

Ein Informationspaket

Energieeffiziente Altbauten

**Durch Sanierung
zum Niedrigenergiehaus**

Fred Ranft
Doris Haas-Arndt

1. Auflage

 Herausgeber
**FACHINFORMATIONSZENTRUM
KARLSRUHE**
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH

Das ist eine Leseprobe mit

- # Kapitel 1 - Warum lohnt sich eine Haussanierung?
- # Kapitel 4 - Bestandsaufnahme
- # Kapitel 9 - Beispiel einer Sanierung zum Niedrigenergiehaus

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar

Hat Sie die Leseprobe überzeugt?
Dann profitieren Sie vom kompletten Buch
für nur 17,80 Euro zzgl. Versand.

Eine Bestellmöglichkeit finden Sie [hier](#).

ISBN 3-8249-0794-1
© by TÜV-Verlag GmbH,
TÜV Rheinland Group, Köln 2004
Titelfotos: Fred Ranft

Gesamtherstellung: TÜV-Verlag GmbH, Köln
Printed in Germany 2004

Vorwort		6
1	Warum lohnt sich eine Haussanierung?	7
1.1	Werterhalt und Wertverbesserung	7
1.2	Steigerung des Wohnkomforts	8
1.3	Einsparung von Ressourcen	11
2	Bauphysikalische Anforderungen an eine Sanierung	12
2.1	Wärmeschutz	12
2.2	Feuchtigkeit	20
2.3	Luftdichtheit	21
2.4	Wärmebrücken	25
2.5	Solare Wärmegewinne	26
2.6	Sommerlicher Wärmeschutz	27
2.7	Speichermassen	29
3	Energiestandards für die Sanierung bestehender Gebäude	33
3.1	Energieeinsparverordnung (EnEV)	33
3.2	Niedrigenergiehaus-Standard	38
3.3	Passivhausstandard	39
4	Bestandsaufnahme	40
4.1	Gebäude	40
4.2	Ressourcenverbrauch	41
4.3	Maßnahmenplanung	43
5	Bauhistorischer Bestand	45
5.1	Historischer Gebäudebestand vor 1900 – Fachwerkhäuser	46
5.2	Historischer Gebäudebestand erbaut 1900 bis 1918	48
5.3	Gebäude der Zwischenkriegszeit 1919 bis 1945	49
5.4	Gebäude der Nachkriegszeit 1945 bis 1959	50
5.5	Gebäude der sechziger Jahre 1960 bis 1969	51
5.6	Gebäude mit ersten Bestrebungen zur Energieeinsparung 1970 bis 1976	52
5.7	Gebäude nach Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 bis 1984	54
6	Typische Schwachstellen	55
6.1	Bodenplatte und Keller	56
6.2	Außenwände	56

6.3	Dach und Dachraum, oberste Geschossdecke	57
6.4	Fenster und Außentüren	58
6.5	Balkone und Loggien	58
6.6	Wärmebrücken	58
7	Bautechnische Sanierungsmaßnahmen	62
7.1	Bodenplatte und Kelleraußenwände	62
7.2.	Decke und Wände zu unbeheizten Räumen	64
7.3	Außenwände	66
7.4	Dach und Dachraum	73
7.5	Fenster, Türen, Wintergärten	78
7.6	Balkone und Loggien	83
7.7	Wärmebrücken	83
7.8	Baustoffe	87
8	Sanierungsmaßnahmen an der Haustechnik	88
8.1	Wärmeerzeugung	89
8.2	Wärmeverteilung	101
8.3	Beitrag der passiven Sonnenenergie	104
8.4	Lüftung	109
8.5	Elektroinstallation	119
8.6	Wasser	120
9	Beispiel einer Sanierung zum Niedrigenergiehaus	122
9.1	Erweiterung	123
9.2	Bausubstanz (Bestand)	126
9.3	Energetisches Ziel	127
9.4	Sanierungsmaßnahmen an der Baukonstruktion	128
9.5	Maßnahmen der Haustechnik	132
9.6	Erreichte Energieeinsparung	137
9.7	Kosten- und Zeitbedarf	138
9.8	Erfahrungen der Bewohner	138
10	Energetische und wirtschaftliche Bewertung von Sanierungsmaßnahmen	139
11	Altbausanierung in der Energieforschung	143

12	Zitierte Literatur sowie Verzeichnis der Abbildungen	146
13	Forschungsberichte	149
14	Weiterführende Literatur	158
15	Autorenangaben	166

Vorwort

Ein heute neu gebautes Haus unterscheidet sich erheblich im Energiebedarf für Heizung und Warmwasser von vergleichbaren Neubauten früherer Jahrzehnte. In den letzten 20 Jahren wurde der Wärmebedarf etwa halbiert und in Zukunft sind noch weitere Erfolge möglich. Dies ist eine Folge des zunehmend anspruchsvolleren, gesetzlichen Baustandards und der verbesserten technischen Möglichkeiten, um Energie sparende Gebäude zu errichten. Als Gegenleistung für leicht gestiegene Baukosten erhalten die Bauleute ein neues Haus mit hohem Wohnkomfort und dauerhaft niedrigen Betriebskosten.

Jährlich werden aber im Schnitt nur 1 % der Wohnhäuser neu gebaut. Es würde rechnerisch ca. hundert Jahre dauern, wenn man beim Energiesparen im Wohnungsbau nur auf Neubauten setzen würde. Die Erfahrung zeigt, Häuser werden etwa 50 – 100 Jahre genutzt. Energiesparen muss also auch im Altbaubestand angegangen werden. Zu den „Altbauten“ zählen in diesem Buch bereits Häuser, die älter als ein Jahrzehnt sind und im Vergleich zu heute einen zu hohen Energieverbrauch aufweisen. Jede Sanierung und Modernisierung bietet die Möglichkeit, das Angenehme mit dem Nützlichen zu verbinden. Im Laufe der Jahre fallen in jedem Haus größere Instandhaltungsarbeiten an: Das Dach ist undicht, der Fassadenanstrich blättert, Fenster schließen nicht mehr richtig, der Keller ist feucht oder eine neue Heizung ist erforderlich. Es wird also Geld in das Haus investiert, um z. B. die Ästhetik zu verbessern und weitere Bauschäden zu vermeiden. Bei diesen Gelegenheiten kann ein Bauherr dann bei nur geringen Mehrkosten gleichzeitig Maßnahmen zum Energiesparen mit realisieren. Warum also nicht gleich „Nägel mit Köpfen machen“, wenn ohnehin ein Gerüst steht, das Dach abgedeckt ist und das Wohnen zeitweilig durch Staub, Dreck und Baulärm eine Belastungsphase durchstehen muss?

Dieses Buch soll helfen, Chancen bei der Modernisierung zu erkennen und zu nutzen. Je nach Fragestellung können Leser unterschiedlich in dieses Buch einsteigen. Leser, die sich dem Thema systematisch nähern möchten, können sich der Reihenfolge der Kapitel anvertrauen. Möchte man erst einmal das eigene Haus und seine bautypischen Schwachstellen kennen lernen, beginnt man mit den Kapiteln 4 und 5 als Einstieg. Wer sich am liebsten an einem erfolgreichen Beispiel orientiert, findet das im Kapitel 9. Unabhängig vom gewählten Einstieg bietet das Buch eine Fülle von Wissen und praktischen Tipps. Damit kann auch aus Ihrem Altbau zukünftig ein Niedrigenergiehaus werden.

Fachinformationszentrum Karlsruhe

Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH

BINE Informationsdienst

1 Warum lohnt sich eine Haussanierung?

Die Gründe für die Sanierung eines bestehenden Gebäudes sind vielfältig. Oft werden sie jahrelang im Kopf bewegt, bevor die Entscheidung fällt, die Sanierung endlich anzupacken. Manchmal ist auch ein konkreter Vorfall (es regnet durchs Dach, die alte Abflussleitung ist undicht etc.) Anlass, den lange gehegten Wunsch in die Tat umzusetzen. Jetzt ist es wichtig, sich etwas Zeit zu nehmen und über die Chancen und Risiken einer umfassenden Sanierung nachzudenken. Sanierungsmaßnahmen überdauern eine Generation und mehr. Eine professionelle Analyse des Gebäudes und Planung der Maßnahme helfen, Fehler zu vermeiden oder gar wichtige Details nicht zu vergessen.

Welchen Umfang soll die Sanierung haben? Werden alle Mängel auf einmal beseitigt und alle Wünsche erfüllt oder ist die Sanierung in Stufen geplant? Welche Maßnahmen bringen die größten Energieeinsparungen und kosten am wenigsten Geld? Diese Überlegungen stehen am Anfang der Planung. Eine Gesamtsanierung schafft weniger Probleme, ein stufenweiser Ausbau kann jedoch aus finanziellen Gründen oder weil das Haus während der Sanierung weiter bewohnt wird, notwendig sein.

Grundsätzlich sollen die Überlegungen und Planungen umfassend sein. Nur auf der Grundlage einer Gesamtplanung können einzelne Maßnahmenpakete definiert, Kosten geschätzt und kann ein Zeitplan zur Umsetzung erstellt werden.

Eines der wichtigsten Sanierungsziele ist die energetische Verbesserung des Gebäudes. Es gibt gesetzlich vorgeschriebene Mindeststandards, die in der Energieeinsparverordnung (EnEV) festgelegt sind¹. Der gegenwärtige Stand des Wissens und auch der Technik geht jedoch weit über diese Potenziale hinaus. Dieses Buch zeigt Konzepte und Techniken, um aus Altbauten echte Niedrigenergiehäuser zu machen.

1.1 Werterhalt und Wertverbesserung

Gebäude haben grundsätzlich nur eine begrenzte Lebensdauer, die, bezogen auf die einzelnen Bestandteile eines Hauses, sehr unterschiedlich ist (s. Abb. 24). Neben der Qualität dieser Bauteile ist die sorgfältige Pflege wichtig. Hat das Bauteil das Ende der Lebensdauer erreicht oder ist es verschlissen (z. B. ein zerbrochener Dachziegel, ein korrodiertes Abflussrohr oder ein marodes Fenster), so muss es ausgetauscht werden. Diese Bestandspflege ist entscheidend für den aktuellen Wert eines Gebäudes. Ohne diese kontinuierliche Pflege folgen oft weitere, wertmindernde Schäden (der zerbrochene Dachziegel, das

¹ Die EnEV wird im Kapitel 3.1 ausführlich erläutert.

defekte Abflussrohr lassen Wasser eindringen, mit der Folge, dass weitere Bauteile geschädigt werden).

Der Austausch alter Bauteile bietet aber auch die Chance, Bauschäden zu beseitigen oder eine Wertverbesserung vorzunehmen (alte Fenster werden durch moderne Fenster mit Wärmeschutzverglasung ersetzt, der alte Teppichboden wird durch einen repräsentativen Dielenboden ersetzt).

