

Energie-Einsparung und Klimaschutz bei der Gebäudeheizung.

Gebäude mit minimalem Wärmebedarf braucht das Land; besonders die energetisch sanierten Altbauten

Betrifft: Wohnungsgenossenschaft Johannstadt

Der Energiesektor in Wirtschaft und Politik setzt beim Klimaschutz der Gebäude bisher fast vollständig auf den Umstieg zu den erneuerbaren Energiequellen (EE); vorrangig auf Strom aus Wind und Sonne. Jedoch ohne die gewaltigen Potentiale der Energie-Einsparung zu berücksichtigen. Wärmepumpen sollen bei neuen Heizungen den Anteil der erneuerbaren oberflächennahen Erdwärme auf minimal 65 % erhöhen. Der Restbedarf (max. 35 %) bleibt dabei immer noch sehr hoch für den Strom (zurzeit ca. 50 % aus EE) – zum Antrieb der Wärmepumpen.

Wenn man an die Gesamtheit der Heizungen denkt, ist jedoch die Durchführbarkeit dieses Vorhabens auf der Stromseite noch nicht geklärt,

Solche Unsicherheiten gibt es bei der **Wärme-Einsparung** in den Gebäuden nicht. Aber hier sind bisher nur die „kleinen“ Maßnahmen der manipulativen Wärmenutzung vorgesehen. Mit ihnen bleibt die erreichbare Einsparung jedoch **unter 20 %**.

Im energetischen System der Gebäude selbst mit seiner **thermischen Hülle** schlummern die großen Potentiale! Das sind die Außenwände mit Fenstern und Türen, das Dach und die Kontaktfläche am Boden des Gebäudes. Sie bestimmen die Wärmeverluste und damit den Heizwärmebedarf, lassen sich aber zur Barriere gegen die Wärmeverluste – bis nahe Null - thermisch verbessern (s. Abschnitt 3). Bei der Lüftung kann mit Wärmeaustauschern über 90% der Wärme aus der Abluft in die Zuluft zurückgeführt werden.

Hier eröffnet sich ein **zweiter paralleler Pfad der Energiewende** für die Gebäudeheizung: die **inhärente systemische Energie-Einsparung**. Sie wird dringend gebraucht, weil die Zeit drängt. Außerdem wird damit die Dezentralisierung der erneuerbaren Energiequellen beschleunigt.

Bei den **Gebäuden im Bestand**, soweit sie nach 2045 noch benutzt werden sollen, kann durch energetische Sanierung mit Passivhaus-Elementen (s. auch Abschnitt 2) **ca. 80 % des Heizwärmeverbrauchs** (hier nur Heizung) **weggespart werden**. Wir kommen so zu **MinimalEnergieHäusern** (s. Abschnitt 2). Dieser Beitrag soll das zeigen bzw. daran erinnern.

Im Vergleich mit den kurz nach 1990 modernisierten Wohnblöcken sinkt der Heizwärmeverbrauch von ca. 100 **auf 25 kWh pro m²Energiebezugsfläche (EBF)**. Mit einer zusätzlichen konventionellen thermischen Solaranlage auf ca. 13 kWh/m². Das ist eine Einsparung von insgesamt **87 %**.

Es soll nicht verschwiegen werden: Die Investitionskosten sind erheblich und schwer zu trennen von dem, was alles noch dabei saniert wird.

Es gibt jedoch genügend erfolgreich durchgeführte Passivhaus-Sanierungen. Sie sind in 30 Jahren Laufzeit der Kredite auch bei einem Zinssatz von ca. 4 % refinanzierbar gewesen. Vor allem durch die eingesparten Heizkosten. Eine andere Finanzierungsquelle ist die staatliche Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). An die Förderung durch die EU, z.B. unter www.outphit.eu, sollte gedacht werden - und an sog. Do-it-Yourself-Maßnahmen. Die Einbeziehung der Mieter in die Projekt-Vorbereitung und -Realisierung kann gar nicht hoch genug für das Gelingen eines solchen Projektes bewertet werden.

