

Copyrighted material

Copyrighted material

**Michael Hayner | Jo Ruoff | Dieter Thiel**

unter Mitarbeit von Jan in der Beek und Stefanie Welke

**FAUSTFORMEL**  
**GEBÄUDETECHNIK**  
FÜR ARCHITEKTEN

Copyrighted material

Copyrighted material

**Deutsche Verlags-Anstalt**

Copyrighted material

Copyrighted material

## **INHALT**

6	VORWORT
9	HEIZEN
37	LÜFTEN
53	KÜHLEN
73	SOLARE GEWINNE
87	WASSER
101	ELEKTRO
115	LICHT
127	BRANDSCHUTZ
141	ANHANG

Copyrighted material

Copyrighted material

Copyrighted material

Copyrighted material

## HEIZEN

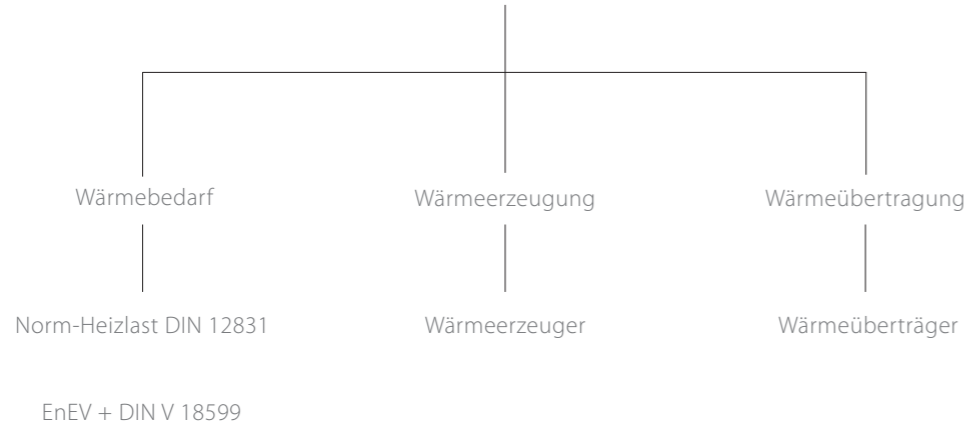
- 10 Übersicht
- 11 Grundlagen
  
- Wärmebedarf**
- 12 EnEV
- 13 Begriffe
- 14 Berechnung: Energieverbrauch
- 15 Energieverbrauchswerte
- 16 Berechnung: Witterungsbereinigung
- 17 Klimafaktoren | Heizwerte
- 18 Norm-Heizlast
- 19 Begriffe
- 20 Berechnung: U-Wert
- 21 Maximale U-Werte
- 22 Berechnung: Transmissionswärmeverluste
- 23 Norm-Temperaturen
- 24 Berechnung: Wärmeverlust an Erdreich
- 25 Äquivalente U-Werte
- 26 Berechnung: Lüftungswärmeverluste
  
- Wärmeerzeugung**
- 28 Wärmeerzeuger
- 29 Wärmepumpen
- 30 Blockheizkraftwerke
- 31 Beispiel: Umweltbundesamt Dessau
- 32 Heizkessel
  
- Wärmeübertragung**
- 34 Wassergeführt | Luftgeführt
- 35 Beispiel: Fachhochschule Kufstein

Copyrighted material

Copyrighted material

Copyrighted material

Heizen



**Ab 2009 muss nach den Bestimmungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) bei Neubauten ein Teil der Wärmeversorgung über regenerative Energien erfolgen.**

Heizen

Neben den herkömmlichen, auf dem Einsatz fossiler Energien beruhenden Systemen werden immer häufiger auch regenerative Energien eingesetzt, um den gesamten Bedarf der Wärmeversorgung zu decken. Die EnEV 2009/EEWärmeG fordert für den Neubau einen Anteil regenerativ erzeugter Energie.

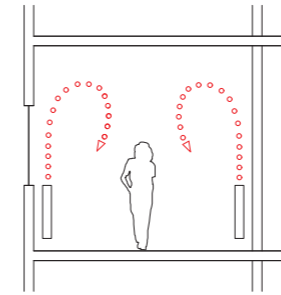
Wärmebedarf

Der Wärmebedarf eines Gebäudes setzt sich zusammen aus den Wärmeverlusten der Gebäudehülle, der Lüftung und der für die Warmwassererzeugung benötigten Energie. Er errechnet sich nach DIN EN 12831. EnEV und DIN V 18599 bewerten den Wärmebedarf.

