

## 1 Leitgedanke

---

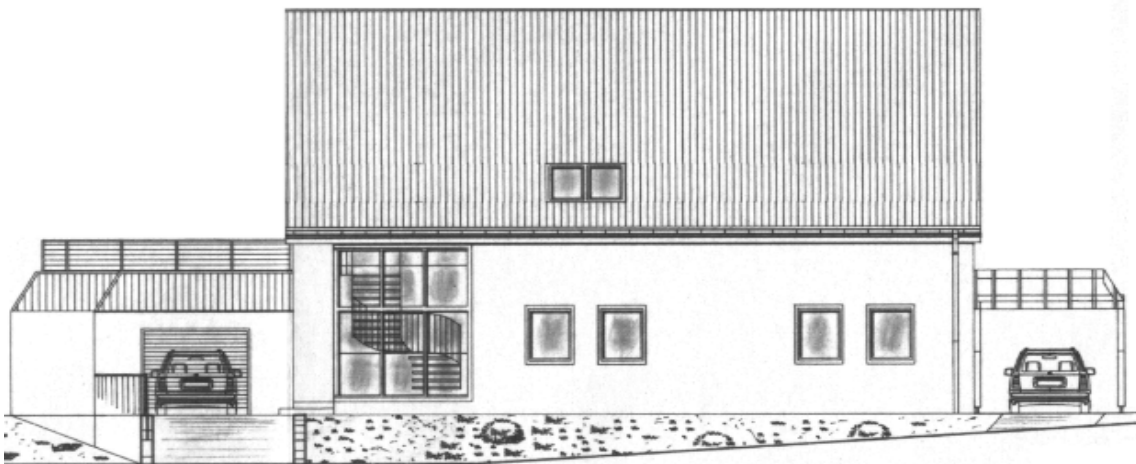
Der Leitgedanke für das Konzept „Solar-Logis-Massivhaus“ ist die Erstellung von qualitativ hochwertigen Häusern mit zukunftssträchtiger Energiespar-, Bau-, und Haustechnik, die sich an ökologischen Kriterien orientiert.

Nachhaltigkeit erfordert eine Zusammenschau des kumulierten Energiebedarfs von der Grundsteinlegung über die Nutzungsdauer bis hin zur späteren umweltverträglichen Entsorgung. Während dem laufenden Energiebedarf für Heizung und Warmwasser und den damit verbundenen Emissionen in der Nutzungsphase zunehmende – wenn auch immer noch unzureichende – Aufmerksamkeit zukommt, bleibt der Energiebedarf in der Bauphase und für die spätere Entsorgung häufig unbeachtet. Für das angeführte Objekt wurde deshalb eine detaillierte baubegleitende Untersuchung des kumulierten Energiebedarfs und der damit verbundenen Emissionen über die gesamte Lebensdauer des Objektes durchgeführt.

## 2 Baubeschreibung

---

Das Solar-Logis-Massivhaus in der Stadt Lebus besteht aus zwei Wohneinheiten mit einer Garage bzw. mit einem Carport (siehe Abb. 1). Die Wohneinheiten verteilen sich auf das Erd- und Dachgeschoss. Die anrechenbare Wohnfläche beträgt nach DIN 277-2 im Erdgeschoss 109,01 m<sup>2</sup> und im Dachgeschoss 104,21 m<sup>2</sup>. Die Gebäudenutzfläche inkl. Spitzboden und Heizungsraum beträgt 339,5 m<sup>2</sup>. Jede Wohneinheit besteht aus drei Zimmern, Küche, Bad mit WC, sowie je einem Technik- und Abstellraum.



**Abbildung 1: Ansicht des Referenzhauses von der Nordostseite**

Da der Jahresheizwärmebedarf wesentlich durch die Transmissionswärmeverluste der wärmeübertragenden Umfassungsflächen wie z.B. Außenwände, Fenster, Bodenplatte beeinflusst wird, werden Bauelemente mit niedrigen Wärmedurchgangskoeffizienten verwendet (vgl. Tabelle 1). Bei den Außenwänden – 24 cm **Kalk-S**andsteinmauerwerk (KS) mit je 1

cm Außen- und Innenputz - werden die Wärmeverluste durch ein 12 cm Dämmsystem aus Mineralwolle erheblich verringert.

Die Gründung des Gebäudes besteht aus einer 40 cm dicken Stahlbetonplatte mit Frostschürze. Die Fundamente sind entsprechend der statischen Berechnung aus Normalbeton nach DIN 1045 hergestellt.