Ein Plus der MinimalEnergieHäuser ist die deutliche Steigerung der thermischen Wohnqualität: Zum Beispiel: Die Wandtemperaturen auf der Innenseite der Außenwände bleiben im Winter nur

knapp unter der Zimmertemperatur, der Kaltluftabfall an den Fenstern entfällt, die Fußböden im EG sind immer fußwarm etc.

2 Erinnerung an die Passivhaus-Bauweise

(nur für Leser, die sie noch nicht kennen)

Immer noch: Nur viel zu wenige wissen es: Deutschland hat, die Welt hat die technischen und technologischen Möglichkeiten, MinimalEnergieHäuser zu bauen! Die erforderlichen **zertifizierten Bauelemente** sind vom Institut für Wohnen und Umwelt (Eigentümer: Bundesland Hessen) und dann weiter vom ausgegründeten Passivhaus-Institut (PHI) entwickelt worden - unter der Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Feist.

Sie sind nun einfach da: Zugelassen und in der Praxis zigtausende Mal erprobt. Mit ihnen sind In vielen Ländern weltweit, auch z.B. in China, **zertifizierte Passivhausprojekte** vielfältiger Gebäudearten gebaut worden. Auch ganze Wohn- und Gewerbegebiete. Letztere z.B. in Heidelberg, in Innsbruck, in Wien und auch in China. In Deutschland, in Österreich, in Holland etc. sind Wohnblöcke erfolgreich saniert worden; in Frankfurt/Main ein ganzer Straßenzug.

Ich erlaube mir, zusammenzufassen, was Ihnen, liebe Leserinnen und liebe Leser, vielleicht im Detail nicht bekannt ist:

Über 5000 gebaute Passivhäuser mit den Daten sind zu sehen unter

<https://passivehouse-database.org/>.

Und: Es gibt ein Verzeichnis der geschulten und **zertifizierten PH-Planer**. Das und noch viel mehr ist über <https://passiv.de> einsehbar und im Detail abgreifbar. Ohne Eigentümerschutz! Für die energetische Sanierung gibt es das **"EnerPHit-Planerhandbuch"** vom PH-Institut.

Das **Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP)** steht zur Verfügung. Ein Programm, in dem die erforderlichen Algorithmen hinterlegt sind, mit denen die Passivhäuser energetisch berechnet werden. Es folgt streng der Bauenergetik und verzichtet auf politische oder juristische Kompromisse.

Ein Nachschlagwerk zu vielen Fragen der PH-Bauweise steht unter www.passipedia.de/start. Zurzeit gibt es dort unter passipedia.de/energieeffizienz_jetzt aktuelle Ausführungen zur Passivhaus-Sanierung.

Umfangreiche Messprogramme an einer beachtlichen Zahl von Passivhäusern haben gezeigt: Dank der **hohen Qualitätssicherung** in Sachen Passivhaus wurde das **Passivhaus-Kriterium beim Neubau**, die Obergrenze für den **jährlichen Heizwärmebedarf in den Räumen (Nutzenergie)**:

15 kWh pro m² Energiebezugsfläche (EBF)

immer eingehalten! Bei der energetischen Sanierung ist die Zielmarke:

25 kWh pro m² Energiebezugsfläche

Dieser Restbedarf ist so wenig, dass solche MinimalEnergieHäuser zum Eigenversorger im Sektor Wärme gemacht werden können – nicht müssen. Jedenfalls wird der Heizwärmebedarf durch eine energetische PH-Sanierung auf deutlich unter 20 % reduziert, wie schon in Abschnitt 1 gezeigt.

Der jährliche Wärmebedarf (nur Heizung!) einer **75 m² PH-Wohnung** bei Bezug aus Fernwärme einschließlich 5 % Wärmeverluste außerhalb der Wohnungen beschränkt sich dann auf $25 \cdot 75 / 0,95 = \text{ca. } 2000 \text{ kWh}$. Ohne thermische Solaranlage.

