

Schritt für Schritt zum Nullenergiehaus

Das Wohnhaus der Familie Delzer in Lörrach-Haagen bei Basel ist in mancherlei Hinsicht bemerkenswert. Mit konventionellen Materialien und Komponenten haben Planer und Handwerker ein komfortables Wohnhaus mit aussergewöhnlich niedrigem Energieverbrauch realisiert. Die Erfahrungen bei der Ausführung des Baus als auch die ersten Monate der Benutzung lassen erkennen: So könnte das Wohnhaus der Zukunft aussehen. Von Othmar Humm

Von der Typologie her ist dieser behäbige Bau ein Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung. Der «einliegende» Raum wird allerdings als Büro genutzt. Apropos EFH mit Einliegerwohnung: Es scheint, dass dieser Haustyp im Kommen ist. Er eignet sich besonders gut für Freischaffende, für Ärzte mit kleinen Praxen, für Ingenieure und Planer, die «zu Hause» arbeiten oder nur einen kurzen Arbeitsweg wollen. Der Haustyp ist aber auch als sogenanntes Zwei-Generationen-Haus nutzbar. Falls man die Verwandtschaft nicht im eigenen Haus will, vermietet man die Kleinwohnung. Wichtigste Elemente des Niedrigenergiehauses:

- Hohe Wärmedämmung
- Haushoher Schacht als Umschlagplatz für die Energie

- Luftkollektor zur Beheizung des Hauses
- Kraft-Wärme-Kopplungsanlage zur Stromerzeugung und Abwärmenutzung für die Warmwasseraufbereitung
- Solarzellenanlage zur Stromerzeugung (ersetzt zeitweise das Dieselaggregat)
- Kachelofen zur Beheizung des Hauses
- Hypokauste in Böden und Wänden
- Wintergarten
- Toilettenspülung mit Regenwasser

Für späteren Ausbau geplant:

- Sonnenkollektoranlage (Brauchwasser, Heizung) und weiterer Ausbau der Solarzellen (Strom) ersetzen das Dieselaggregat
- Transparente Wärmedämmung

Hohe Wärmedämmung

Bekanntlich ist eine hohe Wärmedämmung unerlässliche Voraussetzung für ein Niedrigenergiehaus. Entsprechend ist das Haus Delzer ausgestattet. 10 200 kWh gehen dem Haus jedes Jahr durch Transmission verloren. Der Aufbau der Aussenhülle ist in der folgenden Tabelle ersichtlich. Zum Aufbau des Daches ist zu bemerken, dass durch die kreuzweise angeordneten Abstandhölzer mit einer Stärke von insgesamt 20 cm und der dazwischen eingebrachten Steinwolleplatten mit 16 cm eine Hinterlüftung von 4 cm entsteht.



Der 40 m² grosse Fensterkollektor mit einer (grössten) Höhe von 11,5 m. Links die Solarzellenanlage (2 m²).

