

Auf dem Weg zum Passivhaus

Konzepte energiesparenden Bauens vom Niedrigenergiehaus bis zum energieautarken Haus

Die ersten Träume vom Nullenergiehaus schlossen noch komplizierte und teure technische Systeme ein. In jüngster Zeit führten die Erfahrungen mit dem energiesparenden Bauen jedoch auf einen Weg, wie ihn die Pioniere schon vor 20 Jahren vorausgesehen hatten: Der Bau von kostengünstigen Häusern ohne Heizsystem, genannt Passivhäuser, ist der Standard von morgen.

1. Einleitung

Das "Nullenergiehaus" ist ein alter Traum, an dessen Verwirklichung sich schon Ende der 70er Jahre einige Architekten und Wissenschaftler versucht haben [1][2][3]. Das Ziel, den gesamten Energieverbrauch eines Hauses auf Null zu senken, wurde aber zunächst aufgegeben zugunsten einer etwas bescheideneren Aufgabe: das Niedrigenergiehaus. Es erwies sich als einfacher, kostengünstiger und rasch einführender Standard. In Schweden bereits Mitte der 80er Jahre überwiegend gebaute Realität, soll das Niedrigenergiehaus laut Forderung des Bundesrates und Erklärung der Bundesregierung noch bis Ende der 90er Jahre auch in Deutschland zum allgemein verbindlichen Baustandard werden.

2. Niedrigenergiehaus

Von Niedrigenergiehäusern wird gesprochen, wenn der Jahresheizwärmebedarf unter $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ – bezogen auf die Wohnfläche – liegt. Der Heizenergieverbrauch solcher Gebäude ist damit um mindestens 30 % geringer als der von Wohnhäusern nach der novellierten Wärmeschutzverordnung von 1995 (Bild 1). Dabei sind Niedrigenergiehäuser mit bewährten Methoden zu planen und wirtschaftlich zu errichten. Entscheidende Faktoren sind:

- sehr guter Wärmeschutz
- Vermeidung von Wärmebrücken
- Luftdichtheit
- Wärmeschutzverglasungen und
- kontrollierte Wohnungslüftung.

Für den Standard von Niedrigenergiehäusern kommt man noch mit einfachen und kostengünstigen Abluftanlagen aus, wobei (kalte) Frischluft durch Außenwanddurchlässe nachströmt (Bild 2). Weil alle Komponenten von Niedrigenergiehäusern ausschließlich verbesserte Varianten konventioneller Bauteile sind, ist kein besonderer Zusatzaufwand notwendig. Erste Projekte wurden in Deutschland bereits 1986 vom Hessischen Umweltministerium gefördert, es folgten Förderprogramme anderer Bundesländer und besonders engagierter Gemeinde. Mittlerweile ist der Standard in Deutschland so weit, dass gute Niedrigenergiehäuser zu gleichen oder sogar geringeren Baukosten am Markt angeboten werden wie gewöhnliche Wohnbauten [4].