1.2 Steigerung des Wohnkomforts

Bestehende Gebäude bieten oft und in vielerlei Hinsicht nicht mehr einen zeitgemäßen Wohnkomfort.

Thermische Behaglichkeit

Der Platz am Esstisch in der Nähe eines einfachverglasten Fensters ist meistens nicht beliebt. Es ist dort unbehaglich, diese Empfindung wird oft mit „es zieht“ beschrieben. Tatsächlich ist es manchmal Zugluft (bei Winddruck auf der Fassade), die das Unbehagen auslöst, häufig verursacht jedoch die kalte Glasscheibe das Kälteempfinden. Der menschliche Körper steht in permanentem Temperaturexaustausch mit der Umgebung. In Gebäuden sind dies die umgebenden Bauteile (Fenster, Wände, Boden, Decke, auch Heizkörper) und die Raumluft. Die Temperatur dieser Bauteile teilt sich unserem Körper über Wärmestrahlung mit. Diese Strahlungstemperatur ist neben der Raumlufttemperatur für unser Wohlbefinden verantwortlich. Wir bilden unbewusst aus beiden Faktoren einen Mittelwert, die so genannte Empfindungstemperatur.

Eine niedrige Temperatur der Bauteile kann zwar teilweise durch eine höhere Lufttemperatur ausgeglichen werden, trotzdem sollten beide Werte nicht allzu weit auseinander liegen: Wer an einem kalten Tag an einem Lagerfeuer sitzt, dessen Gesicht dem Feuer zugewandt ist, dem ist angenehm warm, während gleichzeitig der Rücken kalt ist. Wer in der Nähe eines kalten Fensters sitzt, wird das Heizkörperventil aufdrehen und die Raumlufttemperatur erhöhen, damit die Behaglichkeit einigermäßen wiederhergestellt ist. Dies bedeutet zusätzlichen Heizenergieverbrauch. Mit jedem „°C“ höherer Raumlufttemperatur werden 6% Heizenergie zusätzlich verbraucht.

Die Kälte der Fensterfläche ist, neben kalter Frischluft, der Grund, warum früher Heizkörper unterhalb der Fenster angeordnet wurden. Bei modernen, sehr gut gedämmten Dreifach-Verglasungen ist dies nicht mehr nötig. Der Platz für den Heizkörper kann nach anderen Gesichtspunkten, z. B. kostengünstige Leitungsführung, gewählt werden.

Niedrige Oberflächen-Strahlungstemperaturen können durch höhere Raumtemperaturen nur begrenzt ausgeglichen werden. Zum einen soll der Unterschied zwischen den Luft- und Oberflächentemperaturen nicht mehr als 3 – 4 °C betragen. Zum anderen sind für das Wohlbefinden und für die Gesundheit eine niedrige Lufttemperatur und eine hohe Strahlungstemperatur günstig.

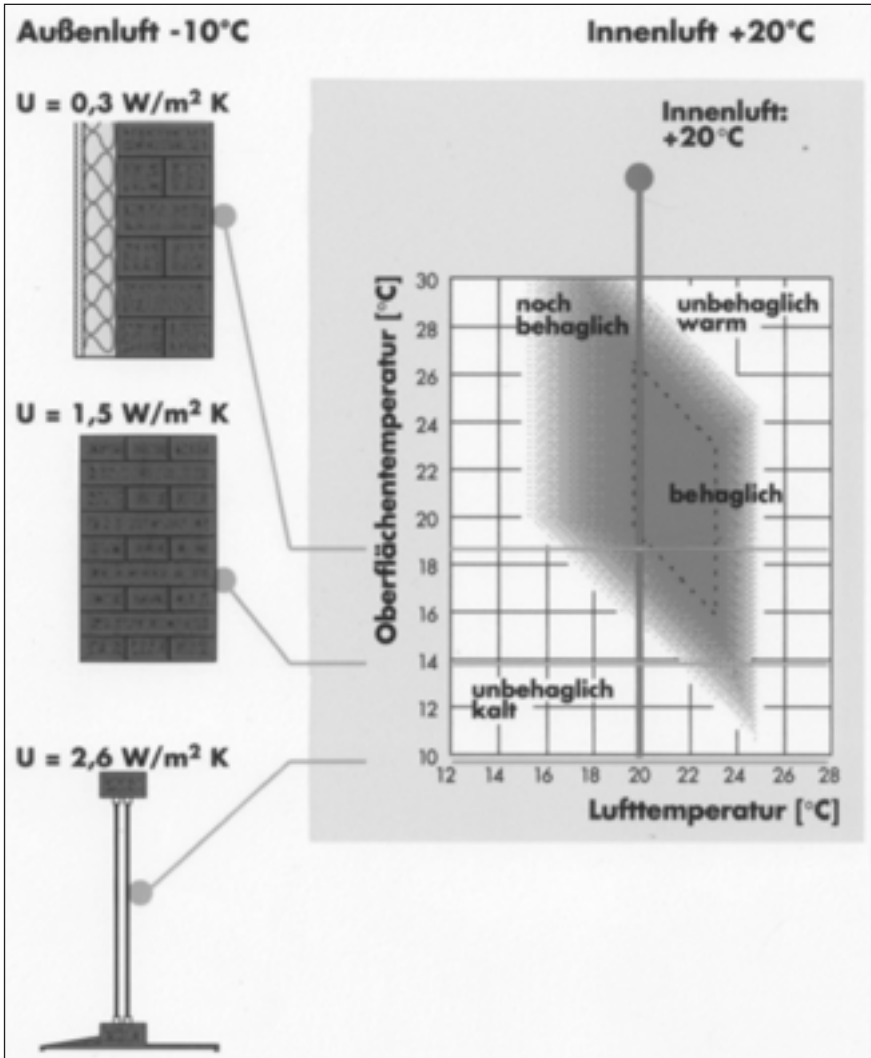


Abb. 1: Einfluss von Oberflächen- und Lufttemperatur auf die thermische Behaglichkeit

Abb. 1 stellt den Bereich der Empfindungstemperatur dar, der als behaglich empfunden wird, als Abhängigkeit von Oberflächen- und Lufttemperatur. Für drei verschiedene Bauteile wird gezeigt, ob und wie behagliche Zustände erreicht werden können. Die thermische Qualität der Bauteile wird in der Grafik mit Hilfe des U-Wertes gekennzeichnet. Dieser U-Wert wird in Kapitel 2.1 erläutert.



Abb. 2: Schlechte Dämmung: trotz hoher Raumlufttemperatur große Unterschiede in der Wärmeverteilung im Raum, Wohnbehaglichkeit ist gestört



Abb. 3: Gute Dämmung: trotz niedriger Raumlufttemperatur nur geringe Unterschiede in der Wärmeverteilung im Raum, angenehme Wohnbehaglichkeit

Eine alte „Isolierverglasung“ (moderne Verglasungen nennt man Wärmeschutzverglasungen) hat, bei -10°C Außenlufttemperatur und 20°C Innenlufttemperatur, auf der Innenseite lediglich eine Oberflächentemperatur von 10°C , selbst bei erhöhter Lufttemperatur kann keine thermische Behaglichkeit erreicht werden. Eine ungedämmte Außenwand (36,5 cm Ziegel) erreicht unter den gleichen Bedingungen eine Oberflächentemperatur von 14°C . Bei 24°C Raumlufttemperatur wird die thermische Behaglichkeit knapp erreicht. Erst eine gedämmte Außenwand ist auf der Innenseite 19°C warm und ermöglicht bei Energie sparen Innenlufttemperaturen von 19 bis 20°C ein angenehmes Raumklima.

Abb. 2 und 3 zeigen für einen Wohnraum, dass bei besser gedämmten Bauteilen die Lufttemperatur um bis zu 4°C geringer sein kann als bei schlecht gedämmten Bauteilen. Dies bedeutet weniger Energieverbrauch und ein gesünderes Raumklima, da die Schleimhäute bei geringerer Lufttemperatur weniger austrocknen.

Funktionsverbesserung

Alte Gebäude haben oft nur wenige und kleine Fenster. Begründet war dies mit der schlechten thermischen Qualität früherer Gläser. Zu einem zeitgemäßen Wohnkomfort gehören jedoch sowohl licht- bzw. sonnendurchflutete Räume als auch die Möglichkeit der Querlüftung (gegenüberliegende Fenster werden geöffnet).

Die Raumgrößen und -zuschnitte entsprechen oft nicht mehr heutigen Anforderungen. Durch das Zusammenlegen von Räumen oder kleinen Wohnungen, manchmal auch durch das Teilen von großen Wohnungen, können heutige Raumbedürfnisse befriedigt werden. Die Umbauten sollten mit dem Bewusstsein vorgenommen werden, dass zukünftige Entwicklungen wieder andere räumliche Bedingungen erfordern können. Daher sind flexible Grundrisse von Vorteil.

Neue Zugänge zum Freibereich sowie der nachträgliche Anbau von Balkonen und Loggien oder das Nutzbarmachen von Flachdächern als Dachgärten erhöhen den Wohnkomfort ganz

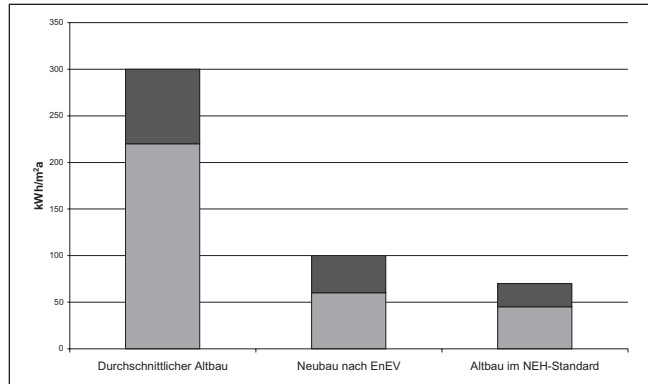


Abb. 4: Spezifischer Heizenergieverbrauch von Alt- und Neubauten

wesentlich. Schließlich bietet ein Umbau oder eine Sanierung des Gebäudes auch die Möglichkeit, die Ästhetik des Baukörpers und seiner Fassaden zu verbessern.

1.3 Einsparung von Ressourcen

Die privaten Haushalte verbrauchen etwa 30 % der gesamten Endenergie. Von diesem häuslichen Energieverbrauch entfallen etwa 77 % auf die Raumheizung und 12 % auf die Warmwasserbereitung.

Die Sanierung bestehender Gebäude hat aus diesem Grund große Bedeutung. Gebäude, die vor mehr als 20 Jahren gebaut wurden, entsprechen in vielerlei Hinsicht nicht mehr heutigen Energiestandards. Der Anteil von Gebäuden dieser Baujahre an der Gesamtzahl von Wohngebäuden beträgt etwa 86 %.

