

## Wärmeschutzsanierung von Gebäuden: Erfahrungen und Lehren aus der Praxis

---

Prof. Dr. Ulrich Winkler, Universität Freiburg und  
Bauphysikalisches Institut AG, Effingerstrasse 60, CH-3008 Bern

---

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre zeigen, dass "Energiesparen durch bessere Wärmedämmung" nur sinnvoll ist durch die integrale Betrachtung des Gebäudes als Ganzes und durch die gekonnte Abstimmung aller energiesparender Massnahmen baulicher und heizungstechnischer Natur.

Ohne die vielen positiven Beispiele von energiebewusst sanierten und betriebenen Bauten zu übersehen, werden einige negative, lehrreiche Beispiele besprochen:

- Wärmetechnische Gebäudesanierungen ohne Heizenergieeinsparung
- Wärmetechnische Sanierung von Einzelbauteilen mit Bauschäden
- Wärmeschutzsanierungen mit akustischen Folgemängeln
- Alternativenergieanlagen mit bautechnischen Folgeschäden

## Restoration of Buildings with Regard to Thermal Protection: Experiences and Every Day Lessons

---

Prof. Dr. Ulrich Winkler, University of Freiburg and  
Bauphysikalisches Institut Ltd., Effingerstrasse 60, CH-3008 Bern

---

Experiences in past years was that "saving energy by better thermal insulation" can only be significant when buildings are considered as an integral unity. All measures of saving energy by improving structures, exterior walls and heating installations must be implemented in a knowledgeable adjustment.

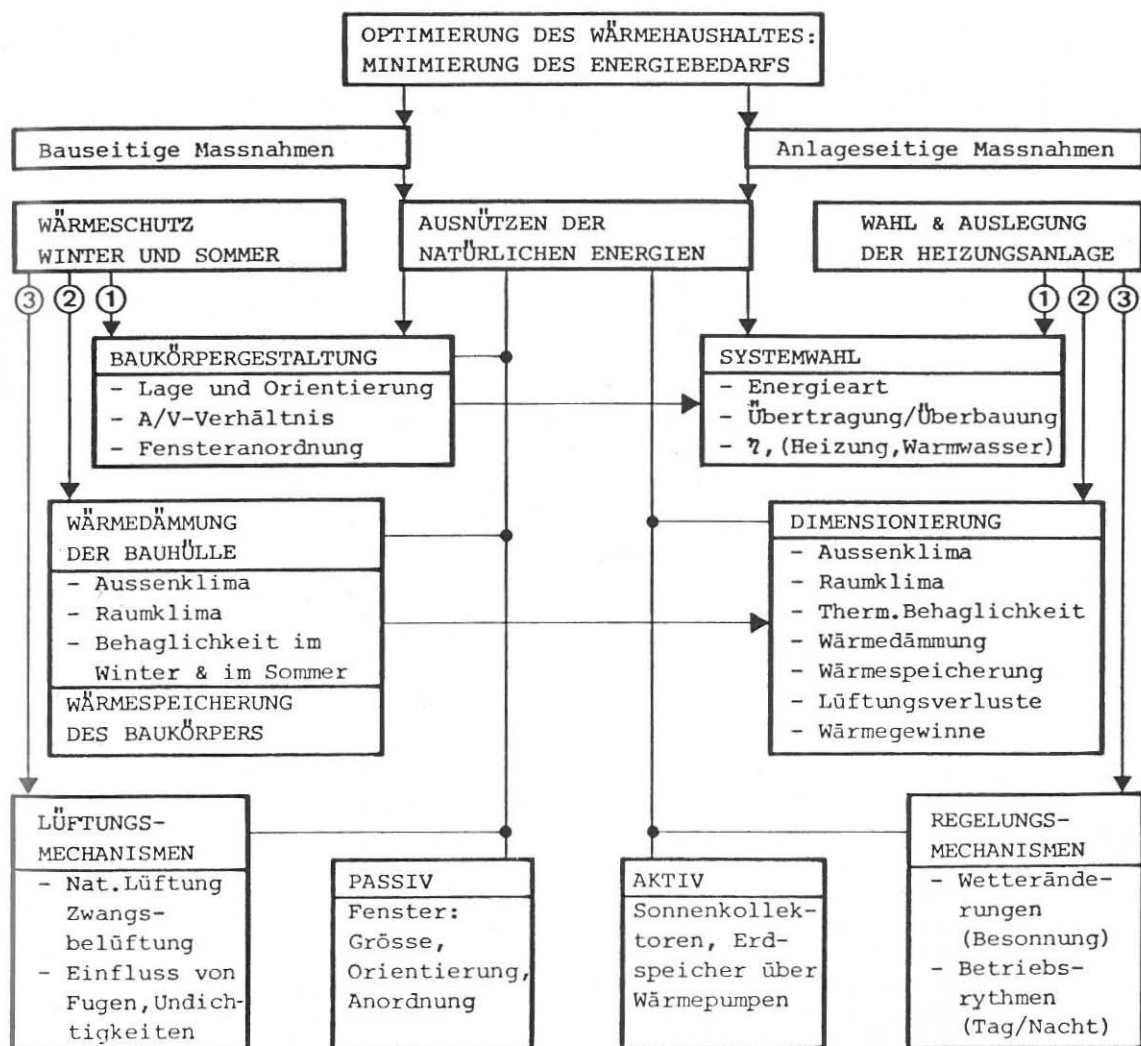
Without disregard to the many positive examples of energy, conscious restorations and energy saving heating installations, some negative but nevertheless instructive examples are discussed:

