

# Gebäudeheizung ohne Heizungsanlage

Autor(en): **Hochstrasser, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **104 (1986)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76057>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

nicht in die Praxis umgesetzt. Auf dem Markt fehlen geeignete und konkurrenzfähige elektronische Geräte.

Die im Zuge von Renovationen ausgeführten Sanierungen der Hülle sowie die vorzeitige Modernisierung der Haustechnik sind heute schon genügend wirtschaftlich, um die mittleren Energiekennzahlen, die für die Zukunft berechnet wurden, zu erreichen.

### Wärmeverbrauch

Das Energiesparpotential im Wohnsek-

tor ist immer noch gross (ca. 65 PJ). Heute entfallen 70% des Wärmeverbrauchs auf Wohngebäude, deren mittlere E-Wärme zwischen 700 und 900 MJ/m<sup>2</sup>·a liegt; über die Hälfte davon sind Mehrfamilien-, Wohn- und Geschäftshäuser. Als Folge der Wohnbausanierungen werden vor allem die mittleren Energiekennzahlen dieser Gebäudekategorien sinken.

Der künftige Wärmeverbrauch im Wohnsektor dürfte sich im Rahmen des in Bild 3 gezeigten Diagrammes entwickeln.

Adresse der Verfasserin: Dr. J. Schwarz, Umwelt + Wirtschaft + Energie, Lindenhofstr. 11, 8001 Zürich.

Dieser Aufsatz basiert auf:

J. Schwarz / B. Wick: «Wärmeverbrauch des Wohnsektors», Hg. Bundesamt für Energiewirtschaft, Schlussbericht, Bern 1985. Im Frühjahr wird eine deutsche und französische Kurzfassung erscheinen.

## Gebäudeheizung ohne Heizungsanlage

Von Werner Hochstrasser, Zürich

Mit der guten Isolation neuer Bauten ist deren Wärmeverlust so klein geworden, dass die innere Wärme von Beleuchtung, Personen und Apparaten genügen kann, um die Wärmeverluste, auch ohne Sonnenstrahlung, decken zu können. Im folgenden werden die Vorbedingungen ermittelt, welche für die «Heizung ohne Heizung» vom Gebäude erfüllt werden müssen und die benötigten apparativen Einrichtungen beschrieben.

### Vorbedingungen

Wir haben zwei grundlegende Vorbedingungen zu erfüllen:

□ Die Wärmebilanz über die betrachtete Periode (ein Tag, eine Woche) muss positiv sein, d.h. es muss mindestens gleichviel innere Wärme zur Verfügung stehen, wie die Verluste betragen.

□ Die Auskühlung während den Stillstandszeiten muss sich im Rahmen der zulässigen Temperatur-Variationen halten, und zwar für jeden Raum.

Sollte dies nur für das Gebäude als Ganzes der Fall sein, so muss durch geeignete technische Hilfsmittel ein Austausch von Wärme aus Zonen mit Überschuss zu solchen mit Manko stattfinden.

### Wärmebilanz

Der durch die Aussenhaut des Gebäudes und infolge natürlichen Luftwechsels im Winter kontinuierlich von innen nach aussen abfliessende Wärmestrom muss laufend durch innere Wärmequellen gespeist werden.

Als Wärmequellen dienen normalerweise elektrische Apparate aller Art und Personen sowie natürlich Heizkörper und Flammen.

Die durch die Gebäudehülle abfliessende Wärme, die Transmissions-Wärmeleistung, ist nach SIA 384/2 [1] gegeben durch

$$\dot{Q}_T = \sum k_n A_n (t_i - t_a) = \bar{k} A (t_i - t_a)$$

Dabei ist  $\bar{k}$  der mittlere k-Wert, gerechnet nach SIA 180/1 [2], jedoch mit Besonnungskoeffizient  $s = 1$ .

Wenn wir die Lüftung durch ihre Luftwechselzahl LW charakterisieren, so ist nach [1]

$$\dot{Q}_L = LW \cdot V \cdot \rho \cdot c_p (t_i - t_a)$$

Befeuchtung bringt entsprechend zusätzlichen Wärmeeinsatz, Wärmehintergewinnung eine Reduktion.

Bei mechanischer Lüftung haben wir das Bestreben, den natürlichen Luftwechsel so gering als möglich zu halten, weil wir nur bei mechanischer Lüftung Abwärme zurückgewinnen können.

