

# HEIZUNG/LÜFTUNG/ ELEKTRIZITÄT

Energietechnik im Gebäude

BAU & ENERGIE

Leseprobe

**Christoph Schmid**

**Mitarbeit:**

**Thomas Baumgartner**

**Jürg Nipkow**

**Christian Vogt**

**Jobst Willers**

5. Auflage

**v/d/f**

vdf Hochschulverlag AG  
an der ETH Zürich



**Website zum Buch:  
hle.vdf-online.ch**

Die Autoren:

Christoph H. Schmid, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA  
Büro für Energietechnik, Winterthur, ehemals Dozent  
für Thermodynamik und Gebäudetechnik  
Kapitel: 1, 2, 3, 4, 11  
Koordination und Schlussredaktion

Thomas Baumgartner, dipl. HLK-Ing. HTL/SIA  
Th. Baumgartner & Partner AG, Dübendorf  
Kapitel: 5, 6

Jürg Nipkow, dipl. El.-Ing. ETH/SIA  
Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, S.A.F.E.  
Kapitel: 7, 8

Christian Vogt, dipl. Ing. HTL  
Vogt & Partner Lichtgestaltende Ingenieure,  
Winterthur; Kapitel: 9

Jobst Willers, dipl. Ing. HTL/SIA  
Jobst Willers Engineering AG, Rheinfelden  
Kapitel: 10

Im Weiteren sei Pius Hüsler und allen Fachleuten, welche  
durch ihre Anregungen zum Gelingen dieses Werkes  
beigetragen haben, herzlich gedankt.

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Pu-  
blikation in der Deutschen Nationalbibliografie; de-  
tallierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheber-  
rechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der  
engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zu-  
stimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt  
besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mik-  
roverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbei-  
tung in elektronischen Systemen.

ISBN 978-3-7281-3747-0

[verlag@vdf.ethz.ch](mailto:verlag@vdf.ethz.ch)  
[www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)

1. Auflage 1993  
2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2000  
3., durchgesehene und aktualisierte Auflage 2005  
4., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage 2013  
**5., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2016**  
© vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

## Vorwort

Mit dem Lehrmittel «Heizung, Lüftung, Elektrizität» soll dem Leser eine Übersicht über die Energietechnik im Gebäude und die Eigenschaften der wichtigsten Systeme vermittelt werden. Es werden auch Hinweise zur Dimensionierung gegeben. Die vorliegende Schrift soll einerseits als Grundlage für das Studium der Gebäudetechnik, andererseits dem Praktiker zum Nachschlagen dienen.

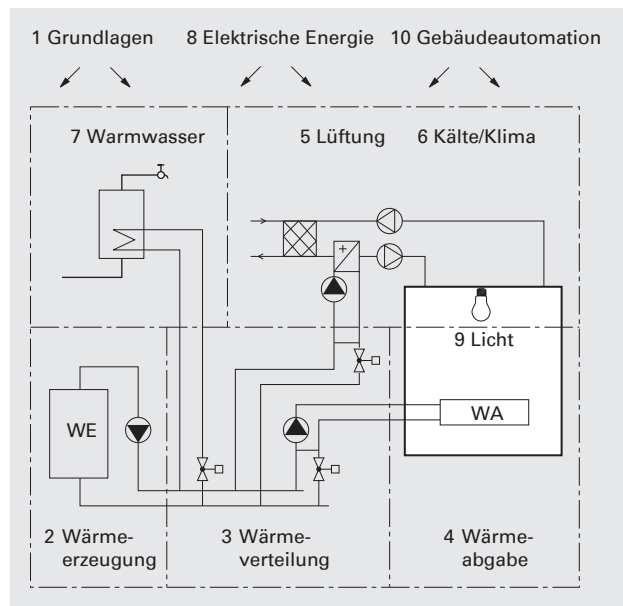
Eine gute Planung erfordert das Beurteilen von Anlagenteilen und Anlagekonzepten in technischer, betrieblicher, ökonomischer und ökologischer Hinsicht. Es sind daher zu entwickeln:

- das Verständnis für die Vorgänge, die sich in Anlagen im Normal- und Störfall abspielen;
- die Fähigkeit zur Mitarbeit im Planungsteam bei der Wahl eines gebäude- und benutzerangepassten Gebäudetechniksystems.