- Restoration of thermal protection on buildings without saving any energy
- Restoration of thermal protection on parts of buildings with subsequent damages
- Restoration of thermal protection with subsequent acoustical deficiencies
- Installation of alternative energy systems with subsequent damages on buildings.

## 1. WAERMESCHUTZKONZEPT

### 1.1 Optimierung des Wärmehaushaltes

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre zeigen, dass "Energiesparen durch bessere Wärmedämmung" nur sinnvoll und realisierbar ist durch die integrale Betrachtung des Gebäudes als Ganzes und durch die sorgfältige und gekonnte Abstimmung aller energiesparenden Massnahmen baulicher, sanitär- und heizungstechnischer Natur. Die energiebewusste Planung und Konstruktion basiert auf der Optimierung des Wärmehaushaltes des Gebäudes. Es ist daher nützlich, die Massnahmen nach Einflussfaktoren systematisch zu ordnen und die Zusammenhänge aufzuzeigen:



## 1.2 Bauphysikalische Grundregeln des energiebewussten Baukonzepts

Die Ausgangslage für die Evaluation des energiebewussten Baukonzeptes möchte ich mit drei Grundregeln im Sinne von Randbedingungen beschreiben:

1. Die thermische Behaglichkeit im Winter und im Sommer, charakterisiert durch die Raumluftkonditionen und die Oberflächentemperaturen der Aussenbauteile, ist zur Gesunderhaltung und zum Wohlbefinden des Menschen (nicht zur Verweichlichung) sicherzustellen. Massnahmen, die diesem Prinzip widersprechen oder die einseitig dem winterlichen Wärmeschutz dienen, den sommerlichen aber beeinträchtigen, sind im Sinne der integralen Behaglichkeit untaugliche Mittel zur Energieeinsparung. Die Realisierung dieser These bedarf der Ausnützung des Wärmespeichervermögens des Baukörpers, des zweckmässigen Wärmedämmeaufbaus der Aussenbauteile sowie der Gewährleistung thermisch gesunder Luftverhältnisse (Lüftung, Heizung). Aus dieser Grundregel folgt ein wesentliches Ergebnis für die Energieeinsparung: Die Erhöhung der Oberflächentemperaturen der raumschliessenden Flächen durch bessere Wärmedämmung erlaubt das Absenken der Raumlufthtemperaturen, was naturgemäss auch zur behaglichkeitsmässig erwünschten Erhöhung der relativen Raumluftfeuchtigkeit führt.
2. Die optimale Ausnützung der natürlichen Energien - Besonnung, Tageslicht, Belüftung - durch Situierung, Orientierung und baukonstruktive Ausbildung ist primäres Ziel der Projektierung von Bauten. Aus dieser Sicht resultiert die Prioritätsordnung der energiebewussten Massnahmen:
  - Konzeptionelle Massnahmen zur Ausnützung der natürlichen Energien
    - Ausnützung der Besonnung im Winter und in den Uebergangszeiten, bautechnisch erzielbar durch:
      - Situierung und Orientierung des Gebäudes und der Räume
      - Dimensionierung der Fenster (Sonnen-, Wärmeschutz, Tageslicht)
    - Sicherstellung der natürlichen Belüftung der Räume
    - im Winter bei Minimierung der Heizenergie-Lüftungsverluste
    - im Sommer und in den Uebergangszeiten zur hinreichenden Abgabe der Wärme von seiten der inneren und äusseren Wärmelasten.
  - Aufeinander abgestimmte winterliche und sommerliche Wärmeschutzmassnahmen
    - k-Werte der Einzelbauteile (winterlicher Wärmeschutz)
    - g-Wert: Gesamtenergiedurchlässigkeit der Fenster (Sonnen-schutz)
    - $\gamma$ -Werte und  $\eta$ -Werte der Aussenbauteile (richtiger Schichtenaufbau)
  - Auslegung der Heiz-, Kühl- und Lüftungsanlagen, beschränkt auf das notwendige und hinreichende Mass hinsichtlich Energiebedarf (Heizung- und Warmwasser).