Die jährliche Neubaurate liegt weit unter 1 %. In den meisten Architekturbüros und Handwerksbetrieben überwiegen Sanierungsaufgaben gegenüber Neubauten. Da leuchtet es ein, dass Strategien zur Energieeinsparung und zur CO₂-Minderung wegen der Anzahl der Gebäude und der hohen Einsparpotentiale vor allem auf den Baubestand zielen.

Im Vergleich zu den Verbesserungspotenzialen im Neubau sind die Einsparmöglichkeiten bei bestehenden Gebäuden enorm: Einsparungen von 50 % und mehr sind keine Seltenheit. Weitere Details enthält das Kapitel 5. Bei bestehenden Gebäuden lässt sich ebenfalls ein geringer Heizenergieverbrauch erreichen. Liegt dieser im Bereich zwischen 30 – 70 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr, so ist das Gebäude nach der Sanierung ein Niedrigenergiehaus.

4 Bestandsaufnahme

Ist eine umfassende Gebäudesanierung geplant, sollte zu Beginn eine möglichst genaue und vollständige Bestandsaufnahme des zu sanierenden Gebäudes durchgeführt werden.

4.1 Gebäude

Die Bestandsaufnahme beginnt mit der Sammlung und Sichtung der Bestandspläne, statischer Berechnungen und der Baubeschreibung. Sollten solche Unterlagen nicht zu finden sein, so kann das Bauarchiv bei den Städten und Gemeinden weiterhelfen; es ist meist im Bauordnungsamt untergebracht. Sollten sich auch dort keine Unterlagen finden lassen, so müssen zumindest die Bestandspläne durch Fachleute (Architekt) neu erstellt werden. Ebenfalls ist die Tragfähigkeit der Bausubstanz fachkundig zu beurteilen (Tragwerksplaner).

Beim Planungsamt lässt sich in Erfahrung bringen, ob ein Bebauungsplan oder ein alter Fluchtlinienplan im Bereich des zu sanierenden Gebäudes besteht. Diese Pläne enthalten Festsetzungen, die möglicherweise zu beachten sind, wenn die Fassade verändert oder Dachgauben errichtet werden sollen. Falls durch Anbauten oder Wärmedämmmaßnahmen die Außenmaße des Gebäudes vergrößert werden, sind diese Festsetzungen gleichfalls zu beachten.

Ob das Gebäude denkmalwert ist und den Veränderungen Grenzen gesetzt sind, erfährt man durch Einsicht in die Denkmalliste bei der unteren Denkmalbehörde der Gemeinden.

Eine Zusammenstellung früherer Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen gibt, im Vergleich mit der theoretischen Lebensdauer, Aufschluss über die gegenwärtig notwendige oder bald anstehende Erneuerung von Bauteilen und Haustechnikkomponenten (Abb. 24).

Bei Sanierungsmaßnahmen steht die Auswahl von Baustoffen und Ausbaumaterialien an, daher sollten vorab mögliche Allergien der künftigen Hausbewohner berücksichtigt werden. Die Auswahl eines neuen Bodenbelags wird, z.B. bei einer Stauballergie, zugunsten eines leicht zu reinigenden und möglichst feucht zu wischenden Belags ausfallen (z.B. Holzboden). Bestimmte Teppichböden scheiden bei entsprechenden Allergien aus.

Schließlich ist die Frage zu klären, wie umfangreich die Hilfestellung von Fachleuten in Anspruch genommen werden soll.

Fachleute können auch klären, ob schadstoffbelastete Baustoffe eingebaut wurden, zum Beispiel asbesthaltige Bauteile etc. Ebenfalls bergen PCB in Dichtungsmassen oder lindanhaltige Holzschutzmittel Gesundheitsgefahren. Wenn diese im Zuge einer Sanierung entfernt werden, sind möglicherweise besondere Sicherheitsmaßnahmen zu beachten.

	Bauteil	Lebensdauer in Jahren
Rohbau	Fundamente, Mauerwerk, Betondecken, Dachstuhl	> 50
	Dachdeckung, geneigt, Dachdeckung, flach	> 30
Ausbau	Holzfenster, Dachrinnen	> 20
	Putz, Wärmedämmung	> 30
	Leichtwände	> 50
	Elastische Fugen	5 bis 10
Technik	Elektro-/Heizungs-, Sanitärinstallation	> 30
	Solaranlagen	> 20
	Heizkessel, Heizkörper, Sanitärobjekte, -armaturen	15 bis 25
Oberflächen	Holzfensteranstriche	3 bis 8
	Fassadenanstriche	5 bis 20
	Tapeten	10 bis 15
	Fußböden	5 bis 20
	Fliesen	> 30

Abb. 24: Lebensdauer von Bauteilen und Haustechnikkomponenten

4.2 Ressourcenverbrauch

Wärmeverluste entstehen durch

- Wärmeleitung durch die Bauteile, die warme, beheizte Räume von kalten, unbeheizten Räumen oder Außenräumen trennen,
- Lüftungswärmeverluste durch notwendige Lüftung und durch ungewollten Luftaustausch (undichte Bauteile, unnötiges Lüften).

Daten zum bisherigen Verbrauch von Energie (Heizung, Strom) und Wasser sollten aus mehreren Jahren ermittelt werden. Der Vergleich dieser Verbrauchsdaten mit denen anderer Gebäude gibt erste Hinweise auf mögliche Schwachstellen und Einsparpotenziale.

Die Überprüfung der Gebäudehülle mit Hilfe von Thermografieaufnahmen gibt erste Aufschlüsse über die thermische Qualität der Außenbauteile (vgl. Kapitel 6). Darüber hinaus ist der Rat eines Sachverständigen sinnvoll. Dies kann entweder ein Architekt oder ein Energieberater sein. Im Rahmen von Untersuchungen, wie z. B. dem Gebäude-Check Energie, dem Solar-Check NRW¹⁴ oder der Vor-Ort-Beratung, werden die energetische Qualität des Gebäu-

¹⁴ Aktuelle Informationen zu Förderprogrammen des Bundes, der Länder sowie Kommunen und Energieversorger finden Sie im Internet www.energiefoerderung.info oder bei der Förderhotline des BINE Informationsdienstes, Tel.: 02 28/9 23 79 14.

des und die Energieverluste der einzelnen Bauteile bzw. Heizungskomponenten ermittelt, Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen sowie deren Kosten und Wirtschaftlichkeit dargelegt.

Zur Ermittlung der Grundlagen gehört ebenfalls die Recherche, welche leitungsgebundenen Energieträger vor Ort verfügbar sind (Gas, Fernwärme).

Wärmeverluste durch Wärmeleitung

Die Verluste durch Wärmeleitung werden als Transmissionswärmeverluste bezeichnet. Maßgeblich für den Umfang der Transmissionswärmeverluste sind die Größe und die thermische Qualität der Außenbauteile:

- Außenwand,
- oberste Geschossdecke oder Dachfläche,
- Fenster,
- Bodenplatte (bei nicht unterkellerten Gebäuden),
- Bauteile gegen Erdreich.

Durch innere Bauteile zwischen warmen und kalten Räumen können ebenfalls Wärmeverluste entstehen:

- Kellerdecke,
- Wand zum Treppenhaus.

Die Transmissionswärmeverluste Q_T lassen sich nach der folgenden Formel überschlägig errechnen:

$$Q_T \text{ [kWh/a]} = U\text{-Wert [W/m}^2\text{K]} \cdot \text{Bauteilfläche [m}^2\text{]} \cdot \text{Klimafaktor [kKh/a]}^{15}$$

Die Einheit [kWh/a] beschreibt eine Energiemenge [kWh] während einer Heizperiode [a]. Diese Energiemenge kann in andere Einheiten, wie Liter Öl oder m^3 Gas umgerechnet werden¹⁶.

Wärmeverluste durch Lüftung

Bei zunehmender energetischer Optimierung der Gebäude gewinnt der Anteil der Lüftungswärmeverluste an Bedeutung. Bis zu 50 % der Heizenergie werden bei modernen Gebäuden zum Fenster hinausgelüftet, wenn lediglich der hygienisch notwendige Luftwechsel über die Fensterlüftung zugrunde gelegt wird.

Die Größe des Luftwechsels bestimmt daher maßgeblich die Höhe der Lüftungswärmeverluste (vgl. Kapitel 8.4).

¹⁵ Der so genannte Klimafaktor ist bereits aus der Wärmeschutzverordnung 95 bekannt. Der in der EnEV, Anhang 1, Tabelle 2 genannte Faktor ergibt sich aus: 185 Heiztage \cdot 24 h = 4.440 h \cdot Temperaturdifferenz (19 – 3,3°C = 15,7 K) \cdot 9,95 (Faktor für Nachtabsenkung) = 66.222 Kh/a oder ca. 66 kKh/a.

¹⁶ Energiegehalt von Brennstoffen:

1 l Öl	10 kWh
1 m^3 Erdgas	10 kWh
1 kg Steinkohle	8,7 kWh
1 kg rhein. Braunkohle	5,5 kWh

Energiekennzahl

Der Heizenergieverbrauch ergibt sich aus allen Energieverlusten (Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste) abzüglich der Energiegewinne aus Sonneneinstrahlung, Abwärme von Geräten und Personen.

Die Höhe des Heizenergieverbrauchs allein sagt noch nicht alles über die energetische Qualität des Gebäudes. Zu unterschiedlich sind bestehende Gebäude hinsichtlich Nutzung, Baujahr und Größe (vgl. Kapitel 5).

Wird der Heizenergieverbrauch auf die beheizte Wohn- und Nutzfläche (Energiebezugsfläche, kurz EBF) bezogen, so ergibt sich die Energiekennzahl ($EKZ_{\text{Heizenergieverbrauch}}$), die es ermöglicht, unterschiedliche Gebäude miteinander zu vergleichen.

Die Formel zur Berechnung lautet:

$$EKZ_{\text{Heizenergieverbrauch}} = \frac{\text{Brennstoffverbrauch pro Jahr}}{\text{beheizte Wohn- und Nutzflächen (EBF)}} = [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

Im Kapitel 5 sind die Energiekennzahlen für Wohngebäude verschiedener Baujahre angegeben. Der Heizenergieverbrauch, verglichen mit Neubauten, ist im Gebäudebestand sehr hoch. Damit ergeben sich große Einsparmöglichkeiten bei einer energetischen Sanierung (Abb. 4).

4.3 Maßnahmenplanung

Aus den Ergebnissen der energetischen Bestandsaufnahme, den energetischen Zielsetzungen und den weiteren Wünschen bzgl. der Veränderungen von Raumzuschnitten, deren Erschließung und Belichtung sowie der Änderungen an der Haustechnik lassen sich die notwendigen Maßnahmen ableiten.