Die Gesamt-Wärmeleistung

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_L$$

muss zu jeder Zeit entweder durch

gleichzeitig im Raum abgegebene Wärme oder durch früher gespeicherte Wärme gedeckt werden.

Wir führen die Betrachtung flächenspezifisch bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Energie-Bezugsfläche EBF nach SIA 180/4 [4] durch.

Damit muss

$$(\dot{q}_b + \dot{q}_p + \dot{q}_t) \theta_e \geq \frac{\dot{Q}_T + \dot{Q}_L}{EBF} \cdot \theta_p,$$

wobei  $\dot{q}$  die mittlere Last von Beleuchtung, Personen und Technisierung, bezogen auf die Bodenfläche und  $\theta_e$  die Einschaltzeit während der Periodendauer  $\theta_p$  darstellen.

### Gebäudedynamik

Solange die im Raum erzeugte Wärme grösser ist als die momentanen Verluste, geht die Differenz in Speicherung, d.h. sie dient zur Aufwärmung der Gebäudestruktur. Umgekehrt gibt die Gebäudestruktur früher gespeicherte Wärme ab, sobald die inneren Wärmequellen kleiner werden, als die momentane Transmissions-Wärmeleistung.

Damit nun aber Wärme aus der Gebäudestruktur an die Luft übergehen kann, muss ein Temperaturgefälle von deren Oberfläche zur Luft vorhanden sein, und die Raumtemperatur  $t_i$  muss um den Betrag

$$t_o - t_i = \frac{w}{\alpha}$$

unter die Oberflächentemperatur  $t_o$  sinken. Dabei ist  $w$  die Wärmestromdichte an der betrachteten Oberfläche und  $\alpha$  der Wärmeübergangskoeffizient. Gemäss [1] können wir für  $\alpha$ -Werte an Innenflächen von Gebäuden 8 W/m<sup>2</sup>K

einsetzen, mit Ausnahme von Bauelementen mit Wärmefluss von oben nach unten, wo mit  $6 \text{ W/m}^2$  gerechnet werden soll. Letzteres betrifft also Wärme abgebende Decken und Wärme aufnehmende Böden. Wir rechnen in der Folge durchwegs mit  $\alpha = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$  und berücksichtigen damit Zusatzwiderstände wie Bodenbeläge. Für den Wärmetransmissions-Widerstand geklebter Akustikdecken reicht dies allerdings nicht.

Die Raumtemperatur-Absenkung um den Betrag  $w/\alpha$  vollzieht sich bei Ausfall der inneren Wärmequellen in wenigen Minuten, weil ja der Wärmeinhalt der Raumluft im Vergleich zu demjenigen der Gebäudestruktur nur in der Grössenordnung von einem halben Prozent liegt.

Der resultierende Temperatursprung liegt bei beispielsweise  $9 \text{ W/m}^2$  benötigter Wärmestromdichte und  $\alpha = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$  bei  $1.5 \text{ K}$ .

Infolge der nun ausströmenden Wärme kühlt sich die Oberfläche der Gebäudestruktur und graduell auch die ganze Gebäudemasse langsam ab.

Der wesentlichste Teil einer Gebäudestruktur sind - thermisch gesehen - die Decken- und Bodenplatten, und wir treffen für die Rechnung die Annahme, dass alle Masse dort konzentriert sei. Dies ist für die ersten paar Stunden der Auskühlung eine eher konservative Annahme, d.h. es wird in der Berech-

nung eher eine höhere Abkühlgeschwindigkeit resultieren als bei den effektiven Strukturen mit Wänden, Möbeln usw.

Das Verhalten einer mit konstanter Wärmestromdichte  $w$  gekühlten Halplatte zeigt Bild 1 aus [3]. Der daraus berechnete Abfall der Oberflächentemperatur  $t_o$  im Vergleich zur anfänglichen Oberflächentemperatur  $t_{o0}$  ist sehr langsam. Die zur Deckung des Wärmeflusses durch die Gebäudehülle benötigte Wärmestromdichte aus Decke und Boden errechnet sich aus

$$w = \frac{\dot{Q}_T + \dot{Q}_L}{2 \cdot \text{EBF}}$$

mit der Energie-Bezugsfläche EBF nach [4], die ja auch gleichzeitig die Summe der Flächen der Bodenplatten im beheizten Teil des Gebäudes darstellt. Der Faktor 2 berücksichtigt, dass Wärme aus Unter- und Oberseite der Platte austritt.

