Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 104 (1986)
Heft: 1-2

Artikel: Gebäudeheizung ohne Heizungsanlage
Autor: Hochstrasser, Werner
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76057

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

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 Wohnsektor ist immer noch gross (ca. 65 PJ). Heute entfallen 70% des Wärmeverbrauchs auf Wohngebäude, deren mittlere E-Wärme zwischen 700 und 900 MJ/m²·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

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

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]

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

Befeuchtung bringt entsprechend zusätzlichen Wärmeaufwand, Wärmerückgewinnung 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 m² Energie-Bezugsfläche EBF nach SIA 180/4 [4] durch.

Damit muss

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

wobei $\dot{q}$ die mittlere Last von Beleuchtung, Personen und Technisierung, bezogen auf die Bodenfläche und θe die Einschaltzeit während der Periodendauer θp 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 α der Wärmeübergangskoeffizient. Gemäss [1] können wir für α-Werte an Innenflächen von Gebäuden 8 W/m²K

einsetzen, mit Ausnahme von Bauelementen mit Wärmefluss von oben nach unten, wo mit 6 W/m² gerechnet werden soll. Letzteres betrifft also Wärme abgebende Decken und Wärme aufnehmende Böden. Wir rechnen in der Folge durchwegs mit $\alpha = 6$ W/m²K und berücksichtigen damit Zusatzwiderstände wie Bodenbeläge. Für den Wärmetransmissions-Widerstand geklebter Akustikdecken reicht dies allerdings nicht.

Die Raumtemperatur-Absenkung um den Betrag w/α 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 W/m² benötigter Wärmestromdichte und $\alpha = 6$ W/m²K bei 1.5 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 Berechnung eher eine höhere Abkühlgeschwindigkeit resultieren als bei den effektiven Strukturen mit Wänden, Möbeln usw.

Das Verhalten einer mit konstanter Wärmestromdichte w gekühlten Halbplatte 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

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

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 Raumtemperaturen für kalte Nächte mit praktikablen Werten sowohl für innere Wärme (35-60 W/m² während der Einschaltdauer) als auch für K-Wert (0.6) und Luftwechsel (0.2) im Rahmen von 2 K Variation während der Benutzung liegen, weil ja am Morgen die Raumlufttemperatur sehr rasch auf den um w/α 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/EBF von 1-2 rechnen (siehe Kasten «Oberflächenwerk»), und der

