

# Rationelle Energieverwendung in der Quartier- und Bauplanung: Möglichkeiten zur Reduktion des Heizwärmebedarfs durch Massnahmen zur passiven Nutzung der Sonneneinstrahlung

Autor(en): **Roth, Ueli**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 10

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74763>

## **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.

## Rationelle Energieverwendung in der Quartier- und Bauplanung

### Möglichkeiten zur Reduktion des Heizwärmebedarfes durch Massnahmen zur passiven Nutzung der Sonneneinstrahlung

Von Ueli Roth, Zürich

Nach deutschem Bundesbaugesetz sind die Belange der Energie- und Wärmeversorgung in der Bauleitplanung (Ortsplanung) zu berücksichtigen. Damit ist sowohl die Energiezuführung wie auch die Einsparung von Energie durch geeignete Massnahmen angesprochen. Anordnung und Gestaltung von Gebäuden sind mitentscheidend über das Ausmass der «passiven» Nutzung der Sonneneinstrahlung vor allem der Fenster zu Heizzwecken. Durch eine quantitative Untersuchung war das Ausmass der «Klimagunst» verschiedener Siedlungs- und Bautypen – gemessen am Restwärmeverbrauch nach Abzug der Sonnenwärmegewinne – festzustellen und gestützt darauf Regeln für die Bauleitplanung aufzustellen. Qualitative Überlegungen sollten zu Regeln für die Reduktion der windverursachten Wärmeverluste durch siedlungsplanerische Massnahmen führen.

#### Problemstellung und Forschungsziel

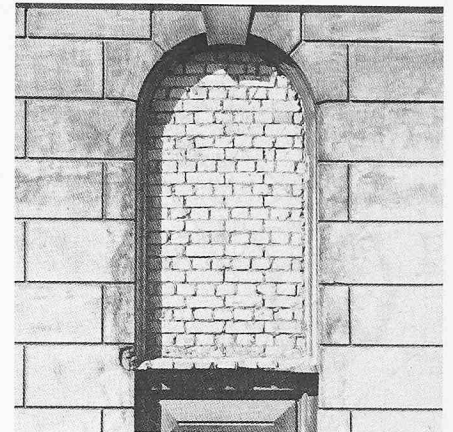
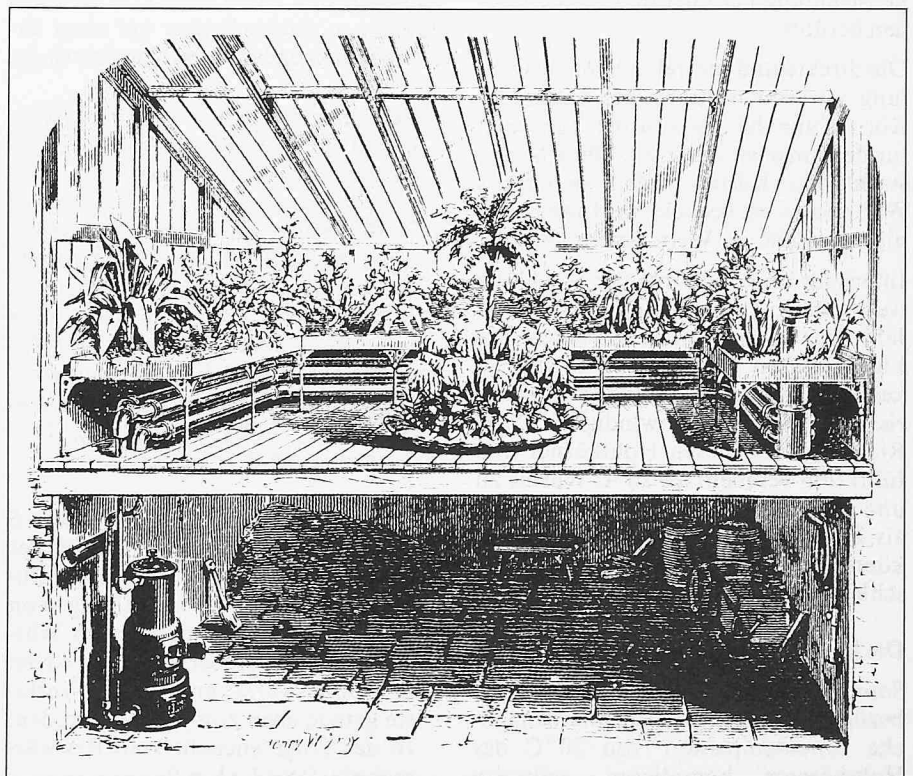
Bei der Novellierung des deutschen Bundesbaugesetzes [1] im Jahre 1976 wurde verdeutlicht, dass «die Belange der Energie- und Wärmeversorgung» bei der Bauleitplanung (Ortsplanung) zu berücksichtigen sind. Die Anordnung und Gestaltung von Gebäuden, soweit sie im Quartierplan festgelegt werden, entscheiden mit über die Möglichkeit, den passiven Sonnenwärmegewinn zu nutzen – so die Hypothese. Entsprechende, quantifizierte Nachweise haben für Städtebau und Bauwesen in zweifacher Weise Bedeutung: Zum einen werden Hinweise zur Anwendung der Baugesetze erwartet, zum andern sollen die Erfahrungen für die Fortentwicklung der Gesetze und Richtlinien verwendet werden, welche in der Bundesrepublik Deutschland die öffentlichen Zuschüsse für die rationelle Energieverwendung regeln. Die wichtigsten Ziele des Forschungsprojektes waren die folgenden:

- Siedlungstypenspezifische Quantifizierung des Sonnenwärmegewinnes durch die Fenster in Abhängigkeit von gegenseitiger Gebäudestellung, Baudichte, Orientierung, Befensterung, Wärmedämmung und Wärmespeichervermögen der inneren Gebäudemassen
- Ableitung allgemeiner siedlungs- und bauplanerischer Empfehlungen

oder Richtlinien für die wärmeenergiesparende Berücksichtigung der Klimafaktoren.

- Abschätzung eventueller Mehraufwendungen beim Bau und Minderaufwendungen bei der Heizung bei Berücksichtigung dieser Richtlinien. Grundsätzlich ist aber davon auszu-

*So gewinnt man Energie mit Charme und Wohnlichkeit*



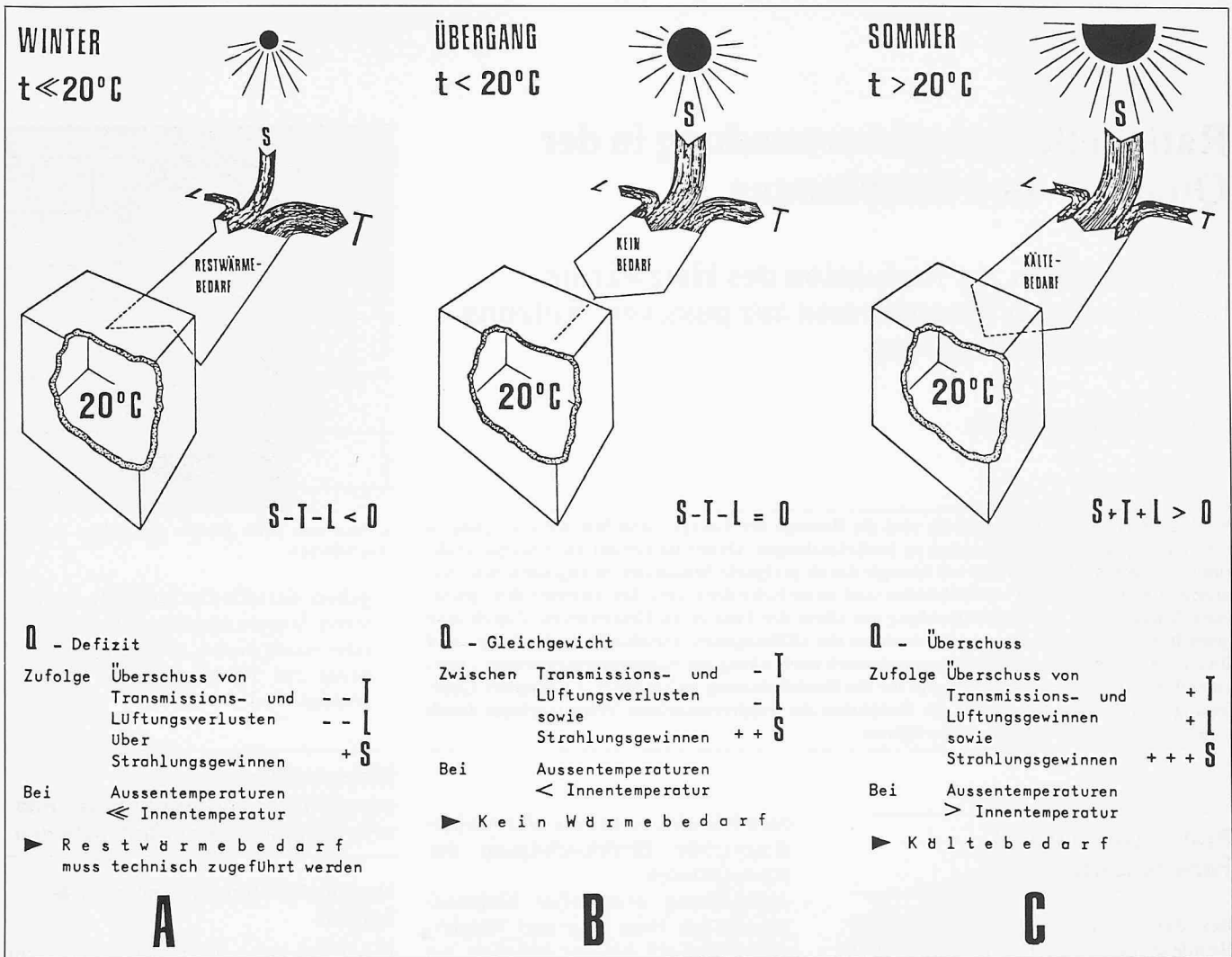
*So spart man selten Energie und verbaut sich alle Möglichkeiten*

gehen, dass die Optimierung des passiven Sonnenwärmegewinnes nichts oder wenig kostet, sofern dieser frühzeitig im Planungsprozess berücksichtigt wird

#### Klimaeinflüsse auf das energetische System «Haus» und «Siedlung», Massnahmenebenen

##### Haus und Siedlung als energetische Systeme

Das Haus kann thermisch vereinfacht als ein hohler Körper mit konstanter Innentemperatur von rund 20 °C be-

Bild 1. Drei Grundbedingungen des Hohlkörpers von  $20^\circ$  Innenraumtemperatur im Umfeld von Sonnenstrahlung und Luft

trachtet werden, der sich in einer atmosphärischen Umwelt von Luft und Sonnenstrahlung befindet und der den Boden berührt.

Die direkte und indirekte Sonnenstrahlung erwärmt während des Tages den Körper unabhängig von der Temperatur der umgebenden Luft. Ohne Sonne strahlt der Körper nachts seinerseits Wärme ab - bei bedecktem Himmel weniger, bei klarem Wetter mehr (Bild 1).