Meine Wohnung 76 m² in einem Neubau von 1998 in Nachbarschaft zur WGJ mit Wärmedämmung ca. 10 cm und relativ guten Fenstern benötigt jährlich ca. **6000 kWh** Fernwärme allein für die Heizung. (Faktor nur ca. 3). Dieser Neubau mit dem jährlichen Heizenergieverbrauch ca. 80 kWh/m² scheint energetisch etwas besser zu sein als die Wohnblöcke der WGJ mit dem angenommenen Durchschnitt von 100 kWh/m². Oder ich heize einfach weniger.

3 Die wichtigsten Elemente der Passivhaus-Bauweise

(Nur für Leser, die sie noch nicht kennen)

3.1 Eine hochgedämmte thermische Hülle mit vom Institut für Bautechnik zugelassenen und/oder vom PH-Institut zertifizierten Dämmsystemen (Außenwände, Dach und Bodenflächen), ausgeführt von Fachfirmen, die von den Systemträgern qualifiziert und/oder lizenziert worden sind.



Bild 1 Dämmung der Außenwand an einem EFH mit Mineralwolle, $s = 30$ cm

Es ist ein Gerücht, was sich immer noch hält: Zu viel Wärmedämmung führt zu Schimmelbildung. Das Gegenteil ist der Fall: Je wärmer die Innenecken durch stärkere Dämmung werden, umso geringer ist die Gefahr der Schimmelbildung. Wenn dort die Temperatur bei Luftfeuchte 50 % immer über 13 °C bleibt, gibt es keinen Schimmel. Das müssen Planer und Bewohner berücksichtigen. Wahr ist: Grobe fahrlässige Fehler wirken sich in hochgedämmten Gebäuden stärker aus. Die Erfahrung in einem Passivhaus ohne Keller in der eigenen Familie zeigt nach 20 Jahren: kein Schimmel.

3.2 Zertifizierte Passivhaus-Fenster mit 3-fach Verglasung in hochgedämmtem Rahmen, dazu thermostrahlen-gespiegelte Scheiben und Gasfüllung zwischen den Scheiben (Krypton oder Argon) Sie sind die Hightech- Elemente der PH-Bauweise.



Bild 2:
PH-Fenster; zum Beispiel
Typ Dreiholz der Fa. OPTIWIN

3.3 90% Rückgewinnung der Wärme der Abluft für die Vorwärmung der Zuluft in dem Zentralgerät der Lüftungsanlage. Die Lüftungsanlage muss nur in der Heizperiode in Betrieb sein.



Bild 3
Zentraleinheit einer Lüftungs-anlage
für eine Passivhaus-Wohnung (3-4
Pers.); komplett mit WT zur
Wärmerückgewinnung; zum Beispiel
Typ climos 100/150 der Fa. Paul

Sie kann aber auch im Sommer die Kühlung der Räume unterstützen, weil durch einen Erd-Wärmetauscher die Zuluft vorgekühlt wird. Dann wird die Wärmerückgewinnung durch den eingestellten Bypass umgangen.

3.4 Die winddichte, aber diffusionsoffene Hülle gegen unkontrollierte Durchströmung des Gebäudes. Sie wird gebildet durch Hüllflächen, die winddicht, aber diffusionsoffen sind, z.B. ein störungsfreier Innenputz, spezielle Folien im Trockenbau, die genügend diffusionsoffen sind, weiter durch die Abdichtung aller Übergänge von Bauelement zu Bauelement mittels z.B. SIGA-Klebebändern etc. etc,

Während des sog. Blower-Door-Tests wird so lange abgedichtet, bis der Luftwechsel 0,6 bei einem Überdruck des Gebäudes - nach Vollendung des Rohbaus - von 50 Pascal nicht überschritten wird. Ebenso nicht bei einem Unterdruck von 50 Pascal. Der Überdruck bzw. Unterdruck wird von einem Ventilator erzeugt, der in die Türöffnung des Hauses provisorisch eingesetzt ist.