Alle anderen für die Berechnung gemäss Bild 1 benötigten Angaben sind Stoffwerte oder geometrische Werte der Bodenplatte (siehe Kasten).

### Resultate

Das in Bild 2 eingezeichnete Beispiel und der entsprechende Temperaturverlauf in Bild 3 zeigen, dass die Raum-

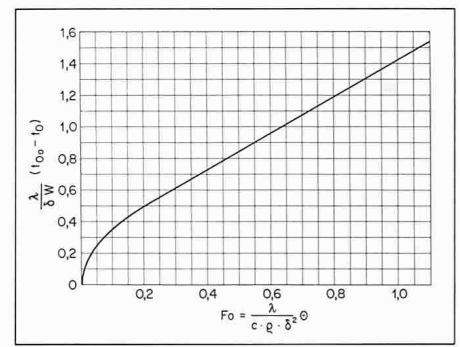


Bild 1. Oberflächen-Temperatur einer gekühlten Platte

temperaturen für kalte Nächte mit praktikablen Werten sowohl für innere Wärme ( $35\text{--}60 \text{ W/m}^2$  während der Einschaltdauer) als auch für K-Wert (0.6) und Luftwechsel (0.2) im Rahmen von  $2 \text{ K}$  Variation während der Benutzung liegen, weil ja am Morgen die Raumlufttemperatur sehr rasch auf den um  $w/\alpha$  höheren Wert springt.

Für ein 60-h-Wochenende ist Bild 1 nicht mehr mit genügend Genauigkeit anwendbar, aber wir können doch sagen, dass für unser Beispiel eine Auskühlung der Struktur in der Grössenordnung von einem Sechstel der Temperaturdifferenz innen/aussen stattfindet.

Bei extremen Räumen - Eckräume, Dachgeschossräume - müssen wir mit Werten  $A/\text{EBF}$  von  $1\text{--}2$  rechnen (siehe Kasten «Oberflächenwerk»), und der