Intensität und Richtung der Strahlung wechseln im Laufe des Tages und nach Jahreszeiten. Die Luft wirkt durch ihre Eigenschaften Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung («Wind»; charakterisiert durch Geschwindigkeit und Richtung) auf diesen Hohlkörper und führt ihm bei mehr als  $20^\circ\text{C}$  Wärme zu und entzieht ihm welche bei weniger als  $20^\circ\text{C}$ . Feuchtigkeit und Bewegung können diesen Zu- und Abfluss beschleunigen.

#### Die klimatischen Grundbedingungen

Sonnenstrahlung und Luft können sich bezüglich Störeinfluss auf die behagliche Innentemperatur von  $20^\circ\text{C}$  des Hohlkörpers kumulieren, teilweise

kompensieren oder ganz kompensieren, d. h. gegenseitig aufheben. Gedanklich sind daher zwei Grundbedingungen zu unterscheiden mit einer dazwischenliegenden Gleichgewichtslage:

- Bei einer *Defizitbedingung A* (Winterfall) gibt der Hauskörper bei Untertemperatur der Umgebung (unter Innenraumtemperatur von etwa  $20^\circ\text{C}$ ) Wärme ab, nimmt aber selbst unter dieser Bedingung tagsüber stets Strahlungswärme auf, welche die Wärmeabgabe reduziert. Die Folge ist ein «Restwärmebedarf», der durch ein technisches Wärmeversorgungssystem befriedigt werden muss:  $S - T - L < 0$ . (S = Strahlung, T = Transmission, L = Lüftung).

- Bei einer *Gleichgewichtsbedingung B* (Übergangsfall) gibt der Hauskörper bei gegenüber Fall A reduzierter Untertemperatur der Umgebung von weniger als  $20^\circ\text{C}$  immer noch Wärme ab, nimmt aber tagsüber soviel Strahlungswärme auf, dass die Verluste gerade eben kompensiert werden. In der Folge entsteht kein Restwärmebedarf:  $S - T - L = 0$ .

- Bei einer *Überschussbedingung C* (Sommerfall) nimmt der Hauskörper bei Übertemperatur der Umgebung von  $>20^\circ\text{C}$  neben der gegenüber Fall B noch erhöhten Strahlungswärme auch Transmissions- und Lüftungswärme auf. Die Folge ist ein Wärmeüberschuss:  $S + T + L > 0$ .

Die Lufttemperatur liegt bei der Gleichgewichtskondition bei der sog. «Heizgrenze», die gemäss den einschlägigen Normen bei etwa  $15^\circ\text{C}$  angenommen wird. Dass diese Grenze durch siedlungsplanerische und bauliche Massnahmen verschoben werden kann und dass durch diese Verschiebung eine Reduktion der sog. «Heizgradtage» und damit des Heizaufwandes erreicht werden kann, ist neben erhöhter Wohnlichkeit Sinn und Zweck des klimabewussten Planens und Bauens.

#### Prinzipielle Massnahmen zur Reduktion des «Restwärmebedarfes»

Massnahmen der rationellen Energieverwendung in Siedlungs- und Bauplanung bezwecken somit

- im Fall A eine Minimierung des «Restwärmebedarfes»

- im Fall C eine Minimierung des Wärmeüberschusses
- Verwandlung möglichst vieler Fälle A im Winter und Fälle C im Sommer in Fälle B. Insbesondere soll der Fall B für möglichst tiefe Aussentemperaturen und hohe Windgeschwindigkeiten erreicht werden.

Alle Massnahmen haben erstens von der Tatsache auszugehen, dass es Körperformen bzw. Gebäudeformen gibt, die im Verhältnis zum umschlossenen Raum unterschiedlich grosse Oberflächen aufweisen und unterschiedliche Berührungsflächen mit dem Boden, zweitens von der Tatsache, dass Fenster die jedem Treibhausbesitzer bekannte Eigenschaft haben, Sonnenstrahlung einzufangen, und drittens, dass jeder Körper imstande ist - unterschiedlich nach Material - Wärme zu speichern und mit zeitlicher Veränderung wieder abzugeben.

- Zum ersten ist bekannt, dass die Kugel den besten *Formfaktor*  $F/V$  - den Quotienten aus Oberfläche und Volumen - aufweist. Bei gleichem  $k$ -Wert der Gebäudehülle weist eine halb so grosse Gebäudeoberfläche pro beheiztem Raum die halben Transmissions-Wärmeverluste auf.
- Zum zweiten haben verschiedene Autoren [2 bis 6] das beeindruckende Ausmass der Kompensation der Transmissions-Wärmeverluste durch die Strahlungsgewinne von Fenstern quantifiziert. Ein doppelt verglastes Südfenster weist nach Rouvel [2] bei einer Aussentemperatur von  $10^{\circ}\text{C}$  im Monatsmittel eine ausgeglichene Wärmebilanz auf, d. h. Verluste und Gewinne heben sich gegenseitig auf und eine zusätzliche Wärmezuführung ist nicht nötig. Der billigste Son-

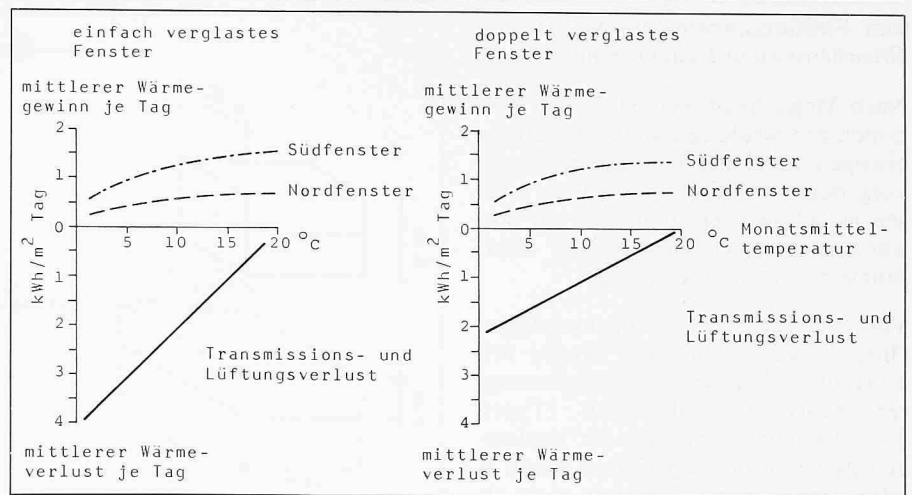


Bild 2. Wärmeverlust und Wärmegewinn je  $\text{m}^2$  Fensterfläche bei einem Glasanteil von 65% 2

nenkollektor ist das Fenster - weil man es ohnehin braucht.

In diesem Sachverhalt liegt denn auch der Grund der unter den deutschen Architekten verbreiteten Kritik an der Wärmeschutz-Verordnung und der DIN-Norm 4108 über Wärmeschutz im Hochbau. Es werde damit «Bunkerarchitektur» erzeugt, heisst es. Die etwa entsprechende, neue schweizerische SIA-Norm 180/1 [7] arbeitet mit einem den Sonnenstrahlungsgewinn der Fenster - unterschiedlich nach Orientierung - berücksichtigenden Besonnungsfaktor zur Korrektur der  $k$ -Werte von Fenstern, der geeignet ist, echte Energieeinsparungen ohne Wohnqualitätseinbussen zu bringen.

- Zum dritten beeinflusst die *Wärmespeicherfähigkeit* innerhalb der wärmedämmenden Hülle entscheidend das Mass des in Übergangszeiten verwertbaren «passiven Sonnenwärmegewinnes», weil sie tagsüber Über-

wärmungen reduzieren kann und nachts zu schnelle Abkühlung. Dieser Sachverhalt ist den Adobe- und Steinbauern der Wüstengegenden seit Jahrtausenden bekannt.

### Typisierung der Siedlungs- und Bausubstanz

Die Fragestellung dieses Forschungsprojektes - letztlich nämlich nach Richtlinien für einen klimaangepassten und damit energiesparenden Siedlungsbau - zwingt zu einer typisierenden Untersuchung repräsentativer Siedlungs- und Baufälle. Diese Typisierung muss so vorgenommen werden, dass die Resultate der quantitativen Auswertung möglichst klar auf deren siedlungs- und bautypische Ursachen zurückgeführt werden können. Diese Forderung wiederum führt zu gezielten und klar strukturierten Variationen der wichtig-

Bild 3. Die 12 Siedlungs-/Bautypenkombinationen, aus denen durch Dichte-, Orientierungs- und Hangneigungskombinationen insgesamt 72 Untersuchungstypen gebildet werden

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Einfamilienhäuser offen	Reihen-Einfamilienhäuser	Geschosswohnungsbau 3-5 geschossig	Geschosswohnungsbau hoher Dichte	Hochhäuser	Städtische Randbebauung	City-Bebauung hoher Dichte	Terrassenhäuser
Konventionelle Siedlungs- und Bautypen ST, BT	X	X	X	X	X	X	X	
Klimabewusste Siedlungs- und Bautypen K-ST, K-ST	X	X	X	X				X

sten Siedlungsparameter, wie *Dichte, Orientierung und Hangneigung*.

Nach Möglichkeit werden diese Variationen pro Siedlungstyp nur mit einem einzigen, möglichst klassischen Bautyp vorgenommen, in einigen Fällen müssen jedoch mehrere Bautypen zur notwendigen Konkretisierung der Siedlungstypen verwendet werden.

Von den insgesamt 8 Siedlungstypen (Bild 3) werden deren 4 sowohl mit konventionellen wie mit klimabewussten Bautypen konkretisiert (Typen 1-4); 3 kommen entweder für Neubaugebiete kaum in Frage (Typen 6 und 7) oder können zum vornherein nicht als klimabewusst bezeichnet werden (Typ 5) und werden daher nur mit konventionellen Bautypen konkretisiert; der Typ 8 ist als klimabewusster Siedlungstyp zu betrachten und wird daher nicht konventionell untersucht.

Klimabewusste Siedlungstypen weisen prinzipiell Ost-West-Zeilen bzw. Südorientierung der Haupträume auf. Sie sind ausserdem generell mit grossen Südverglasungen in Form von Wintergärten bzw. Wintergartenbalkonen und kleinen Nordfenstern versehen (Bild 4). Der Wärmeschutz entspricht auch den klimabewussten Bautypen der geltenden Wärmeschutzverordnung [8], damit Wärmebedarfsunterschiede mit den Siedlungsparametern korreliert werden können. An einem einzigen Testfall (klimabewusster Typ 2, Ausgangslage) wird zum Vergleich zusätzlich die Auswirkung erhöhten Wärmeschutzes berechnet.

## Die dynamische Wärmebedarfsberechnung

Die richtige Erfassung des thermischen Verhaltens von Gebäuden im *zeitlichen Verlauf* setzt sog. *instationäre* Berechnungsmethoden voraus. Diese berücksichtigen die Tatsache, dass die Wärmeträgheit der Gebäudemassen - unterschiedlich nach Baukonzeption und -materialien - *zeitliche Verzögerungen* der Reaktion der Innenraumtemperatur auf veränderte Aussentemperatur, Windverhältnisse, Sonneneinstrahlung und Heizwärmezuführung verursachen. Schon andere Autoren [16, 17] haben nachgewiesen, dass sich die Wärmeträgheit von Bauwerken über mehrere Tageszyklen hinweg ausgleichend auswirken kann.