Damit eine Passivhaus-Sanierung gelingt, sind eine Menge weiterer Parameter und kleiner Dinge einzuhalten bzw. zu beachten. Ein zertifizierter PH-Planer kennt sie. Er sollte auch die Passivhaus-Bauaufsicht übernehmen, die zusätzlich zur gewöhnlichen Bauaufsicht benötigt wird.

4 Was heißt „ökonomisch“ beim Heizen?

Ökonomie (Gr.) übersetzt: Das Gesetz des (guten) Hausherrn. Betrifft nicht nur das Geld!

Beim Neubau wird die Frage immer schnell gestellt: Wie hoch sind die Mehrkosten (Baukosten) der MinimalEnergieHäuser in Passivhaus-Bauweise gegenüber den Gebäuden, die nach dem GebäudeEnergieGesetz (GEG) gebaut werden?

Sie ist leicht zu beantworten: Beim Neubau gibt es generell keine Mehrkosten, wenn sauber nach VOB ausgeschrieben wird und wenn nur die reinen Investitionskosten Gruppe 300 und 400 der DIN 276 verglichen werden. Es müsste ein Projekt nach der GEG und eines nach PH-Standard - zwei Projekte für dasselbe Gebäude, beide berechnet mit dem PHPP, projektiert und ausgeschrieben werden, was natürlich kaum ein Bauherr oder eine Bauherrin macht.

Wenn man dann die Angebote der Passivhäuser mit denen vergleicht, die nach GEG gebaut werden sollen, wird man meistens feststellen: Es gibt Passivhäuser, die teurer sind und welche, die billiger sind. Das heißt: Die Mehrkosten der Passivgebäude (ca. 15 % in Deutschland) liegen im Schwankungsbereich der Angebote.

Das EU-Projekt CEPHEUS "Kostengünstige Passivhäuser" (1998-2001) hatte die Frage mit 8% beantwortet. Dort wurden die Baukosten von insgesamt 250 Wohneinheiten in Passivhaus-

Neubauten unterschiedlicher Art in Deutschland, Frankreich, Österreich, Schweden und in der Schweiz verglichen mit den Baukosten der Wohnungen in denselben Gebäuden, kalkuliert nach den dort damals jeweils geltenden Bestimmungen und Regeln.

Das wurde getan, um eine Antwort auf die immer wieder schnell gestellte Frage in der Tasche zu haben. Soweit stimmt das. Ist aber nicht richtig: Es fehlen die die Betrachtung der Lebenslauf-Kosten und der nichtmonetären Vorteile bzw. Nachteile der zu vergleichenden Lösungsvarianten.

Das Ergebnis zeigt aber deutlich: Bauen mit Passivhaus-Elementen führt grundsätzlich zu keiner Kostenerhöhung der Baukosten.

Ähnlich ist das bei der **energetischen Sanierung mit PH-Elementen**: Im wirtschaftlichen System von Angebot und Nachfrage sind die Passivhaus-Elemente keine „Teuermacher“. Der Zielwert 25 kWh/m²EBF beim jährlichen Heizwärmebedarf enthält schon eine systemische Kostenoptimierung. Aber eben nur der Kosten. Weitere kostentreibende Maßnahmen unterblieben, die zu einer Absenkung des Wertes 25 kWh/m²EBF geführt hätten. Das Ziel war auch hier: Eine breite Bezahlbarkeit erhalten. Wie es sich dann in der Praxis bewährt hat.

Damit ist eine Sanierung der Gebäude in Stufen nicht mehr sinnvoll. Wenn Sanierung, dann gibt es eigentlich keinen Grund, nicht gleich in die PH-Sanierung einzusteigen.