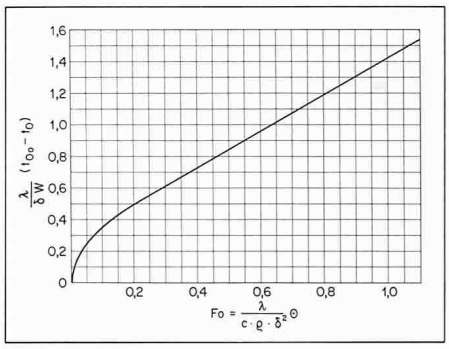


Bild 1. Oberflächen-Temperatur einer gekühlten Platte

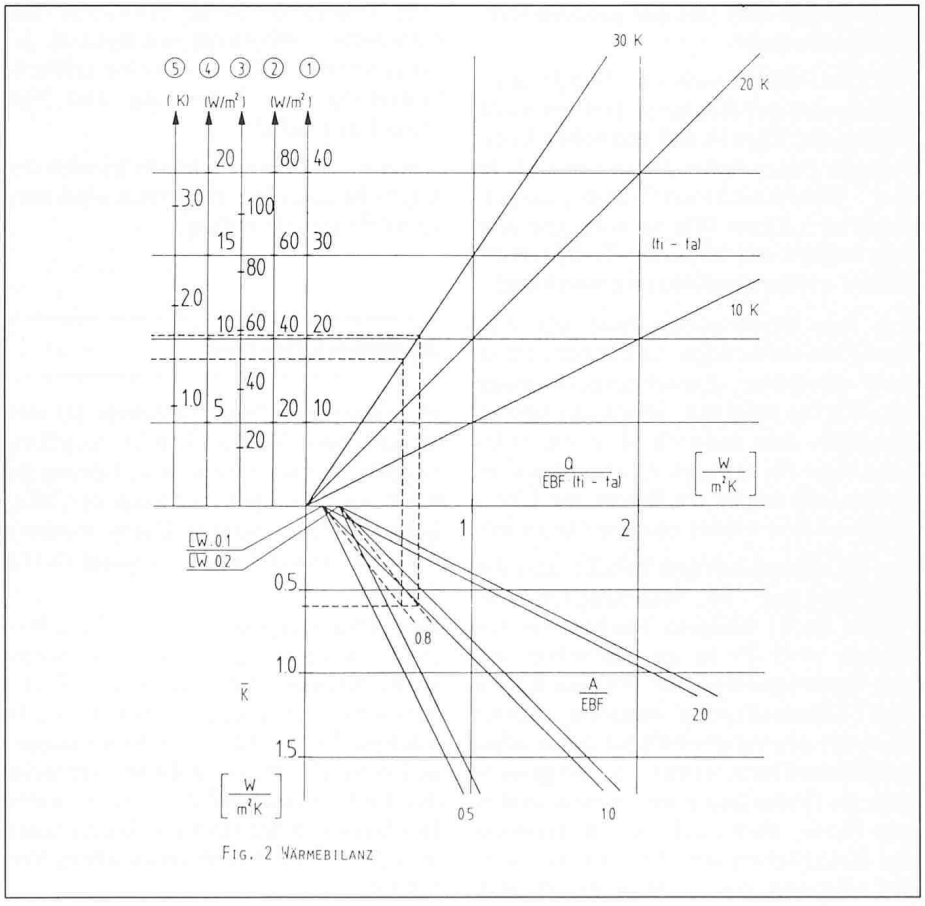


Bild 2. Wärmebilanz:
Ordinate ① Mittlerer Wärmebedarf, pro m² EBF
Ordinate ② Wärmebedarf während 12 h Einschaltdauer, um mittleren Wärmebedarf über 24 h zu decken
Ordinate ③ Wärmebedarf während 5 Tagen à 12 h, um mittleren Bedarf während einer Woche (168 h) zu decken
Ordinate ④ Wärmestromdichte w aus 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

2δ	Dicke Bodenplatte inkl. Überboden
α	6 W/m²k
λ	1,8 W/m²K
c	1,1 kJ/kgK für Stahlbeton
ϱ	2400 kg/m³
θ_e/θ_p	12 h/24 Einschaltdauer/Periodendauer 60 h/168

Variable

t_i	Raumtemperatur	°C
t_a	Aussentemperatur	°C
t_0	Oberflächentemperatur	°C
k	mittlerer k-Wert	W/m²K
A	Fassaden/Dach-Fläche	m²
EBF	Energie-Bezugsfläche	m²
$\overline{LW}$	mittlerer Luftwechsel	h⁻¹
θ	Zeit	h

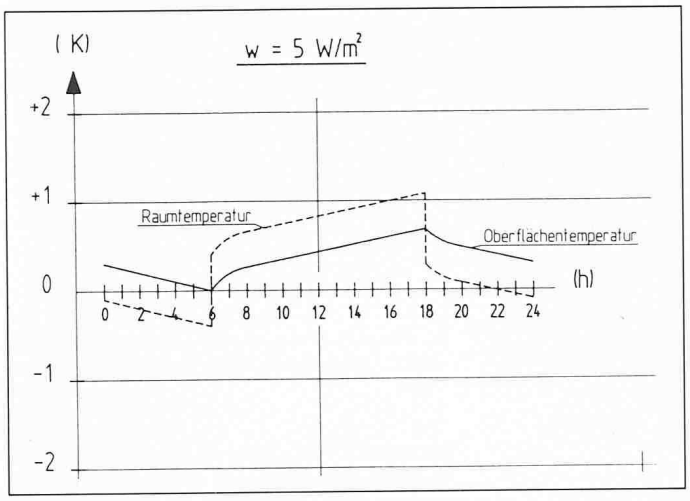


Bild 3A (oben). Temperaturverlauf für w = 5 W/m²

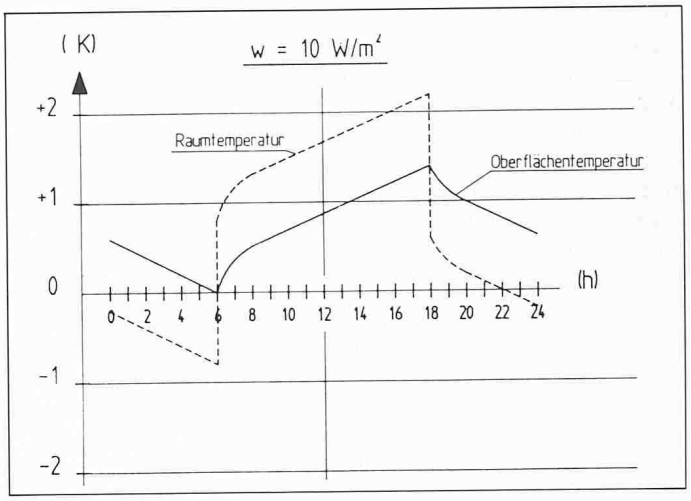


Bild 3B (oben rechts). Temperaturverlauf für w = 10 W/m²

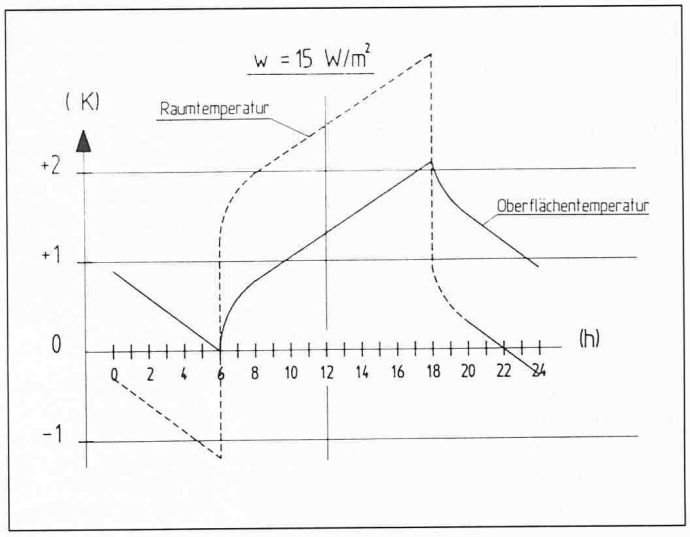


Bild 3C (rechts). Temperaturverlauf für w = 15 W/m²

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 Raumtemperatur-Variation 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 abgesaugt 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-m²-Gebäude gemäss unserem Beispiel 48 h zu heizen, sind etwa 95 m³ Eisspeicher nötig.