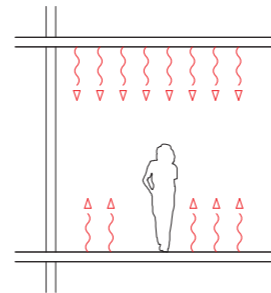
Wärmeerzeugung

Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich neben der Art der benötigten Endenergie vor allem in ihrem Wirkungsgrad.

Copyrighted material



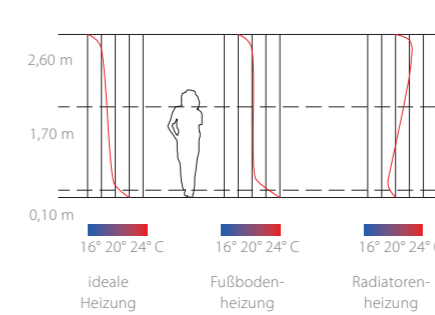
Konvektion



Strahlung

Wärmeübertragung

Die Wärmeübertragung erfolgt immer von der höheren zur niedrigeren Temperatur. Bei der Übertragung durch Konvektoren und Gliederheizkörper wird die Wärme im Wesentlichen durch Luftbewegung transportiert (Konvektion), bei Flächenheizungen (Plattenheizkörper, Fußbodenheizung etc.) wird die Wärme durch Strahlung übertragen.



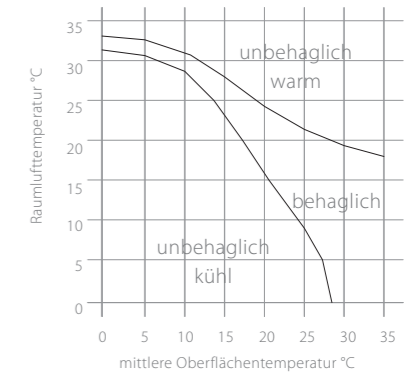
Temperaturschichtung im Aufenthaltsbereich des Menschen

Konvektion	Strahlung
90 % Konvektor	10 %
70 % Glieder- / Röhrenheizkörper	30 %
20 % Plattenheizkörper	80 %

Arten der Wärmeübertragung unterschiedlicher Heizkörper

Lage der Raumheizungen

Die Lage der Heizflächen ist für das Behaglichkeitsempfinden wesentlich: Fußbodenheizungen empfindet der Mensch aufgrund des Raumtemperaturprofils (warmer Boden, kühle Decke) als besonders angenehm.