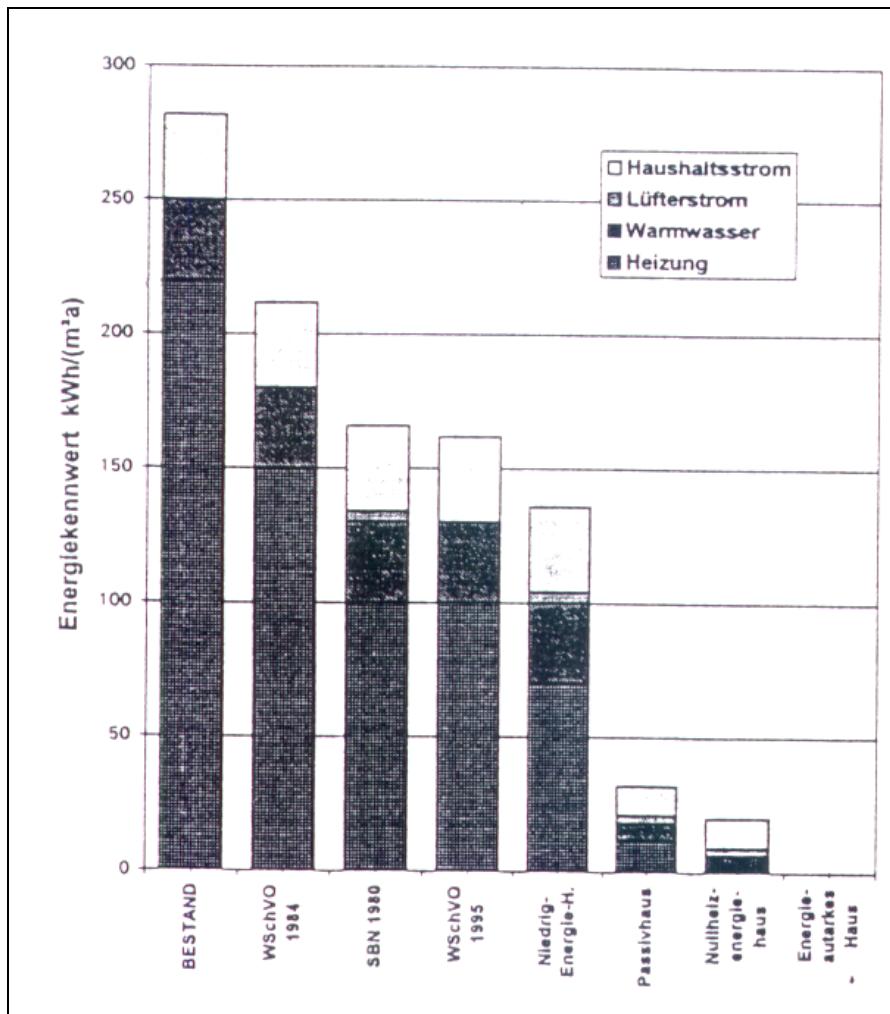


Bild 1: Energiekennwerte verschiedener Baustandards im Vergleich

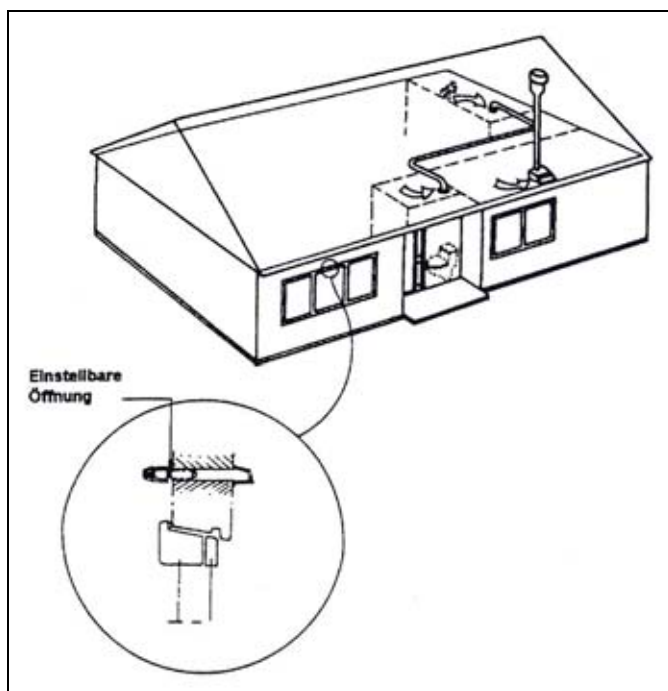


Bild 2: Prinzip einer Abluftanlage

Die Erfahrungen mit den bislang gebauten Niedrigenergiehäusern waren durchweg

positiv: Der Baustandard ist in der Praxis ohne weiteres umzusetzen, die Nutzer sind mit ihren Wohnungen zufrieden und die erwarteten niedrigen Energieverbräuche stellen sich regelmäßig ein [5]. Für die breite Umsetzung des Standards ist nun vor allem eine gezielte Weiterbildung von Architekten, Fachingenieuren und Handwerkern erforderlich. Auch das Angebot fortschrittlicher Bauprodukte (z.B. hochwertige Verglasungen, gedämmte Fensterrahmen, vorgefertigte Bauteile zur Vermeidung und Reduzierung von Wärmebrücken) erden die rasche Einführung dieses Standards erleichtern.