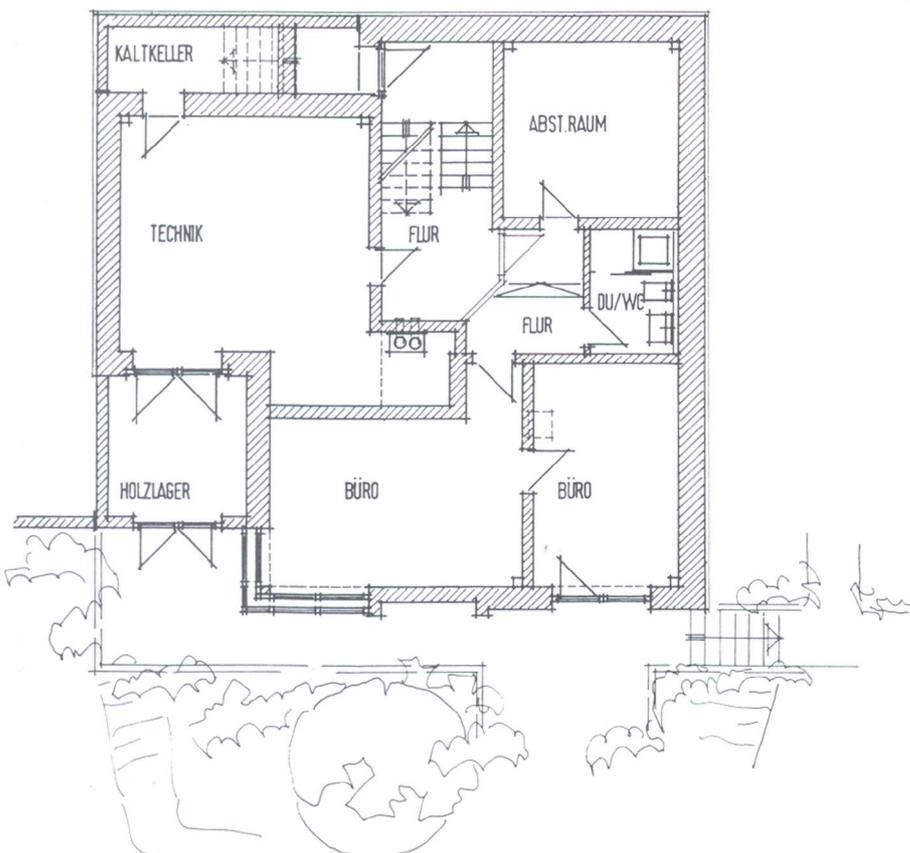
Bauteil	k-Wert	Aufbau von innen nach aussen
Dach	0,21 W/m ² K	Sichtbalken mit Sichtbrettern (Schalung), Dachpappe, Abstandhölzer 8 auf 8 cm bzw. 8 auf 12 cm für zweimal 8 cm Steinwolleplatten (Klasse 0,4), dampfdurchlässige Folie, Ziegel
Wand	0,27 W/m ² K	Ziegelmauerwerk POROTON TE 55 cm
Wand gegen Erdreich	0,27 W/m ² K	Ziegelmauerwerk POROTON TE 55 cm, Putz, Welleternit, Kies
Erdreich	0,8 W/m ² K	Im Büro: 4 cm Styropor, 5 cm Styrodur, Betonplatte
Fenster	1,25 W/m ² K 2,50 W/m ² K	Kastenfenster als Luftkollektoren gebaut. Übrige Fenster: 2fache Isolierverglasung, 2,5-mm-Gläser, Zwischenraum 24 mm. Beide Fenstertypen werden in einem 2. Ausrüstungsschritt mit Folienzwischenrollos aufgewertet.

Tabelle: Aufbau der wichtigsten Bauteile zur Reduzierung der Transmissionswärmeverluste

Energieschacht als Drehscheibe

Im Zentrum des Hauses steht der 9 m hohe Energieschacht mit den Hohlmassen 80 auf 80 cm. In diesem Schacht, in dem ein Luft-Wasser-Wärmetauscher eingebaut ist, wird die Heizenergie umgeschlagen. Im Ladebetrieb entzieht der Wärmetauscher der im Schacht befindlichen Luft Wärme und überträgt sie an den Wasserkreislauf des Speichers. Bei dieser Betriebsart stammt die Wärme in der

Regel aus den Kastenfenstern, die als Luftkollektoren arbeiten. Grundsätzlich ist auch die Wärmelieferung aus dem Kachelofen und aus dem Stromerzeuger (Abwärme) möglich, doch ist dies nur bei einem (seltenen) Überangebot vorgesehen. Der Grund liegt in der Betriebsweise des Kachelofens beziehungsweise des Dieselaggregates. Der Holzofen wird nur angeheizt, wenn ein unmittelbarer Wärmebedarf in den Hauptwohnräumen besteht. Restwärme fällt dann keine oder nur wenig



Die beiden Büroräume an bevorzugter Lage des Kellergeschosses, daneben die Technik (Grundriss).

an. Beim Stromerzeuger liegt der Fall ähnlich. Die Abwärme des Dieselmotors heizt das Brauchwarmwasser, Bedarf und Angebot halten sich etwa die Waage. Der erwähnte Wärmetauscher lässt sich auch im Heizbetrieb einsetzen – der Energiefluss hat dann die entgegengesetzte Richtung. In diesem Fall gelangt die Wärme aus dem 5 m³ grossen Speicher über den Wärmetauscher in den Energieschacht und über die Hypokauste an die Wohnräume. Häufig heizt der Luftkollektor die Wohnräume direkt. Auch in diesem Fall strömt die warme Luft aus den Kastenfenstern in den Energieschacht und von da in die Hypokauste. Sowohl die Kastenfenster als auch die Hypokauste sind ein- und ausgangseitig mit Luftklappen ausgerüstet. Die geringen Verluste des Hauses und die Energiegewinnsysteme, kombiniert mit dem 5-m³-Speicher, machen das Heizen mit fossilen Brennstoffen erst nach einigen sehr kalten und gleichzeitig sonnenarmen Tagen notwendig.