Behaglichkeitsbereich des Menschen

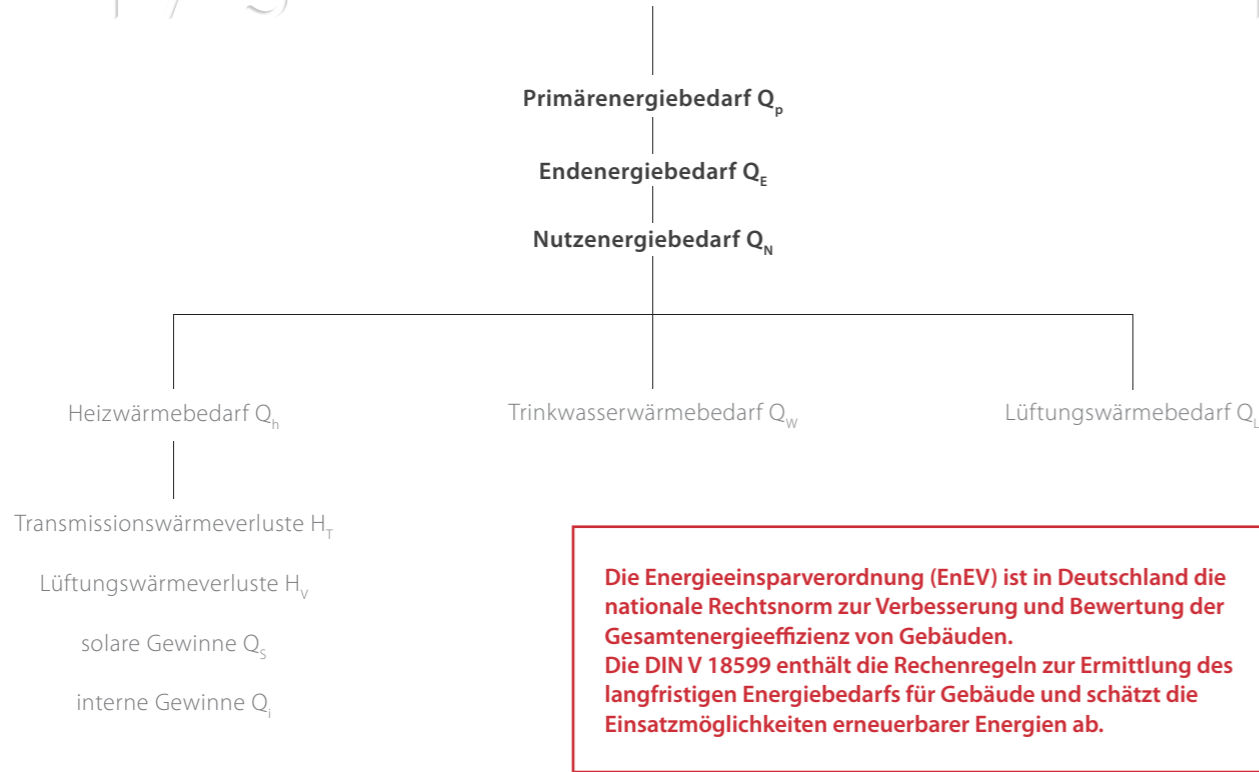
**Die Oberflächentemperatur der Umgebungsflächen sollte 18 °C nicht unterschreiten.**

Behaglichkeit

Je weniger Luft- und Strahlungstemperatur voneinander abweichen (max. 3 K) und je mehr sich beide Temperaturen dem Wert von 21–22 °C nähern, desto behaglicher fühlt sich der Mensch.

Copyrighted material

EnEV + DIN V 18599



**Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist in Deutschland die nationale Rechtsnorm zur Verbesserung und Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Die DIN V 18599 enthält die Rechenregeln zur Ermittlung des langfristigen Energiebedarfs für Gebäude und schätzt die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien ab.**

**Primärenergiebedarf**

Der Primärenergiebedarf  $Q_p$  ist die Summe der Energiemenge, die zur Deckung des Endenergiebedarfs erforderlich ist sowie der zusätzlichen Energiemenge, die bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Erdöl, Erdgas, Kohle, Erdwärme) eingesetzt wurde.