Vorausgesetzt werden einige physikalische Grundkenntnisse. Soweit die physikalischen Vorgänge in diesem Lehrmittel nicht dargestellt werden können, wird auf geeignete Grundlagenwerke verwiesen. Formeln werden ausschließlich als Grössengleichungen geschrieben. Wer sich nicht sicher fühlt im Umgang mit physikalischen Grössen und Einheiten, findet im Anhang 11.8 eine Einführung. Formeln können aber auch einfach überlesen werden, der Text ist auch dann informativ.

Der Gegenstand des Buchs lässt sich anhand des Bilds veranschaulichen. Einige Themen von grundsätzlicher Bedeutung werden vertieft behandelt. Wenn gewisse Grundlagen vorhanden sind, werden viele in der Praxis auftauchende Fragen verständlich. Vollständigkeit ist nicht der Hauptzweck. Dazu steht umfangreiche Literatur zur Verfügung [Rec1, Pis, Bau, Ihl]. Um das Vorliegende im konkreten Fall zu ergänzen, finden sich im Text Hinweise auf Quellen und weiterführende Literatur. Diese Literaturhinweise (Anhang 11.1) sind in eckige Klammern [ ] gesetzt.

In den letzten Jahren ist die begrenzte Verfügbarkeit der fossilen Energie und der Rohstoffe sowie die Klimaveränderung vermehrt bewusst geworden. Dies hat national und international eine Flut von Normen und Vorschriften ausgelöst, welche leider nicht selten Verwirrung



Kapitelübersicht zur Energietechnik im Gebäude

statt Klarheit gestiftet haben. Die technische und gesellschaftliche Entwicklung ist parallel dazu vorangeschritten. Das vorliegende Buch versucht die Zusammenhänge in diesem Spannungsfeld herauszuarbeiten.

Die Autoren

# 1 GRUNDLAGEN

## 1.1 Nachhaltigkeit

### 1.1.1 Grundsätzliche Punkte

Der Grundsatz der Nachhaltigkeit stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft und besagt, dass nicht mehr Holz gefällt werden darf, als auch wieder nachwächst. Er wird heute etwas weiter gefasst. Die drei Säulen einer nachhaltigen Entwicklung sind:

- Ökologie (Umwelt),
- Ökonomie (Wirtschaft) und
- Soziales (Gesellschaft).

Keine dieser drei Säulen darf zugunsten einer andern geschwächt werden, sonst besteht Einsturzgefahr. Die Gebäudetechnik berührt dieses Thema in vielerlei Hinsicht. Wesentliche Anliegen sind die Verbesserung von technischen Einrichtungen und das Bauen von guten Anlagen. Das ist das Thema dieses Buches.

Allerdings ist es nicht damit getan, Energie effizient bereitzustellen und zu nutzen. Zunehmend wichtig werden Genügsamkeit und eine Stabilisierung der Bevölkerungszahl. Das «nachhaltige Wirtschaftswachstum» erweist sich weitgehend als Illusion. Doch das ist nicht Thema dieses Buches.

#### Begriffe

*Primärenergie* ist die Energie in ihrer Rohform, bevor sie transportiert oder umgeformt wird: Rohöl, Erdgas, Kohle und Uran in geologischen Lagerstätten, Holz im Wald, die potenzielle Energie des Wassers, die Solarstrahlung sowie die kinetische Energie des Windes. Man unterscheidet:

- nicht erneuerbare Primärenergie, diese beruht auf endlichen Vorräten, und
- erneuerbare Primärenergie, diese kann immer wieder genutzt werden, ist aber oft ebenfalls erschöpflich.