In der Quantifizierung der in Bild 7 schematisch und beispielhaft gezeigten äusseren Einflüsse, vorgegebenen Zielgrössen und notwendigen Reaktionen

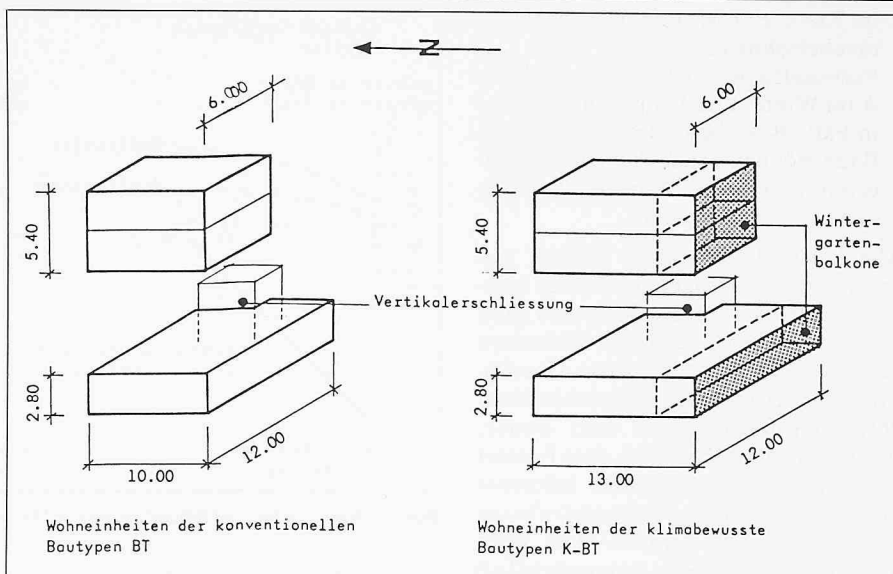


Bild 4. Grundmasse der Wohneinheiten

des Heizsystems liegt ein *methodisches Kernproblem* des Forschungsprojektes.

Die instationäre Betrachtungsweise gestattet, den Zeitgang des Aussenklimas und von periodisch unterschiedlichen Raumnutzungen in die Rechnung mit einzubeziehen, im Gegensatz zu den konventionellen, stationären Berechnungsprinzipien, bei denen Temperatur und Wärmeströme als über die Zeit konstant angenommen werden [18].

Der Zeitfaktor spielt für die Behaglichkeit des Innenraumklimas deshalb diese wichtige Rolle, weil die zum Zeitpunkt der Sonneneinstrahlung vorherrschende Innenraumtemperatur und die zumutbare Behaglichkeitstoleranz über die *brauchbare eingestrahlte Wärme* entscheiden. Kurzfristige starke Temperaturerhöhungen werden meistens durch zusätzliche Lüftung ausgeglichen. Die Überschusswärme wird dabei abgeführt und der effektive Sonnenwärmegewinn damit vermindert.

Für einen typischen Wintertag und bei Heizungsbetrieb mit achtstündiger Nachtabsenkung ist in Bild 7 der Zeitgang der im Rauminnern wirksamen Wärmeströme unterschiedlicher Herkunft für zweistündige Intervalle eingetragen. Man erkennt deutlich, dass der zulässige Schwankungsbereich der Sollraumtemperatur oder mit andern Worten die *Behaglichkeitsgrenze* das Mass der Ausnutzung der Sonneneinstrahlung, d. h. den effektiven Sonnenwärmegewinn beeinflussen kann.

Die für dieses Forschungsprojekt entwickelte Methode der Wärmebedarfsberechnung beruht somit auf der Aneinanderreihung von in *kurzen Zeitabschnitten* durchgeführten, z. B. ein- bis zweistündigen *Wärmebilanzen*: In kurzen Zeitintervallen auftretende Wärmeverluste und Wärmegewinne wer-

den dabei festgestellt und zwar unter Berücksichtigung des momentanen Sonnenwärmeeintrages, des Wärmedurchgangs durch die Bauteile, des Speichervermögens der Konstruktion sowie der Behaglichkeitsanforderungen an das Innenraumklima und der erwünschten Heizungsregelung (Nachtabsenkung).

Zur dynamischen Berechnung von Wärmebilanzen wurde das Rechenprogramm «DYWAN/UR» (Dynamisches Wärmebedarfs-Analysemodell) auf der Grundlage von Beuken-Modellen entwickelt, die mit Hilfe der Laplace-Transformation numerisch bestimmt wurden.

## Quantifizierung der Sonnenwärmeeinstrahlung

Als Ausgangsgrösse für die Ermittlung des effektiven Sonnenwärmegewinns dient die im Gebäudeinnern eintreffende Sonnenenergie, die sog. Sonnenwärmeeinstrahlung. Die auf eine beliebig orientierte Fläche auftreffende Sonnenstrahlung besteht aus folgenden Teilen:

- Direktstrahlung der Sonne
- Diffusstrahlung des blauen (unbedeckten) Himmelsteils
- Diffusstrahlung des bedeckten Himmelsteils
- Diffusstrahlung von reflektierenden Flächen der Umgebung.

Die Direktstrahlung, jener aus der direkt sichtbaren Sonne auftreffende Strahlungsanteil, ist abhängig vom Einfallswinkel zwischen Sonne und Empfängerfläche, Verschattung durch die Umgebung und Strahlungsintensität der Sonne.

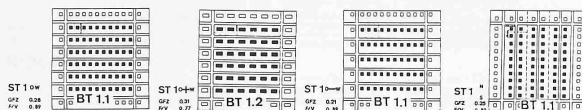
KURZBESCHREIB

SIEDLUNGSTYPEN

BAUTYPEN

**Einfamilienhausiedlung niedriger und mittlerer Dichte, gelegentlich durchsetzt mit kleineren Mehrfamilienhäusern.** Diese Bauungsart findet sich vor allem in Vorortsgemeinden und in Randlagen von Städten. Die häufigsten Bautypen sind freistehende, 1-2 geschossige Einfamilienhäuser und einseitig zusammengebauete, 1-2 geschossige Doppel Einfamilienhäuser

**ST 1**



**Reihenhausiedlung mit 2-3 geschossigen Zeilen, die vorwiegend aus zusammengebaueten Ein- und Zweifamilienhäusern bestehen.** Wie ST 1 findet sich diese Bauungsart vorwiegend in Vorortsgemeinden und in Randlagen von Städten. Bauzeit: seit den Dreissigerjahren

**ST 2**



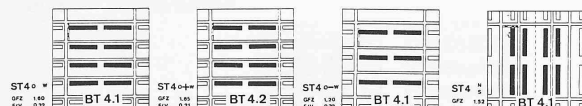
**Wohnbauten mit 3-5 Geschossen, ausschliesslich Mehrfamilienhäuser, die aus Zwei- und Dreispännern, selten aus Vierspännern bestehen.** Diesem Siedlungstyp kann ein Grossteil der Nachkriegsbauten aus den Fünfziger- und Sechzigerjahren zugeordnet werden. Entsprechend finden sich diese Bauten meist am Rand von Städten

**ST 3 OW**



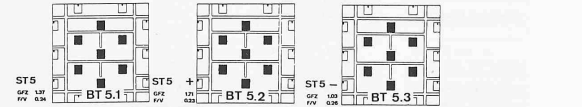
**Block- und Zeilenbauten hoher Dichte, die oft in Verbindung mit Hochhäusern (ST 5) stehen.** Diese Siedlungsform ist typisch für die sog. Trabantenstädte, wie sie in jüngerer Zeit an Stadträndern und in Vororten erstellt worden sind.

**ST 4**



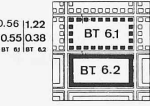
**Turmartige Hochhäuser, freistehend, die oft in Verbindung mit dichtem Geschosswohnungsbau (ST 4) stehen.** Von einem Erschliessungskern werden meist drei bis vier Wohneinheiten erschlossen

**ST 5**



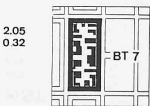
**Städtische Mehrfamilienhäuser aus der Zeit der Jahrhundertwende, die üblicherweise Strassenblöcke mit grossen zentralen Freiräumen bilden.**

**ST 6**



Meist weist diese Bebauung die Form zusammenhängender Randbebauungen oder einseitig zusammengebauter Doppelhäuser auf.

**ST 7**



**Städtische Bauten, die in Zeiten starken Wachstums, also z.B. am Ende des 19. Jahrhunderts oder nach dem zweiten Weltkrieg, in zentraler Lage, d.h. direkt anschliessend an den historischen Stadtkern z.B. in der Nähe von Bahnhöfen errichtet wurden.** Die einzelnen Häuser sind in dichten Baublöcken zusammengedrängt und weisen heute vorwiegend Geschäfts- und Büronutzungen auf

Legende:

- GFZ Geschossflächenziffer: Verhältnis von Bruttogeschossfläche zu Parzellenfläche
- F/V Formfaktor: Verhältnis von bebauter Gebäudeoberfläche zu bebauten Gebäudevolumen
- k<sub>m</sub> mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient in W nach WärmeschutzV
- OW Gebäudezeilen in ost-westlicher Richtung
- N Gebäudezeilen in nörd-südlicher Richtung
- + gegenüber Ausgangslage höhere Dichte
- gegenüber Ausgangslage reduzierte Dichte

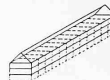
**BT 1.1 / 1.2**

11-GESCHOSSIGE EFH  
FREISTEHEND EINFACH UND  
ZUSAMMENGEBAUT  
F/V : 0.93 / 0.89  
k<sub>m</sub> : 0.82 / 0.86



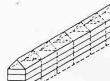
**BT 2**

2-GESCHOSSIGE REIHEN - EFH  
F/V : 0.62  
k<sub>m</sub> : 0.93



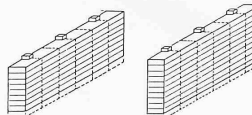
**BT 3**

3-GESCHOSSIGE MFH  
F/V : 0.47  
k<sub>m</sub> : 1.01



**BT 4.1 / 4.2**

8-, resp. 10-GESCHOSSIGE MFH  
F/V : 0.32 / 0.21  
k<sub>m</sub> : 1.20/1.40



**BT 5.1 / 5.2 / 5.3**

12- / 15- / 9- GESCHOSSIGE  
MEHRFAMILIEN - HOCHHAUSER  
F/V : 0.24 / 0.23 / 0.26  
k<sub>m</sub> : 1.40 / 1.40 / 1.34



**BT 6.1 / 6.2**

21 + 4 GESCHOSSIGE, STÄDTISCHE  
RANDBEBAUUNG FREISTEHEND, ZUSAMMENGEBAUT / GESCHLOSSEN  
F/V : 0.55 / 0.38  
k<sub>m</sub> : 0.93 / 1.11



**BT 7**

41-GESCHOSSIGE CITY-RANDBEBAUUNG  
HÖHERE DICHTEN  
F/V : 0.32  
k<sub>m</sub> : 1.20



Bild 5. Konventionelle Siedlungs- und Bautypen

KURZBESCHREIB

SIEDLUNGSTYPEN

BAUTYPEN

Der Typ K-ST 1 mit der niedrigsten Bebauungsdichte entspricht der offenen Einfamilienhausiedlung mit 2-geschossigen Einheiten, die zu Doppelhäusern zusammengebaut sind.