3. Passivhaus

Die konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergiehauses ist das Passivhaus. Auch dieser Begriff bezeichnet einen Baustandard, nicht eine bestimmte Bauweise: Ein Passivhaus ist eine Gebäude, in welchem der Heizwärmebedarf so gering ist, dass ohne Komfortverlust auf ein separates Heizsystem verzichtet werden kann; dies ist in Deutschland bei einem Jahresheizwärmebedarf unter 15 kWh/m²a – bezogen auf die Wohnfläche – der Fall.

Der Verzicht auf das separate aktive Heizsystem ermöglicht es, Passivhäuser sehr kostengünstig zu realisieren. Entscheidend war hierbei die Erkenntnis, dass für den Verzicht auf eine Heizwärmeverteilung und separate Heizflächen der Wärmebedarf nicht Null sein muss: Ist die maximale Heizlast kleiner als 10 W/m², so kann die von Zeit zu Zeit noch erforderliche extrem geringe Nacherwärmung ohne zusätzlichen Aufwand über die Zuluft erfolgen. Weder muss dazu die Luftmenge erhöht werden, noch liegt die Luftaustrittstemperatur jemals über 30 °C. Dieser qualitative Sprung vom guten Niedrigenergiehaus zum Haus ohne aktive Heizung – dem Passivhaus – erfolgt gerade beim Restwärmebedarf von 15 kWh/m²a. Erst gebaute Passivhäuser zeigen, dass ein solcher Weg immer noch mit den bewährten Mitteln des Niedrigenergiehauses erreichbar ist (s. [6]):

- sehr guter Wärmeschutz (k-Werte unter 0,1 W/m²K)
- Vermeidung von Wärmebrücken
- hohe Luftdichtheit (n₅₀-Werte unter 0,6 h⁻¹)
- "Superfenster" (Fenster-k-Werte unter 0,8 W/m² bei Gesamtenergiedurchlassgraden über 50 %)
- Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung aus der Abluft (einschl. Erdreichvorerwärmung und Latentwärmerückgewinnung).

Bereits 1990 wurden in Darmstadt-Kranichstein die ersten vier Wohnung mit Passivhausstandard realisiert (Bild 3) und mit Mitteln des Hessischen Umweltministeriums wissenschaftlich begleitet [7].

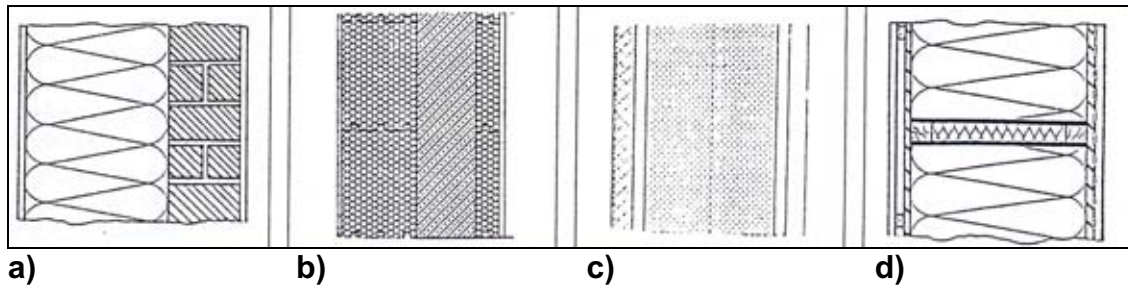


Bild 3: Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein, 1990/1991

Die gemessenen mittleren Jahresheizwärmeverbrauchswerte lagen im Durchschnitt der vier Wohnungen unter $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, somit deutlich unter der magischen Grenze für Passivhäuser. Auf den ersten Blick mag überraschen, dass derart geringe Verbrauchswerte allein auf dem beschriebenen einfachen Weg von extrem verbessertem Wärmeschutz und optimierter passiv solarer Nutzung möglich sind. Entscheidend ist eben, dass die erforderlichen baulichen und haustechnischen Qualitäten in der Praxis wirklich erreicht werden. Dies setzt gewissenhafte Planung und sorgfältige Bauausführung voraus.