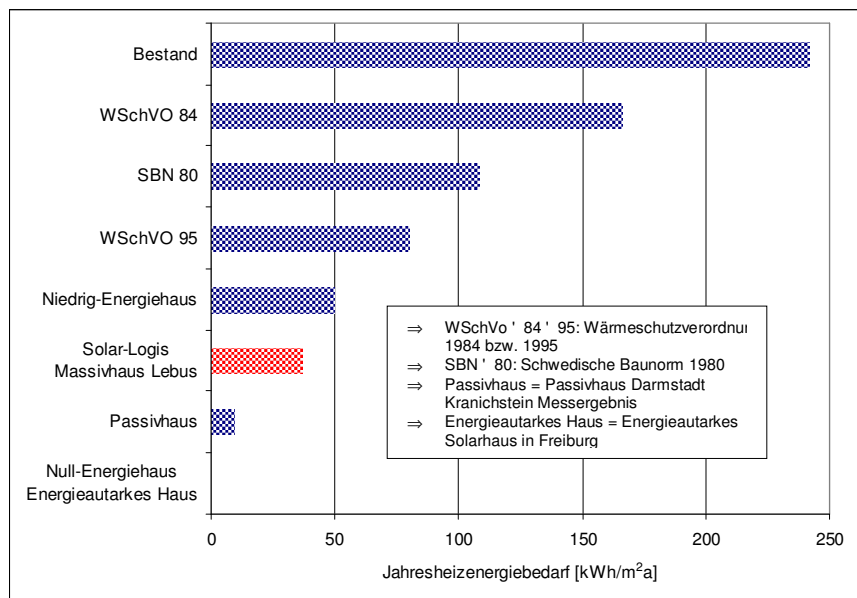
Das Holz-Pfettendach mit einer Neigung von 42° besitzt 12 cm Zwischendämmung und einen k-Wert von 0,167 W/m<sup>2</sup>K. Als Bedachung werden auf der Nordostseite Betondachsteine verwendet. An der Südwestseite wird eine dachintegrierte PV-Anlage (Firma Shell) eingebaut, die die Dachhaut in diesem Bereich ersetzt.

**Tabelle 1: Zulässige<sup>1</sup> und tatsächliche Wärmedurchgangskoeffizienten für die Außenbauteile der wärmeübertragenden Umfassungsflächen des Referenzobjektes**

Nr.	Bauteil	Realisierte k-Werte [W/m <sup>2</sup> K]	Zulässige k <sub>Zul</sub> -Werte [W/m <sup>2</sup> K]
1	Außenwände	0,27	0,50
2	Außenliegende Dachfenster und Fenstertüren sowie andere Fenster	1,10	1,80
3	Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken (einschließlich Dachschrägen), die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen	0,17	0,30
4	Kellerdecken, Wände und Decken gegen ungeheizte Räume sowie Decken und Wände, die an den Estrich grenzen	0,40	0,50

### 3 Heizungssystem

Das Referenzobjekt wurde nach der WschVO '95 ausgelegt, unterschreitet diese aber um etwa 67 % (vgl. Abb. 2). Die Versorgung des Gebäudes mit Wärme für Heizung und Warmwasser erfolgt mittels solarer Erdwärme (Siemens-Sole/Wasser-Wärmepumpe mit der Arbeitszahl von 4,3\* und Heizleistung von 12,5\* kW).



**Abbildung 2: Jahresheizenergieverbräuche verschiedener Baustandards im Vergleich**

<sup>1</sup> Grenzwerte der Wärmeschutzverordnung '95

\* Betriebspunkt: Soleeintrittstemperatur 0 °C, Heißwasseraustrittstemperatur 35 °C

Zur Nutzung der in der Erde gespeicherten solarer Wärme dienen fünf - 50 m tiefe vertikale Doppel-U-Rohr-Sonden, die als Arbeitsmittel Propylenglykol benutzen. Über den Heizwasser- und Warmwasserspeicher in der Technikzentrale wird die gesammelte Wärme bedarfsabhängig an die im Erdgeschoss und Dachgeschoss verlegten Fußbodenheizungen und Verbrauchsstellen für Warmwasser abgegeben (siehe Abb. 3).

Für über das Normalmaß hinausgehende Wärmebedarfssituationen (z.B. extrem kalte Tage) sind in die Speicher elektrische Heizungen nach dem "Tauchsiederprinzip" eingebaut, die sich in solchen nur äußerst seltenen und dann auch nur kurzfristig auftretenden Situationen zuschalten.