In jeder Zwischenstufe würden die Grundkosten dazukommen: Bei der Projektvorbereitung, bei den Baustelleneinrichtungen, bei der Bauüberwachung etc. Wichtig: Für den Klimaschutz drängt die Zeit. Alles, was zur Reduzierung der Emission von CO₂ führt, sollte möglichst sofort getan werden.

Bei der energetischen Sanierung ist die Engstelle und damit die vorrangige Aufgabe der Ökonomie die Refinanzierung der Kredite. Wenn auch nicht die einzige. Alle bisher ausgeführten Projekte sind in höchsten 30 Jahren refinanziert worden.

Zur Erinnerung: Wenn die PH-Sanierung wie geplant getan ist, verbrauchen die Mieter rechnerisch jährlich nur noch 25 kWh/m²EBF für das Heizen, also **nur 1/4** bezogen auf durchschnittlich 100 kWh/m²EBF vorher.

Die Kosten für die Heizung sind dann ähnlich abenteuerlich niedrig. Mit einem heutigen Arbeits-Mischpreis von 26 ct/kWh in Dresden wären das jährlich nur (25 kWh 0,26 €) = **6,50 € pro m²EBF**.

Für eine 75 m² Wohnung: 490 € pro Jahr.

Dafür wären Messkosten mit 135 € jedes Jahr nicht mehr zu vertreten. Die Messung kann entfallen und die Kosten für das Heizen können mit einer Pauschale von 6,50 €/12 = 40 ct in die Gesamtmiete (Kosten für das Heizen = Null) eingeschlossen werden.

Dieser Traum lässt sich zurzeit mit der DREWAG nicht realisieren. Die monatlichen Mischkosten 1,7 €/m²EBF ergeben mit 1,7 €/m² * 75 m²*12 einen konstanten Aufschlag von 1530 € pro Jahr. Sie machen aus 490 €/a den zu zahlenden Betrag **von 2020 €/a**.

Ganz gleich, ob das zukünftig bei Niedrigst-Energiehäusern so gehandhabt wird: Umso dringlicher ist, den Wärmebedarf weiter zu minimieren, wie in Abschnitt 5 dargestellt wird, und Sommerwärme auch vom Sommerstrom zu speichern Dem Stadtmonopol der DREWAG wird man wohl nur entgehen, indem Strom auf dem offenen Binnenmarkt gekauft wird. Mit 40 ct/kWh ist er zurzeit nicht viel teurer als die Fernwärme, hat aber Chancen, nicht so stark zu steigen wie diese.

Bei der bloßen Erneuerung der Heizung mit Wärmepumpen betragen dort die jährlichen Stromkosten mit 35 kWh/m²EBF (100*35 % *0,4 €): **14 € pro m²EBF**.

Für eine 75 m² Wohnung 1050 € pro Jahr. Die Kosten für Wartung und Reparatur einer verschleißreichen technischen Anlage kommen hinzu. Und für

Generalreparatur, wenn nicht Absorptions-WP zum Einsatz kommen. Alle diese Kosten landen meistens letztlich auch beim Mieter.

Die obigen Zahlen-Angaben für die PH-Sanierung treffen aber erst für die Zeit nach der Refinanzierung zu.

Vorher müssen die Mieter leider an den Kosten für die energetische Sanierung beteiligt werden. Mit den Heizkosten wie bisher. Jedoch mit einem möglichst konstanten – und etwas niedrigerem – pauschalen Beitrag als die Höhe der durchschnittlichen Kosten der letzten drei Jahre allein für die Heizung. Das muss später präzisiert werden.

Die Messung und Abrechnung für die Erwärmung des Warmwassers (WW) wird getrennt behandelt und bleibt wie bisher, gelangt aber in die Hände des Vermieters. Nur das das Kaltwasser (gesamt) wird von der DREWAG gekauft.