Der nächste Schritt wird die Entwicklung und der Bau von kostengünstigen Passivhäusern sein. Unter Trägerschaft des Hessischen Umweltministeriums, der Stadtwerke Hannover AG und der PreußenElektra AG soll ein Arbeitskreis "Kostengünstige Passivhäuser" diese Entwicklungen ab 1996 voranbringen und die Planung und Realisierung von Passivhäusern der zweiten Generation an vier Standorten begleiten. Für diese Häuser werden vorgefertigte Bauprodukte weiterentwickelt:

- hochgedämmte, wärmebrückenfreie Hüllflächen unterschiedlicher Bauweise aber generell mit k -Werten unter $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Bild 4)
- weiter verbesserte Superverglasungen mit noch geringeren Wärmeverlusten aber hohem Gesamtenergiedurchlassgrad
- Fensterrahmen aus statisch verstärkten PU-Integralschaumteilen mit k -Werten unter $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Bild 5)
- Kompakt-Haustechniksysteme mit Gegenstromwärmetauscher für die Lüftung, Warmwasserbereitungssystem und einfacher, kostengünstiger Notheizung.



Bilder 4a-d: Passivhaus-geeignete Außenwandkonstruktionen mit k -Werten unter $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Der sehr guter Wärmeschutz spart nicht nur Energie: Durch hohe Oberflächentemperaturen ergibt sich eine bessere Behaglichkeit und garantierte Tauwasserfreiheit auch in Ecken.

- a) Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem (über 25 cm dick)
- b) Betonschalungsstein mit dicker Wandung (Dämmdicke über 25 cm)
- c) Fertigbauteil mit Polyurethan-Sandwich-Elementen
- d) Leichtbauelement: Holz-Boxträger oder Doppel-T-Träger vollgedämmt (40 cm)

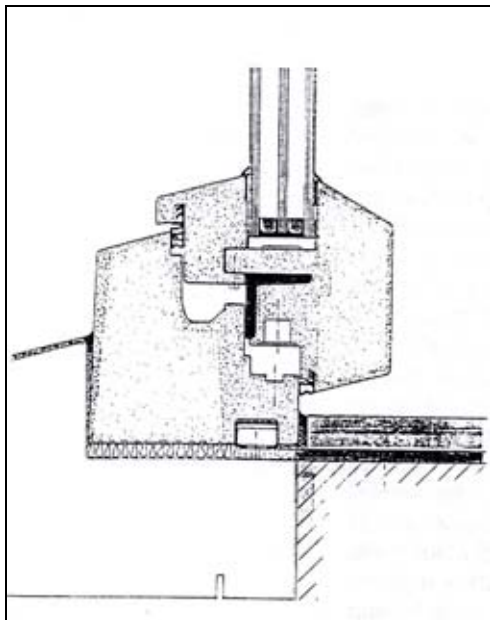


Bild 5: "Superfenster" mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung und einem speziell für Passivhäuser entwickelten Rahmen (k -Wert $< 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)[11].

4. Nullheizenergiehaus

Das Passivhaus kann durch zusätzliche Maßnahmen zu einem "Nullheizenergiehaus" weiterentwickelt werden. Ein Nullheizenergiehaus ist ein Gebäude, dessen Jahresheizwärmebedarf in einem durchschnittlichen Jahr definitionsgemäß 0 ist. In einem solchen Haus darf daher auch am kältesten Tag kein Bedarf an Notheizung anfallen.

Erfahrungsgemäß wird die fortgesetzte Energieeinsparung mit zunehmend verbesserten Standards immer aufwendiger. So ist es vergleichsweise einfach, ausgehend von einem gewöhnlichen Neubau ($125 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) den Niedrigenergiestandard mit $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zu erreichen. Die Einsparung der nächsten $55 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zum Passivhaus fällt schon schwerer, ist aber immer noch mit traditionellen Mitteln möglich (s.o.). Die letzten $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erfordern jedoch einen Aufwand, der derzeit wirtschaftlich kaum zu vertreten ist. Weitere Investitionseinsparungen sind nicht mehr möglich, weil z. B. schon beim Passivhaus auf das Heizsystem verzichtet werden kann.