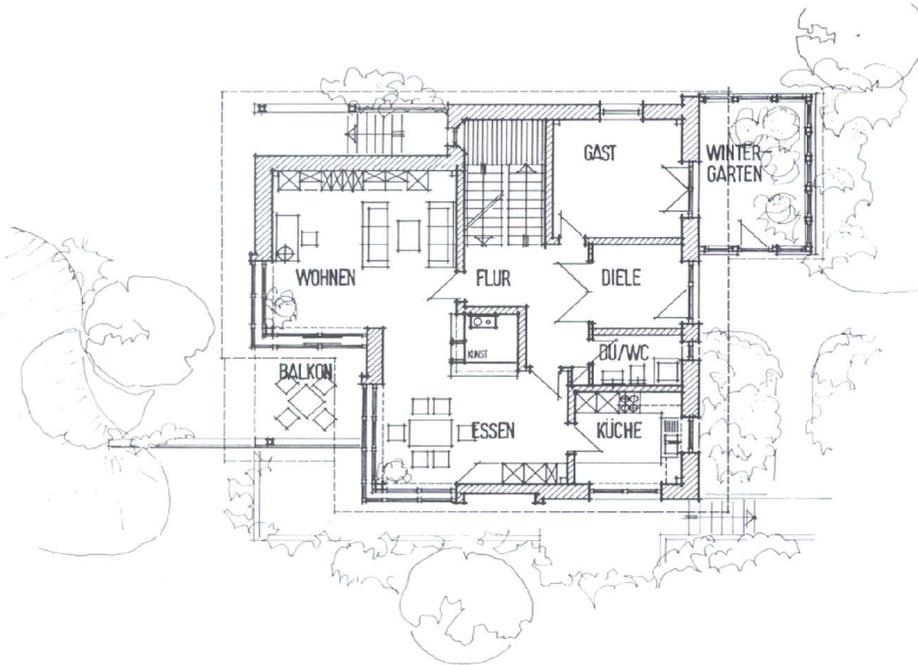
Luftkollektor

Der Luftkollektor zieht sich über zwei südwestorientierte Hausecken. Die grösste Höhe des 40-m²-Kollektors beträgt 11,5 m, die geringste 2,5 m. Der 20-cm-Kasten wird durch zwei 2fache Isolierverglasungen mit einem Scheibenzwischenraum von je 24 mm gebildet. Der Kollektor misst in der Bautiefe also rund 27 cm. Der k-Wert beziffert sich auf 1,25 W/m² K, der g-Wert auf 0,64. Im Kastenfenster sind – unmittelbar vor der inneren Verglasung – Rollos eingebaut, mit denen sich die ganze Kollektorfläche sektorweise beschatten lässt. Die Rollos haben mit ihrer dunkelroten Farbe zudem die Funktion eines Absorbers.

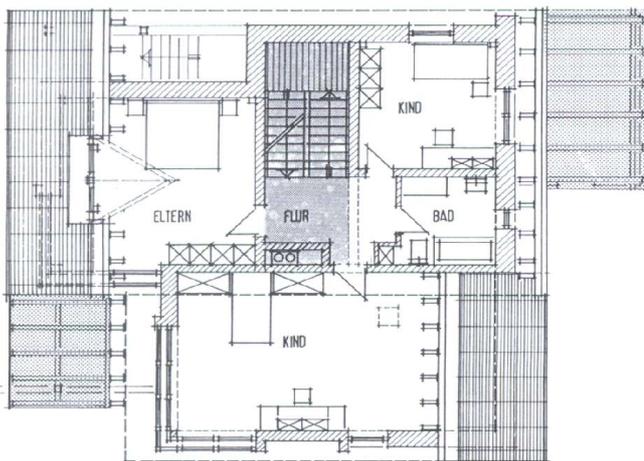
Die Zuluft- und Abluftklappen der Fensterkollektoren werden durch den Auftrieb im 20 cm messenden Kasten bewegt. Bei keinem oder zu geringem Auftrieb schliessen sich die Klappen aufgrund des Eigengewichtes. Durch diesen einfachen Mechanismus ist eine aufwendige Steuerung unnötig.

Kachelofen zur Beheizung des Hauses

Einen Teil des häuslichen Restwärmebedarfes deckt der Kachelofen im zentralen Hauptwohnraum. Mit einem Aufwand von jährlich 5,5 Ster Mischholz, die einem Primärenergieinhalt von rund 8000 kWh entsprechen, entstehen 6400 kWh Nutzwärme. In erster Linie heizt der Kachelofen die Wohnräume direkt, durch Luftklappen lässt sich aber eine Verbindung zum Energieschacht herstellen und dadurch die Hypokauste mit Wärme versorgen oder – falls gewünscht – der Speicher laden. Die relativ kalte Luft am Fuss des Energieschachtes strömt in das Luftregister des Kachelofens und gelangt, aufge-



Im Zentrum des Hauses die Kunst des Kachelofens, daran angrenzend der Energieschacht. Süd- und westseitig, über zwei Hausecken die als Luftkollektoren arbeitenden Kastenfenster (Grundriss).