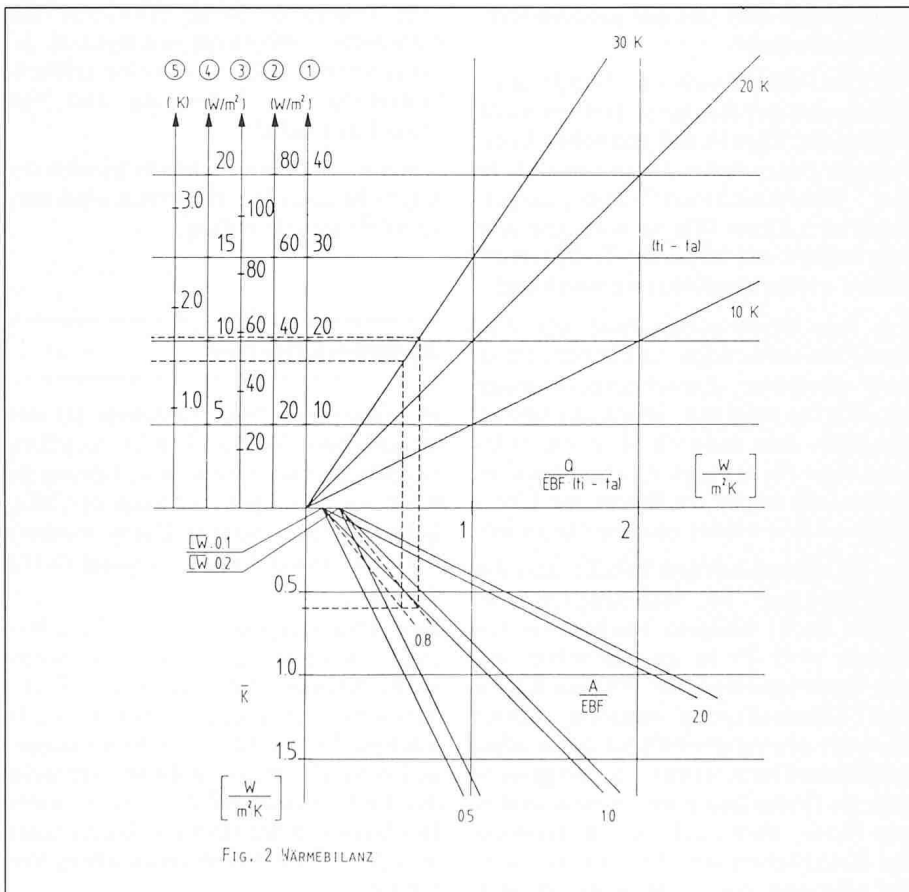


FIG. 2 WÄRMEBILANZ

Bild 2. Wärmebilanz:  
 Ordinate ① Mittlerer Wärmebedarf, pro  $\text{m}^2$  EBF  
 Ordinate ② Wärmebedarf während 12 h Einschaltdauer, um mittleren Wärmebedarf über 24 h zu decken  
 Ordinate ③ Wärmebedarf während 5 Tagen à 12 h, um mittleren Bedarf während einer Woche (168 h) zu decken  
 Ordinate ④ Wärmestromdichte  $w$  aus Bodenplatte, wenn der mittlere Wärmebedarf voll aus gespeicherter Wärme gedeckt wird.  
 Ordinate ⑤ Temperaturdifferenz zwischen Bodenplatte und Raumluft, um die Wärmestromdichte nach ④ zu-resp. abzuführen

#### Berechnungsannahmen

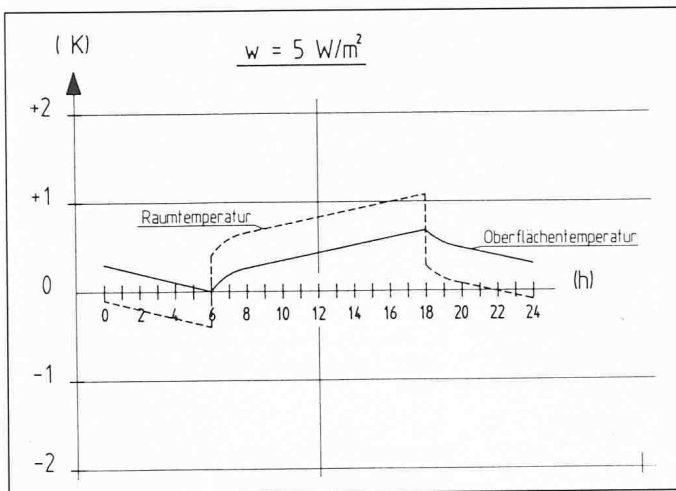
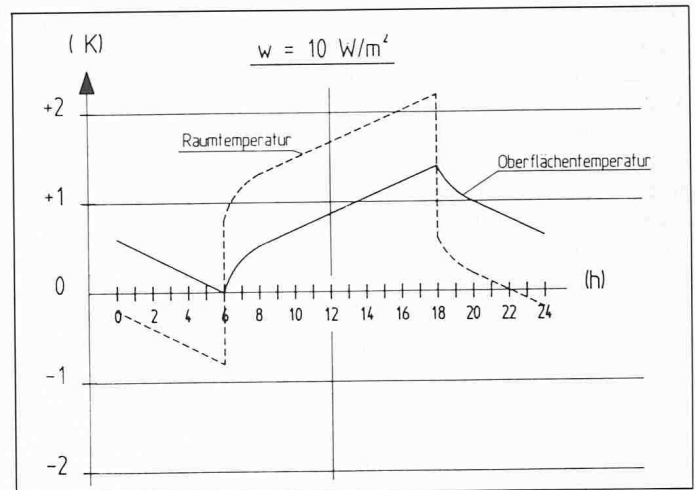
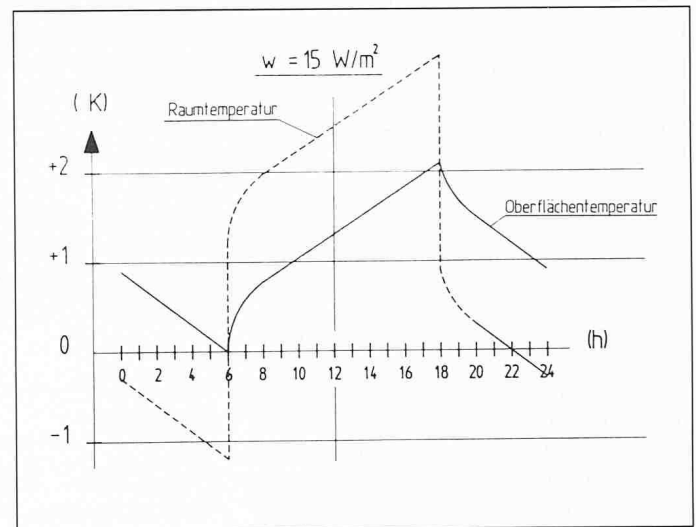
Für das Wärmebilanz-Diagramm Bild 2 wurden folgende Annahmen zugrundegelegt:

##### Konstante

- $2\delta$  Dicke Bodenplatte inkl. Überboden
- $\alpha$   $6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\lambda$   $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $c$   $1,1 \text{ kJ/kgK}$  für Stahlbeton
- $\rho$   $2400 \text{ kg/m}^3$
- $\theta_c/\theta_p$  12 h/24 h Einschaltdauer/Periodendauer  
60 h/168

##### Variable

- $t_i$  Raumtemperatur  $^{\circ}\text{C}$
- $t_a$  Aussentemperatur  $^{\circ}\text{C}$
- $t_o$  Oberflächentemperatur  $^{\circ}\text{C}$
- $k$  mittlerer k-Wert  $\text{W/m}^2\text{K}$
- $A$  Fassaden/Dach-Fläche  $\text{m}^2$
- EBF Energie-Bezugsfläche  $\text{m}^2$
- $\overline{LW}$  mittlerer Luftwechsel  $\text{h}^{-1}$
- $\theta$  Zeit h

Bild 3A (oben). Temperaturverlauf für  $w = 5 \text{ W/m}^2$ Bild 3B (oben rechts). Temperaturverlauf für  $w = 10 \text{ W/m}^2$ Bild 3C (rechts). Temperaturverlauf für  $w = 15 \text{ W/m}^2$ 

spezifische Wärmeverlust wie auch die Auskühlung werden über doppelt so hoch wie für das Gebäude als Ganzes.

## Technische Anlagen

Wir müssen also durch geeignete technische Anlagen einesteils einen Ausgleich zwischen Räumen mit Wärmeüberschuss und solchen mit Manko schaffen und andernteils während der Woche anfallende Überschusswärme ohne übermässige Raumtemperaturvariation auf das Wochenende transferieren.

Eine Umluftanlage wird sicher helfen, die Temperaturunterschiede zwischen den Räumen auf geringere Werte zu reduzieren, insbesondere, wenn die Raumabluft frei durch die Hohldecken abgasaugt wird und so sehr direkt am

Wärmeaustausch mit der Deckenoberfläche teilnimmt.

Auf Null lassen sich die Temperaturdifferenzen der Räume so freilich nicht reduzieren. Dies ist mit endlichen Luftmengen erst möglich, wenn mit Hilfe von Kältemaschinen/Wärmepumpen dem einen Raum Wärme entzogen und dem andern auf höherem Temperaturniveau wieder zugeführt werden kann.

Um den Wochenüberschuss am Wochenende verwenden zu können, muss eine geeignete Zwischenspeicherung der Wärme erfolgen. Wohl am besten geschieht dies dadurch, dass die Wärmepumpe Eis erzeugt, welches dann im Verlauf der folgenden Woche mit Überschusswärme wieder geschmolzen wird.

Das Verfahren hat den Vorteil, dass die Wärmepumpe im wesentlichen mit (heute noch) billigem Nachtstrom betrieben wird. Es ist an sich schon seit den Anfangszeiten der Kälteindustrie und Klimatisierung bekannt, geriet aber mit den relativ billiger werdenden Kältemaschinen etwas in Vergessenheit. Es findet heute im vorbeschriebenen Sinne, aber auch zur Begrenzung des elektrischen Anschlusswerkes wieder vermehrt Anwendung. Es ist auch

sehr praktisch, wenn Abwärme aus Computern möglichst weitgehend genutzt werden soll, weil es eine zeitliche Staffelung von Erzeugung und Verbrauch ermöglicht.

Um ein 10 000-m<sup>2</sup>-Gebäude gemäss unserem Beispiel 48 h zu heizen, sind etwa 95 m<sup>3</sup> Eisspeicher nötig.

## Auslege-Kriterien

Im Einzelfall muss zwischen all den technischen Möglichkeiten sorgfältig abgewogen und die optimale Lösung gesucht werden. Dabei ist auch der Möglichkeit, dass einzelne Büros wochenweise unbesetzt sind, Rechnung zu tragen.