Oberflächenwerte

Typische Werte von A/EBF

Gebäude insgesamt	0.8
Raum an Fassade 4×6×3,2 m hoch	1.06
Raum an Fassade, Dach	1.53
Eckraum Dach	2.06

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.

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 °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

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 Bétrix 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.

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.

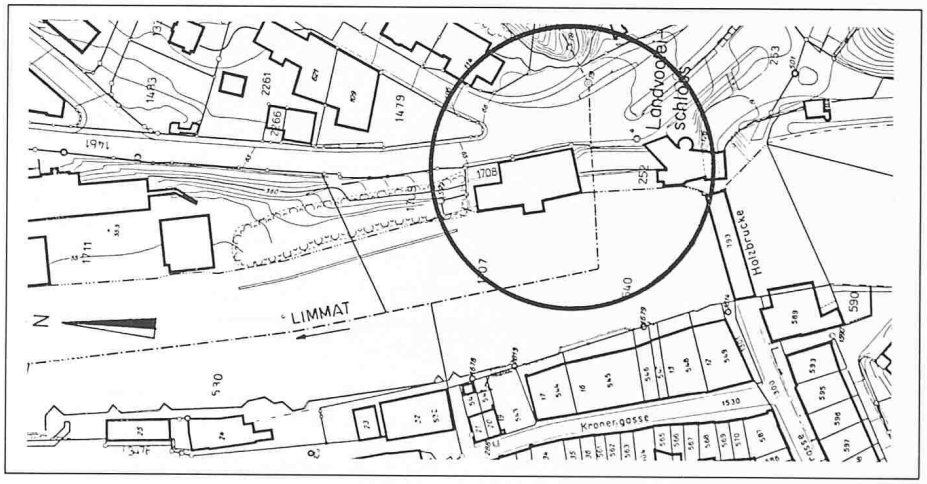
Besonderheiten des Areals: Die Bauten auf dem nörlich an das Landvogteischloss angrenzenden Areal befinden sich in sehr schlechtem Zustand. Sie sind zum Abbruch bestimmt. Die Lage zwischen Limmat und Strasse ist sehr eingeengt. Eine vernünftige Nutzung ist nur möglich, wenn die gesetzlichen Abstände 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 Konzentration wertvoller Bausubstanz in unmittelbarer Nähe - die Badener Altstadt am gegenüberliegenden Limmatufer und das Landvogteischloss.

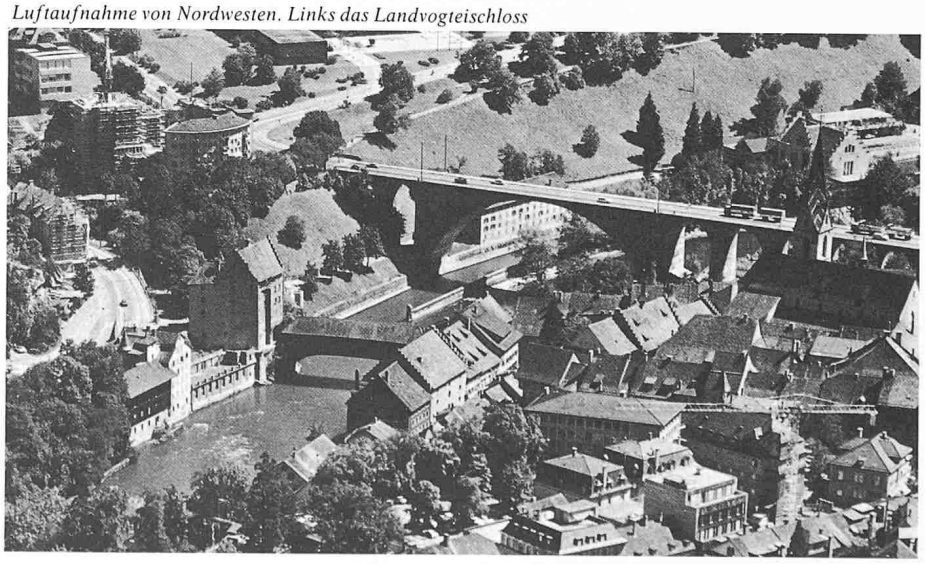
Hinweise für die Projektierung:

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



Lageplan Wettbewerbsgebiet

Luftaufnahme von Nordwesten. Links das Landvogteischloss