sanierung zu situieren. Es besteht zwar ein umfassendes Wissen über Balkonverglasungen, aber es ist verstreut und nicht systematisch geordnet. In diesem Sinne wäre die Schaffung eines eigentlichen Handbuchs zu Balkonverglasungen immer noch ein Bedürfnis. Dieses müsste vor allem auf das Zielpublikum der Anwender und Anbieter solcher Systeme ausgerichtet sein, denn wie erwähnt läuft der Entscheid für eine Balkonverglasung oft am Planer vorbei.

### 8.2 TWD

Die Entwicklung eines TWD-Wandheizelementes und die Abklärungen zur Machbarkeit einer Sanierung mit TWD sind soweit fortgeschritten, dass nun zu realisierende Beispiele die vordringliche Aufgabe darstellen. Nebst der erfolgten Sanierung in Lausanne (Parc de Valency, Bauherrschaft: Industrielle Betriebe der Stadt Lausanne), mit einer herkömmlichen TWD-Montage, sind einige Sanierungsobjekte momentan in Evaluation. Erprobt werden muss nicht nur die Anwendbarkeit, der Bauablauf und baulich-konstruktive Probleme, wichtig sind auch Fragen der Anpassung bzw. Neuinstallation haustechnischer Anlagen (Heizung, Lüftung etc.). Darüber hinaus muss der architektonischen Integration und damit der Akzeptanz spezielle Aufmerksamkeit gewidmet werden, da sich der Charakter der Gebäude durch die Verglasung stark verändern kann.

Die Resultate der Erfolgskontrolle ausgeführter Beispiele werden den weiteren Verlauf wesentlich beeinflussen. Jedenfalls gilt: „Die Auswirkungen der TWD-Fassade können nicht isoliert betrachtet werden, sondern müssen im ‚Gesamtsystem Gebäude‘ integriert werden.“ (Ref. 4)

### 8.3 Luftkollektoren

Der in der Teilstudie Luftkollektoren gewählte Ansatz, dieses Bauelement innerhalb des Sanierungszusammenhangs, und speziell innerhalb eines Lüftungskonzeptes einzusetzen, muss weiterverfolgt und ausgebaut werden. Nötig ist nicht nur die Realisierung von Beispielen, um die praktischen Anforderungen (Bautechnik und -physik, Installation etc.) genauer bestimmen zu können, nötig ist auch, die Abläufe bei der Planung definieren und erproben zu können. Weiter sind die ökonomischen Randbedingungen zu klären, wobei mit auch ein erweiterter Ansatz für die Kosten/Nutzen-Berechnung gewählt werden soll. Die architektonisch-städtebaulichen Aspekte (bis hin zu denkmalpflegerischen Anforderungen) müssen ebenfalls am konkreten Beispiel geprüft werden. Schliesslich ist der Betrieb und der Unterhalt von Interesse.

### 8.4 Weitere Ideen

Der Vollständigkeit halber seien hier noch kurz einige Ideen aufgelistet, die sich im Laufe der Arbeiten in dieser Projektphase ergaben. Unbestimmt ist, wer Träger solcher Ideen sein könnte; klar ist uns nur, dass sie im Rahmen eines Impulsprogramms kaum weiterverfolgt werden können.

- Sanierungswettbewerb (rein passivsolare Sanierung) oder Parallelprojektierung:  
Ausschreibung eines Wettbewerbes für eine Gebäudesanierung mit der Vorgabe des Einbezugs passivsolare Massnahmen. Durchführung des Siegerprojektes. Erfolgskontrolle und Auswertung.
- Mustersanierung (Demonstrationsgebäude) mit verschiedenen passivsolaren Elementen
- Nutzwertanalyse  
Ausarbeitung eines Konzepts für eine Nutzwertanalyse für passivsolare Massnahmen, welche es auf möglichst einfache Art erlaubt, Massnahmen am konkreten Beispiel zu bewerten und mit anderen (z.B. wärmedämmenden) Massnahmen zu vergleichen. (Vgl. dazu die Ausführungen in Ref. 1, Kap. 6). Ziel:

standardisierte Bewertungsmuster für Sanierungen und Umbauten mit passivsolaren Massnahmen (ähnlich wie energetische Grob- und Feinanalysen) zuhanden von Architekten und Ingenieuren.

## Anhang

### A.1 Weitere Ausführungen zum Mieteraspekt

Das Potential im von uns gewählten Nutzungsbereich ist beträchtlich: Die Kategorie «Wohnen» umfasst rund die Hälfte aller Gebäude in der Schweiz. Da bei wurden rund 50 % vor 1960, 30 % zwischen 1960 und 1975 sowie 20 % zwischen 1975 und 1990 gebaut. Bekanntlich ist nur ein geringer Anteil davon im Besitz der Bewohner; rund zwei Drittel der Schweizer Bevölkerung lebt in Miete.