3. Die Lebensdauer der Bauelemente im integrierten System muss bekannt und gewährleistet sein. Die Funktions- und Betriebssicherheit sowohl der baulichen wie der betrieblichen Anlagen sollen über Jahrzehnte gewährleistet sein. Bauschäden kosten nicht nur Geld, sondern können zu krassen Energieverlusten führen (Durchfeuchtung der Baustoffe, Luftverluste, falscher Betrieb der Energieanlagen). Aus dieser Sicht folgt, dass man tunlichst geprüfte und im System langjährig praktisch bewährte Baustoffe und -systeme verwenden soll, für die das Bauschadenrisiko systemanalytisch überblickbar ist.

### 1.3 Wärmeschutzkonzept

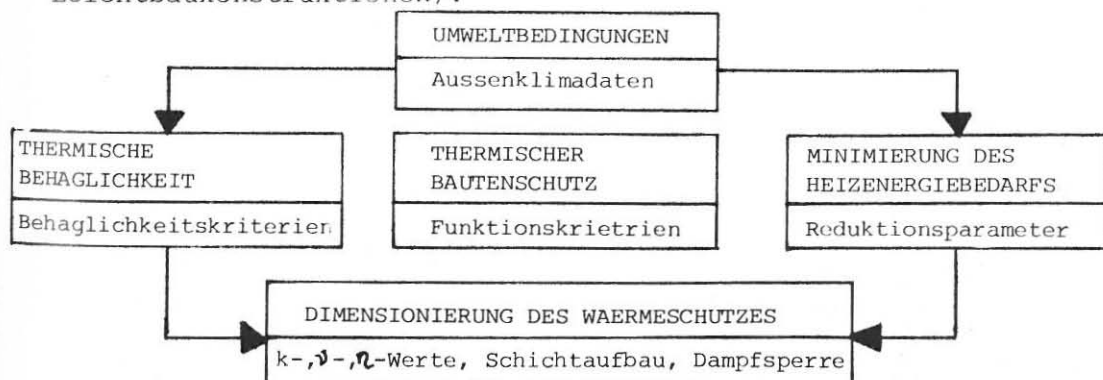
Die Wärmeschutzmassnahmen verfolgen einen dreifachen Zweck:

- die Erzielung der thermischen Behaglichkeit im Winter und im Sommer
- die bauseitige Minimierung des Energiebedarfs (Heizung, Kühlung) und
- den Schutz des Baukörpers.

Sie sind daher systemanalytisch aufeinander abzustimmen sowie fachgerecht und gekonnt zu dimensionieren.

Eine Wärmeschutznorm hat diesen Sachverhalt der dreifachen Aufgabenstellung zu berücksichtigen. Die Wärmeschutzmassnahmen sind integrierender Bestandteil der energiebewussten Grundkonzeptplanung:

- Bauortbestimmung: windgeschütztes Mikroklima, günstige Hanglagen
- Orientierung: S- und SW-Orientierung der Hauptfassaden (Sonnenenergieaufnahme im Winter, Sonnenschutz im Sommer, z.B. durch fachgerecht dimensionierte Vordächer)
- Raumeinteilung: Zusammenfassung der warmen beziehungsweise der kalten Räume, Schaffung von "thermischen Pufferzonen" (z.B. Estrich, Windfang), Minimierung des beheizten Volumens (z.B. Dachkonstruktion)
- Bauvolumen und Bauform: kompakte geometrische Formen (Bauvolumen mit minimierten Abkühlflächen)
- Wahl von bewährten Baustoffen und objektspezifisch geeigneten Aussenbauteilen (richtiger Schichtaufbau)
- Dimensionierung der Fenster (Orientierung, Grösse, k-Wert, Sonnenschutz)
- Pflege der konstruktiven Details zur Vermeidung unnötiger Wärmeverluste und Bauschäden (Luftdichtigkeit der Anschlüsse bei Leichtbaukonstruktionen).



#### 1.4 Normierung des winterlichen Wärmeschutzes

Beispiel: SIA 180/1 (Schweizer Norm)

---

Das einfache Näherungsverfahren für die Bestimmung des winterlichen Wärmeschutzes erfüllt die folgenden Anforderungen:

- Erfassung der gesamten Bauhülle (k-Werte, Besonnung; aus Gründen der Einfachheit Vernachlässigung der instationären Vorgänge)
- Universalität, d.h. Gültigkeit für alle beheizten Gebäude, Neubauten und Bauhüllen-Sanierungen, für alle Klimaanlage und alle Nutzungsarten.