**K-ST 1 ow**

GFZ 0.26  
F/V 0.73  
(0.68)



**K-ST 2 ow**

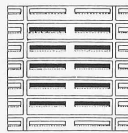
GFZ 0.53  
F/V 0.62  
(0.54)



K-ST 2 entspricht dem zweigeschossigen Reihen-Einfamilienhaustyp

**K-ST 3 ow**

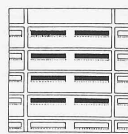
GFZ 0.76  
F/V 0.47  
(0.42)



Die 3-geschossige Mehrfamilienhausüberbauung mit eingewohssigen, zweispännig über Treppen und ohne Aufzüge erschlossenen Wohneinheiten wird als Typ K-ST 3 bezeichnet

**K-ST 4 ow**

GFZ 1.60  
F/V 0.32  
(0.27)



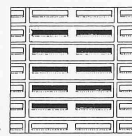
Die gleiche Wohnungsanordnung wie bei K-ST 3, aber auf 8 bis 10 Geschossen mit Aufzügen erschlossen bildet den Typ K-ST 4

**K-ST 8 ow**

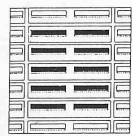
GFZ 0.64  
F/V 0.88  
(0.53)



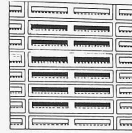
Die Terrassenüberbauung eines Südhanges bildet den letzten und weniger konventionellen Siedlungstyp K-ST 8. Die eingeschossigen Wohneinheiten bilden mit doppelbündiger Schrägerschliessung auf 5 Geschossen Blöcke mit seitlichen Terrassengärten auf gewachsenem Boden



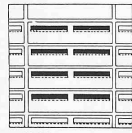
K-ST 2 ow + 12°



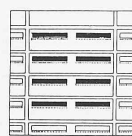
K-ST 2 ow - 12°



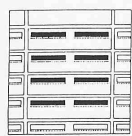
K-ST 2 ow+



K-ST 2 ow-



K-ST 4 ow + 12°



K-ST 4 ow - 12°

Legende:

- GFZ Geschossflächenfaktor: Verhältnis von Bruttogeschossfläche zu Parzellenfläche
- F/V Formfaktor: Verhältnis von beheizter Gebäudenoberfläche zu beheiztem Gebäudevolumen
- k<sub>m</sub> mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient in W/m<sup>2</sup>·K
- 0 W Gebäudeteile in ost-westlicher Richtung
- + 12° Hangneigung 12° gegen Süden
- 12° Hangneigung 12° gegen Norden
- + gegenüber Ausgangsloge höhere Dichte
- gegenüber Ausgangsloge niedrigere Dichte

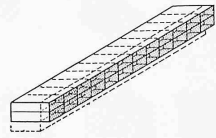
**K-BT 1**

2-GESCHOSSIGE EFH, ZUSAMMENGEBAUT  
F/V : 0.73 ( 0.68 )  
k<sub>m</sub> : 0.79



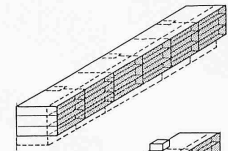
**K-BT 2**

2-GESCHOSSIGE REIHEN-EFH  
F/V : 0.62 ( 0.54 )  
k<sub>m</sub> : 0.93 (K-BT2)  
k<sub>m</sub> : 0.54 (K-BT2A)  
k<sub>m</sub> : 0.93 (K-BT2B)



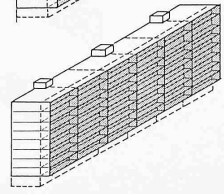
**K-BT 3**

3-GESCHOSSIGE MFH  
F/V : 0.47 ( 0.42 )  
k<sub>m</sub> : 0.97



**K-BT 4**

8-GESCHOSSIGE MFH  
F/V : 0.32 ( 0.27 )  
k<sub>m</sub> : 1.09



**K-BT 8**

5-GESCHOSSIGE TERRASSEN-EFH  
F/V : 0.88 ( 0.77 )  
k<sub>m</sub> : 0.79

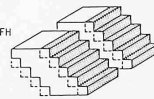


Bild 6. Klimabewusste Siedlungs- und Bautypen

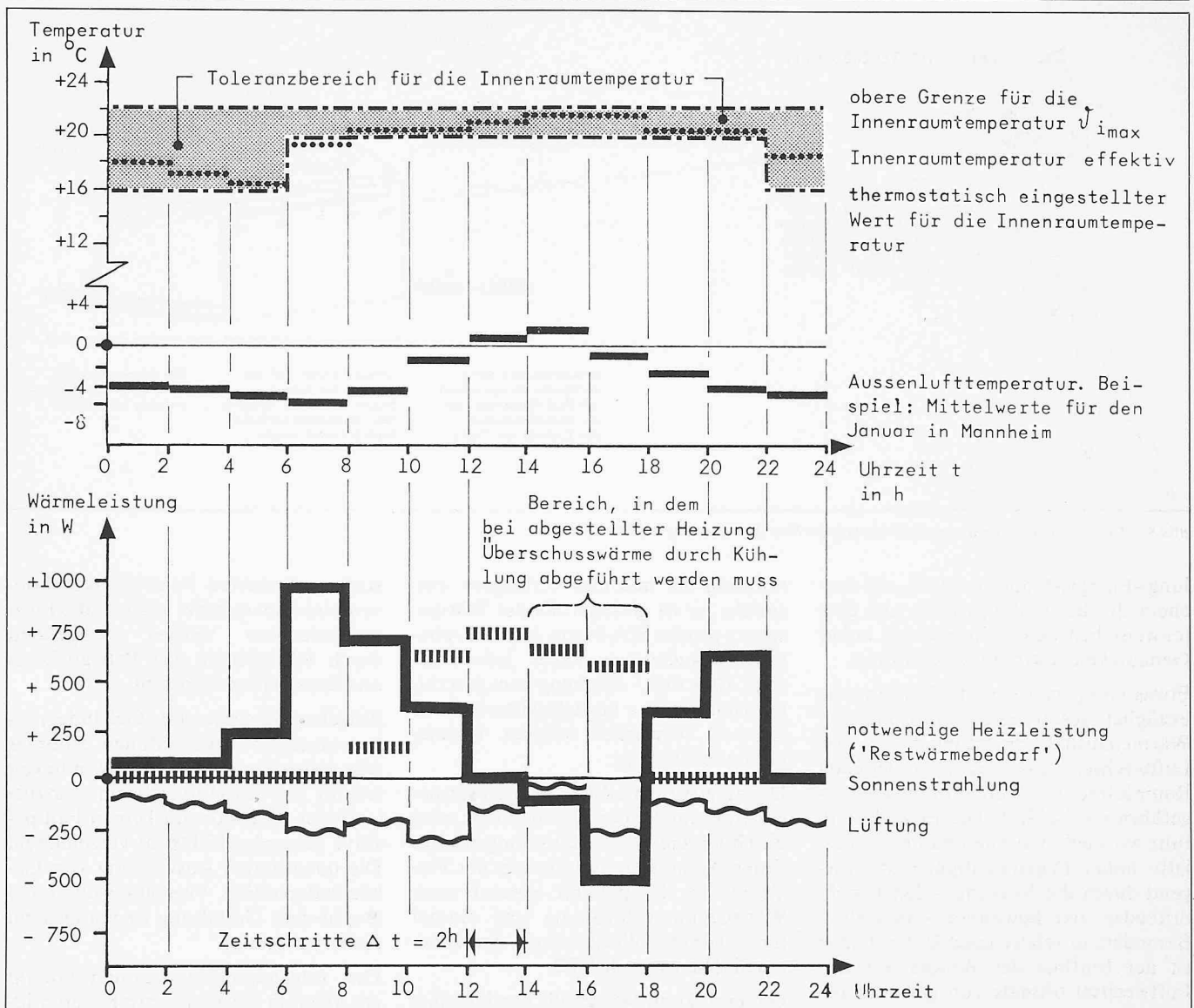


Bild 7. Zeitverlauf der Wärmeleistungen, die im Innenraum infolge äusserer und innerer Belastungen auftreten. Für bestimmte Zeitabschnitte  $\Delta t$  werden die Wärmeleistungen als konstant angenommen

Der *Sonneneinfallswinkel* lässt sich relativ einfach nach den Regeln der sphärischen Trigonometrie aus Neigung und Orientierung der Empfangsfläche einerseits, Sonnenhöhe und Sonnenazimut andererseits berechnen. Sonnenhöhe und -azimut sind Funktionen von Tages- und Jahreszeit. Die *Fremdverschattung* wird in dieser Untersuchung mit einer photographischen Methode bestimmt. Ein massstäbliches Modell der untersuchten Siedlung wird aus genügender Entfernung unter einem dem Sonnenstand entsprechenden Winkel photographiert (Bild 8).

In jeder photographischen Aufnahme sind genau jene Fassadenteile weiss sichtbar, die von der Sonne beschienen werden. Das Ausmass der Fremdverschattung kann somit in beliebigen Zeitintervallen photographisch erfasst und durch Planimetrierung der weissen Flächen in den Aufnahmevergrößerungen genau gemessen werden (Bild 9).

### Typisierung des Aussenklimas; regionalisierte Klimasituationen

Die regional und örtlich unterschiedlichen Klimakenngrössen, welche für diese Art der Wärmebedarfsberechnung von Bedeutung sind, lauten:

- Aussenlufttemperatur
- Windstärke
- Sonneneinstrahlung
- Sonnenscheindauer.

Zur rechnerischen Simulation des Wärmehaushaltes sind repräsentative Klimazyklen erforderlich. Darunter sind Wertereihen der genannten Klimamerkmale im Jahres- und Tagesgang zu verstehen. Sie sollen die zeitlichen Schwankungen des Klimas mit ausreichender Genauigkeit wiedergeben. Die Berechnungen erfolgen mittels des für dieses Forschungsprojekt entwickelten Rechenprogrammes DYWAN/UR (Dynamisches Wärmebedarfs-Analyse-

Modell). Datenlage, Genauigkeitsanforderung und Kostengründe legen es nahe, mit jeweils drei repräsentativen Tageszyklen je Monat (klare, bedeckte, trübe Tage) zu arbeiten.

Von den drei hauptsächlichen Klimaelementen (Aussentemperatur, Sonneneinstrahlung und Wind bzw. Luftwechsel) bereitet die zuverlässige Erfassung der *Sonneneinstrahlung* die grössten Probleme.