Grundriss des Dachgeschosses mit einem Kinderzimmer und zwei Schlafzimmern.

wärmt und rund zwei Meter höher, wieder in den Schacht.

zudem die grössere Behaglichkeit ins Gewicht.

Hypokauste in Böden und Wänden

Ein weitflächiges, geschlossenes System von Hohlräumen durchzieht Böden und Wände. Gespiesen wird diese hypokaustenartige Hüllflächenheizung mit warmer Luft von 25 bis 30 °C aus dem Energieschacht. Die Flächenheizung erlaubt niedrige Raumtemperaturen und damit geringe Transmissionswärmeverluste. Zudem ist die Temperatur des Mediums niedrig, was die Wirkungsgrade des Luftkollektors, der Sonnenkollektoren (geplant) und des Speichers verbessert. Im Vergleich zu konventionell beheizten Räumen fällt

Kraft-Wärme-Kopplungsanlage

Ein Dieselmotor treibt im Kellergeschoss den 2,4-kW-Generator (elektrische Dauerleistung), der den Strom für das Haus liefert. Der Dieselmotor leistet 3 kW bei 3000 U/min. Geeignete Verbraucher wie Licht und Wasserpumpe «hängen» am Gleichstrom, für die drei Personalcomputer sowie einige andere Geräte wird der Strom im Wechselrichter des Typs GWR 1000 AT umgeformt. Die Abwärme des Motors heizt über einen Abgas-Wasser-Wärmetauscher, ebenfalls im Keller montiert, den Brauchwarmwasserspeicher, der sich unter dem Dach befindet. Derartige

kompakte KWK-Aggregate werden eigentlich zur Ausrüstung von Segelbooten produziert. Sie weisen deshalb den hohen Stand serienmässig hergestellter und über Jahre verbesserter Geräte auf. Beispielsweise ist der Stromerzeuger mit einer äusserst wirksamen Schallschutzvorrichtung versehen. Andererseits ist der störungsfreie Betrieb solcher Geräte im Niedrigenergiehaus mit unerlässlichen Anpassungsarbeiten verbunden. Allein die Erhöhung der Temperatur des Kühlmediums von einigen °C (Seewasser) auf 60 oder 70 °C (Temperatur des Brauchwasserbehälters) erforderte andere Fittings. Die vom Gerätehersteller mitgelieferten Rohranschlüsse «schwammen» buchstäblich davon ...

Der tägliche Betrieb der KWK-Anlage von 4 bis 5 Stunden deckt sowohl den Strom- als auch den Wärmebedarf für die Brauchwasserbereitung zu 100%. Dabei werden rund 900 l Dieselöl im Jahr verbrannt.

Solarzellenanlage zur Stromerzeugung

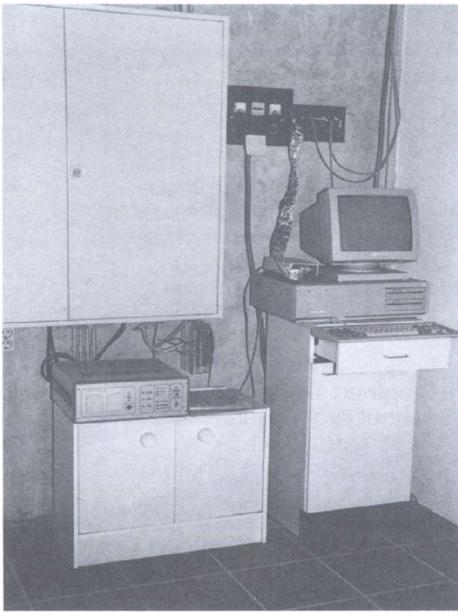
Siegfried Delzer will die fossilen Treib- und Brennstoffe schrittweise substituieren. Der Einsatz des KWK-Aggregates kann aber nur reduziert werden, wenn gleichzeitig Ersatz für Wärme und Strom geschaffen wird. Die 2 m² Solarzellen der Marke ARCO SOLAR mit einer Spitzenleistung von 200 W liefern im Jahr 200 kWh Strom als Grundlast.

Wintergarten

Vom energetischen Standpunkt aus spielt der Wintergarten auf der Ostseite



Der Kachelofen mit einem Teil des Energieschachtes (links).