Die Berechnungs- und Bemessungsmethode ist einfach und überschaubar durchzuführen (Tabelle Blatt 6)

Die SIA 180/1 stellt klare und eindeutige Anforderungen für den Wärmeschutz der Gebäudehülle. Der Architekt erhält damit die gewünschten Variationsmöglichkeiten; er kann aufgrund der Berechnungsergebnisse entscheiden:

- ob und wo ein verbesserter Wärmeschutz notwendig ist, und wo man auf Zusatzmassnahmen verzichten kann;
- er erhält Planungshinweise bezüglich der Orientierung, Situierung und der Bauhüllenform, und
- er verstösst nicht gegen die Regeln der integrierten Bauphysik (winterlicher, sommerlicher Wärmeschutz, Brandschutz, Schallschutz, Tageslichtausnützung), sofern er die mitgeltenden SIA-Normen berücksichtigt.

Die Baubehörde erhält damit ein einfach nachvollziehbares Instrument, ohne auf der Baustelle zeitlich und materiell schwer kontrollierbare Einzelheiten überprüfen zu müssen:

- Ueberprüfung der Voraussetzungen und Berechnungsergebnisse
- Stichproben bezüglich Angabe der Baustoff-Kennwerte
- Kontrolle der Erfüllung der Hauptanforderungen und der Nebenbedingungen.

1	Berechnung des mittleren, zulässigen k-Wertes	$\bar{k}_{zul} = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$ $C_0 = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ (festgelegter Grundwert)	<p><math>C_1</math> (Formfaktor), abhängig von Verhältnis Gebäudeoberfläche zu Bauvolumen (beheizt)</p> <p><math>C_2</math> (Klimafaktor), abhängig von Ortshöhe</p> <p><math>C_3</math> (Raumlufftemperaturfaktor), abh. von Auslegungstemperaturen</p>
2	Berechnung des mittleren k-Wertes der Gebäudehülle	$\bar{k} = \frac{\sum b_i \cdot k_i \cdot A_i + \sum s \cdot k_f \cdot A_f}{A}$ <p>A = Gebäudeoberfläche  <math>A_i</math> = Fläche des Bauteils (Dach, Aussenwand, Fenster, Boden)  = <math>A_d, A_w, A_f, A_b</math>  k = k-Wert des Bauteils  = <math>k_d, k_w, k_f, k_b</math>  b = Koeffizient für Dach-, Aussenwand-, Bodenkonstruktionen  = <math>b_d, b_w, b_b</math>  s = Besonnungskoeffizient (Fenster)</p>	<p>b: Einzusetzende Werte für Bauteil gegen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aussenklima : <math>b_1 = 1</math></li> <li>- unbeh. Räume : <math>b_2 = 0,5</math></li> <li>- Erdreich : <math>b_3 = 0,5</math></li> <li>- beh. Räume : <math>b_4 = 0</math></li> </ul> <p>s: Besonnungskoeffizienten für Fensterorientierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- N/NE/NW <math>s_1 = 1</math></li> <li>- W/E <math>s_2 = 0,9</math></li> <li>- S/SE/SW <math>s_3 = 0,7</math></li> <li>- hor. Oblichter <math>s_4 = 0,8</math></li> </ul> <p>k: Für die k-Wert-Berechnungen von Einzelbauteilen sind die Rechenwerte <math>\gamma</math> nach SIA 381/1, Baustoff-Kennwerte, 1980, einzusetzen</p> <p><math>k_f</math>: k-Wert für Fenster: SIA 180/1</p>
3	Bedingung	$\bar{k} \leq \bar{k}_{zul}$	Vergleich von Pos. 2 mit Pos. 1
4	Überprüfung der besonderen Bedingungen für Einzelbauteile	<p>Dächer: gem. E-SIA 271, aber max. <math>k \leq 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p>Wände gegen, Böden über Aussenklima: <math>k \leq 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p>Böden über unbeh. Räumen oder Erdreich: <math>k \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p>Oeffnungen zur Aufnahme von Storen: <math>k \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (luftdicht)</p> <p>Fenster: <math>k \leq 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (Fugendurchlässigkeit gem. Beanspruchungsgruppe)</p> <p>Wände: von beh. Räumen gegen Erdreich: <math>T_L - T_0 \leq 2 \text{ K}</math> (<math>T_L</math> = Raumlufftemperatur, <math>T_0</math> = raums. Oberfl. temp.)</p>	<p>Für die wärmetechnische <u>Sanierung</u> von einzelnen Teilen der Bauhülle gelten allein diese besonderen Bedingungen für Einzelbauteile.</p> <p>Bei der Sanierung stehen die Ausführungsdetails (Anschlüsse, Abschlüsse, Wärmebrücken, Dampfdiffusionsmechanismus) im Vordergrund.</p>
5	Bauphysische Überprüfung der Bauteile	Dampfdiffusionsmechanismus, Wärmebrücken, konstruktive Abklärung der An- und Abschlüsse Schallschutz Brandschutz	<p>nach SIA 180</p> <p>Norm SIA 181</p> <p>NORM SIA 183 und kantonale Vorschriften</p>