Im Passivhaus Darmstadt-Kranichstein wurde dennoch erstmals demonstriert, dass auch das Nullheizenergiehaus mit noch vertretbarem Mehraufwand allein durch weitere passive Maßnahmen erreichbar ist. 1994 wurden in einer der vier Wohneinheiten des Hauses zusätzlich Dämmschiebeläden eingebaut, die im Winter nachts geschlossen werden und den Fenster-k-Wert dann auf unter $0,3\text{W/m}^2\text{K}$ reduzieren (Bild 6). Nach dieser zusätzlichen Reduzierung der Wärmeverluste konnte auch das Notheizsystem vollständig abgeschaltet werden. Das Haus "heizt" sich allein durch die passive Solarenergienutzung und die ohnehin vorhandenen (spärlichen) inneren Wärmequellen [8].

Mit fortschreitender Weiterentwicklung der Passivhauskomponenten wird es in Zukunft immer leichter fallen, Nullheizenergiehäuser zu bauen. Diese Entwicklung kann sich zwanglos an den Passivhausstandard anschließen. Freilich kann man sich fragen, ob die weitere Reduzierung von praktisch bedeutungslosen $15\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ auf "exakt" Null eine ökonomische oder ökologische Bedeutung hat.



Bild 6. Montage der Dämmschiebeläden an der Fassade des westlichen Passivhauses (Haus IV), Ende 1994 (Die aus beidseitig aluminiumkaschierten Polyurethanplatten bestehenden Schiebläden werden nachts motorisch geschlossen und reduzieren so den Fenster-k-Wert auf $< 0,3\text{ W/m}^2\text{K}$.)

5. Energieautarkes Haus

Noch schärfer stellt sich diese Frage für den strengsten aller hier behandelten Standards: das "Energieautarke Haus". Ein Energieautarkes Haus benötigt keine Endenergielieferungen von außerhalb des Grundstücks - ausgenommen die natürlichen Energiequellen (Sonnenstrahlung, Wind, gegebenenfalls Grundwasser). Energieautarkie bezieht sich hier nicht nur auf die Heizwärme, sondern auf alle Energieanwendungen im Gebäude (z. B. Warmwasserversorgung, Ventilation und Haushaltsstromverbrauch). Dementsprechend gibt es in einem solchen Gebäude keine Netzanlüsse und keine Brennstofflieferungen.

Dass dieser Standard heute technisch realisierbar ist, wurde mit dem Energieautarken Solarhaus des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme in Freiburg bewiesen [9]. Dieses Haus gewinnt die thermische Restenergie für die Warmwasserbereitung aus Sonnenkollektoren, den Strom aus einer Photovoltaikanlage sowie im Winter über Brennstoffzellen, die im Sommer elektrolytisch erzeugten und auf dem Grundstück gespeicherten Wasserstoff verbrennen. Auch wenn - wie das Beispiel zeigt - Energieautarke Häuser heute technisch realisierbar sind, muss doch bezweifelt werden, ob sie in absehbarer Zeit für die Praxis relevant werden können.

Wie auch immer die vollständig regenerative Versorgung vom eigenen Grundstück gestaltet werden soll - sie setzt eine Überdimensionierung der Energiegewinnung und eine saisonale Speicherung voraus. Beides ist nicht nur im ökonomischen Sinn unwirtschaftlich, sondern auch ökologisch zweifelhaft - so lange, wie es für ein Gebäude die Möglichkeit gibt, sich mit vertretbarem Aufwand an ein Energienetz (z. B. Strom) anzuschließen. Das Netz kann nämlich zahlreiche Aufgaben problemlos und extrem kostengünstig übernehmen, die autark auf dem Grundstück nicht oder nur mit unververtretbarem Aufwand zu leisten sind:

- Ausgleich von Schwankungen der Energienachfrage durch statistische Verteilung der Verbraucher
- Aufnahme von Überangeboten und Weiterleitung an andere Verbraucher/ Speicher mit häufigeren Zyklen
- regenerative Stromerzeugung in ökonomisch sinnvollen Einheiten (z. B. 1 MW Windkraftanlagen, Biomasse-Blockheizkraftwerke)
- jahreszeitliche Speicherung ist, wenn überhaupt, in großen Speichereinheiten wirtschaftlicher als in kleinen.