*Endenergie* ist die dem Verbraucher von der letzten Stufe des Handels gelieferte Energie in Form der Energieträger Heizöl, Gas, Holz, Fernwärme und Elektrizität. Bei Brennstoffen bezieht sie sich auf den Brennwert. Wird vom Verbraucher selbst produzierte Energie an den Handel zurückgeliefert, ergibt sich die *netto gelieferte Energie*.

*Vorsicht:* Im Handel wird mitunter die Endenergie auf den Heizwert bezogen.

*Treibhausgase* sind neben dem Kohlendioxid CO<sub>2</sub> vor allem Methan, Stickoxide und Fluorkohlenwasserstoffe. Diese Gase sind unterschiedlich klimawirksam. Um die Angaben zu vereinheitlichen, werden sie in äquivalente Mengen von CO<sub>2</sub> umgerechnet. Treibhausgase sind nebst der Primärenergie die hauptsächliche Beurteilungsgröße im Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft.

#### Energieverbrauch

Einige heute noch billige Primärenergien gehen früher oder später zur Neige (Bild 1.1). Der Übergang zu teureren Nachfolgeenergien zwingt längerfristig zur Senkung des Primärenergieverbrauchs. Bei der Umwandlung der Primärenergie in Nutzenergie geht heute weit mehr als die Hälfte verloren. Dabei entstehen Umweltbelastungen (Bild 1.2). Bei der Umwandlung sämtlicher Primärenergien in Nutzenergie werden heute auch fossile Brennstoffe eingesetzt.

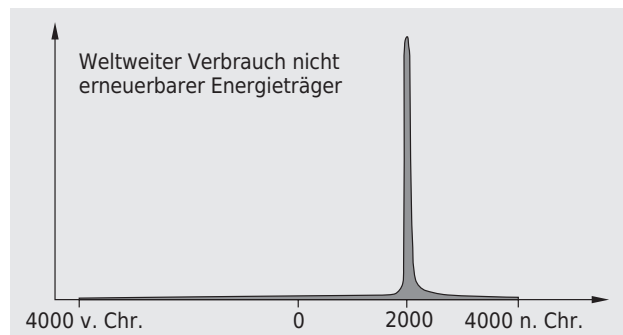


Bild 1.1 Der Verbrauch der Ressourcen

## 1.1 Nachhaltigkeit

8

	Fossile Brennstoffe	Uran	Sonne Wasser Wind	Bio- masse
Erschöpfbarkeit	XXXX	XXXX	0	0 <sup>1)</sup>
Toxische Luftschadstoffe	XXXX	X	X	XXXX
Treibhausgase	XXXX	X	X	X
Radioaktivität	X	XXXX	X	X

0 = nicht, X = gering, XXXX = stark  
<sup>1)</sup> bei nachhaltiger Nutzung (Ernte = Nachwuchs)

Bild 1.2 Umwelteinflüsse der Primärenergien unmittelbar und mittelbar

Der Betriebs-Energieverbrauch im Gebäude sinkt dank baulicher und technischer Massnahmen. Die während des Lebenszyklus der Gebäude umgesetzte Primärenergie ist ein massgeblicher ökologischer Einflussfaktor (Bild 1.3). Zum Vergleich: Ein Mensch nimmt im Verlauf seines Lebens etwa 150 GJ in Form von Nahrung auf.