Für die beiden in Wirklichkeit seltenen Extremzustände des völlig klaren und des vollständig bedeckten Himmels sind zuverlässige Berechnungsmethoden bekannt. Besondere Probleme stellen sich, wenn unter Berücksichtigung von Bewölkungshäufigkeit und -verteilung Strahlungswerte für teilweise bedeckte Tage, die praktisch den Normalfall darstellen, zu bestimmen sind. Auf der Grundlage des von S. Aydinli [20] entwickelten Verfahrens wurde das Rechenprogramm STEMOD/UR (Strah-



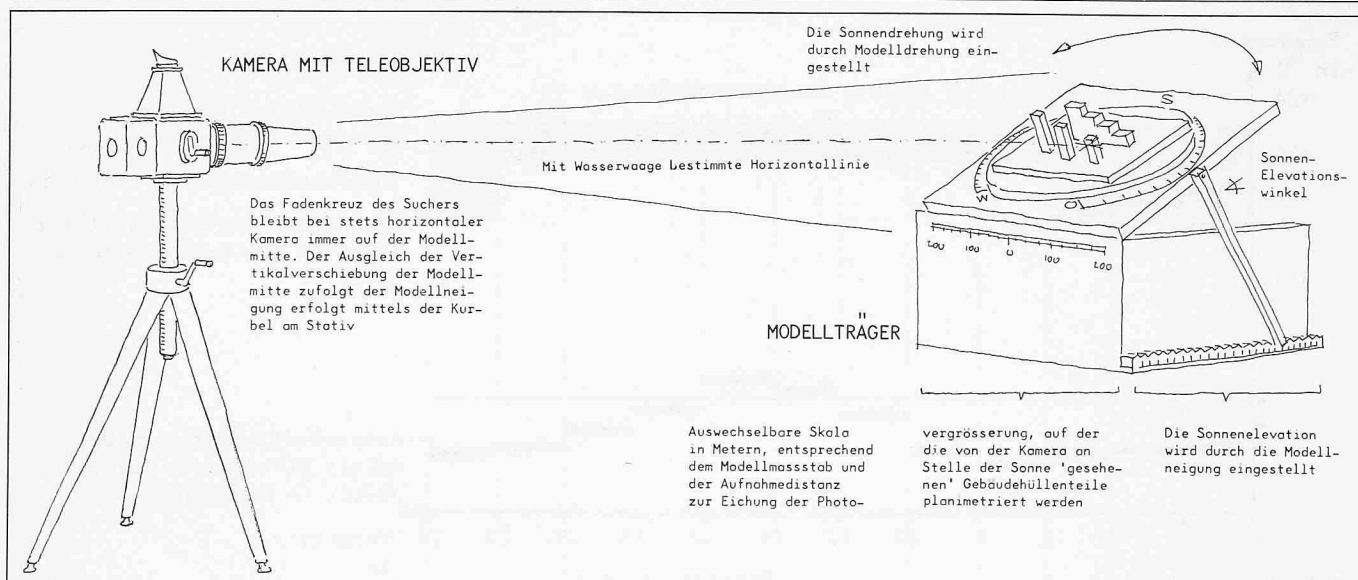


Bild 8. Gerät zur fotografischen Bestimmung der Fremdverschattung («GEPHOBEF»)

lungs-Energie-Modell) erstellt, mit welchem die Bestrahlungsstärke aus dem teilweise bedeckten Himmel mit hoher Genauigkeit bestimmt werden kann.

Etwas komplexer sind die Verhältnisse bezüglich des *Windeinflusses*. Für den Wärmehaushalt massgeblich ist der Luftwechsel – das Verhältnis zwischen Raumluftvolumen und von aussen zugeführter Frischluft. Die Frischluftzufuhr wird bei modernen Bauten mit relativ hoher Fugendichtigkeit überwiegend durch die Nutzung – den Frischluftbedarf der Bewohner – bestimmt. Besonders in relativ geschützten Lagen ist der Einfluss des Windes auf den Luftwechsel oftmals von geringer Bedeutung.

Für diese Arbeit werden deshalb Luftwechsel-Tageszyklen bestimmt, die aus einem dem Windeinfluss entsprechenden Grundluftwechsel und einem nutzungsbedingten Zusatzluftwechsel bestehen.

## Rechenergebnisse und Ergebnisinterpretation

In Tabelle 1 werden die Berechnungsergebnisse für die eingestrahelte Sonnenenergie während der Monate September bis April, in Tabelle 2 und 3 die dynamisch ermittelten Rechenergebnisse zusammengefasst. Die Norm-Wärmebedarfe fallen automatisch bei dynamischer Berechnung an.

Für den Fall der weiteren Verwendung der in dieser Untersuchung mit dynamischen Verfahren errechneten, absoluten Grössen des Heiz- oder «Rest»-Wärmebedarfes sei daran erinnert, dass der Wärmeschutz auch der klimagerechten Bautypen aus methodischen Gründen dem in der Wärmeschutzver-

ordnung als minimal verlangten entspricht; er ist geringer als der Wärmeschutz gemäss SIA-Norm 180/1. Frühere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sich – abhängig vom gewählten Heizsystem – betriebswirtschaftlich ein z. T. wesentlich höherer Wärmeschutz rechtfertigt.

Der relative Anteil der Sonnenwärmeeinstrahlung an der Wärmebilanz wird durch höhere Wärmedämmung erhöht. Einen Anhaltspunkt dafür gibt der Vergleich des beispielhaft einmal nach Wärmeschutzverordnung und einmal mit erhöhtem Wärmeschutz gerechneten Siedlungstyps K-ST 2.

Generell kann festgestellt werden, dass die siedlungstypischen Unterschiede der *Sonneneinstrahlung* auf den ersten Blick leichter verständlich und oftmals plausibler sind als die Unterschiede beim dynamisch berechneten Wärmebedarf. Das rührt von der Tatsache her, dass in der *dynamischen*, der Wirklichkeit eher entsprechenden Berechnung als in der Normberechnung, welche bekanntlich die Sonneneinstrahlung nur pauschalisiert berücksichtigt, sich die in den Ausgangshypothesen dieses Forschungsprojektes erkannten *Gegenläufigkeiten* von Formfaktor und Sonneneinstrahlung auswirken.

Man beachte im übrigen, dass die im Zusammenhang mit den dynamischen Rechenresultaten ausgewiesenen Sonneneinstrahlungswerte sich auf das ganze Jahr, während die Einstrahlungswerte sich auf die acht Heizmonate von September bis April beziehen.

## Windschutz

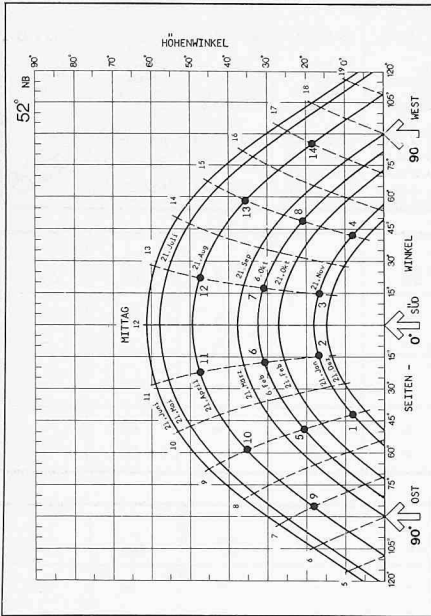
Die Bedeutung des Windes für den Heizenergiebedarf darf angesichts der

stark verbesserten Fensterkonstruktionen nicht überschätzt werden; die Luftwechselzahlen werden weitgehend durch Rücksichten auf Behaglichkeit und Bauschäden bestimmt.

Einzelne Gebäude oder Gebäudegruppen erzeugen sowohl Zonen erhöhter wie reduzierter Windgeschwindigkeiten. In Anblasrichtung haben «erstbetroffene» Gebäude auf keinen Fall positive Gruppeneffekte zu verzeichnen. Die quantitative Auswirkung von Gebäudedisposition, Vegetation und topographischer Gestaltung ist vorderhand nicht typisierbar.

Den folgenden Massnahmen kommt vor allem in Gegenden mit hohen mittleren Windgeschwindigkeiten und häufigen Starkwinden, wie z. B. entlang den Küsten, eine wohnumfeldverbessernde Bedeutung zu:

- *Natürliche*, quer zur Hauptwindrichtung angeordnete *Windbrecher*, wie zusammenhängende Baum- und Heckenbepflanzungen, haben eine gleichmässiger starkwindreduzierende Wirkung als Bauwerke, zwischen denen oft schwer vorhersehbare «Düseneffekte» mit lokal erhöhten Windgeschwindigkeiten entstehen. Deren Abstände sollten 150 m nicht überschreiten.
- Bewindung ist nicht nur negativerweise gleichbedeutend mit Wärmeverlust, sondern positiverweise auch mit «*Ventilation*» und damit sommerlicher Kühlung und ganzjähriger Luft-Schadstoff-Entfernung. Daraus kann gefolgert werden, dass Windbrecher in Form von Windschutzbepflanzungen in jenen Richtungen anzuordnen sind, aus denen erfahrungsgemäss *winterliche Starkwinde* wehen. Die natürliche *Ventilation* durch sommerliche Erfrischungswinde jedoch ist zu fördern.



Für die Untersuchung gewählte astronomische Daten, numerierte Fixpunkte für die photographische Besonnungsbestimmung (zu nebenstehendem Bild)

- Die immergrünen Windbrecherpflanzungen dürfen keine Verschattung der Gebäude verursachen.
- Bauwerke sollten durch Vegetation und geschickte Anordnung im topographisch windberuhigten Gelände geschützt sein und sich nicht selbst schützen müssen.
- In speziellen Situationen - bei Senken ohne «Abfluss» - können sich bei Windstille und kaltem Wetter Kaltluftseen bilden. Deren Entstehung wird am besten vermieden, indem talwärtige Luftabflüsse durch topographische und bauliche Massnahmen offengehalten bzw. geöffnet werden. Vegetation ist kaum jemals dicht genug, um solche entlastenden Kaltluftabflüsse, die stets der Schwerkraft folgen, zu verhindern.
- Beide Massnahmen sind um so eher realisierbar, je niedriger («im Gebüsch versteckt») die Bauwerke sind.

Die Empfehlung, nicht über Baumhöhe zu bauen, kann nicht allein energetisch begründet werden, zumal hohe Scheibenhäuser - im Gegensatz zu Punkthochhäusern, die auch diesbezüglich ungünstiger sind - ebenso hohe spezifische Sonneneinstrahlungen aufweisen wie niedrige und ausserdem bessere Formfaktoren.

Die Begründung für diese Empfehlung liegt eher auf der erwähnten Ebene des «Wohnumfeldes» und im Bereich der Masstäblichkeit von Bauwerken und Zwischenräumen und damit im Bereich der günstigeren Voraussetzung niedriger Bauten für differenzierte soziale Interaktionen.