Der Jahresheizwärmebedarf kann durch die Verwendung von kontrollierten Wohnungslüftungsanlagen um etwa 18 % reduziert werden. Deswegen werden im Referenzobjekt kompakte kontrollierte Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung installiert. Diese Wohnungslüftungsanlagen (Fa. Maico, Typ Aeronom WRG 300 Plus) gewinnen bis zu 90 % Wärmeenergie aus der Abluft zurück.

## **4 Stromversorgung**

---

Die Stromversorgung des Referenzobjektes erfolgt aus dem öffentlichen Stromnetz, zusätzlich wird Strom von einer **P**hoto-**V**oltaikanlage (PV) im sogenannten netzgekoppelten Betrieb erzeugt. Der Solarstrom wird vollautomatisch durch zwei selbstgeführte Hochleistungs-Strangwechselrichter (Typ Shell Solar Midi Plus) in das Haus bzw. in das öffentliche Netz eingespeist. Die PV-Anlage besteht aus Solarmodulen (Shell IRS 70 MA) mit einem Nennwirkungsgrad von  $\eta = 14 \%$ . Die PV-Anlage ist vollständig im Dach des Gebäudes von der Südwestseite integriert (siehe Abb. 3). Jedes Modul ( $0,71 \text{ m}^2$  Modulfläche) stellt eine elektrische Leistung von ca.  $68 \text{ W}_p$  zur Verfügung. Insgesamt sind 60 Module ( $42,5 \text{ m}^2$ ) installiert, daraus errechnet sich eine Gesamtleistung von rund  $4 \text{ kW}_p$ .

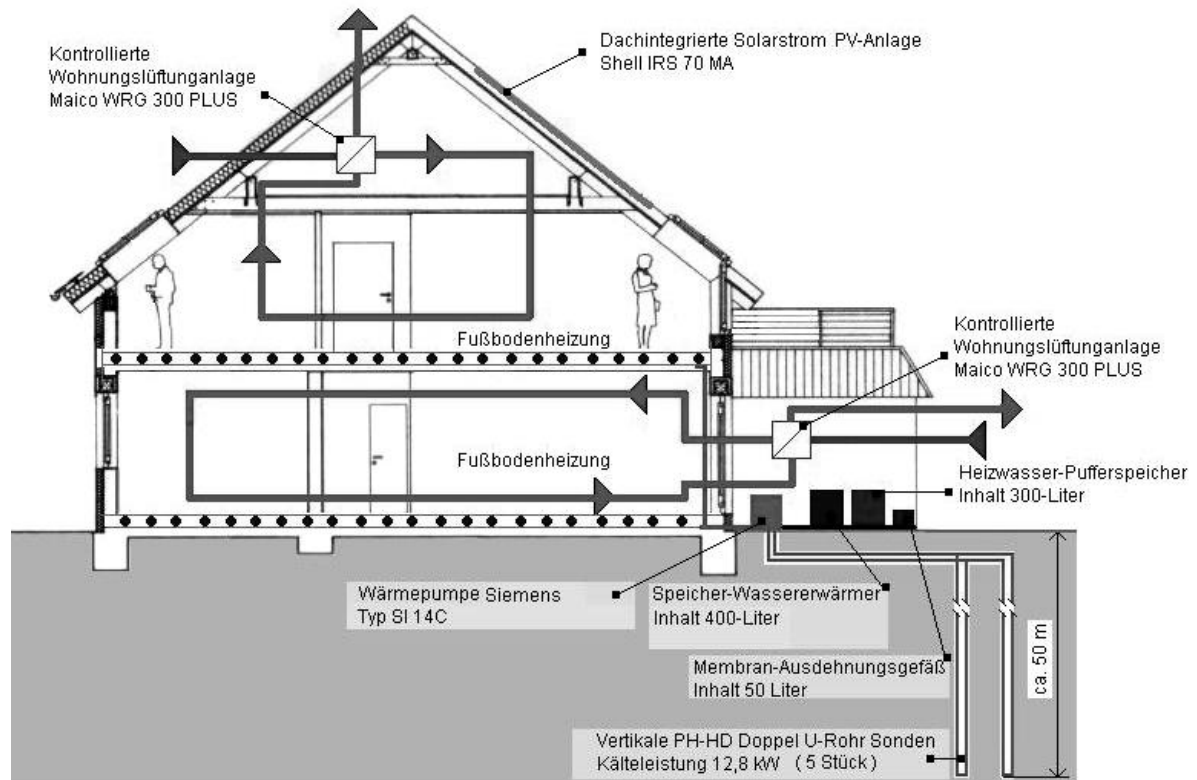


Abbildung 3: Wärme- und Stromversorgungsanlagen des Referenzobjektes

## 5 Energetische Betrachtung

Um eine energetisch optimierte Planung von Gebäuden durchführen zu können, wird bei einer sogenannten Ökobilanzierung eine vollständige Ermittlung der benötigten Energien durch Analyse des **K**umulierten **E**nergie-**A**ufwandes (KEA) für Bau, Nutzung und Entsorgung durchgeführt. Mit dem dafür erforderlichen Energieaufwand sind Kohlendioxidemissionen ( $\text{CO}_2$ ) verbunden. Deswegen werden sie mitberechnet.