Es ist zweckmäßig, hierzu Fachleute (Architekt/in) hinzuzuziehen. Durch den fachlichen Rat wird deutlich, welche Randbedingungen (Genehmigungen, Sonderfachleute etc.) zu prüfen sind. Der Architekt wird die Beschreibung der Maßnahmen (sog. Leistungsverzeichnisse) aufstellen. Er wird klären, welche Kosten entstehen, welche Firmen kostengünstig und zuverlässig sind und in welcher Reihenfolge gearbeitet werden soll. Er wird die Bauverträge verfassen und die Gewährleistung sicherstellen.

Sollte die Maßnahme zu umfangreich sein, so dass sie in mehreren Bauabschnitten ausgeführt werden muss, ist es wichtig, Schnittstellen zu kennen, um spätere Änderungen auszuschließen. Beim Einbau neuer Fenster sollte die Fensterbank gleich so bestellt und eingebaut werden, dass sie beim Aufbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems in ein paar Jahren genügend Platz bietet (Abb. 25).

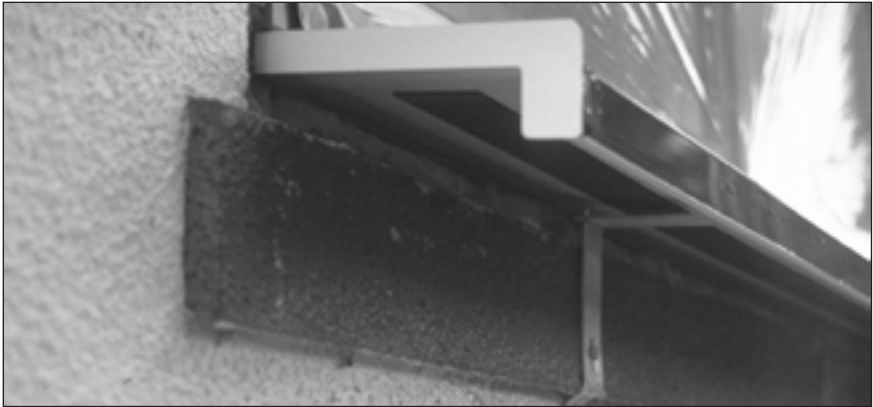


Abb. 25: Fensterbank mit ausreichender Auskrägung zur Aufnahme einer späteren Fassadendämmung

www.energiefoerderung.info

Zahlreiche Förderprogramme des Bundes und der Bundesländer sowie von Kommunen und Energieversorgern unterstützen die energetische Sanierung von Wohngebäuden. Sie können zinsgünstige Darlehen oder direkte, nichtrückzahlbare Zuschüsse erhalten. Wichtig ist, dass Sie vor Beginn der Maßnahme einen Antrag stellen.

Die Förderprogramme lassen sich in drei Gruppen einordnen:

1. Programme, die eine **Gebäudeanalyse** unterstützen. Hierzu gehört beispielsweise die Vor-Ort-Beratung des Bundes sowie der Gebäude-Check Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.
2. Programme, die die **Umsetzung der energetischen Sanierung des Gebäudes** fördern. Hierbei handelt es sich z.B. um Dämmmaßnahmen der Fassade, des Daches, um die Erneuerung der Fenster, die Erneuerung der Heizungsanlage, z.B. Gasbrennwerttechnik.
3. Programme, die die **Nutzung erneuerbarer Energien**, z.B. der Sonnenenergienutzung, unterstützen. Beim Austausch der Heizungsanlage kann die neue Anlage um eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung oder Heizungsunterstützung erweitert werden. Muss die Dacheindeckung erneuert werden, bietet es sich ebenfalls an, über eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung nachzudenken. Auch die Installation einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung aus Sonnenenergie kann interessant sein. Strom aus Photovoltaikanlagen wird mit einer erhöhten Einspeisevergütung seitens des Energieversorgers vergütet. Die rechtlichen Regelungen werden im Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) geregelt.

Aktuelle Informationen zu Förderprogrammen in Deutschland bietet Ihnen der BINE Informationsdienst online unter www.energiefoerderung.info und unter der Förderhotline 02 28/ 9 23 79 14 (montags bis freitags von 9.00 – 12.00 Uhr).

9 Beispiel einer Sanierung zum Niedrigenergiehaus

– Sanierung und Erweiterung eines Reihen-Endhauses aus den 20er Jahren (Architekt: Fred Ranft)

Die Bauleute, ein Ehepaar, kauften das Gebäude nur wegen des schönen Grundstücks und der besonderen Lage (innenstadtnah, in einer noch weitgehend homogenen Siedlung der 30er Jahre). Das Gebäude selbst, da waren sich Bauleute und Architekt schnell einig, hatte viele Mängel:

- kleine, dunkle Räume,
- sanierungsbedürftige Baukonstruktion (Rissbildung an der Giebelwand infolge von Bautätigkeiten auf dem Nachbargrundstück, durchgefautete Fensterrahmen),
- unkomfortable Haustechnik (Einzelofenheizung, kein Bad),
- schlechter Energiestandard (zugig, da nicht luftdicht, keine Dämmung zwischen den Räumen des Obergeschosses und dem ungedämmten Dachraum),
- kein Platz für das Büro des Bauherrn,
- kein Zugang zum Garten, kein Balkon,



Abb. 83: Reihen-Endhaus (rechtes Gebäude) vor der Sanierung

- niedriger, feuchter Keller,
- Schallprobleme zum Nachbarn.

Die finanziellen Mittel der Bauleute waren äußerst begrenzt. Dafür war das Engagement groß, das Gebäude ökologisch vorbildlich zu sanieren, und die Bereitschaft, „mit anzupacken“. Der Architekt wurde bewusst wegen seiner Erfahrung mit der energetischen und ökologischen Sanierung von Wohngebäuden ausgesucht.

Die Bauleute besorgten Planunterlagen aus dem Bauarchiv des Bauordnungsamtes ihrer Stadt. Gemeinsam mit dem Architekten wurde das Gebäude besichtigt, und erste Wünsche und Visionen vom zukünftigen Leben im sanierten Gebäude wurden entwickelt:

- Das Gebäude sollte zum Niedrigenergiehaus entwickelt werden.
- Nur gesunde und ökologisch vorteilhafte Baustoffe sollten zum Einsatz kommen.
- Neuzeitlicher Komfort (Behaglichkeit).
- Der intelligente Umgang mit dem Regenwasser und eine Komposttoilette waren gewünscht.
- Das kleine Gebäude (90 m² Wohnfläche) sollte erweitert werden und großzügige, helle Räume erhalten.
- Ein kleines Büro (2–3 Arbeitsplätze, Besprechungsraum mit eigenem Eingang und WC) war gewünscht.
- Es sollte ein Zugang aus dem Wohnraum zum Garten entstehen.
- Zwei Toiletten und Bad sollten entstehen.

Der Architekt entwickelte erste Ideen zur Umsetzung und schätzte grob die Kosten. Schnell wurde deutlich, dass die Befriedigung aller Wünsche die finanziellen Möglichkeiten des jungen Paares überstieg. Da sie sich andererseits nicht mit einer stufenweisen Realisierung anfreunden konnten, entschloss man sich zu Eigenleistungen in erheblichem Umfang. Der Bauherr und der Bruder reduzierten ihre Arbeitszeit im Hauptberuf zugunsten der „Nebentätigkeit“ als Bauarbeiter.

9.1 Erweiterung

Der zweigeschossige Anbau auf der Gartenseite und der Ausbau des Dachgeschosses erbrachten eine Vergrößerung der Wohn- und Nutzfläche von 90 auf 145 m². Das Obergeschoss erhielt einen großzügigen Balkon. Im Souterrain entstanden Büroflächen, im Erdgeschoss wurde der Wohnraum erweitert, das Dachgeschoss bot Raum für ein zusätzliches Zimmer und ein Bad (Abb. 84).

Die Raumzuschnitte und die Belichtung wurden erheblich verbessert, die Wohnfläche des alten Wohnzimmers wurde verdoppelt und das kleine Fenster durch eine großzügige geschosshohe Verglasung ersetzt. Durch neue großzügige Durchgänge entstand in einer offenen Raumfolge ein Zusammenhang zwischen Wohnraum, Küche und Essplatz. Der Wohnraum erhielt einen direkten Zugang zum Garten über eine neue Treppe.

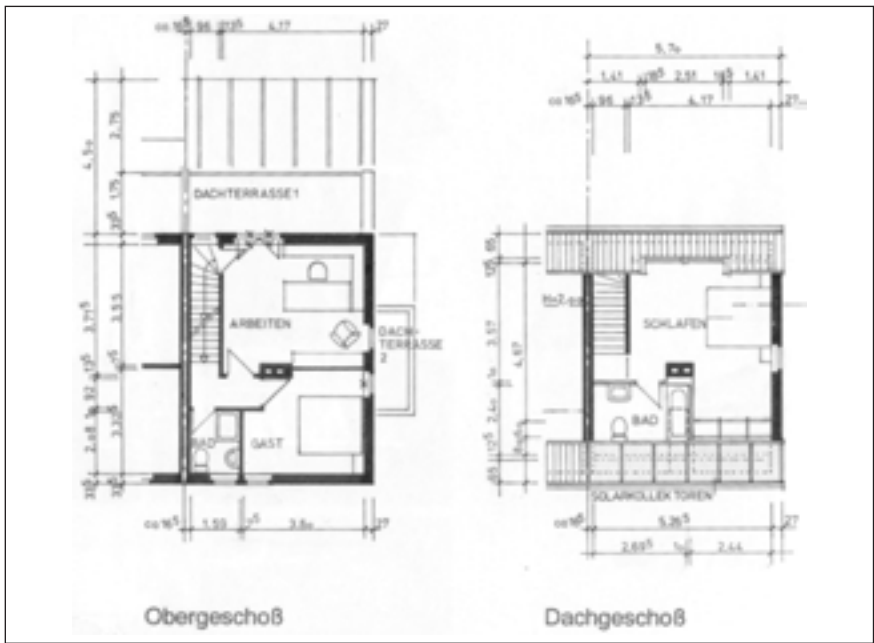
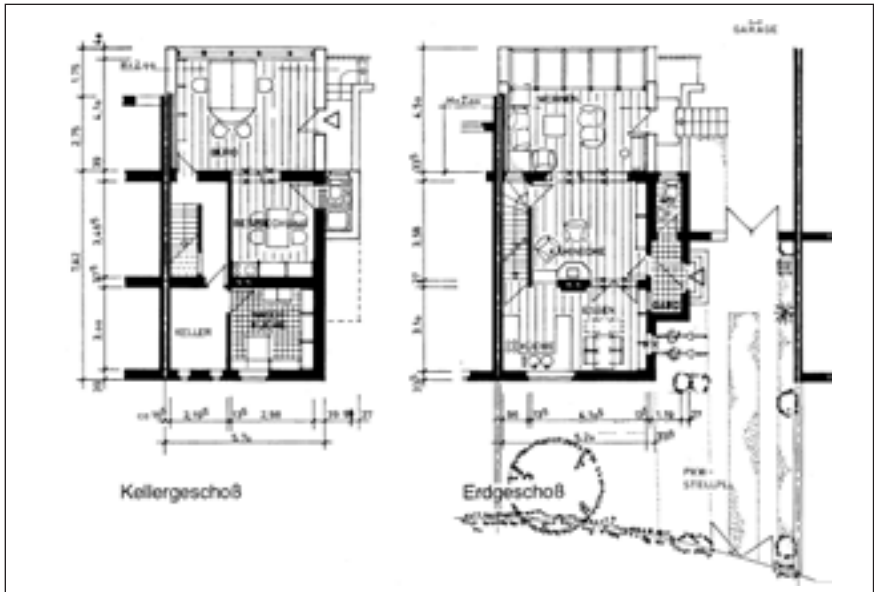