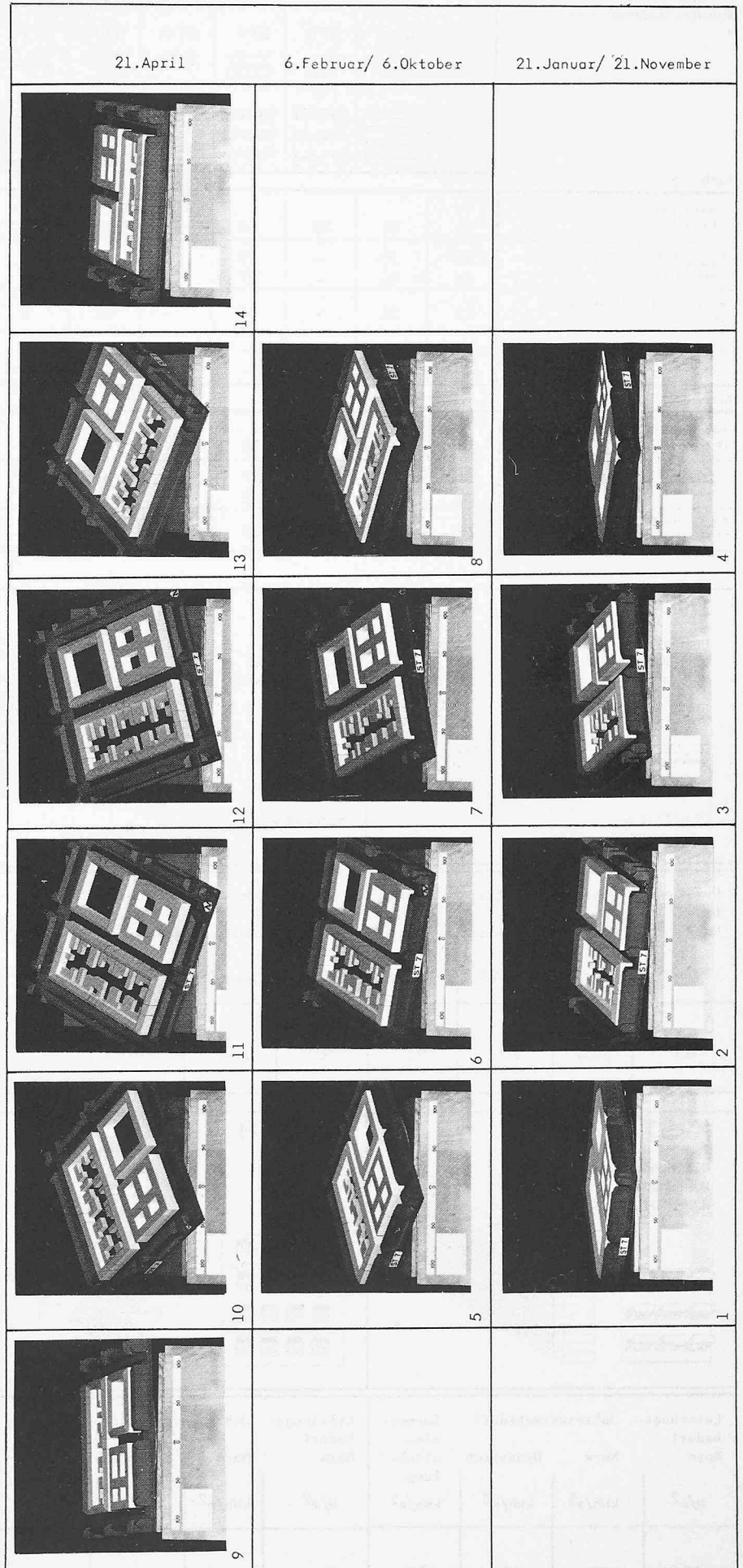


Bild 9. Photographische Fremdbeschattung für die astronomischen Fixpunkte 1-14. Siedlungstyp ST 7: Citybebauung hoher Dichte

Tabelle 1 (Legende unten)

ST 1 EIN-FAMILIENHAUS-SIEDLUNG 	ST 2 REIHEN-EINFAMILIENHAUSER 	ST 3 WOHN-BLOCKS 3-5 GESCHOSSIG 	ST 4 GESCHOSS-WOHNUNGSBAU HOHER DICHTE 	ST 5 HOCHHAUS-SIEDLUNG 	ST 6 STÄDTISCHE RÄNDE-BAULANG 	ST 7 CITY-BEBALUNG HOHER DICHTE 	K-ST 1 EIN-FAMILIENHAUS-SIEDLUNG 	K-ST 2 REIHEN-EINFAMILIENHAUSER 	K-ST 3 WOHN-BLOCKS 3-5 GESCHOSSIG 	K-ST 4 GESCHOSS-WOHNUNGSBAU HOHER DICHTE 	K-ST 8 TERRASSENHAUS-SIEDLUNG 
---------------------------------------	--------------------------------------	--	---	-------------------------------	--------------------------------------	--	---	--	--	---	--------------------------------------

Hamburg

Ausgangslage (0 W Zeilen)	0 W	26	31	30	26	14	19	11	59	63	74	73	69
mit 2 zusätzl. Dichtevarianten - Erhöhung - Reduktion	0+W	29*	30	-	25	13	-	-	-	62	-	-	-
	0-W	26	31	-	27	12	-	-	-	63	-	-	-
mit 1 zusätzl. Orientierung (N-S Zeilen)	N	22	21	-	17	-	13	8	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mit 2 zusätzl. Hangneigungen - Südhang - Nordhang	+12°	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	77	-
	-12°	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	63	-

Nürnberg

Ausgangslage (0 W Zeilen)	0 W	30	36	34	30	-	-	-	69	73	87	84	-
mit 2 zusätzl. Dichtevarianten - Erhöhung - Reduktion	0+W	34	35	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-
	0-W	30	36	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-
mit 1 zusätzl. Orientierung (N-S Zeilen)	N	26	24	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<p><b>ST 3</b></p> <p>GESCHOSS-WOHNUNGSBAU 3-5 GESCHOSSIG</p>	<p><b>ST 4</b></p> <p>GESCHOSS-WOHNUNGSBAU HOHER DICHTE</p>	<p><b>K-ST 3</b></p> <p>GESCHOSS-WOHNUNGSBAU 3-5 GESCHOSSIG</p>
---	---	---

Leistungsbedarf Norm	Jahreswärmebedarf Norm		Sonneneinstrahlung kWh/m <sup>2</sup>	Leistungsbedarf Norm	Jahreswärmebedarf Norm		Sonneneinstrahlung kWh/m <sup>2</sup>	Leistungsbedarf Norm	Jahreswärmebedarf Norm		Sonneneinstrahlung kWh/m <sup>2</sup>
	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>			Dynamisch kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>			kWh/m <sup>2</sup>	Dynamisch kWh/m <sup>2</sup>	
63	128	90	51	50	102	77	24	51	105	73	109

<p><b>K-ST 4</b></p> <p>GESCHOSS-WOHNUNGSBAU HOHER DICHTE</p>	<p><b>K-ST 8</b></p> <p>TERRASSENHAUSER</p>
---	---

Leistungsbedarf Norm	Jahreswärmebedarf Norm		Sonneneinstrahlung kWh/m <sup>2</sup>	Leistungsbedarf Norm	Jahreswärmebedarf Norm		Sonneneinstrahlung kWh/m <sup>2</sup>
	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>			Dynamisch kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	
43	89	61	99	52	106	102	25

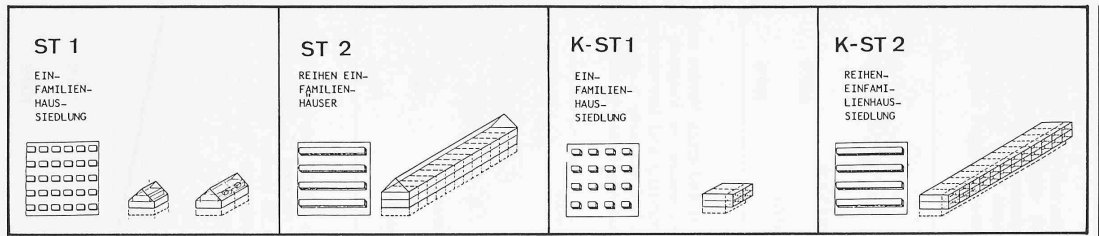
Tabelle 1. Einstrahlung (Wärmemenge) von September bis April, kWh/m<sup>2</sup> (gerundete Werte); unten: Werte für Hamburg; ganz unten: Nürnberg

\*Die Verdichtung beim ST 1 musste durch ein Doppel-Einfamilienhaus mit gegenüber dem Einfach-Einfamilienhaus geänderter Geometrie erreicht werden

Tabelle 3. Synoptische Darstellung - Leistungsbedarf nach Normberechnung, Jahreswärmebedarf nach Norm- und dynamischer Berechnung und Sonneneinstrahlung der Siedlungstypen ST 3, ST 4, K-ST 3, K-ST 4 und K-ST 8. Hamburg, Ausgangslage: Ost-West-Zeilen

Tabelle 2. Synoptische Darstellung - Leistungsbedarf nach Normberechnung, Jahreswärmebedarf nach Norm- und dynamischer Berechnung und ganzjähriger Sonneneinstrahlung der Siedlungstypen ST 1, ST 2, K-ST 1 und K-ST 2

\*Die Verdichtung beim ST 1 musste durch ein Doppel-Einfamilienhaus mit gegenüber dem Einfach-Einfamilienhaus geänderter Geometrie erreicht werden. Das erklärt den unterschiedlichen Wärmebedarf. Beim dynamisch berechneten Wärmebedarf wirkt sich aus, dass das Doppelhaus trotz Verdichtung eine geringere Fremdbeschattung aufweist



HAMBURG

		Leistungsbedarf				Jahreswärmebedarf				Sonneneinstrahlung							
		Norm	Norm	Dynamisch	Sonnen-	Norm	Norm	Dynamisch	Sonnen-	Norm	Norm	Dynamisch	Sonnen-				
		W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>				
Ausgangslage ( Ost-West-Zeilen)	0 W	85	172	162	41	75	153	122	50	70	141	107	81	57	118	101	88
Dichtevarianten ( Ost-West-Zeilen )	0+W	74 *	163 *	121 *	47 *	75	153	123	49								
	0-W	85	172	162	41	75	153	121	50								
Orientierungsvarianten ( Nord-Süd-Zeilen)	N													67	136	119	58
	S	88	177	147	39	75	154	134	35								
Hangneigungen ( Ost-West-Zeilen )	+12°													-	-	-	-
	-12°													57	118	103	80
Erhöhter Wärmeschutz	+W													45	92	83	88

NÜRNBERG

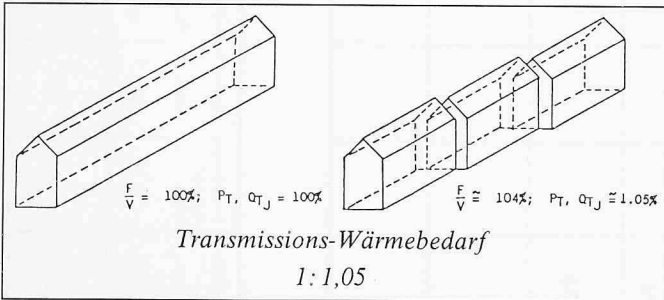
		Leistungsbedarf				Jahreswärmebedarf				Sonneneinstrahlung							
		Norm	Norm	Dynamisch	Sonnen-	Norm	Norm	Dynamisch	Sonnen-	Norm	Norm	Dynamisch	Sonnen-				
		W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>				
Ausgangslage ( Ost-West-Zeilen)	0 W	82	151	131	46	78	146	108	56	77	142	107	90	63	118	99	100

## 12 Regeln für die Orts- und Quartierplanung

Die Quantifizierung der Sonneneinstrahlung und der dynamischen Berechnung des siedlungs- und bautypenspezifischen «Restwärmebedarfes» erlaubt die Formulierung der folgenden 12 *Faustregeln* für die Berücksichtigung von Möglichkeiten rationeller Energieverwendung in der Bauleitplanung. Diese beziehen sich entsprechend dem Forschungsauftrag vor allem auf die rein siedlungsplanerischen und nur beschränkt auf bauliche Massnahmen, nicht aber auf solche zur Deckung dieses Heizwärmebedarfes durch Wärmeversorgungssysteme.