## 2. ERFAHRUNGEN UND LEHREN AUS DER PRAXIS

Obwohl nur versierte Bauherren Erfolgskontrollen durchführen lassen, zeigen meine Erfahrungen, dass die in den vergangenen Jahren ausgeführten wärmetechnischen Gebäudesanierungen mehrheitlich zum Erfolg führten, d.h. zur Heizenergieeinsparung, abgesehen vielleicht vom erwarteten Ausmass; in Einzelfällen aber resultierte keine Heizenergieeinsparung, oder es traten sogar Bauschäden auf. Ohne die vielen positiven Beispiele von energiebewusst sanierten und betriebenen Bauten zu übersehen, interessieren in diesem Zusammenhang Einzelfälle von Misserfolgen:

### 2.1 Wärmetechnische Gebäudesanierungen ohne die erwartete Heizenergieeinsparung

#### 2.1.1 Beispiel: Schulanlage in ostschweizer Stadt

- Situation: Für die augenfällig "heizenergetisch schlechteste" von 14 Schulanlagen (Glas-Leichtbauweise) in einer Gemeinde wurde der Einsatz von isolierten Brüstungselementen vorgeschlagen und der Sparerfolg mit "grössenordnungsmässig 10 bis 15%" angegeben.
- Erhebung: Wie die aus dem Heizölverbrauch der vergangenen drei Jahre bestimmten Energiekennzahlen zeigen, liegt die Schulanlage  $\frac{1}{7}$  unter dem Durchschnittswert und ist die beste der 14 Schulanlagen in heizungstechnischer Hinsicht.
- Fehler: Misserfolg durch Fehleinschätzung  
Der Spareffekt beträgt nicht "grössenordnungsmässig 10 bis 15%" sondern 2%, also innerhalb der Erhebungstoleranz; die Sanierungsmassnahme muss daher als nicht vertretbare Fehlinvestition betrachtet werden. Fehler: Nichtberücksichtigung des Besonnungseinflusses.

#### 2.1.2 Beispiel: Chemie-Laborgebäude, Westschweiz

- Situation: In einem klimatisierten Laborbau wurden die Aussenwände und Dächer mit k-Werten zwischen 0,3 und 0,4 W/m<sup>2</sup>K ausgeführt.
- Erklärung: Der Einfluss der Bauhülle bei Gebäuden in Kompaktbauweise (kleines A/V-Verhältnis) mit hohem Luftwechsel (15 bis 20 pro h<sup>-1</sup>) und offenen Chemiekapellen ist gering, daher müssen in 1. Priorität die Lüftungsanlage energiesparend ausgelegt und erst sekundär die baulichen Massnahmen dimensioniert werden.
- Fehler: Misserfolg durch unzweckmässige Teilmassnahmen  
Die Sanierung der Lüftungs- und Heizungsanlage hat in diesem Spezialfall Priorität.

#### 2.1.3 Beispiel: Altstadt-Reihengebäude, Genf

- Situation: Die beiden Aussenfassaden, bestehend aus 60 bis 80 cm Bruchstein-Mauerwerk, eines Reihengebäudes wurden mit einer Aussenisolation (10 cm) wärmetechnisch saniert; die Besonnung und Belüftung dieses Altstadtgebäudes sind schlecht.
- Erhebung: Der Sparerfolg an Heizöl beträgt Null (jährlicher Heizölverbrauch vor/nach Sanierung 17'500/17'000 l); es wurde festgestellt, dass über die Winterperiode wohl weniger geheizt wird, dass man aber bis weit in den Frühsommer hinein heizen muss (Kellerklima), weil nach der Sanierung die Temperaturamplitudendämpfung über 1000 und die Phasenverschiebung über 20 h (nach HEINDL) beträgt.

- Fehler: Misserfolg durch mangelhafte, bauphysikalische Kenntnisse  
Eine Verbesserung der Verhältnisse ist in diesem Fall nur durch eine fachgerecht dimensionierte Innenisolation zu erzielen.