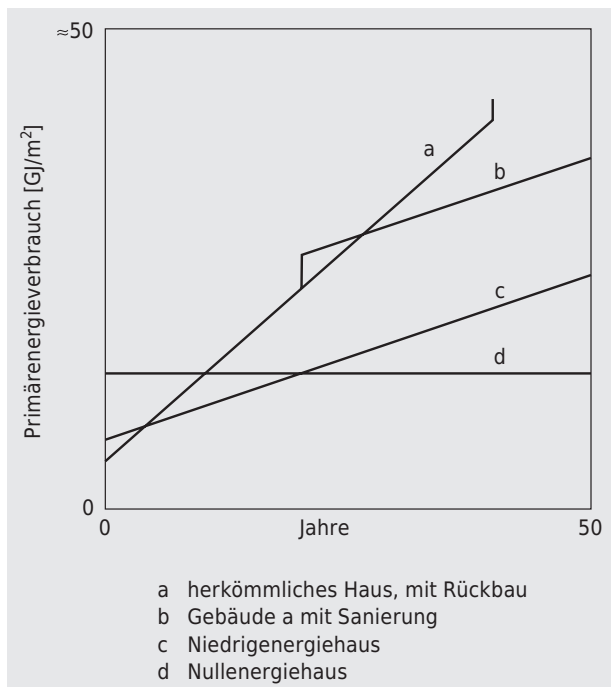


Bild 1.3 Primärenergieverbrauch bezüglich der Energiebezugsfläche und Gebäude-Lebenszyklus

### Wahl der Bilanzgrenze

Ein System wird anhand einer Bilanz beurteilt. Wird beispielsweise ein Gebäude isoliert betrachtet, fällt das Resultat ganz anders aus als beim System Gebäude-Transportweg (Bild 1.4). Die tägliche Autofahrt verbraucht jährlich 2000 Liter Brennstoff. Das ist weit mehr, als das ganze Niedrigenergiehaus benötigt.

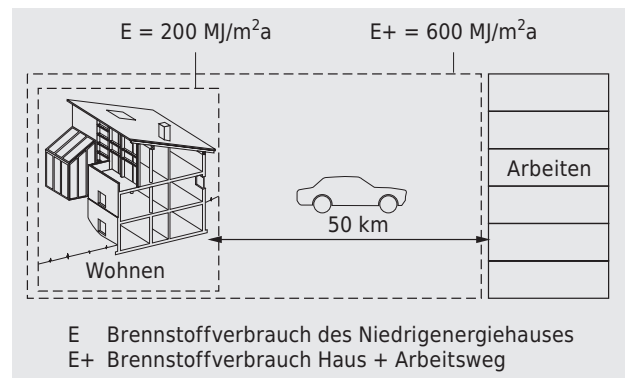


Bild 1.4 Problematik des Niedrigenergiehauses im Grünen

### Nutzerverhalten

Bei gleichen Gebäuden und gleicher Nutzung werden Unterschiede im Energieverbrauch bis zu einem Faktor drei festgestellt. Hohe Verbräuche sind beispielsweise zurückzuführen auf:

- hohe Raumtemperatur im Winter und tiefe im Sommer,
- Gedankenlosigkeit (ganztags offene Fenster),
- Unkenntnis der technischen Installationen (Thermostate auf dem Maximum),
- Bequemlichkeit (Apparate in Betrieb bei Nichtgebrauch) und
- mangelhafte Wartung.

### Gebäude-/Gebäudetechnikkonzept

**Energiekonzept:** Die Bauherrschaft wählt das Energiekonzept des Gebäudes und beeinflusst damit direkt den Verbrauch. Ansätze zur Relativierung übertriebener Ansprüche sind in den Normen bereits vorhanden, z.B. sind Raumtemperaturabweichungen bei extremen Wetterverhältnissen zulässig.

# BAU & ENERGIE

## Buch als Website

kostenlos und frei zugänglich



Heizung, Lüftung, Elektrizität  
hle.vdf-online.ch



Energiemanagement  
energiemanagement.vdf-online.ch



- online lernen, nachschlagen und recherchieren
- mobile Nutzung: rascher, uneingeschränkter und browserbasierter Zugriff
- optimiert für alle modernen Lesegeräte
- open access für grösstmögliche Wahrnehmung und Verbreitung
- Inhalt kostenlos für alle zugänglich
- bequeme Volltextsuche und einfache Navigation
- Inhalte kopieren / exportieren / ausdrucken
- regelmässige Aktualisierungen und Updates