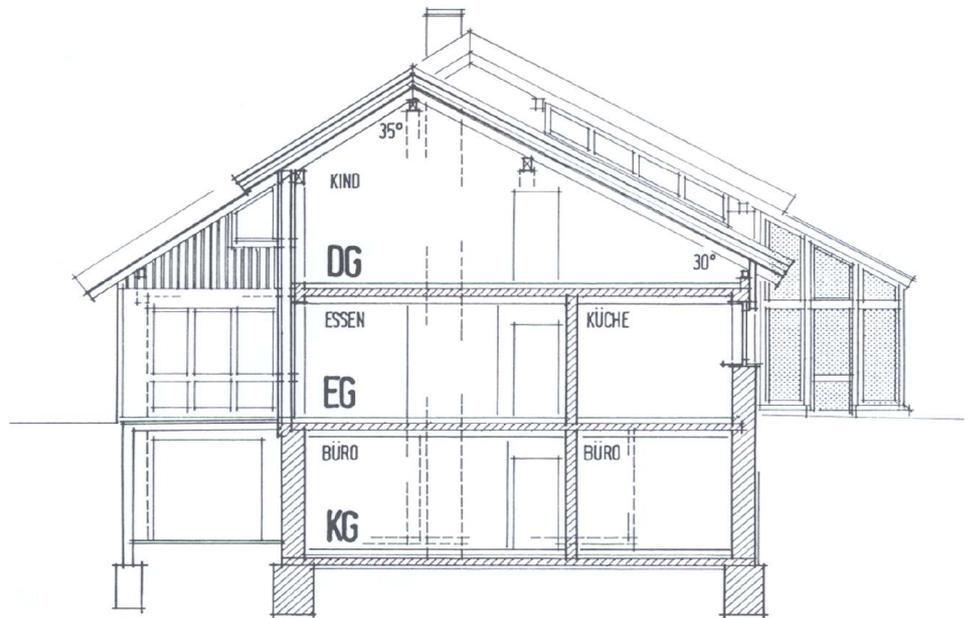


Personalcomputer zur Auswertung der Energieflüsse im Niedrigenergiehaus. Links das Steuergerät für den Stromerzeuger.

des Hauses nur eine untergeordnete Rolle.

Das Nullenergiehaus als Prozess

Der Kybernetiker Siegfried Delzer betrachtet das von seiner Familie bewohnte Haus nicht als abgeschlossene Bauaufgabe. Er erkennt im Entstehen eines Nullenergiehauses einen langjährigen Prozess, in den er und die anderen Benutzer mit verhältnismässig kleinen, überschaubaren und in ihrer Wirkung abschätzbaren Massnahmen eingreifen. Delzer musste naturgemäss gewisse Voraussetzungen erfüllen, um später die Bausubstanz und die Haustechnik nach dem jeweils neuesten Stand ergänzen zu können. Beispiele dafür sind die hochwärmegeämmte Bauhülle sowie Platzreserven für Installationen (Schächte, Leitungen, Kanäle, usw.). Selbstverständlich ist die Planung aufwendiger, verbunden aller-



Schnitt durch das Haus Delzer mit Wintergarten im Osten.



Südfassade des Niedrigenergiehauses in Lörrach mit den charakteristischen Luftkollektoren zur hybriden Sonnenenergienutzung.

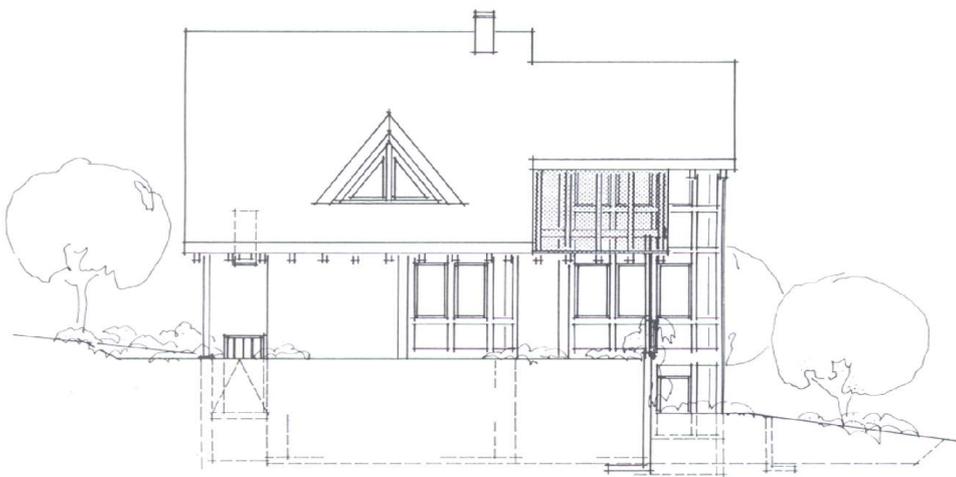
dings mit grösseren bau- und haustechnischen Qualitäten und einem geringeren Risiko – bei neuen Technologien besondere Vorteile!