Abb. 84a + b: Grundrisse des Hauses

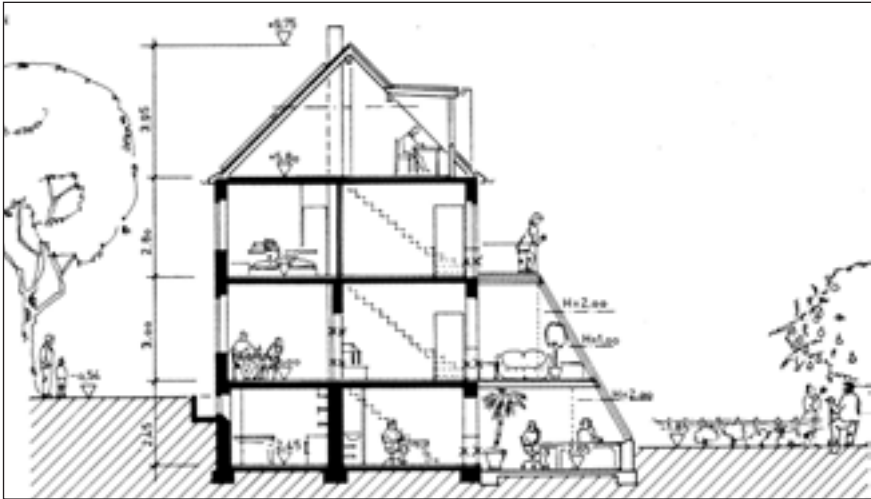


Abb. 84c: Schnittzeichnung des Hauses

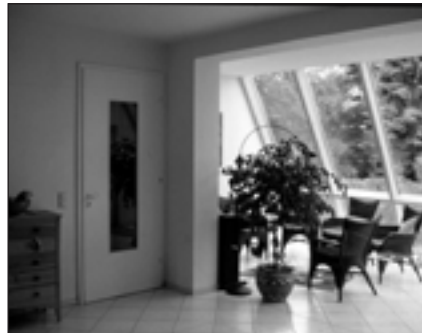


Abb. 85: Blick in den alten und den neuen Wohnraum

9.2 Bausubstanz (Bestand)

Sämtliche Bauteile der bestehenden Baukonstruktion wurden in der unten beschriebenen Art erfasst und bewertet. Im Folgenden wird dieser Schritt für zwei Bauteile dokumentiert.

Außenwände

	Stärke	Material	λ	R	U-Wert
1				Rsi	0,13
2	20 mm	Innenputz, Anstrich	0,870	0,02	
3	240 mm	Leichtbetonsteine (HBL) 900 kg/m ²	0,440	0,55	
4	30 mm	Außenputz	0,870	0,03	
5				Rse	0,04
					1,29

Abb. 86: Bauteil Außenwand (unsaniert), U-Wert

Die Transmissionswärmeverluste durch die Außenwand können nach der in Kapitel 2 erläuterten Formel schnell und überschlägig berechnet werden:

U-Wert [W/m ² K]	Bauteilfläche [m ²]	Faktor	Klimafaktor	Q _T [kWh/a]
1,29 ×	132 ×	1 ×	66 ×	= 11.238

Allein durch das Bauteil Außenwand entstanden überschlägig Transmissionswärmeverluste von 11.238 kWh pro Jahr. In Heizöl umgerechnet sind dies 1.124 Liter.

Dach/oberste Geschossdecke

Der Dachraum war vor der Sanierung nicht ausgebaut, die Dachfläche nicht luftdicht. Im Dachraum sind daher annähernd so niedrige Temperaturen wie im Außenraum zu erwarten. Die oberste Geschossdecke, eine Holzbalkendecke ohne Schüttung, trennte also die beheizten Räume des Obergeschosses vom kalten Dachraum.

	Stärke	Material	λ	R	U-Wert
1				Rsi	0,13
2	12 mm	Innenputz, Anstrich	0,870	0,01	
3	250 mm	Holzwohle-Leichtbauplatten	0,090	0,28	
4	20 mm	Weichholzdielen	0,130	0,15	
5				Rse	0,04
					1,65

Abb. 87: Bauteil oberste Geschossdecke (unsaniert), U-Wert

Auch die Transmissionswärmeverluste durch die oberste Geschossdecke können überschlägig berechnet werden:

U-Wert [W/m ² K]	Bauteilfläche [m ²]	Faktor ⁴²	Klimafaktor	Q _T [kWh/a]
1,65 ×	38 ×	0,8 ×	66 ×	= 3.310

Durch das Bauteil oberste Geschossdecke entstehen also überschlägig Transmissionswärmeverluste von 3.310 kWh pro Jahr. In Heizöl umgerechnet sind dies 331 Liter.

Bewertung des Bestandes

Die bestehenden Bauteile wurden mit ihren Flächengrößen und ihren Materialkennwerten erfasst. Mit Hilfe eines EDV-Programmes konnte der Heizwärmebedarf mit 286 kWh/m²a errechnet werden. Das Ergebnis der Berechnung wird üblicherweise mit der verbrauchten Energiemenge (z.B. Öl- oder Gasmenge aus der Abrechnung des Brennstofflieferanten) abgeglichen. In diesem Falle war eine Kontrolle nicht möglich, da im alten Zustand eine Einzelofenheizung bestand und der Verbrauch an Holz und Kohle nicht zu ermitteln war.

Nahezu die Hälfte der Transmissionswärmeverluste entwichen durch die Außenwände (mit 132 m² die größte Fläche der Außenbauteile). Die energetisch sehr schlechten, einfach verglasten Fenster stellten nur knapp ein Viertel der Transmissionswärmeverluste, da sie sehr klein gehalten waren (nur 13,5 m² für beide Etagen).

9.3 Energetisches Ziel

Die Bauleute waren sich schnell einig, dass ihr Gebäude nach der Sanierung den NEH-Standard erreichen und so für die nächsten 50 bis 80 Jahre energetisch fit sein soll. Es wurde ein

⁴² Der Reduktionsfaktor berücksichtigt, dass der Dachraum, auch wenn er nicht luftdicht ist, einen Temperaturpuffer bildet. Die Faktoren können in Anhang 1, Tabelle 3 der EnEV nachgelesen werden:

Bauteil	Korrekturfaktor
Außenwand, Fenster	1,0
Dach (als Grenze zwischen beheizt und unbeheizt)	1,0
Oberste Geschossdecke (Dachraum nicht ausgebaut)	0,8
Abseitenwand (Drempelwand)	0,8
Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	0,5
Unterer Gebäudeabschluss	0,6
– Kellerdecke/-wände zu unbeheiztem Keller	
– Fußboden auf Erdreich	
– Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich	

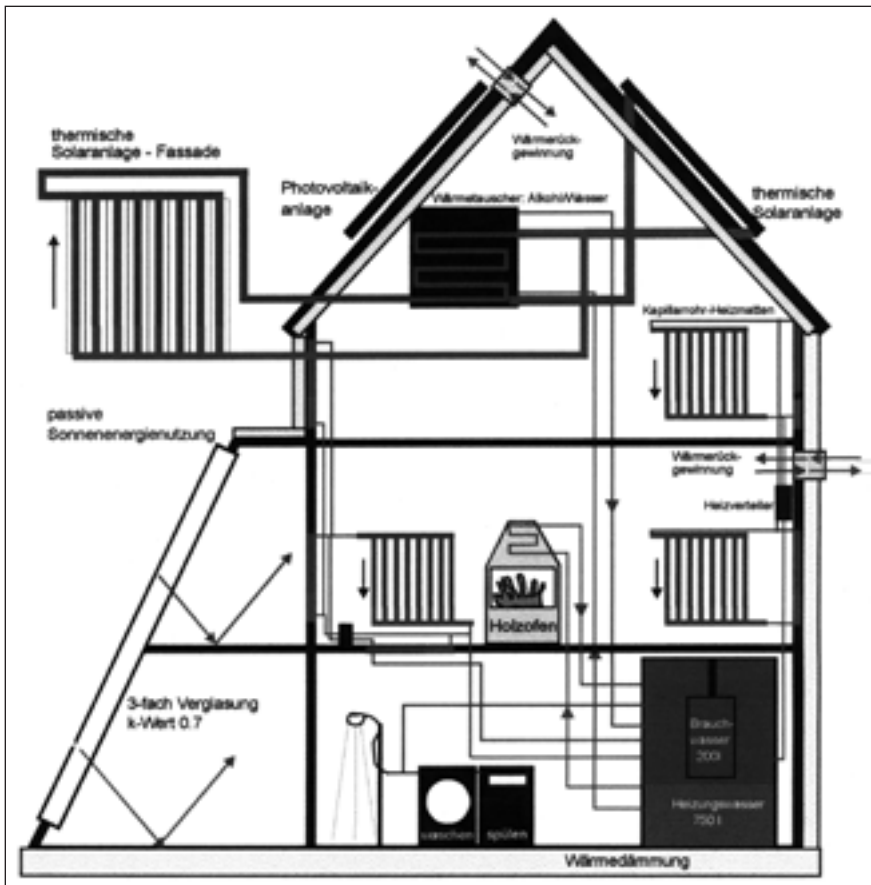


Abb. 88: Energiekonzept (Warmwasser-Solaranlage, passive Solarenergienutzung, Photovoltaik-Anlage, Wärmerrückgewinnung, Wärmedämmung)

Energiekonzept (Abb. 88) für das gesamte Gebäude aufgestellt. Das bedeutet, dass sowohl die Baukonstruktion als auch die Haustechnik energieeffizient sein muss. Darüber hinaus sollte der (nach der Sanierung geringe) Energiebedarf umweltfreundlich bereitgestellt werden.