Generell bestehen die folgenden Einflussmöglichkeiten auf das Benutzerverhalten:

- Finanzielle Konsequenzen (z.B. VHKA): Keine Beeinflussung der Mieter, alle bezahlen (buchstäblich) für ihr Verhalten.
- Hauswartausbildung (z.B. Hauswartkurs Kt. ZH): Damit steht ein Fachmann je Haus zur Verfügung, an den sich die Mieter jederzeit wenden können.
- Mieterinformation oder gar -ausbildung: Aufklärung über das Funktionieren der Systeme «Haus» und «Wohnung», Aufzeigen des Einflusses falschen Verhaltens. Information auf Merkblättern (vgl. Beispiel im Anhang von Ref. 3) oder Handbüchern. Organisation von Veranstaltungen mit Fachleuten.
- Technische Einrichtungen, welche den Mietern einen Teil der Verantwortung abnehmen (wie etwa Durchflussmengenbegrenzer) oder ihnen doch eine Hilfestellung geben (z.B. Abgabe von Feuchtigkeitsmessern).

Weitere Hinweise können Ref. 11, Seiten 20-22 entnommen werden.

## A.2 Weitere Ausführungen zum Thema Marktchancen

Während sich Marktüberlegungen im Beispiel Balkonverglasung erübrigen (eingeführte Produkte mit akzeptierten Vorteilen vor allem im Bereich Nutzwert- und Wohnkomfortsteigerung), sind solche bei den neuen Elementen TWD und Luftkollektoren sehr wohl nötig. Wie erwähnt muss es entweder gelingen, den Energiespareffekt gross ausfallen zu lassen oder den Energievorteil mit anderen Vorteilen zu koppeln, falls sich diese Elemente durchsetzen wollen, denn allein über einen tiefen Preis lassen sie sich (vorherhand noch) nicht verkaufen.

### TWD

Da die TWD in Konkurrenz zu anderen Fassadenelementen steht, bedeutet dies, dass TWD-Elemente in derselben Art auf dem Markt erhältlich sein müssen. Ihr Preis richtet sich nach den Vorteilen, die sie anderen Elementen gegenüber haben können. Wir haben uns für die 2. Phase an einen Richtpreis von Fr. 500/m<sup>2</sup> gehalten; die Herstellerfirma des Prototyps betrachtet diesen Preis nach den ersten Erfahrungen als realistisch. Damit TWD-Elemente preislich in diese Grössenordnung geraten, müssen die eigentlichen Transparenzmaterialien billiger werden, und man sollte auf ~~Be~~haltungsvorrichtungen verzichten können.

### Fassadenkollektoren

Bei den Luftkollektoren ist die Lage komplexer, da ein einfacher Vergleich mit einem Element schwierig ist. Zum Beispiel die Variante mit der Kombination konventioneller Wärmedämmelemente mit Doppelwand-Elementen im Fensterbereich muss mit einer konventionellen hinterlüfteten Fassadenverkleidung verglichen werden. Den «herkömmlichen» Kosten von ca. Fr. 300 /m<sup>2</sup> stehen Kosten für die Doppelwandfassade von bis zu Fr. 800/m<sup>2</sup> gegenüber. (Betrag errechnet für das in der Teilstudie Luftkollektorenfassade [Ref. 5] beschriebene Objekt mit 80 Doppelwandbereichen.) Dies sind allerdings reine Quadratmeterkosten. Man muss bedenken, dass dafür etwa die Anschlusskosten bei den Fenstern reduziert werden können, oder dass die Kosten bei einer industriellen Fertigung von Doppelwand-Elementen sinken würden.

Es fragt sich, wie sinnvoll solche Vergleiche sind. Bettet man die Installation von Luftkollektorfassaden in ein neues Wärmekonzept mit Zwangsventilation ein, so ist eine direkte Vergleichbarkeit nicht mehr gegeben, da die neue Fassade mehrere Funktionen (und nicht nur diejenige einer Wärmedämmung bzw. Fassadenverkleidung) übernimmt.