### 1. Regel

Vermeidung unnötig komplizierter Gebäudeformen. Die Transmissionswärmeverluste sind bei gleicher Wärmedämmung proportional zum Formfaktor (Oberfläche zu Volumen).



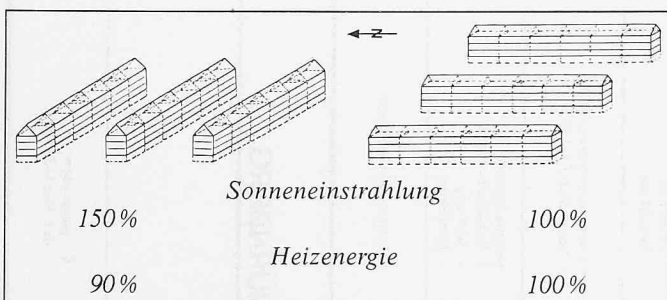
### 2. Regel

Zusammenbau statt offener Bauweise verbessert den Formfaktor drastisch.

Jahreswärmebedarf:		Formfaktor:	
Konventioneller Bautyp	Klimagerechter Bautyp		
ST 1 162 kWh/m <sup>2</sup> a = 100%	K-ST 1 107 kWh/m <sup>2</sup> a = 100%		0.9
↓	↓		0.6
ST 2 74%	K-ST 2 94%		0.5
↓	↓		0.2
ST 3 56%	K-ST 3 68%		
↓	↓		
ST 4 48%	K-ST 4 61%		

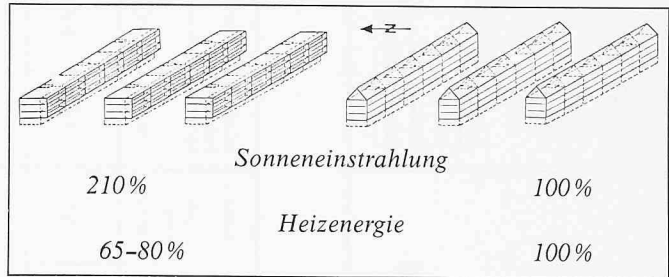
### 3. Regel

Ost-West-Zeilen statt Nord-Süd-Zeilen gewinnen erheblich mehr winterliche Sonnenenergie: Ost-West-Zeilen weisen gegenüber Nord-Süd-Zeilen bei gleicher, konventioneller Bauweise 50% mehr Sonneneinstrahlung und 10% weniger Heizenergiebedarf während der Heizzeit auf.



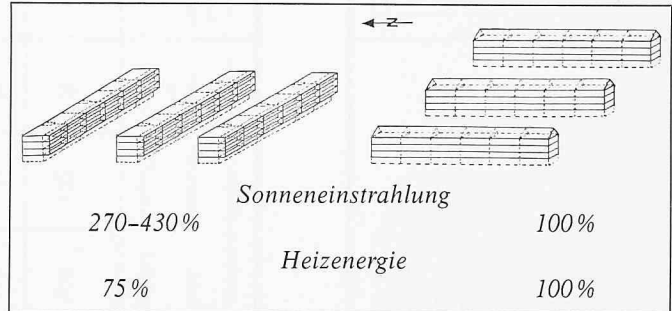
### 4. Regel

Gegen Süden grosszügig verglaste und gegen Norden minimal befensterte Ost-West-Zeilen weisen im Vergleich zu gleich wärmedämmten, gleichmässig und konventionell befensterten Ost-West-Zeilen 140% mehr Sonneneinstrahlung und 20-35% weniger Heizenergiebedarf während der Heizzeit auf.



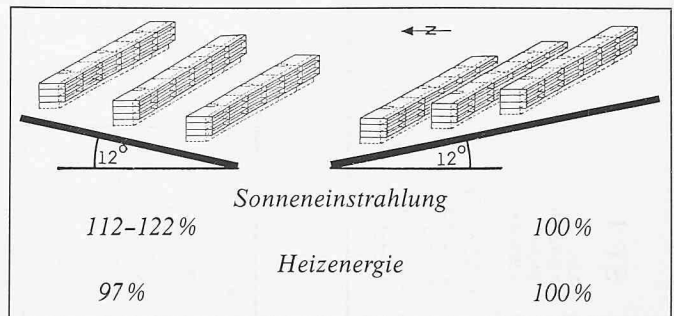
### 5. Regel

Gegen Süden grosszügig verglaste und gegen Norden minimal befensterte Ost-West-Zeilen weisen im Vergleich zu gleich wärmedämmten, gleichmässig und konventionell befensterten Nord-Süd-Zeilen 170-330% mehr Sonneneinstrahlung und 25% weniger Heizenergiebedarf während der Heizzeit auf.



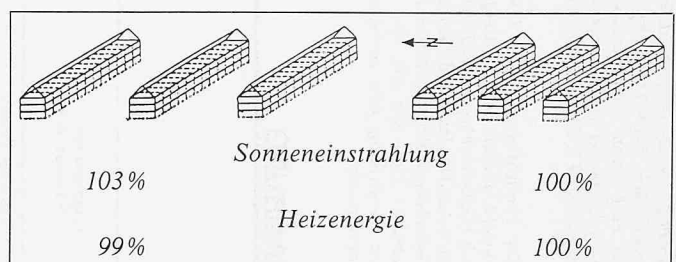
### 6. Regel

Ost-West-Zeilen am nach Süden um 12° geneigten «Vorderhang» empfangen während der Heizzeit 12-22% mehr Sonneneinstrahlung und benötigen 3% weniger Heizenergie als die gleiche Bebauung am entsprechenden Nordhang.

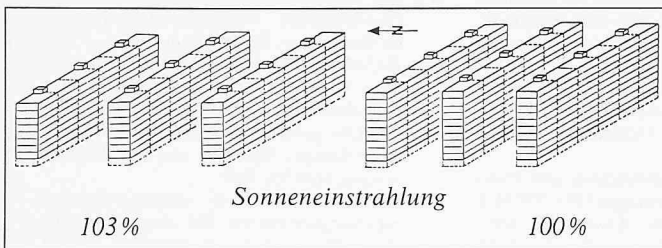


### 7. Regel

Durch Verdünnung einer Ost-West-Zeilenbebauung von GFZ 0.65 auf 0.40 mittels Vergrösserung der Gebäudeabstände erhöht sich die Sonneneinstrahlung während der Heizzeit um 3% und vermindert sich der Heizbedarf um 1%.



Durch Verdünnung der GFZ 1.85 auf 1.2 mittels kleinerer Bauhöhen und vergrösserten Gebäudeabstands erhöht sich die Sonneneinstrahlung während der Heizzeit ebenfalls um 3%.



**8. Regel**

Bauweisen sind zwecks Erhöhung der Sonneneinstrahlung so zu mischen, dass höhere, dichtere Bebauungen im Norden, niedrigere, weniger dichte Bebauungen dagegen im Süden liegen.

Also keine Zonen für «offene Einfamilienhäuser», «Reihen-häuser», «Geschosswohnungsbau», sondern grundsätzlich Mischzonen mit Ost-West-verlaufenden Grünunterteilungen.

Zwischen höhengestaffelten Gruppen: grössere, gemischt be-grünte Abstände.

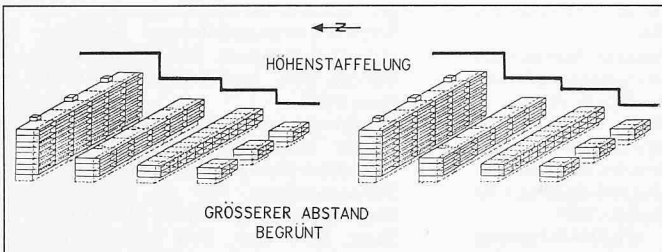
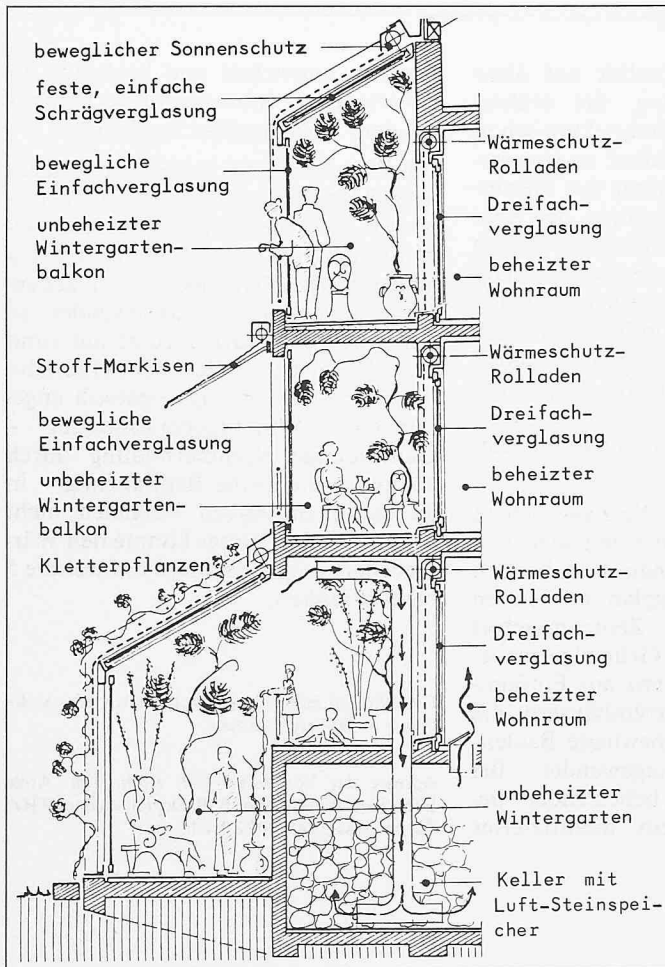


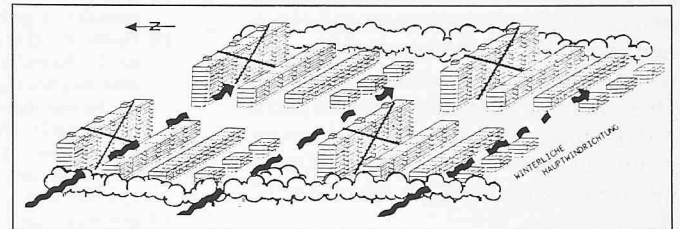
Bild zur 12. Regel



**9. Regel**

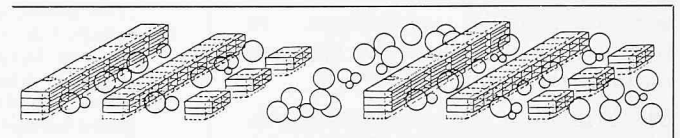
Windbrecher sind als dichte, gemischte Baumpflanzungen in Abständen von max. 150 m quer zur winterlichen Hauptwindrichtung so zu konzipieren, dass sie die sommerliche Ventilation ermöglichen.