Für den späteren Ausbau geplant

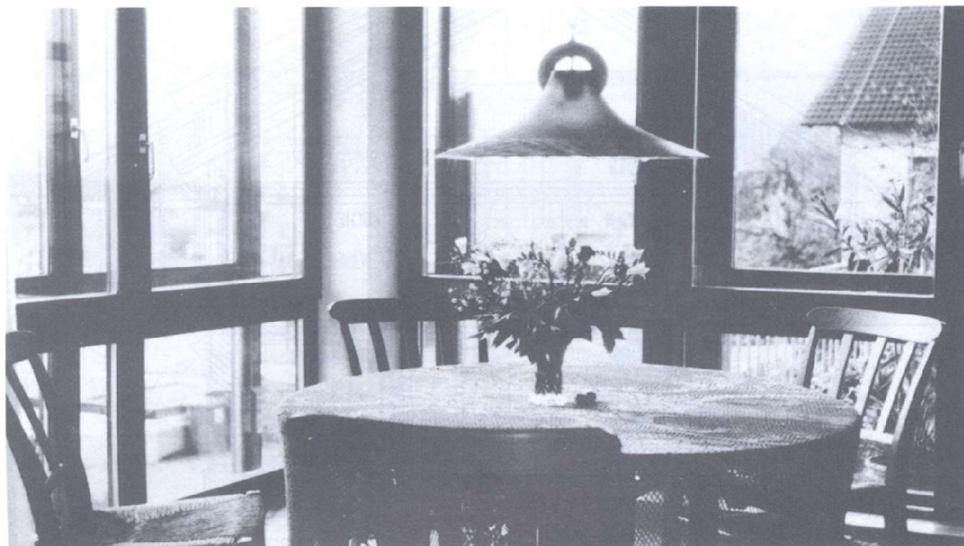
Sonnenkollektoranlage: Die geplanten Flachkollektoren, in die Süd- und Ostwand eingebaut, werden die Energie für die Brauchwasserversorgung liefern. Ein allfälliger Überschuss würde in den Heizungsspeicher geladen. Reicht die Strahlung weder für das Brauchwasser noch für die Raumheizung, soll die Energie der dahinterliegenden Wand zugute kommen. Derselbe Effekt kann auch bei der transparenten Wärmedämmung genutzt werden.

Transparente Wärmedämmung: Das Konzept des Niedrigenergiehauses in Lörrach sieht auch die spätere Montage einer transparenten Wärmedämmung über 12 m² Sonnenkollektoren vor. Zusätzlich können später alle Aussenwandflächen für diesen Zweck eingesetzt werden.

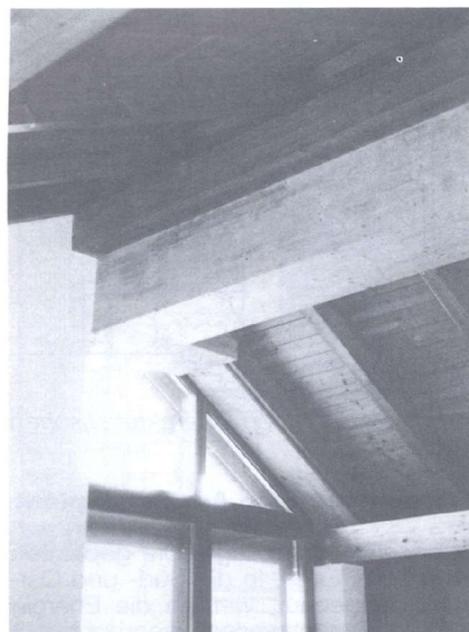
Abwärmenutzung: In einer Lüftungsanlage könnte der Abluft, so sieht es die Planung für einen späteren Zeitpunkt vor, die Wärme entzogen und der Zuluft mitgegeben werden.



Das Haus von Westen.



Helle Ecke trotz äusserst niedrigem Wärmeverbrauch: Sitzplatz mit Fensterkollektor.



◀ Verbindungskanal zwischen dem Ausgang des Fensterkollektors und dem Energieschacht.