#### 2.14 Beispiel: "Hochwärmegedämmtes" Zweifamilienhaus, Zentralschweiz

- Situation: Beim Kaltdach mit 15 cm Wärmeisolation wurde die Dampfsperre unter den Sparren durchgehend angebracht mit einem Luftzwischenraum zur Wärmeisolation.
- Erklärung: Der Luftzwischenraum zwischen Dampfsperre und Wärmeisolation wird mit Kaltluft hinterspült.
- Fehler: Misserfolg durch mangelhafte Detailplanung und Ausführung  
Folgen: krasse Wärmeverluste, Wärmeisolation unwirksam, Schneeschmelze und Eisbildung auf Kaltdachschale.

#### 2.15 Beispiel: Alterswohnungen, Ostschweiz (Doppelschalen-Mauerwerk)

- Situation: Für eine Ueberbauung (Neubauten) wurden verschiedene bautechnische Wärmeschutzkonzepte untersucht, wobei berücksichtigt wurde, dass der alternde Mensch in der Regel ein erhöhtes Wärmebedürfnis hat (warme Böden, Aussenwände, Raumlufttemperatur).
- Erfolg: durch energie- und kostenbewusstes Planen  
Die Mehrkosten für den maximalen Wärmeschutz der Bauhülle wurden mit Fr. 800'000.- berechnet und dem Sparerfolg = 100% gleichgesetzt. Mit gezielten und optimierten Isolationsmassnahmen im Betrage von Fr. 450'000.- wird ein Sparerfolg von mindestens 80% erreicht. Der energie- und kostenbewusste Architekt wählte natürlich diese Lösung mit vertretbarer Kostenwirksamkeit.

#### 2.16 Lehren

Vorgefasste Meinungen und reine Berechnungsabklärungen sowie theoretisierende Vorschläge können zu krassen Fehlentscheidungen führen. Der Besonnungseinfluss, die Belüftungsverhältnisse und das Wärmespeichervermögen des Baukörpers müssen objektspezifisch und quantifiziert berücksichtigt werden. Der k-Wert allein kann je nach objektspezifischen Verhältnissen eine untergeordnete Rolle spielen. Das Sanierungskonzept soll die betrieblichen, heizungstechnischen und bautechnischen Massnahmen erfassen, nach unseren Erfahrungen mit den folgenden sanierungstechnischen Prioritäten:

1. Bauliche Sanierungsmassnahmen, wie Behebung von Bauschäden und krassen isolationstechnischen Schwachstellen (z.B. Luftundichtigkeiten), einfache Ergänzungsmassnahmen, wie Isolation Estrich, Plüsdach, Windfang usw.
2. Betriebliche Massnahmen (Benützer, Hauswart, Betriebsart)
3. Heizungstechnische Massnahmen (Heizungsanlage, Regelung, Betriebszeiten; sekundär und mit Vorsicht: Zusatzgeräte), und erst dann
4. Bautechnische Massnahmen wie die Renovation von wesentlichen Teilen der Bauhülle.



Dabei gilt selbstverständlich das Gesetz vom abnehmenden Grenznutzen, das bei der Bestimmung der Kostenwirksamkeit unbedingt berücksichtigt werden muss.

## 2.2 Wärmetechnische Sanierung von Einzelbauteilen mit Bauschäden

### 2.21 Mehrfamilienhaus, Zentralschweiz: Fenster

- Sanierung: Aus schall- und wärmetechnischen Gründen wurden neue, besonders fugendichte Fenster eingesetzt.
- Schaden: In der Winterperiode entstanden an den Wärmebrücken (Deckenunterseiten, Gebäudeecken), an denen nichts geändert wurde, Flecken, zum Teil Schimmelpilz, weil die alte Lüftungsgewohnheit (1- bis 2mal pro Tag) beibehalten wurde, so dass im Winter die Raumlufttemperatur 21 bis 23°C und die relative Feuchtigkeit 45 bis 55% beträgt; für diese erhöhte Beanspruchung reicht der vor Jahren realisierte Mindestwärmeschutz nicht aus.

### 2.22 Zweifamilienhaus, Bodenheizung, Nordschweiz: Fenster

- Sanierung: Bei den bestehenden, etwa 15 Jahre alten und an sich schadlosen Holz-Metall-Fenstern wurde eine zusätzliche Fugendichtung eingebaut.
- Schaden: Nach 2 Jahren zeigten sich erste Fäulniserscheinungen an den raumseitigen Ecken der Holzrahmen. Schadenmechanismus: Durch die verbesserte Dichtung betragen die Raumklimaverhältnisse im Winter 20 bis 24°C/45 bis 50%. Da die Zusatzdichtung aussenseitig angebracht wurde, die Metallschale direkt auf dem Holz liegt (nicht hinterlüftet) und auch der Glasfalz nicht dampfentspannt ist, bildet sich bei den neuen raumklimatischen Verhältnissen in den aussenseitig abgeschlossenen, kalten Fugenstellen Kondensat, das vom Holz aufgenommen wird und zum Schaden führt. Bedeutung des Anstriches (Unterhalt).