9.4 Sanierungsmaßnahmen an der Baukonstruktion

Außenwände

Wie im Kapitel 3 erläutert, ist ein U-Wert von $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Außenwände eines Niedrigenergiehauses angemessen. Die Bauleute wählten zur Verbesserung der Außenwand für die

Straßenfront und die Giebelfläche ein Wärmedämmverbundsystem. Dies geschah auch, weil in der Siedlung ursprünglich alle Gebäude verputzt waren. So wird auf den für das Gesamtbild der Siedlung wichtigen Fassaden die Originaloptik wiederhergestellt.

Die Gartenseite ist, da nicht einsehbar, für das Siedlungsbild nur von geringerer Bedeutung. Daher konnte dort eine eigene Form- und Materialsprache entwickelt werden. Der neue Anbau erhielt eine zweigeschossige Schrägverglasung (Abb. 89). Die Schräge trug dazu bei, dass das Erdgeschossfenster des Nachbarn nicht verschattet wird. Die alte, mit Mineralfaser gedämmte Fassade erhielt eine Holzverkleidung.

Wie viel Dämmung wird nun benötigt, um den U-Wert von 0,25 zu erreichen? Im Kapitel 2.1 wurde die folgende Faustformel erläutert:

$$d_{\text{Dämmstoff}} \text{ [in cm]} = \frac{4}{U}, \text{ in diesem Fall } \frac{4}{0,25} = 16 \text{ cm}$$

Es sollten also 16 cm Dämmstoff eingebaut werden. Wenn man exakt nachrechnet und die bestehende Konstruktion mit berücksichtigt, so zeigt sich, dass die Faustformel gar nicht so schlecht ist und der exakte Wert ($U = 0,21$) nur geringfügig vom überschlägig ermittelten Wert ($U = 0,25$) abweicht:

	Stärke	Material	λ	R	U-Wert
1			Rsi	0,13	
2	20 mm	Innenputz, Anstrich	0,870	0,02	
3	240 mm	Leichtbetonsteine (HBL) 900 kg/m ²	0,440	0,55	
4	30 mm	Außenputz	0,870	0,03	
5	160 mm	Polystyrol	0,040	4,00	
6			Rse	0,04	
					0,21

Abb. 90: Bauteil Außenwand (saniert), U-Wert



Abb. 89: Gartenfassade nach der Sanierung und Erweiterung

Die überschlägige Berechnung ergibt, dass der Transmissionswärmeverlust nun nur noch 1.830 kWh beträgt. Dies bedeutet, der Wärmeverlust sinkt auf 16,5% des Ausgangswertes. Jedes Jahr werden durch die Fassadendämmung 940 Liter Heizöl eingespart.

U-Wert [W/m ² K]	Bauteilfläche [m ²]	Faktor	Klimafaktor	Q _T [kWh/a]
0,21 ×	132 ×	1 ×	66 ×	= 1.830

Dach/oberste Geschossdecke

Der Dachraum wurde im Zuge der Sanierung ausgebaut. Zukünftig ist also nicht mehr die oberste Geschossdecke, sondern das Satteldach das abgrenzende Bauteil zwischen beheizten Räumen des Obergeschosses und dem kalten Außenraum. Zum Niedrigenergiestandard gehört ein U-Wert dieser Dachfläche von 0,15 W/m²K (vgl. Kap. 3). Die zugehörige Dämmstoffstärke beträgt:

$$d_{\text{Dämmstoff}} [\text{in cm}] = \frac{4}{0,15} = 26,7 \text{ cm}$$

Gewählt wurde eine Dämmstärke von 28 cm. Dies ist etwas mehr als notwendig. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dieses Dämmpaket nur im Bereich zwischen den Sparren zu finden ist (im so genannten Gefach). Das Holz der Sparren dämmt nicht so gut wie der Dämmstoff.

Die alten Sparren waren nicht hoch genug, um dieses dicke Dämmpaket aufzunehmen. Die in diesem Fall möglichen Maßnahmen sind in Kap. 7 (vgl. Abb. 54) beschrieben. In diesem Beispiel entschieden sich die Bauleute für einen neuen Dachstuhl (die alten Sparren „hingen durch“).

	Stärke	Material	λ	R	U-Wert
1				Rsi	0,13
2	12 mm	Gipskartonplatte	0,870	0,01	
3	280 mm	Zellulosedämmung	0,040	7,00	
4	20 mm	Bituminierte Holzweichfaserplatte	0,045	0,44	
5				Rse	0,04
					0,13

Abb. 91: Bauteil Satteldach, Gefach (sanier), U-Wert

Im Bereich der Sparren ist die Dämmwirkung des Holzes geringer (Abb. 92).

	Stärke	Material	λ	R	U-Wert
1					
			Rsi	0,13	
2	12 mm	Gipskartonplatte	0,870	0,01	
3	280 mm	Sparren (Nadelholz)	0,130	2,15	
4	20 mm	Bituminierte Holzweichfaserplatte	0,045	0,44	
5					
			Rse	0,04	
					0,36

Abb. 92: Bauteil Satteldach, Sparren (saniert), U-Wert

Der Fachmann errechnet aus den beiden Teilquerschnitten einen mittleren U-Wert von $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Es zeigt sich, dass der Einfluss des Holzanteils der Dachkonstruktion nicht unterschätzt werden darf.

U-Wert [W/m ² K]	Bauteilfläche [m ²]	Faktor	Klimafaktor	Q _T [kWh/a]
0,17 ×	55 ×	1 ×	66 ×	= 617

Obwohl die gedämmte Dachfläche erheblich größer ist als die ehemals betrachtete oberste Geschossdecke, reduziert sich der Wärmeverlust durch dieses Bauteil auf 18,5 % des ursprünglichen Wertes; so werden jedes Jahr weitere 269 Liter Heizöl eingespart.

Weitere Maßnahmen an der Baukonstruktion

Fenster: Das Gebäude erhielt neue Fenster (Holzrahmen, 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert des Glases von 1,1). Auf der Gartenseite wurde die schräge, zweigeschossige Verglasung als 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert des Glases von $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ausgeführt. Dies geschah nicht nur um Energie zu sparen. Bei so großen Glasflächen ist nur mit einer 3-Scheiben-Verglasung ein Aufenthalt im Winter in der Nähe dieser Verglasung angenehm. Da sowohl im Büro als auch im Wohnraum Sitzplätze direkt an der Verglasung vorgesehen wurden, waren die Bauleute bereit, die höheren Kosten einer 3-Scheiben-Verglasung zu tragen. Die Fensterkonstruktion ist so gut, dass Schnee bei Temperaturen unter 0°C auf der schrägen Glasfläche liegen bleibt und erst schmilzt, wenn die Sonne darauf scheint. Energetisch gut, zum Hinausschauen allerdings hinderlich.

Bodenplatte: Aufgrund seiner Körpergröße bestand der Bauherr darauf, dass der Boden des Kellers tiefer gelegt wurde. Nur so war im Büroraum eine ausreichende Kopfhöhe zu erreichen. Bei dieser Gelegenheit wurden oberhalb der neuen Bodenplatte 14 cm Dämmstoff verlegt. Der U-Wert beträgt nun ca. $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Wärmebrücken: Das alte Gesims an der Regenrinne stellte eine Wärmebrücke dar. Da es aber für die Fassadengliederung wichtig war, sollte es erhalten bleiben und gedämmt wer-

den. Um die Wärmebrücke gänzlich zu beseitigen, ist auch die Dämmung der Oberseite notwendig.

Luftdichtung: An den gemauerten Wänden wurde die Luftdichtung mit einem lückenlosen Putz hergestellt. Die Einbaufugen der Fenster wurden mit einem Spezialklebeband abgeklebt und überputzt. Zur Luftdichtung erhielt die Dachfläche eine Folie; alle Durchdringungen durch die Dachfläche wurden abgeklebt.

9.5 Maßnahmen der Haustechnik

Die gesamte Haustechnik wurde erneuert (Heizung, Sanitär, Elektro).

Wärmeerzeugung

Die Bauleute hatten das Ziel, dass durch die Beheizung ihres Gebäudes keinerlei CO₂-Emissionen entstehen sollten. Dies ist ein ehrgeiziges Vorhaben, bedeutet es doch, dass weder Öl noch Gas oder Kohle und schon gar kein Strom zur Beheizung eingesetzt werden dürfen. Ein solches Vorhaben ist nur mit einem detaillierten Energiekonzept zu realisieren. Erste Bedingung ist, dass das Gebäude mindestens Niedrigenergiestandard erfüllt (oder noch besser gedämmt ist).

Es wurden verschiedene Varianten diskutiert, letztlich wurde eine Wärmeerzeugung gewählt, die auf zwei Komponenten aufbaut:

- Nutzung der Sonnenenergie und
- Verwendung von regenerativen und CO₂-neutralen Energieträgern.

Die Nutzung der Sonnenenergie ist eine faszinierende Möglichkeit, Wärme für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung zu erzeugen, ohne dass nennenswerte Emissionen entstehen⁴³ (vgl. Kapitel 8.1). Der Ertrag ist u.a. abhängig von der Intensität der Sonneneinstrahlung. Für die Warmwasserbereitung wurde eine 7 m² große Kollektorfläche auf dem Dach gewählt (ca. 45° Neigung, leider nicht nach Süden, sondern nur nach Westen ausgerichtet). Eine schräge Kollektorfläche hat im Jahresverlauf bei wechselnden Sonnenständen den besten Ertrag, eignet sich also für einen ganzjährig vorkommenden Anwendungsfall wie die Warmwasserbereitung gut.

Die Sonnenenergie zur Beheizung einzusetzen bedeutet, sie zu nutzen, wenn sie sehr flach einstrahlt (Einstrahlwinkel z.B. 16 – 17° am 21.12. um 12:00 Uhr). Folgerichtig sollten die Kollektorflächen kaum oder nur wenig geneigt sein. Gewählt wurde der südorientierte Giebel des Gebäudes. Da die Strahlungsintensität im Winter relativ gering ist, wurde der Kollektor mit 23 m² sehr großzügig bemessen. Damit ist er in der Lage, den Heizwärmebedarf des Gebäudes zu etwas mehr als 50 % bereitzustellen (Abb. 93).

⁴³ Es wird lediglich Strom für Hilfsaggregate (Pumpen, Ventilatoren etc.) benötigt.