Eine Dimensionierung für ein 2-Wochen-«Wochenende», wie es Weihnacht/Neujahr 1985/86 in der Praxis darstellte, dürfte kaum optimal sein. In solchen Fällen ist es wohl günstiger, während der Stillstandszeit zeitweise das Licht einzuschalten, ein in vielen Hochhäusern der USA seit Jahrzehnten in jeder kalten Nacht gebrauchtes Verfahren.

### Oberflächenwerte

Typische Werte von  $A/EBF$

Gebäude insgesamt	0.8
Raum an Fassade $4 \times 6 \times 3,2 \text{ m}$ hoch	1.06
Raum an Fassade, Dach	1.53
Eckraum Dach	2.06

Wenn die Wärmebilanz-Bedingung bei Vollast nicht ganz erfüllt werden kann, so kann doch in Anbetracht dessen, dass im schweizerischen Mittelland jährlich nur etwa 330 h unter  $-5^{\circ}\text{C}$  zu verzeichnen sind, bereits bei einem Ausgleich auf diese Temperatur mit geeigneter Regulierung eine starke Reduktion der Heizstunden erreicht werden.

Weiter wird die Wichtigkeit einer geeigneten Raumregulierung der Heizung offensichtlich. Wenn sich eine generelle Vorlauftemperatursteuerung auf Eck- und Dachräume ausrichten muss, die ein ganz anderes Verhältnis von inneren Wärmegewinnen zu den Verlusten haben, so resultiert für die Vielzahl der «gewöhnlichen» Räume eine Überheizung.

#### Literatur

- [1] Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden SIA 384/2
- [2] Winterlicher Wärmeschutz SIA 180/1
- [3] Schneider, P.: Temperature response charts
- [4] Energiekennzahl SIA 180/4

Adresse des Verfassers: W. Hochstrasser, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Hochstrasser Consulting AG, Leonhardshalde 21, 8001 Zürich.

## Erweiterung des Historischen Museums der Stadt Baden im Landvogteischloss

Konzentration wertvoller Bausubstanz in unmittelbarer Nähe – die Badener Altstadt am gegenüberliegenden Limmatufer und das Landvogteischloss.

#### Hinweise für die Projektierung:

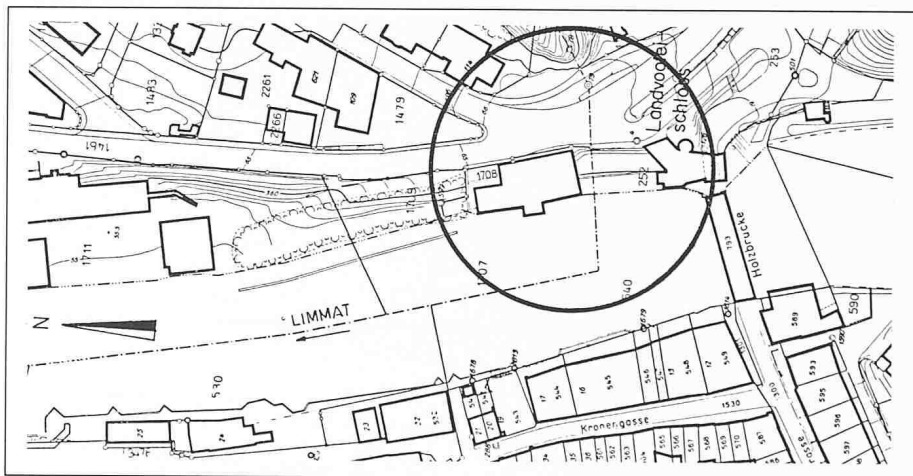
Bei der Projektierung waren die folgenden Bedingungen zu berücksichtigen:

- Es war grundsätzlich möglich, den Neubau ein Geschoss über das Niveau der Sonnenbergstrasse hinausragen zu lassen; der Eingliederung in die Flusslandschaft, der Beziehung zu Landvogteischloss, den Durchblicken von der Sonnenbergstrasse auf die Altstadt und von der Limmatpromenade auf die Lägern war jedoch grösste Beachtung zu schenken.