Die kumulierten Energieaufwendungen und die spezifischen  $\text{CO}_2$ -Emissionen für das Gebäude werden üblicherweise in drei Bereiche unterteilt: Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase.

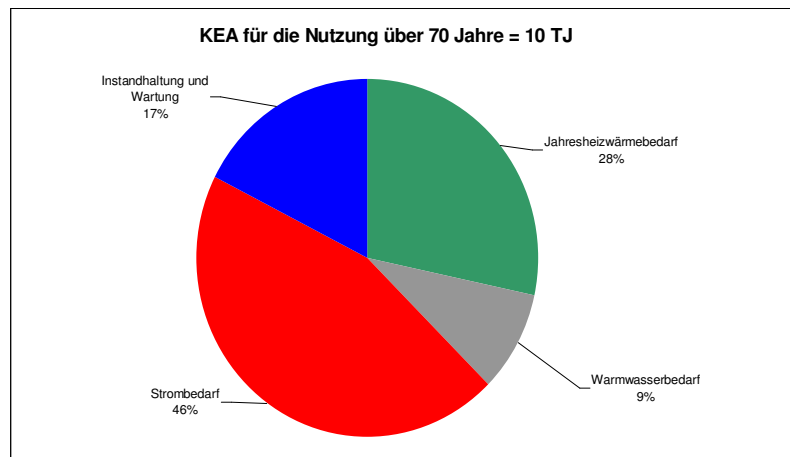
### 5.1 Energetische Betrachtung - Herstellungsphase

Der KEA für die Herstellungsphase und die spezifischen  $\text{CO}_2$ -Emissionen werden mit Hilfe ermittelter Mengen an Materialien für die einzelnen Gebäudeelemente und den damit verbundenen Energiemengen zur Herstellung und den daraus folgenden  $\text{CO}_2$ -Emissionen er-

rechnet. Der KEA für die Herstellung beträgt 1,86 TJ\*. Damit verbunden sind 150 t CO<sub>2</sub>, die in die Atmosphäre freigesetzt werden.

## 5.2 Energetische Betrachtung - Nutzungsphase

In der zweiten Phase wird eine Berechnung des Jahresheizenergiebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung, eine Strombedarfsabschätzung für moderne Haushaltsgeräte, Licht und Wärmeversorgungsanlagen (als Standardvergleich mit sechs Personen, die das Haus bewohnen) sowie die Ermittlung der Instandhaltungs- und Wartungsaufwendungen (siehe Abb. 4) innerhalb von variablen Annahmen über die Gebäudelebensdauer (50 bis 120 Jahre) durchgeführt. Auf die Nutzungsphase entfällt der höchste Energieaufwand d.h.



**Abbildung 4: Für eine Gebäudelebensdauerzeit von 70 Jahre berechneter Energieaufwand für Heizung, Warmwasserbereitung, Elektrizität sowie Wartung und Instandhaltung. Jeweils berechnet als Primärenergie**

6,6 TJ für 50 Jahre bis 16,8 TJ für 120 Jahre (76 % bis 89 % des Gesamt-KEA-Wertes) und damit die höchste CO<sub>2</sub> Emissionen (44,6 t bis 196 t).

## 5.3 Energetische Betrachtung - Entsorgungsphase

Eine komplette energetische Analyse erfordert auch die Betrachtung der Entsorgungsphase – auch wenn sie erst nach vielen Jahrzehnten erfolgt. Da heute niemand weiß wie die Entsorgung erfolgen wird, werden bei der Betrachtung drei Entsorgungsszenarien berücksichtigt. Für das erste Szenario – Totalabbruch ohne vorherige Demontage - werden Energieaufwendungen in Höhe von ca. 0,2 TJ und Emissionen für Hydraulikbagger, Transportmittel und Deponierung der abgebauten Stoffen errechnet. Die zwei weiteren Entsorgungsszenarien - vollständig und teilweise kontrollierter Rückbau mit anschließendem Totalabbruch umfassen zusätzliche Aufwendungen und Emissionen für die Verarbeitung der wiederverwertbaren Materialien und die Durchführung der Demontage (Einsatz von Hilfs- bzw. Betriebsmitteln). Es werden hier Gutschriften für wiederverwendbare Baustoffe mitberücksichtigt. Abhängig vom Entsorgungsszenario werden Energiegutschriften bis zu –0,35 TJ erzielt. In allen drei Entsorgungsszenarien sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen vernachlässigbar gering.