### A.3 Technische Details der Balkonverglasungen im untersuchten Gebäude: Übersicht

| <b>Verglasung</b>   |  |
|---|--|
| Verglasungstyp  | 2-fach Isolierglas mit selektiver Beschichtung (Silber) und Argon-Füllung  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ k-Wert [W/m<sup>2</sup>K]</li> <li>■ g-Wert</li> <li>■ Lichttransmiss.grad (τ)</li> <li>■ Bauschalldämm-Mass (R<sup>'w</sup>)</li> </ul> | <p>1.5</p> <p>0.67</p> <p>0.78</p> <p>39 dB</p>  |
| WärmeKomfort  | geringe Wärmeverluste bei guten Durchlasswerten für Licht- und Wärmestrahlung; damit komfortable Oberflächentemperaturen   |
| Kondensat   | geringes Risiko bei normaler Benutzung   |
| Schallschutz  | Schallwirkung durch Wahl der Gläserdicke beeinflussbar   |
| <b>Rahmenkonstruktion</b>   |  |
| Beschrieb   | 5-teilige Faltkonstruktion aus thermisch getrennten Aluminiumprofilen  |
| Mechanik und Bedienung  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ vollständig öffnenbar</li> <li>■ mittlerer Flügel als Drehflügel einzeln bedienbar</li> <li>■ innere wie äussere Reinigung problemlos möglich</li> <li>■ Faltwand aufgehängt und oben wie unten mit Rollen geführt</li> </ul>   |
| Dichtigkeit   | Obwohl Faltfenster im allgemeinen weniger dicht sind als Drehflügel, wurde ein Optimum an Dichtigkeit angestrebt, damit Schlagregensicherheit, Schallschutz sowie Schutz vor Wind- und Luftströmungen gewährleistet sind.  |
| Thermische Eigenschaften  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ thermisch Trennung des äusseren und inneren Teils des Rahmenprofils durch Kunststoffsteg</li> <li>■ unabdingbar bei Einsatz von Wärmeschutzverglasung</li> </ul>  |
| <b>Sonnenschutz und Beschattung</b>   |  |
| Funktion  | Schutz vor zu starker Sonneneinstrahlung; im Sommer soll die Glasfaltwand ohnehin beiseite geschoben werden.   |
| Aussenliegender Sonnenschutz  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Knickarm-Markise aussen mit steiler Neigung: gute Beschattungswirkung auch bei tief liegendem Sonnenstand, dafür Behinderung der Durchlüftung</li> <li>■ Bedienung mit Elektromotoren (kein Öffnen der Glasfaltwand nötig)</li> <li>■ Beschädigungsgefahr bei hohen Windgeschwindigkeiten (Hochhaus)</li> </ul> |
| Zusatzmassnahmen  | Blendschutzvorrichtungen (z.B. Innenrollos) gegen tiefe Sonne oder Einblicke: Wärmefalleneffekt bleibt gewährleistet; Bedienbarkeit der Glasfaltwand darf nicht beeinträchtigt werden  |

| Verschiedene Bauteile      |   |
|----------------------------|---|
| Balkonhülle zu Aussenklima | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ausser der Glasfaltwand sind alle Abschlussflächen gegen das Aussenklima opak.</li> <li>■ Sandwichkonstruktion aus Metallblechen mit Zwischendämmung (6 cm Mineralfaserplatten)</li> <li>■ k-Wert <math>k = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>■ Beeinträchtigung des Tageslichteinfalls in die Wohnugen</li> </ul>                                 |
| Trennwand zu Wohnung       | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Wohnzimmerfenster: Holzrahmen und 2-fach-Isolierverglasung (<math>k = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}</math>)</li> <li>■ opake Brüstungswand: <math>k = 0.55 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>■ seitliche Wände: Tragstruktur des Gebäudes, bestehend aus 20 cm Sichtbeton, 4 cm Kork, 6 cm innere Gipsvormauerung (gute Wärmespeicherfähigkeit)</li> </ul> |
| Bodenbelag                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ kein Bodenablauf vorhanden (wäre eine wärmetechnische Lücke)</li> <li>■ textiler Belag in Wohnqualität, wasserunempfindlich</li> </ul>   |
| Pflanzen                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ aussenliegende Metallkisten für Blumenkästen</li> <li>■ verglaster Balkon geeignet für Überwinterung von Pflanzen (Achtung Luftfeuchtigkeit)</li> </ul>  |

## A.4 Quellennachweis

- Ref. 1 Vorstudie zu den Möglichkeiten passivsolarer Massnahmen im Rahmen von Umbauten und Sanierungen, M. Kunz, Intep AG, Zürich, September 1991.
- Ref. 2 Vorgehensvorschlag und Offerte, 2. Phase, Intep AG, Zürich, 2. März 1992.
- Ref. 3 Teilstudie Balkonverglasungen, Ch. Ssstrunk und E. Labhard, 1993 (EDMZ-Nr. 724.210.2d)
- Ref. 4 Teilstudie Transparente Wärmedämmung, H. Glauser und A. Haller, 1993 (EDMZ-Nr. 724.210.4d)
- Ref. 5 Teilstudie Luftkollektorenfassade, HR. Meier und P. Steiger, 1993 (EDMZ-Nr. 724.210.3d)
- Ref. 6 Bundesamt für Wohnungswesen (Hg.): «Die Erneuerung von Mietwohnungen. Vorgehen, Beispiele, Erläuterungen», Schriftenreihe Wohnungswesen Nr. 46, Bern 1990.
- Ref. 7 Protokoll der Arbeitsbesprechung vom 18. Juni 1992, Intep AG, Zürich, 25.6.92
- Ref. 8 Protokoll der Arbeitsbesprechung vom 9. Juli 1992, Intep AG, Zürich, 9.7.92
- Ref. 9 Protokoll der Arbeitsbesprechung vom 21. Sept. 1992, Intep AG, Zürich, 21.9.92
- Ref. 10 Protokoll der Arbeitsbesprechung vom 16. Nov. 1992, Intep AG, Zürich, 20.11.92
- Ref. 11 Bundesamt für Konjunkturfragen (Hg.): «Bauerneuerung – Was tun?», Impulsprogramm Bau, Bern 1991.
- Ref. 12 Bundesamt für Konjunkturfragen (Hg.): «Bauerneuerung. Ablaufplanung vom Projekt zur Ausführung», Impulsprogramm Bau, Bern 1993.