Fortsetzung auf Seite 15

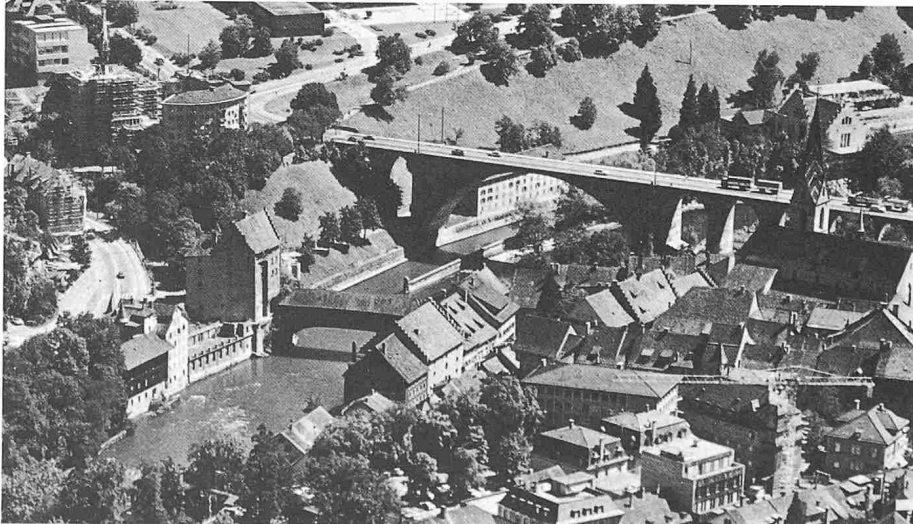
Die Einwohnergemeinde Baden veranstaltete einen öffentlichen Projektwettbewerb für die Erweiterung des Historischen Museums der Stadt Baden im Landvogteischloss. Ziel des Wettbewerbes war es, auf dem nördlich an das Landvogteischloss angrenzenden Gelände eine städtebaulich und architektonisch überzeugende Lösung für die Erweiterung des heute im Landvogteischloss untergebrachten Museums, insbesondere des Bereichs Stadtgeschichte Baden, zu finden. Teilnahmeberechtigt waren alle Architekten, die in der Stadt Baden und der Gemeinde Ennetbaden heimatberechtigt sind oder hier seit mindestens dem 1. Januar 1982 Wohn- oder Geschäftssitz haben. Ausserdem wurden die Architekten Wilfried und Katharina Steib, Basel, Ueli Marbach und Arthur Rüegg, Zürich sowie Marie-Claude Béatrix und Eraldo Consolascio, Zürich, zur Teilnahme eingeladen. Preisrichter waren Josef Rieser, Vizeammann, Präsident, Baden, die Architekten Michael Alder, Basel, Mario Campi, Lugano, Josef Tremp, Stadtarchitekt, Baden, Pierre Zoelly, Zollikon; Ersatzpreisrichter waren Hans Wanner, Stadtplaner, Baden, Meinrad Zehnder, Bauverwalter, Baden; Experten waren Hugo Doppler, Konservator, Museum Baden, Dr. Peter Felder, Denkmalpfleger, Aarau. Für Preise standen 35 000 Fr., für Ankäufe zusätzlich 5000 Fr. zur Verfügung.

*Besonderheiten des Areals:* Die Bauten auf dem nördlich an das Landvogteischloss angrenzenden Areal befinden sich in sehr schlechtem Zustand. Sie sind zum Abbruch bestimmt. Die Lage zwischen Limmat und Strasse ist sehr eingengt. Eine vernünftige Nutzung ist nur möglich, wenn die gesetzlichen Abstände zu Strasse, Fluss und Wald unterschritten werden können. Das kant. Baudepartement hat entsprechende Ausnahmebestimmungen gebilligt. Von grosser Bedeutung sind ferner die ungewöhnlichen topographischen Verhältnisse und die hohe



Lageplan Wettbewerbsgebiet

Luftaufnahme von Nordwesten. Links das Landvogteischloss



### Zur Aufgabe

Das historische Museum der Stadt Baden ist heute im ehemaligen Landvogteischloss bei der Holzbrücke an der Limmat untergebracht. Es wird jährlich von rund 10 000 Personen besucht. Eine Erweiterung des Museums ist aus verschiedenen Gründen dringend geworden:

- Der Bestand an Museumsgut hat in den letzten Jahren stark zugenommen; der Raum für Wechselausstellungen ist zu klein.
- Der Wunsch, das Museum nach einheitlichem Konzept und didaktisch zweckmässig zu gestalten, ist nicht zu verwirklichen.
- Der Zustand der baulichen Nachbarschaft ist unerfreulich. Mit einer Erweiterung des Museums könnte durch einen positiven Akzent eine Verbesserung erreicht werden.