Abb. 93: Südgiebel im Ursprungszustand und mit Solarkollektor (Eigenleistung der Bauleute)

Der restliche Heizwärmebedarf wird durch eine holzbefeuerte Heizkassette mit einer Leistung von 14 kW erbracht. Noch vor wenigen Jahren waren die Wirkungsgrade holzbefuenerter Öfen gering. Inzwischen gibt es sehr effiziente Öfen mit Wirkungsgraden von mindestens 85 %. Holz ist als Brennstoff grundsätzlich sehr umweltfreundlich. Es wächst immer wieder nach und meist wird geringwertiges Abfall- oder Restholz verwendet. Es ist CO₂-neutral⁴⁴ und trägt daher nicht zur Klimaerwärmung bei.

Die Kassette wurde im Wohnraum aufgestellt, ummauert und mit Kacheln verkleidet. Das Feuer ist durch eine Glastür sichtbar und verbreitet so eine angenehme Atmosphäre. Die Heizkassette gibt knapp die Hälfte ihrer Wärme an den Aufstellort (Wohn-/Essraum) ab. Der Rest wird über einen Wärmetauscher geführt und in einem Warmwasserspeicher eingelagert.

Wärmespeicherung

Die Nutzung der Sonne zur Energiegewinnung ist an sonnigen, strahlungsreichen Tagen sehr ergiebig. Selbst an sehr kalten Tagen (−10 °C) erzeugt der Giebelkollektor mehr Wärme, als zur Beheizung des Gebäudes notwendig ist. Problematisch sind dagegen diesige, wolkige Tage. Hier ist der Beitrag des Giebelkollektors selbst an milden Wintertagen gering. In den Abend- und Nachtstunden ist kein Ertrag möglich. Um diese problematischen Zeiten zu überbrücken, ist ein Speicher notwendig. Gewählt wurde ein etwa 1 m³ großer Speicher, der unmittelbar hinter dem Kollektor im Drempebereich des Schlafzimmers im Dachgeschoss aufgestellt wurde.

Dieser Speicher gibt seine Wärme an einen weiteren Wärmespeicher im Keller ab. Dort kommen alle Wärmebeiträge zusammen: die der Kollektorflächen auf dem Dach, am Giebel

⁴⁴ Beim Wachstum der Bäume wird CO₂ eingelagert, beim Verbrennen wird dieses CO₂ wieder freigesetzt. Da dies in relativ kurzen Zeiträumen von etwa 30 Jahren geschieht (im Gegensatz zu Millionen Jahren bei Öl oder Gas), wird der CO₂-Gehalt der Atmosphäre nicht verändert.

und der Ertrag der holzbefeuerten Kaminkassette. Sie werden je nach ihrem Temperaturniveau im Speicher eingelagert (vgl. Kap. 8.1) und von dort durch die verschiedenen Verbraucher (Warmwasserzapfstellen, Heizkörper) wieder abgerufen.

Wärmeverteilung

Zur Verteilung der Heizwärme wurde eine Wandflächenheizung (vgl. Kapitel 8.2) gewählt. Einzig im Bad gibt es einen Heizkörper, der gleichzeitig die Handtücher vorwärmt. Die Wandflächenheizung besteht aus sehr dünnen Kapillarröhrchen aus Polyethylen. Die Röhrchen sind zu Matten zusammengefügt, die auf die Wand genagelt und anschließend überputzt werden. Da der Wärmebedarf des Gebäudes gering ist, brauchten nicht alle Wandflächen belegt zu werden. Es bleiben also Wandflächen zum Anbringen von Bildern, Regalen etc. übrig.

Da große Heiz-(Wand-)flächen zur Verfügung stehen, kann die Wandflächenheizung mit geringen Vorlauftemperaturen arbeiten (ca. 25 °C). Dies ist günstig für die Sonnenenergienutzung; so kann auch wenig erwärmtes (und für Warmwasserzapfstellen wie Dusche etc. nicht nutzbares) Wasser aus den Kollektoren genutzt werden.

Die Wandflächenheizung bietet eine sehr angenehme Strahlungswärme und es gibt nicht die mit der klassischen Radiatorbeheizung verbundene Luftumwälzung mit Staubtransport.

Warmwasserbereitung

Warmes Wasser wird aus dem Speicher im Keller bezogen. Da der Speicher auch von der Heizkassette gespeist wird, steht es auch nach längeren, sonnenarmen Perioden zur Verfügung.

Lüftung

Bei der Sanierung wurde auf eine luftdichte Ausführung geachtet. Einen permanenten Luftaustausch, z. B. durch undichte, zugige Fenster, gibt es nicht mehr. Die Lüftungswärmeverluste wurden dadurch erheblich verringert. Zukünftig kann sowohl durch Öffnen der Fenster als auch über eine Lüftungsanlage gelüftet werden. Die Lüftungsanlage sorgt für eine energieeffiziente Bereitstellung einer Grundlüftung (z. B. wenn die Bewohner nicht zu Hause sind). Immer frische Luft durch eine Lüftungsanlage zu haben war Wunsch der Bauleute, am liebsten mit einer Rückgewinnung der in der Abluft enthaltenen Wärmeenergie (vgl. Kap. 8.4). Eine zentrale Lüftungsanlage war kaum zu installieren, da Schächte, Kanäle für die Leitungen nachträglich schwer unterzubringen sind.

Deshalb wurde eine dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung gewählt. In vier Aufenthaltsräumen installierte man Lüftungsgeräte in der Außenwand. Die Geräte sind etwa 25 cm im Durchmesser groß. Der Ventilator transportiert über etwa 30 Sekunden warme Luft nach draußen. Die Luft wird an einem Metallgitter vorbeigeführt, das sich in dieser Zeit erwärmt. Anschließend wird die Transportrichtung umgekehrt. Kalte Luft von außen wird an dem warmen Metallgitter vorbeigeführt und erwärmt in den Raum geblasen. Dieser Vorgang wiederholt sich, solange das Gerät in Betrieb ist. Auf diese Weise werden bis zu 90 % der Wärme zurückgewonnen.

Sanitär

Nach der Sanierung gibt es vier Bäder im Haus. Alle Wasserzapfstellen wurden mit wassersparenden Armaturen ausgestattet. Zwei Toiletten werden mit Regenwasser gespeist. Zusätzlich gibt es eine Regenwasserzapfstelle für die Waschmaschine und eine für die Gartenbewässerung. Eine Besonderheit ist die Komposttoilette.

Komposttoilette

Die Bauleute waren fasziniert von der Idee, dass von ihrem Gebäude keinerlei Abfälle etc. ausgehen. Ihr Gebäude sollte den Naturhaushalt weder durch Raubbau an den Ressourcen noch durch Abgabe von Rest- oder Abfallstoffen belasten, d. h. „Import“ und „Export“ des Gebäudes sollten umweltverträglich sein.

Ein Teil des Exports eines Gebäudes sind die Abwässer und die Fäkalien der Toiletten. Mit Hilfe der einfachen Technologie einer Komposttoilette können diese reduziert werden. Die Anlage besteht aus zwei normalen Toilettenschüsseln (Gästetoilette im EG und Büroilette im Souterrain), einem von den Bauleuten selbst gebauten, 6 m³ großen Auffangbehälter und einem Lüftungsrohr mit Ventilator. Fäkalien und Urin⁴⁵ gelangen durch die Toilettenschüssel ohne Spülwasser in den Auffangbehälter. Sie fallen auf eine um 30° geneigte Ebene, können dort verrotten und rutschen nach unten. Der Kompost wird im Garten ausgebracht.

Die Anlage funktioniert ohne Spülwasser. Um Geruchsbelästigungen zu vermeiden und um die Kompostierung zu gewährleisten, wird durch einen Ventilator Luft aus dem Gärbehälter gesaugt und über das Dach ausgeblasen. Die Frischluft wird im Gegenstromprinzip (Rohr im Rohr-System) angesaugt und erwärmt. Die Toilettendeckel sollten möglichst dicht schließen.

Wasserkonzept

Die Versickerung von Regenwasser auf den Freiflächen, der sparsame Umgang mit Trinkwasser und die Nutzung des auf die Dachflächen entfallenden Regenwassers sind Bestandteile des Wasserkonzepts. Das Regenwasser beider Dachflächen wird in einem Speicher gesammelt. Zusätzlich konnte der Nachbar gewonnen werden, über ein gemeinsames Regenfallrohr auch das Regenwasser seines Daches zur Verfügung zu stellen. Beide haben Vorteile: Ein Fallrohr wird eingespart, der Nachbar spart die Regenwasserbeseitigungsgebühr und die Bauleute haben noch mehr Regenwasser zur Verfügung (einleitende Dachflächen: 115 m²).

Zur Anlage gehören folgende Komponenten:

- ein in Eigenleistung erstellter, im Erdreich versenkter Betonspeicher (11 m³),
- zwei Filter⁴⁶,

⁴⁵ Zusätzlich können auch kompostierbare Küchenabfälle eingebracht werden. Nicht erlaubt ist das Einbringen von Chemikalien, Sanitärreinigern etc. Wenn keine Küchenabfälle zur Verfügung stehen, ist es sinnvoll, ab und zu etwas Holzstreu einzufüllen.

⁴⁶ An den Einlaufstellen befinden sich grobe mechanische Filter, die Laub u. Ä. zurückhalten. Die Feinfiltration findet im Sammelbehälter statt. Der Behälter ist durch Bimsdielen, die mit einem Vlies überzogen sind, geteilt. Auf der einen Seite wird Regenwasser eingefüllt, auf der anderen Seite gefiltertes Wasser entnommen. Die Reinigung des Vlieses ist etwas aufwändig. Denkbar ist auch, vor der Pumpe einen rückspülbaren Filter im Keller einzubauen.