### 2.23 Schwimmbad zu Einfamilienhaus, Emmental

- Situation: Aus Heizenergiespargründen wurde das funktionstüchtige Kaltdach auf der Oberseite der unteren Schale mit zusätzlich 10 cm Mineralfaserstoffmatte isoliert; ALU-Folie aus vermeintlichen Haltbarkeits- und Schutzgründen oberseitig, Stösse und Berandungen dicht abgeklebt.
- Schaden: Bereits nach zwei Monaten Tropfwassererscheinungen an Täferdecke. Schadenursachen: Dampfsperre kaltseitig, Luftdichtigkeitsebene auf Kaltseite.

### 2.24 Altbau mit Holzbalkendecken, Basel

- Situation: In einem Gebäude mit Holzbalkendecken wurde eine Innenisolation mit fachgerecht angeschlossener Dampfsperre angebracht.
- Schaden: Nach etwa drei Jahren Durchnässung und Fäulnisbildung der während Jahrzehnten gut erhalten gebliebenen Balkenköpfe. Mechanismus: Durch die Innenisolation wird die Temperatur der Aussenwandbereiche über den Decken, insbesondere an den Holzbalkenköpfen, derart herabgesetzt, dass Kondensat, Durchnässung und auf die Dauer Verrottung entsteht.

## 2.25 Zweifamilienhäuser, Zentralschweiz

- Situation: Ein Architekt baute seit Jahren und ohne Schäden Ein- und Zweifamilienhäuser mit der folgenden Dachkonstruktion: Kaltdach mit untenseitiger POLYSTYROL-Isolation von 1 - 2 cm Stärke, raumseitig verputzt. Im Zuge des Energiebewusstseins hat er bei 2 Bauten die Isolationsstärke auf 4 cm erhöht.
- Schaden: Schimmelpilzbildungen an Uebergängen Aussen- und Innenwände/Dach, starke Fugenabzeichnung der Isolationsplatten.  
Schadenursachen:
  - Wärmebrücken über Aussen- und Innenwände,
  - fehlende Dampfsperre, insbes. über AnschlüsseOberflächen-Temperaturdifferenz zwischen Platten- und Fugenbereich: bei 1 cm Isolierstärke: 0,2 - 0,4 K  
bei 4 cm Isolierstärke: 1 - 2 K

## 2.26 Mehrfamilienhaus, Agglomeration Bern

- Situation: Bei einem Wohngebäude mit Innenisolation aus SCHICH-TEX verputzt wurde raumseitig eine Zusatzisolation (4 cm POLYSTYROL + Vormauerung) angebracht.
- Schaden: Nach bereits 2 Winterperioden schwere Feuchtigkeitsschäden, insbesondere an allen Aussenwand-Eckbereichen und Deckenuntenseiten; Schadenursachen:
  - Innenisolation aus nicht feuchtigkeitsbeständigem Material auf eine bereits dampfdiffusionstechnisch kritische Aussenwand
  - keine Dampfsperre, Wärmebrücken, Anschlüsse.

## 2.27 Lehren

1. Belüftung und Besonnung entschärfen bauphysikalisch kritische Konstruktionen. Daher muss ein zusätzlicher Wärmeschutz, der diese Einflussgrößen beschränkt, fachgerecht bauphysikalisch dimensioniert werden.
2. Innenisolationen bedürfen in der Regel einer richtig angeschlossenen Dampfsperre
3. Der Einfluss der Zusatzisolation auf die umgebenden Bauteile ist angemessen zu berücksichtigen.
4. Praxisfremde, übertriebene Massnahmen, wie sie von Theoretikern oft empfohlen werden, können zu Bauschäden führen, weil die Gebäudesanierung keine Rechenaufgabe ist, sondern sich auf langjährige, praktische Erfahrungen abstützen muss.

## 2.3 Wärmetechnische Sanierung mit akustischen Folgemängeln

### 2.31 Beispiel: Reihenwohnhaus, Altstadt Bern

Situation: Einbau von neuen, wärme- und schalltechnisch verbesserten Fenstern.

#### Mangel:

- Bereits kurze Zeit nach der Sanierung wurde die Hellhörigkeit der Haustrennwände bemängelt, und es musste untersucht werden, ob beim Fensterersatz "akustische Brücken" geschaffen worden sind. Erklärung:
- Durch die verbesserten Fenster wurde der Raumschallpegel um 10 - 15 dB(A) reduziert (bei geschlossenen Fenstern); der akustische Verdeckungseffekt wurde verschlechtert, sodass die Nachbarschaftsgeräusche um diesen Betrag subjektiv stärker zur Geltung kommen.