Beteiligte

Projektverfasser Energie
Dipl. Ing. Siegfried Delzer
Ingenieurbüro für Technische
Kybernetik
Ritterstrasse 51
D-7850 Lörrach-Haagen

Projektverfasser Architektur
Siegfried Delzer und
Tanneberg + Haas
Dammstrasse 1
D-7858 Weil am Rhein

Realisierung
Christiane und Siegfried Delzer

Wechselrichter
Andreas Laschek-Enders
Hainecker 8
D-3556 Weimar 1

Stromerzeuger
Fischer's Marine Generatoren
Buchenweg 1
D-8399 Neuburg am Inn
oder
ICEMASTER
Otto-Hahn-Strasse 40
D-4790 Paderborn 2

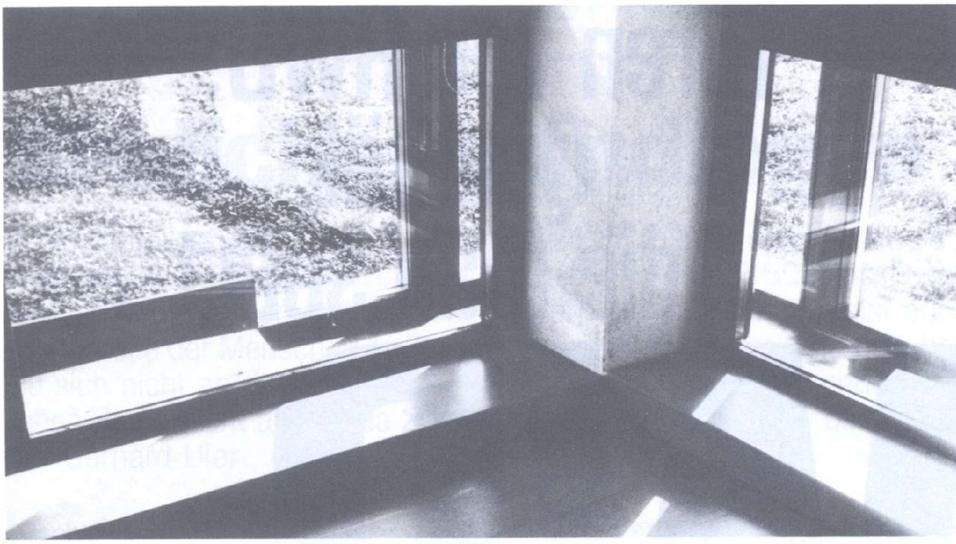
Sinnvolles Vorgehen

Delzer verfügt bereits über einschlägige Erfahrungen mit Niedrigenergiehäusern: «Oft wird zu spät mit der Planung begonnen», meint der Ingenieur. Eine sinnvolle Vorgehensweise beim Hausbau unterteilt er in vier Phasen:

- Früher Planungsbeginn mit der Abklärung der Bedürfnisse und der Möglichkeiten des Standortes.
 - Energieberatung als Zielvorgaben für den Architekten.
 - Entwurf von Varianten durch den Architekten.
- Vergleich der Varianten bezüglich Energiebedarf und Behaglichkeit. Konzeptfestlegung.
- Realisierung bei genauer Überwachung der Planungsvorgaben.

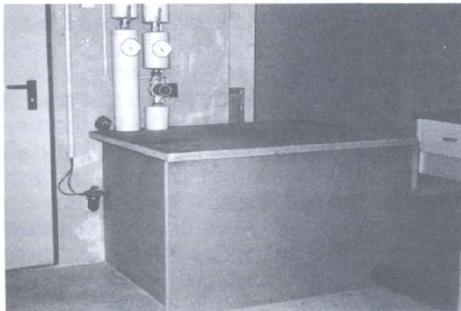
Klima	
Heizgradtage (Basel)	3348
Heiztage (12 °C)	215
Lage	Süd-Ost-Hang
Solarstrahlung auf horizontale Fläche	1150 kWh/a
Solarstrahlung im Jahresmittel	130 W/m ²
Haus	
Beheizte Wohnfläche	190 m ²
Umbauter Raum	1330 m ³
Anzahl Geschosse	3
Energieverbrauch	
Heizenergieverbrauch entspricht Nutzwärme	5,5 Ster Mischholz 6400 kWh
KWK-Anlage	
Leistung Motor	3 kW bei 3000 U/min.
Leistung Generator	2,4 kW
Spannung	24 V DC / 220 V AC
Stromertrag	955 kWh/a
Verbrauch Dieselöl	900 l
Kochen mit Gas	79 kg
Solarzellenanlage	
Jahresertrag	200 W / 2 m ² 200 kWh/a
Stromversorgung	
Spannungen	220 V AC 12 / 24 V DC
Batterienkapazität	500 Ah, 24 V 50 Ah, 12 V 50 Ah, 36 V