5 Thema WW-Bereitung und der gesamte restliche Wärmebedarf

Die WW-Erwärmung erfolgt über Platten-Wärmetauscher von den zentralen Speichern für das Heizwasser. Für den Wärmebedarf einer Solaranlage ist jedoch nur der Anteil in der Heizzeit relevant; maximal der halbe Betrag.

Bei einer Belegung von ca. 35 m²EBF pro Person werden rechnerisch in einem Jahr für die Bereitung des Warmwassers **15 kWh/m²EBF** benötigt. Mit dem Bedarf für die Heizung sind das **40 kWh/m²EBF** bezogen auf das ganze Jahr.

Die Erwärmung des Warmwassers (WW) wird nachfolgend immer eingeschlossen

6 Eine thermische Solaranlage für die Heizung und WW-Bereitung

Mindestens 65% des jährlichen Wärme-Restbedarfs müssen aus der Solaranlage gewonnen werden, um die Forderung des GEG(2023) zu erfüllen.

Bedingung ist eine niedrige Vorlauftemperatur der Heizung $t_v = \text{ca. } 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Bei MinimalEnergieHäusern ergibt das immer noch sehr kleine Heizkörperflächen.

Die Anlage sollte jedoch neben den Speichern der Solaranlage, die auch im Freien aufgestellt werden können, einen großen **unterirdischen Wasser- oder Erdspeicher** für die winterliche Versorgung erhalten.

Er wird im Sommer von der Solaranlage durch überschüssige Solarwärme und durch billigen Sommerstrom vom Strom-Binnenmarkt über Heizpatronen thermisch gefüllt, die in einem der Solarspeicher angeordnet sind. Und wird ebenso über einen Platten-Wärmetauscher und einen gesonderten Rohrkreis an die Mehrtages- bzw. Wochen-Pufferspeicher der Solaranlage angeschlossen.

Das Speichermedium im Erdspeicher ist das Erdreich selbst . Das Einbringen der Wärme im Sommer und die Entnahme im Winter geschieht beispielsweise über sog. Energienadeln, die in die Erde eingebracht sind. Ähnlich wie bei Wärmepumpen zur Auskühlung des Erdreiches. Dazu und zu den unterirdischen wassergefüllten betonierten und gut gedämmten Tanks gibt es in Österreich schon Beispiele (z.B. Zeitschrift "nachhaltige Technologien" 02/2021).

Das ist mein Vorschlag. Dem Vergleich in einer Vorbereitungsgruppe mit anderen Möglichkeiten nach allen „Regeln der Kunst“ (s. Abschnitt 4) soll nicht vorgegriffen werden.

Hier wird der Leser gebeten, sich die nachfolgende Tabelle anzusehen. Sie gibt ganz grob eine Übersicht über das energetisch und finanziell Erreichbare nach der PH-Sanierung ohne und mit der Solaranlage.

Wärmebedarf gesamt pro Jahr						Jahreskosten für Heizung+WW 75 m ² WE in €
		kWh pro 1 m ² EBF	kWh pro WE 75 m ²	In Prozent von 115 kWh	Anteil 15 kWh für WW am Bedarf ges.	bei Direktbezug Strom aus dem Binnenmarkt mit 0,40 €/kWh
Vor der Sanierung	110+15 =	115	8.625	= 100 % gesetzt	13%	3.450
Nach der PH-Sanierung	25+15 =	40	3.000	= 35 %	38%	1.200
Nach der PH-Sanierung plus therm. Solaranlage Deckungsgrad 65 %	(25+15)*0,35=	14	1.050	= 12 %	75%	420
Nach der PH-Sanierung plus therm. Solaranlage Deckungsgrad 65 % mit Jahresspeicher		optimal minimiert in Richtung Null		unter 10 % oder nahe Null		Minimiert in Richtung "Von der Sonne direkt versorgen"

Einige Begründungen für meine Wahl; noch unvollständig:

- Der Jahres-Speicher einer thermischen Solaranlage liefert jährlich etwa zwei Mal so viel Wärmeenergie wie der Jahres-Stromspeicher einer Photovoltaik-Solaranlage Elektro-Energie produziert. Pro m² Absorberfläche. Flächen sind der Engpass in der dezentralen Solartechnik! Besonders bei großen Wohnblöcken.
- Thermische Solaranlagen sind einfache Technik mit langlebigen und sehr langlebigen Bauteilen. Sie haben wenige Verschleißteile: Pumpen, Ventile, evtl. Regler. Es besteht kaum Abhängigkeit für Ersatzteile vom Ausland. Nur evtl. von Österreich oder Dänemark.
- Die ursprüngliche Leistungsfähigkeit der Absorber bleibt mindestens 30 Jahre aufrechterhalten. Dazu hat es Untersuchungen ergeben. Auch sie lassen sich handwerklich austauschen.
- Solarthermie findet zurzeit von Österreich ausgehend in arabischen und afrikanischen Ländern großes Interesse und größere Verbreitung. Auch große und sehr große Anlagen
- Die Nachfrage von den Wohnungsgenossenschaften könnte den Übergang zur Massenfertigung erleichtern und Kostensenkungen zur Folge haben.
- Eine sommerliche Energiespeicherung für den Winter (s.o.) ist so einfach und langlebig nur mit Solarthermie zu erreichen. Wahrscheinlich auch so kostengünstig. Was die Unabhängigkeit von Strompreisen angeht (erst recht von Fernwärmepreisen) ist sie nicht zu übertreffen. Ebenso die Versorgungssicherheit, Erst recht jetzt, wo noch keine Aussicht auf verlässliche Verhältnisse in der Energieversorgung besteht. Insofern ist eine Solaranlage auch mit Jahresspeicherung unschlagbar.
- Hoher Anteil der WW-Bereitung (>= 75 %) erzeugt kälteren Rücklauf in die Kollektoren. Die Energieeffizienz der Anlage wird erhöht gegenüber Anlagen nur für die Heizung.
- etc.....

Der restliche Wärmebedarf für Heizung und WW beträgt, wie gezeigt: 40 kWh pro m²EBF und Jahr. 3000 kWh/a für eine Wohnung mit 75 m².

In einer solchen thermischen Solaranlage kann mit einem jährlichen Energie-Eintrag min. 500 kWh pro m² Absorberfläche gerechnet werden bzw. 750 kWh bei 1,5 m². Dazu gibt es Erfahrungen seit den 90iger Jahren (Dr. Fisch).

So werden 3000/750: **4 Kollektoren** a $1,5 \text{ m}^2 = 6 \text{ m}^2$ über 75 m^2 Wohnfläche gebraucht. Das ist auch bei hohen Gebäuden auf den Dächern möglich.

Auch die (z.B. drei) oberirdischen Solarspeicher mit ca. $0,1 \text{ m}^3$ pro 1 m^2 Absorberfläche sind neben den Wohnblöcken gut unterzubringen.

Die Auslegung der kompletten Solaranlagen für jeden einzelnen Wohnblock kann nur durch zeitdynamische Simulationsrechnungen mit einem geeigneten Solarprogramm erfolgen.

7 Ergebnis:

Die energetische Sanierung der Gebäude mit Passivhaus-Elementen unter Einhaltung des **Standards EnerPHit** mit aufgesetzter thermischer Solartechnik im Rahmen einer optimalen Minimierung der Restwärmebedarfs der zusätzlichen Solaranlage kann bei bezahlbaren Kosten erreichen:

Restlicher externer Wärmebedarf und Emission CO₂ nahe Null !

Mit höchster Versorgungssicherheit. Es gibt weitere Vorteile: Minimale Fernwärme- oder besser Strom-Kosten und damit auch die Unabhängigkeit von Preiserhöhungen und Preisturbulenzen, verbesserter thermischer Wohnkomfort etc.