### 2.32 Beispiel: Mehrfamilienhaus, Ostschweiz

Situation: Bei der wärmetechnischen Innenisolation wurden die raumseitigen Vollgipsplatten starr mit den Decken und Wohnungstrennwänden verbunden.

#### Mangel:

- Verschlechterung der Luftschallisolation der Wohnungstrenndecken und - zwar nicht messtechnisch feststellbar - der Wohnungstrennwände. Ursache:
- Körperschalllängsleitung durch biegesteife Schalen verschlechtert die Luftschallisolation, meistens im OBP von 250 und 500 Hz.

### 2.33 Lehren

1. Grundlage einer Gebäudesanierung ist ein Energie- bzw. Wärmeschutzkonzept; desgleichen sollte keine Sanierung ohne bauakustische Konzeption vorgenommen werden.
2. Das Sanierungskonzept sollte von Leuten mit praktischer und langjähriger Erfahrung mit der Integration Wärme-, Schall-, Brandschutz und Tageslichtbeleuchtung ausgearbeitet werden; Empfehlungen von einseitigen und angelernten Spezialisten führen oft zu technischen und finanziellen Misserfolgen.

### 2.4 Alternativenergieanlagen mit bautechnischen Folgeschäden

#### 2.41 Beispiel: Reiheneinfamilienhäuser, Agglomeration Bern

Situation: Für neue Einfamilienhäuser wurde eine Erdspeicheranlage mit Wärmepumpe ausgeführt, ohne bauliche Zusatzmassnahmen.

#### Schaden:

- Bereits nach einem Jahr wurden Schwitzwasserschäden in den bewohnten und beheizten Unterterrainräumen (Hanglage) festgestellt. Ursache:
- Die Wärmeisolation der Unterterrainteile wurde im bauüblichen Ausmass ausgeführt, ohne die tiefen Kühlmittel- und damit die stellenweise tiefen Erdreichtemperaturen zu berücksichtigen, die tiefer als die Aussenlufttemperatur sein können.

#### 2.42 Beispiel: Einfamilienhaus, Nordschweiz

Anlage: Erdspeicher mit Wärmepumpe, ohne bauliche Isolationsmassnahmen

#### Schaden:

- Leichtes Absenken des Gebäudes und Rissbildung. Ursache:
- Eisbildungs- und Auftauzyklen im Untergrund.

### 2.43 Lehre

- Isolationstechnische Anpassung des Gebäudes an die objektspezifische Alternativenergieanlage.

### 3. SCHLUSSFOLGERUNGEN:

#### SANIERUNG IN WAERMEISOLATIONSTECHNISCHER HINSICHT

##### 3.1 Massnahmen, die bedenkenlos (kleines Folgeschadenrisiko) und ohne grosse Untersuchungen ausgeführt werden können

- Fachgerechtes Abdichten von Fugen und Luftundichtigkeiten, Abdichtung warmseitig (z.B. Storenkasten, Fenster, Kaltdach u.a.)
- Schaffung von Wärmepufferzonen (z.B. Windfang, Treppenhäuser, u.a.)
- Zusatzisolation bei Dächern (z.B. Kaltdach: Estrichboden, Warmdach: Plusdach).

##### 3.2 Massnahmen, deren Wirkung, Kostenwirksamkeit und dessen Folgeschadenrisiko fach- und sachgerecht abgeklärt werden müssen

- Fassadenerneuerungen und -änderungen, Aussen- und Innenisolationssysteme
- Neue Fenster (Spezialgläser, Rahmenkonstruktion), Rolläden und Isolation der Rolladennischen, Brüstungen
- Neuaufbau des Daches bzw. Umfunktionieren eines Kalt- zu einem Warmdach (z.B. Estrichausbau).

##### 3.3 Vorsicht

- vor Energiespar-Rezepten von "jedermann an alle" (vgl. Pressemitteilung BRD): Die konzeptionslose Rezeptverteilung von Berufenen und Unberufenen mit Energiesparvorschlägen verunsichert den Verbraucher durch den Schluss: "Keiner weiss etwas Genaues",
- vor "Energiefachleuten fürs Haus" (vgl. Inserate; z.B. 40% weniger Heizölverbrauch durch preisgünstige Dachisolation): Uebertriebene und theoretisierende Sparangebote machen den energiebewussten und sanierungswilligen Bauherrn stutzig und abwartend,
- vor "fragwürdigen Energiesparbehauptungen" mit heizungstechnischen Zusatzgeräten (vgl. Aufruf VSHL, Sommer 1980): Auch hier können bauliche und anlageseitige Folgeschäden (z.B. Kamin) nicht ausgeschlossen werden.