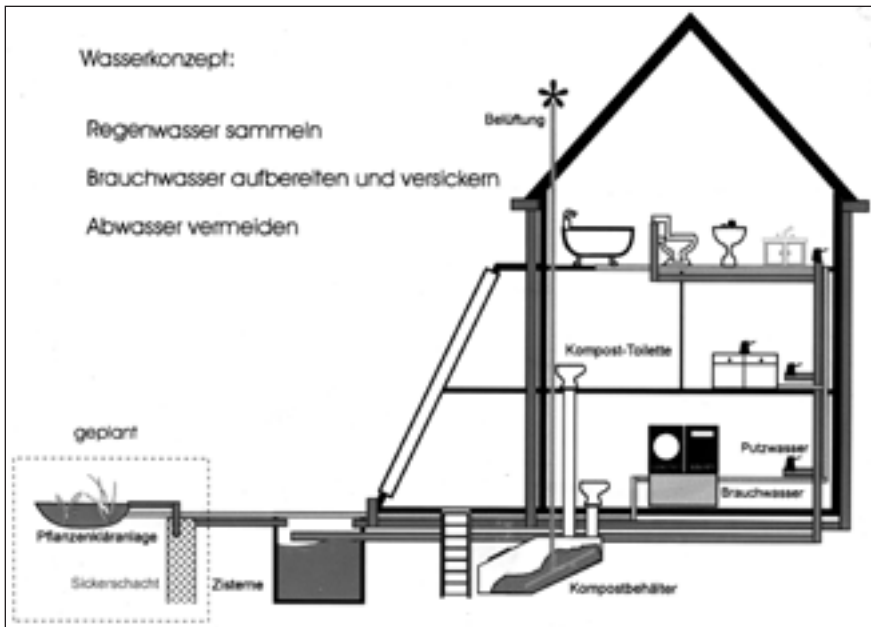


Abb. 94: Wasserkonzept

- die Pumpe (ein so genanntes Hauswasserwerk mit einem kleinen Speicherbehälter drückt das Regenwasser in das Leitungsnetz),
- eine Anlage zum Nachfüllen von Frischwasser (wenn einmal kein Regenwasser mehr zur Verfügung steht),
- ein Überlauf in einen Gartenteich (der auch zur Versickerung geeignet ist),
- ein zweites Leitungsnetz aus Kunststoffrohren.

Elektrische Versorgung

Die Erneuerung des gesamten Leitungsnetzes und aller Verteilungen und Sicherungen war notwendig. Wo immer möglich, wurden Energiesparleuchten eingebaut. Auch der Bedarf der Edel-Energie Strom soll umweltfreundlich bereitgestellt werden. Photovoltaikfelder mit einer Größe von 10 m^2 haben eine Spitzenleistung von ca. $1,1 \text{ kW}$ und erbringen durchschnittlich 800 kWh pro Jahr (vgl. Kap. 8.9). Da dies nicht ausreicht, Solarstrom in Höhe des eigenen Verbrauchs zu erzeugen und einzuspeisen, wurde eine Beteiligung an einem örtlichen Windkraftwerk in der Größenordnung des restlichen Verbrauchs erworben.

Im Umfeld von Leitungen, die unter Spannung stehen, bilden sich elektrische und magnetische Felder. Diese können, je nach der Konstitution der Bewohner, bei dauerndem Auf-

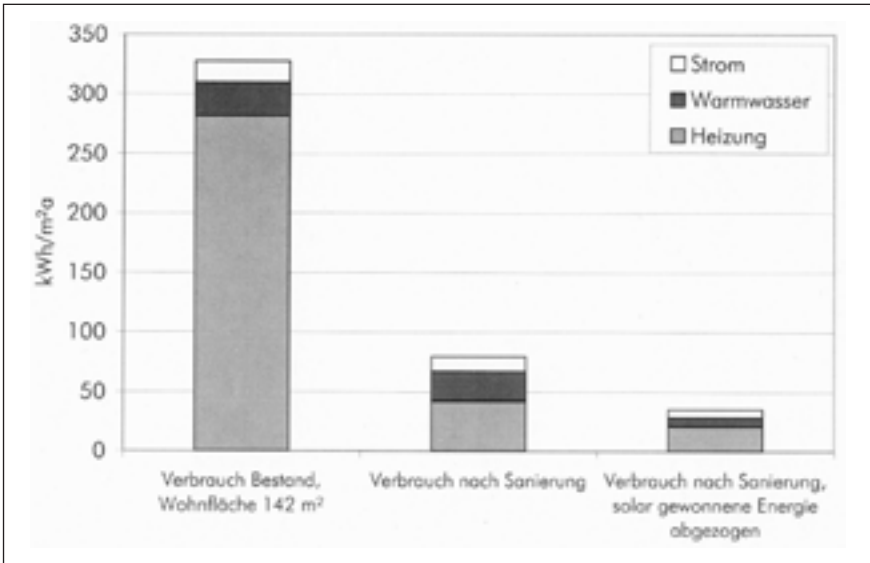


Abb. 95: Energieverbrauch vor und nach der Sanierung

enthalt, zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Da die Bauleute sicher sein wollten, optimale Bedingungen für ihr Wohlbefinden zu schaffen, wurden für die Stromkreise der Leitungen, die sich in der Nähe von Schlafstätten befinden, Netzfreischalter eingebaut. Diese bewirken, dass immer dann, wenn längere Zeit kein Strom fließt, die Leitung „abgeschaltet“ wird. Das heißt, sie steht nicht mehr unter Spannung. Dies ist in der Regel der Fall, wenn die Bewohner schlafen (es dürfen natürlich keine netzabhängigen Radiowecker oder Ähnliches verwendet werden). So kann über einen großen Zeitraum der Einfluss elektrischer Felder reduziert werden. Sobald wieder Verbraucher eingeschaltet werden, stellt der Netzfreischalter automatisch wieder Spannung zur Verfügung.

Die weiter gehende Maßnahme, alle Elektroleitungen abzuschirmen, wurde wegen des Aufwands bzw. der Kosten nicht gewählt.

9.6 Erreichte Energieeinsparung

Die beschriebenen Maßnahmen verringerten den Energieverbrauch für die Beheizung und die Warmwasserbereitung erheblich, von 320 kWh/m² und Jahr auf 40 kWh/m²a. Dies bedeutet Niedrigenergiestandard und eine Reduzierung auf 1/8 des vorherigen Verbrauchs; und das bei höherem Wohnkomfort und erheblich vergrößerter Wohn- und Nutzfläche.

9.7 Kosten und Zeitbedarf

Die Baumaßnahmen dauerten etwas mehr als ein Jahr, sie erfolgten mit sehr viel Zeiteinsatz der Bauleute und mit Hilfe des Bruders des Bauherrn. Auf diese Weise konnten die Baukosten erheblich reduziert werden, sie betragen 115.000 Euro (Umbaukosten als reine Baukosten, ohne Eigenleistung).

9.8 Erfahrungen der Bewohner

Die Bauleute wohnen seit etwa fünf Jahren in ihrem Gebäude. Sie hatten daher ausreichend Zeit, die angenehmen Seiten und die Schwächen ihres Gebäudes zu erleben. Die innenstadt-nahe Lage des Gebäudes und der große Garten haben sich als großer Vorteil bestätigt. Sehr glücklich sind die Bauleute mit den neu geschaffenen großzügigen und hellen Räumen, insbesondere mit der großen Schrägverglasung zum Garten. Auch die Möglichkeit, direkt vom Wohnraum über eine Treppe in den Garten zu gelangen, möchten sie nicht mehr missen. Als sehr vorteilhaft hat sich zudem herausgestellt, dass das Büro des Bauherrn im Souterrain zusätzlich zum inneren Zugang eine eigene Erschließung von außen hat.

Der erhoffte geringe Heizenergieverbrauch hat sich bestätigt, das Gebäude hat sich als Zwei-Liter-Haus bewährt (ca. 20 kWh/m²a). Allerdings erfordert die Bedienung der holz-befeuerten Heizkassette einige Mühe. Die Heizwärmeverteilung ist nicht optimal. Die zurzeit der Umbauarbeiten verfügbaren Geräte geben 50 % der Wärme an den Aufstellraum (Wohnraum) ab, das ist zu viel. Die restlichen 50 % werden in dem Pufferspeicher eingelagert. Wenn die Sonne keinen Beitrag über den großen Giebelkollektor beisteuert, ist das zu wenig, um das restliche Gebäude zu beheizen und das warme Wasser zu bereiten. Würde man heute noch einmal bauen, so würde man sicherlich eine mit Holzpellets automatisch beschickte Heizkassette einbauen, die zudem bis zu 80 % der Wärme an den Pufferspeicher abgeben kann.

Mehr Sorgfalt würde man auch auf die luftdichte Ausführung des Gebäudes legen. Es hat sich gezeigt, dass im Dachbereich Undichtigkeiten bestehen. Auch den Einbau eines Windfangs, auf den man ursprünglich verzichtet hat, würde man heute vorziehen. Die dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung erfüllt die Erwartungen der Bewohner an die Luftqualität voll. Die Anlage arbeitet sehr leise, ein kleines Problem hat sich allerdings für das Schlafzimmer im Dachgeschoss ergeben. Dort kann man – je nach der Windrichtung – Züge des nahe liegenden Bahndamms hören. Nicht Ventilatorgeräusche sind das Problem, sondern die Schwächung des Schallschutzes durch den Durchbruch in der Außenwand. Die Regenwassernutzung und die Komposttoilette funktionieren problemlos.

15 Autorenangaben

Dr.-Ing. Architektin Doris Haas-Arndt

Architekturstudium von 1981 bis 1988 an der Universität Hannover und der Technischen Universität Wien; 1988 bis 1993 freie Mitarbeit in verschiedenen Architekturbüros. Im Anschluss daran wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Bautechnik u. Entwerfen, Abteilung Technischer Ausbau und Ressourcen sparendes Bauen, bei Prof. Dr. Margrit Kennedy, Universität Hannover.

Forschungstätigkeit zum Thema „Zukunftsweisender ökologischer Siedlungs(um)bau in Europa“ sowie „Energetische Sanierung von Vorhangfassaden der sechziger und siebziger Jahre“. Im Jahr 1999 Abschluss einer Dissertation zum Thema „Ästhetische Qualitäten des ökologischen Bauens und Wohnens – Ein Beitrag zu neuen Ansätzen in der Architekturkonzeption“.

Von 1997 bis 2001 Lehraufträge für das Fach Technischer Ausbau und Ressourcen sparendes Bauen sowie für energetische Gebäudesanierung an der Universität Hannover. Von 1997 bis 2000 als Referentin für Solararchitektur an der Donau-Universität Krems tätig. Seit 2001 Vertretungsprofessorin an der Fachhochschule Köln für die Fächer Technischer Ausbau, Ressourcen schonendes Bauen und Tageslichttechnik.

Kontakt:

Moltkeplatz 6

30163 Hannover

Mail: haasarndt@aol.com

Prof. Dipl.-Ing. Fred Ranft

Maurerlehre, Studium an der Fachhochschule Essen. Von 1973 bis 1979 Architekturstudium an der RWTH Aachen. Partner im Büro casa (contor für architektur + stadtplanung aachen). Arbeitsschwerpunkte: Wohn-, Industrie-, Schulbau nach ökologischen Kriterien; planen und bauen im Bestand; Energieberatung.

Forschung zum Thema „Energetische Sanierung von Schul-, Büro- und Wohngebäuden“; Vorträge, Weiterbildung, Veröffentlichungen zum energieeffizienten und ökologischen Bauen. Seit 2000 Professor für „Entwerfen – Ökologische Planungs- und Entwurfskonzepte“ an der Fachhochschule Köln.

Kontakt:

Gottfriedstraße 16

52062 Aachen

Mail: casa.ranft@t-online.de