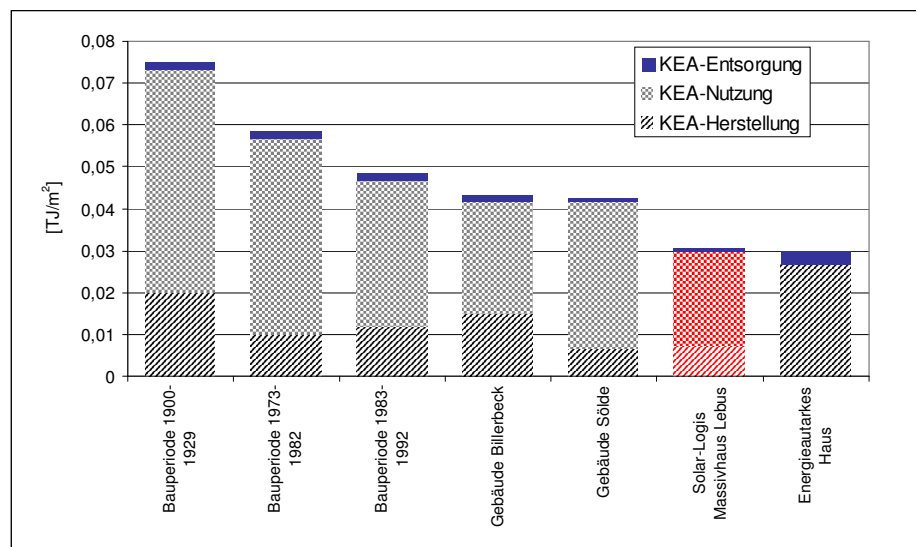
\* TJ = Tera Joule; 1 TJ ≈ 23,91 t Rohöleinheit – das entspricht dem Heizwert von rund 24 t Öl

## 6 Gesamtergebnis

Der kumulierte Energieaufwand für Herstellung, Nutzung und Entsorgung des Solar-Logis-Massivhauses Lebus liegt je nach Entsorgungsszenario und variable Gebäudelebensdauern zwischen 8,7 TJ und 18,9 TJ. Auf die Nutzungsphase entfällt etwa 70 % des Gesamt-KEA-Wertes.

Der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser während der Nutzungsphase beträgt rund 37 kWh/m<sup>2</sup>a und liegt 67 % unterhalb des für dieses Haus von der Wärmeschutzverordnung '95 vorgegebenen Wertes von ca. 80 kWh/m<sup>2</sup>a. Damit kann man davon ausgehen, dass das

voraussichtlich im Jahre 2001 in Kraft tretende neue Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden bereits voll erfüllt ist. Ein ganzheitlicher Vergleich des Solar-Logis-Massivhauses (vgl. Abb. 5) mit Gebäuden herkömmlicher Bauart zeigt, dass durch die Ver-



**Abbildung 5: Kumulierter Energieaufwand pro m<sup>2</sup> Wohnfläche unterschiedlicher Gebäuden**

wendung von „energiearmen“ Baumaterialien (z.B. Kalksandstein, Mineralwolle), zukunfts-trächtigen Heizungssystemen und Realisierung von Anforderungen der Kreislaufwirtschaft (Recycling, Wiederverwertung und Wiederverwendung von Baustoffen innerhalb der Entsorgungsphase) die kumulierten Energieaufwendungen deutlich reduziert werden können.

Zugunsten der Energiebilanz des Solar-Logis-Massivhauses spricht auch die Wärmepumpenheizung. Durch sie entstehen keine „direkten“ Schadstoffemissionen am Wohnort. Die verbleibenden „indirekten“ Schadstoffemissionen aus dem Kraftwerk werden aufgrund der weiter steigenden Energieeffizienz bei der Stromerzeugung automatisch noch weiter abnehmen.

Der Leitgedanke für das Solar-Logis-Massivhaus – nachhaltig und umweltfreundlich mit der Energie umzugehen – ist somit umgesetzt worden.