Die Windschutzbepflanzung sollte Gebäudehöhe erreichen; d. h. umgekehrt, dass die Gebäudehöhen sich auf Baumhöhen beschränken sollten. Gebäude als Windbrecher (quer zur Windrichtung, bei vorwiegendem Westwind als Nord-Süd-Zeilen) sind meist ungeeignet.



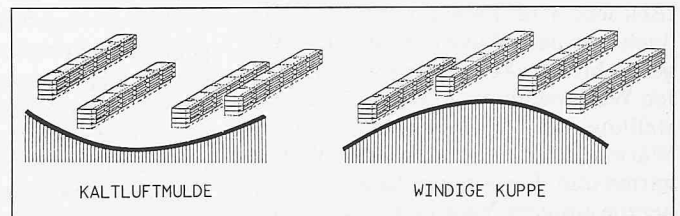
**10. Regel**

Die Vegetation innerhalb der Bebauung soll die winterliche Sonneneinstrahlung nicht reduzieren und ist daher, zwecks sommerlichen Sonnenschutzes und zur Verbesserung des Mikroklimas als Laubpflanzen zwischen und an den Gebäuden anzulegen.



**11. Regel**

Die Bebauung von bestehenden Kaltluftmulden oder die Schaffung solcher Mulden durch die Bebauung ist ebenso zu vermeiden wie die Bebauung windiger Kuppen, die ohnehin zur allgemeinen öffentlichen Benutzung oft besser unter Aussichtsschutz gestellt werden.



**12. Regel**

Massnahmen des klimabewussten Siedlungsbaus können sich erst dann voll auswirken, wenn auf baulicher Ebene die Massnahmen zur Nutzung des erhöhten Sonneneinstrahlungspotentials ergriffen werden (Bild links):

- durch vergrösserte Fensterflächen und evtl. Wintergärten bzw. Wintergartenbalkone an den Südfassaden und verkleinerte Ost- und West-, vor allem aber Nordfenster.
- durch sommerlichen Strahlungsschutz mittels fester und beweglicher, aussenliegender Schattenspender, wie die Strahlungsrichtung berücksichtigende, feste Bauteile und bewegliche Markisen, Jalousien und - am besten! - durch Laubvegetation.
- durch erhöhten allgemeinen Wärmeschutz (Wärmedämmung, beweglicher nächtlicher Wärmeschutz der Fenster) erhöht sich der Anteil der Sonnenstrahlungsgewinne an der gesamten Raumwärmebilanz.
- durch Grundrisse, die sich bei Wegfall ausreichender Sonneneinstrahlung und bei tiefen Aussentemperaturen reduzierend in Temperaturzonen «abschotten», bei starker Erwärmung durch Sonneneinstrahlung jedoch öffnen lassen.
- durch genügende, gebäudeinterne Wärmespeichermassen zwecks Vermeidung von Überwärmung bei intensiver Sonneneinstrahlung und damit zur Reduktion vermeidbarer Lüftungsverluste. Wo baulich möglich, Luft-Steinspeicher im Keller.

## Wirtschaftlichkeit

Analog zur Wirtschaftlichkeit des Wärmeschutzes [21] stellt sich auch bei siedlungsplanerischen Massnahmen die Frage nach Kosten und Nutzen zur Senkung des Heizwärmebedarfes. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Massnahmen auf der Quartierplan- und solchen auf der Gebäudeebene. Die beiden Ebenen lassen sich deshalb nicht ganz trennen, weil die Sonneneinstrahlungspotentiale aus Planungsmassnahmen auf Orts- und vor allem auf Quartierebene nur dann ausgeschöpft werden können, wenn auf baulicher Ebene die Konsequenzen gezogen werden (siehe die 12. Regel).

Generell darf man davon ausgehen, dass die *Massnahmen im Orts- und Quartierplan nichts kosten*, wenn sie rechtzeitig ergriffen werden. Wollte man tiefer in die Wechselwirkungen zwischen Grundstückskosten, Geschossflächenziffer, Bauform und Sonnenwärmepotential eindringen, so kommt man schnell an die Grenzen vernünftiger Quantifizierbarkeit.

Die Ergebnisse eines Forschungsprojektes in Erlangen-West [22], in welchem eine betriebswirtschaftliche Optimierung sowohl von traditionellen Wärmeschutzmassnahmen wie auch von Massnahmen zur Erhöhung des passiven Sonnenwärmegewinnes am Siedlungstyp 3 durchgeführt worden ist, zeigten, dass letztere zwar energetisch sehr wirksam sein können, sich jedoch erst *nach* Ausschöpfung der billigeren Möglichkeiten des konventionellen Wärmeschutzes lohnen. Diese Feststellung betrifft insbesondere die als Wärmepufferzonen wirkenden Wintergärten und Wintergartenbalkone, weniger die einfache Vergrösserung des Fensterflächenanteils der Südfassaden.

Die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse des Erlanger Projektes müssten jedoch an zusätzlichen Siedlungstypen überprüft und es müssten ausserdem noch billigere Wintergartenbalkon-Verglasungen in Betracht gezogen werden, bevor verallgemeinerbare Aussagen gemacht werden können.

Vor allem jedoch gehört in eine echte Wirtschaftlichkeitsbeurteilung die – im Erlanger Beispiel noch nicht erfolgte – Einrechnung des erhöhten Wohnwertes von Wintergärten und Wintergartenbalkonen, die an rund 250 Tagen im Jahr benutzbar sind und somit zu  $\frac{2}{3}$  der Fläche als «beheizt» anzurechnen wären – ohne Heizung natürlich.

## Literaturverzeichnis

- [1] Bundesbaugesetz (BBauG); Neufassung vom 18. August 1976
- [2] Rouvel, L.: «Baugestaltung als Einflussfaktor der Raumkonditionierung», Brennstoff-Wärme-Kraft Nr. 8, August 1975
- [3] Rouvel, L.; Wenzel, B.: «Kenngrössen zur Beurteilung der Energiebilanz von Fenstern während der Heizperiode»; HLH Nr. 8, August 1979
- [4] Rouvel, L.: «Gebäudeplanung und Heiztechnik»; in gwf-gas/erdgas 119/1978 H. 8
- [5] Gertis, K.; Hauser, G.; Künzel, H.; Nikolic, V.; Rouvel, L.; Werner, H.: «Energetische Beurteilung von Fenstern während der Heizperiode»; Deutsches Architektenblatt, Heft 2/1980
- [6] Eggenberger, A.: «Der Wärmehaushalt von verglasten Gebäudeflächen»; SBZ Heft 18/1978
- [7] SIA-Norm 180/1, Ausgabe 1980: «Winterlicher Wärmeschutz im Hochbau»
- [8] Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden vom 22.7.1976, BGBl. I Nr. 87/1976; Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden («Wärmeschutz V») vom 11. August 1977
- [9] Wright, D.: «Sonne, Natur, Architektur – Anleitung zum energiebewussten Bauen» (Engl.: «Natural Solar Architecture», 1978); Karlsruhe, 1980
- [10] Sabady, P. R.: «Biologischer Sonnenhausbau – die Kunst, naturgerecht und energiesparend zu bauen»; Zürich, 1980
- [11] Nikolic, V.: «Handbuch des energiesparenden Bauens»; Wuppertal, 1978
- [12] Watson, D.: «Le Livre des maisons solaires» (Engl.: «Designing and Building a Solar House», 1977); Quebec, 1979
- [13] Steiger, P. et al.: «PLENAR-Planung, Energie, Architektur»; Niederteufen, 1975
- [14] Mazria, E.: «The passive solar energy book»; Emmaus, USA, 1979
- [15] U.S. Department of Housing and Urban Development: «A Survey of Passive Solar Buildings»; Washington, 1979
- [16] Haferland, F.; Heindl, W.; Fuchs, H.: «Ein Verfahren zur Ermittlung des wärmetechnischen Verhaltens ganzer Gebäude unter periodisch wechselnder Wärmeeinwirkung»; Berichte aus der Bauforschung, Heft 99; 1975
- [17] Gertis, K.; Hauser, G.: «Instationäre Berechnungsverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz im Hochbau – Eine zusammenfassende Darstellung aufgrund des vorliegenden Schrifttums»; Berichte aus der Bauforschung, Heft 103; 1975
- [18] DIN 4701: «Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfes von Gebäuden»; Entwurf Neufassung 1978
- [19] DIN 4710: «Meteorologische Daten»; Entwurf 1979
- [20] Aydinli, S.: «Über die Berechnung der zur Verfügung stehenden Solarenergie und des Tageslichtes»; Fortschrittsbericht der VDI-Zeitschriften; Reihe: «Energietechnik – Wärmetechnik»; Düsseldorf, 1981
- [21] Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: «Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen», Schriftenreihe Raumordnung, Heft 06.044; Bearbeitung: Büro «ur», Ueli Roth, Zürich; Bonn 1980
- [22] Bundesminister für Forschung und Technologie: «Energiesparende Massnahmen im sozialen Wohnungsbau am Beispiel des Bebauungsplanes 402 in Erlangen»; Durchführung: PROGNOSE AG, Köln/Basel; Büro «ur», Ueli Roth, Zürich; Schmidt-Reuter, Köln, 1980/81

Nicht zuletzt im Hinblick auf diese Wohnwertvergrösserung, die einhergeht mit wertvollen architektonischen Gestaltungschancen, lohnt es sich bestimmt, eher Massnahmen zur Gewinnung und Nutzbarmachung der Sonnenwärme auf passive Weise als mittels Sonnenkollektoren zu ergreifen, auch wenn sie auf Gebäudeebene nicht gratis sind. Die sinnvolle Kombination passiver und aktiver Massnahmen ist jedoch nicht auszuschliessen, im Gegenteil. Die Wirtschaftlichkeit solcher Massnahmenkombinationen muss im Einzelfall abgeklärt werden.

An einem konkreten *Neubaugebiet* in Hamburg wurden über eine Fläche von rund 170 ha auf einen bestehenden Stadtteil-Entwicklungsplan mit einem S-Bahn-erschlossenen Zentrumsgebiet und durch zahlreiche Grünzüge gegliederter Mischbausubstanz aus Einfamilien- und Geschosswohnhäusern die Regeln für die klimabewusste Bauleit- und Bauplanung angewendet. Bei gleichbleibender, zu beheizender Gesamtfläche wurde ein modifiziertes

Konzept entwickelt und bezüglich zu erwartenden Jahreswärmeverbrauchs mit dem Ausgangsplan verglichen.

Die Einsparung des neuen Vorschlages beläuft sich bei unverändertem Wärmeschutz nach geltender Wärmeschutzverordnung auf 25%. Wird für den klimabewussten Planentwurf ein zeitgemässer Wärmeschutz angewendet, so senkt sich der Wärmebedarf auf rund 60%. Dabei wurde der starkwindreduzierende Effekt des systematisch angewendeten Windbrecherkonzeptes – kleinräumige Kammerbildung durch dichte, immergrüne Bepflanzung – in diesem quantitativen Vergleich nicht berücksichtigt. Dieser könnte den Wärmebedarf möglicherweise um weitere 5 bis 10% senken.

Das Bild auf Seite 139 unten ist dem Heft «archithese» 4/1981 entnommen.

Adresse des Verfassers: Ueli Roth, dipl. Arch. ETH/SIA, Raumplaner BSP, Dozent an der ETHZ, Turnerstrasse 24, 8006 Zürich.