Es scheint daher auch in fernerer Zukunft sinnvoller, Häuser nicht autark zu betreiben, sondern netzgekoppelt und gegebenenfalls so, dass überschüssig erzeugte regenerative Energie ins Netz eingespeist wird.

Es bleibt allerdings festzustellen, dass mit dem Standard des Passivhauses so extrem geringe Gesamtverbrauchswerte erreicht werden, dass eine regenerative Energieversorgung technisch möglich und (netzgekoppelt) ökonomisch akzeptabel werden kann. Wenn in einem guten Passivhaus am Ende gerade noch 2000 kWh Stromverbrauch im Jahr anfallen, so wäre es als einzige Energiekostenbelastung eines Haushaltes auch ökonomisch vertretbar, Photovoltaikstrom für 1 DM/kWh zu beziehen.

6. Schlussfolgerungen

Niedrigenergiehäuser werden in Deutschland bereits in wenigen Jahren Mindeststandard bei Neubauten sein. Grundvoraussetzung für ihre breite Einführung sind umfassende Weiterbildungsangebote für alle Baubeteiligten. Das Passivhaus ist ein extremes Niedrigenergiehaus, bei welchem durch guten Wärmeschutz gerade die Schwelle unterschritten wird, bei der kein separates Heizwärmeverteilsystem mehr benötigt wird (15 kWh/m²a). Passivhäuser werden schon in den nächsten Jahren einen zunehmenden Anteil an den Neubauten haben. Nullheizenergiehäuser führen gegenüber dem Passivhaus zu spürbar höherem baulichen Aufwand, ohne die Umwelt bedeutend mehr zu entlasten. Dieser Aufwand könnte sich in Zukunft durch weitere Fortschritte, vor allem bei den Fenstern, reduzieren. Energieautarke Häuser werden auch in absehbarer Zukunft keinen erkennbaren Umweltvorteil gegenüber Konzepten aufweisen, die einen geringen Restverbrauch aus dem bestehenden Netz beziehen und/oder selbst erzeugte regenerative Energie in das Netz einspeisen. Die Chancen für regenerative Energieträger steigen im übrigen, je besser die Energieeffizienz der Nutzungssysteme und Gebäude ist.

Literatur:

- [1] Korsgaard, V.; Byberg, M.R. et.al: DTH-Nul-Energihus. Danmarks Tekniske Hojskole, 1976
- [2] Hörster, H. (Hrsg.): Wege zum energiesparenden Wohnhaus. Hamburg 1980
- [3] Shurcliff, W.A.: Super Insulated Houses and Double Envelope Houses. Andover, Massachusetts 1981
- [4] Rasch & Partner: Ökologischer "Weitblick" am Rheinhöhenweg. Rasch & Partner, Steubenplatz 12, Darmstadt 1 995
- [5] Feist, W. und Werner, J.: Gesamtenergiekennwert < 32 kWh/ mla. BBauBl. 43 (1994), H. 2, S. 106 -110
- [6] Feist, W.: Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern. Verlag Das Beispiel, Darmstadt 1996
- [7] Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten und Institut Wohnen und Umwelt (Hrsg.): Passivhaus Darmstadt Kranichstein. Dokumentation. Wiesbaden, 1. Aufl. 2/91; 3.Aufl. 10/93
- [8] Feist, W.: Erfahrungen mit Häusern ohne aktives Heizsystem. In: IBK, Jubiläumstagung 200: "Stahlbeton" ohne Stahl? Wärmedämmung "stat" Heizung? Darmstadt 1995
- [9] Stahl, W. und Voss, K.: Das Energieautarke Solarhaus. Institut für Solare Energiesysteme. Freiburg 1992
- [10] Elmroth, A. und Levin, P.: Air Infiltration Control in Housing - A Guide to International Practice. Swedish Council for Building Research, Stockholm D2, 1983
- [11] Fingerling, A.: Eine neue Fenstergeneration. glas+rahmen 18/1995, S. 970-972

Der Autor ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt.

Quelle: BBauBlatt