Tabelle: Technische Daten

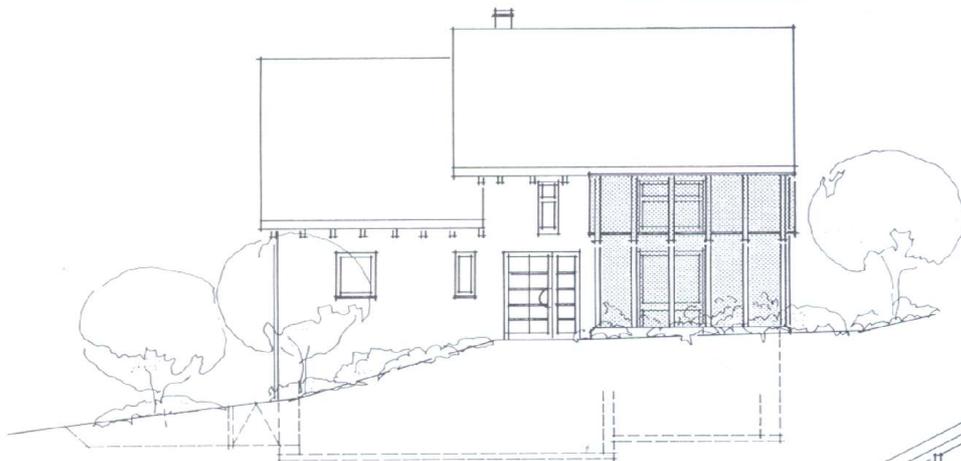
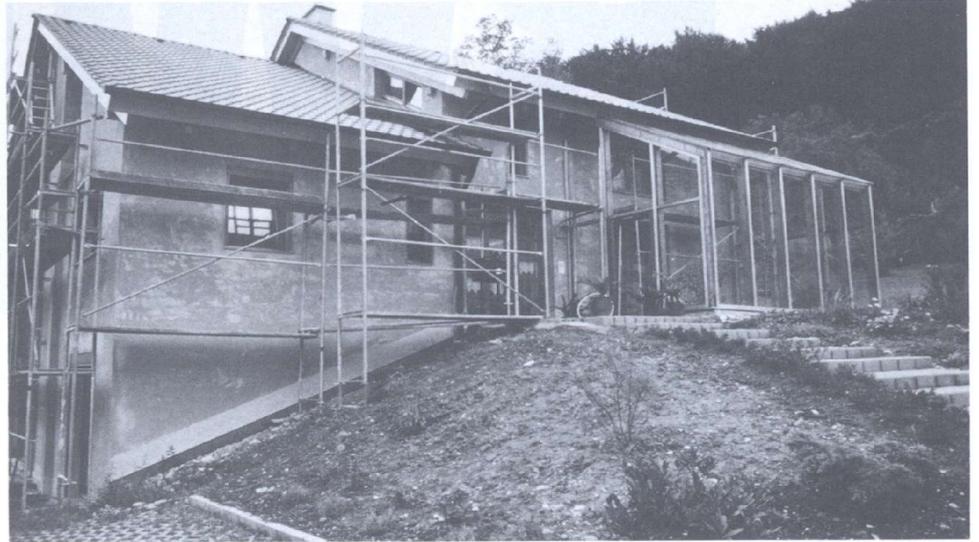


◀ Detail des Fensterkollektors mit Zu-
luftklappe.

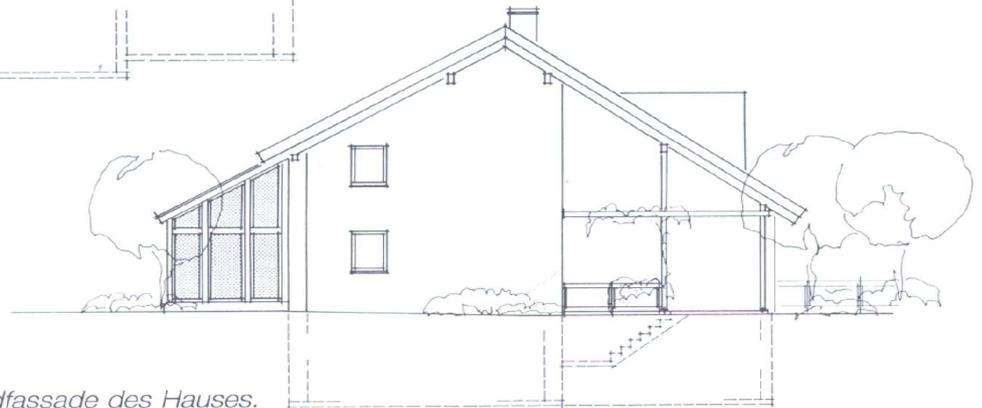
▼ Die Ostseite des Niedrigenergie-
hauses mit Hauseingang und Winter-
garten.



Die doppelt gedämmte Kraft-Wärme-
Kopplungsanlage mit Ölzuleitung
(links), Abwärmekreislauf (Mitte) und
Abgasrohr (rechts).



Hauseingang mit WC- und Küchenfen-
ster (links) und Wintergarten (Ostseite).



Die karge Nordfassade des Hauses.