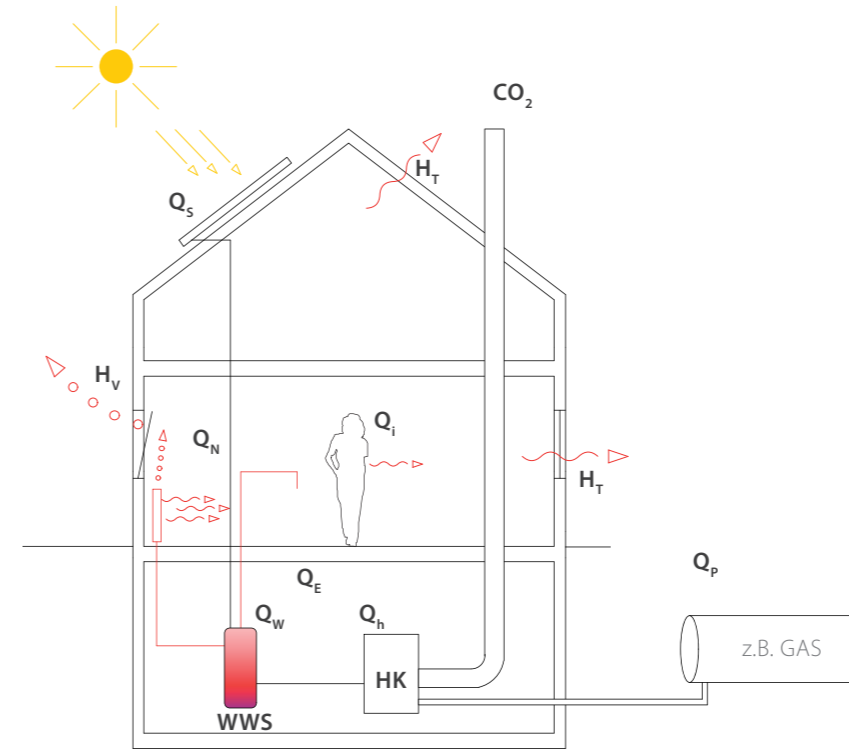
**Endenergiebedarf**

Der Endenergiebedarf  $Q_e$  ist die Energiemenge, die zur Sicherung des Heizwärmebedarfs (plus Verluste) und der Warmwasserbereitung (plus Verluste) notwendig ist. Diese Energie (z.B. Strom, Fernwärme, Heizöl) wird an der Gebäudehülle »übergeben« und entspricht der Energiemenge, die der Verbraucher bezahlt. Für Pumpen, Regelung usw. benötigte Hilfsenergie wird mit einbezogen.

**Nutzenergiebedarf**

Die Nutzenergiebedarf  $Q_n$  ist die im Innenraum für Wärme, Licht oder Kälte benötigte Energiemenge. Sie wird durch Umwandlung von Endenergie erzeugt.

Copyrighted material



Energiebilanz eines Gebäudes

**i1 Energiearten, Beispiele**

Primärenergie	Endenergie
Kohle	Brikett
Biomasse	Biodiesel, Biogas
Rohöl	Benzin, Heizöl
Kohle	Elektrizität
Solarstrahlung	Elektrizität

$Q_h$

Heizwärmebedarf

$H_v$

spezifischer Lüftungswärmeverlust

$H_T$

spezifischer Transmissionswärmeverlust

$Q_i$

interne Gewinne (Personen, elektrische Geräte)

$Q_s$

solare Gewinne (aktive und passive)

$Q_w$

Trinkwasserwärmebedarf

$Q_p$

Primärenergie(bedarf)

$Q_e$

Endenergie(bedarf)

$Q_n$

Nutzenergie(bedarf)

**WWS**

Warmwasserspeicher

**HK**

Heizkessel

**BERECHNUNG: ENERGIEVERBRAUCH**

$E_{Vg, 12mth}$   
Energieverbrauch für Heizung  
und Warmwasser

$B_{Vg, 12mth}$   
Menge des eingesetzten Energieträgers

→T3  $H_i$   
Heizwert je Mengeneinheit

$\beta$   
Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe  
→ Herstellerangabe

$E_{VWW, 12mth}$   
Energieverbrauchsanteil für  
die zentrale Warmwasserbereitung

$A_{NGF}$   
Nettogrundfläche

$q_{wb}$   
Energieverbrauchsanteil für die Warm-  
wassererzeugung bezogen auf die NGF  
→ Wohngebäude (Einfamilienhaus):  
12,0 kWh/(m²a) (lt. DIN V 18599-10)  
→ Wohngebäude (Mehrfamilienhaus):  
16,0 kWh/(m²a) (lt. DIN V 18599-10)  
→ Nichtwohngebäude:  
ca. 15 % des Gesamtenergieverbrauchs  
(abhängig von der Gebäudeart)

$E_{Vh, 12mth}$   
Energieverbrauchsanteil für Heizung

Beispiel: Stuttgart, Einfamilienhaus, freistehend, 160 m² NGF,  
840 m³ Erdgasverbrauch pro Jahr

**Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser**

$$E_{Vg, 12mth} = B_{Vg, 12mth} \cdot H_i \text{ bzw. } \beta$$

[kWh/a]                      [l,kg,m³]                      [kWh/l,kg,m³]                      [kWh/a]

$$E_{Vg, 12mth} = 840 \cdot 9 = 7.560$$

**Energieverbrauchsanteil zentrale Warmwasserbereitung**

$$E_{VWW, 12mth} = A_{NGF} \cdot q_{wb}$$

[kWh/a]                      [m²]                      [kWh/(m²a)]                      [kWh/a]

$$E_{VWW, 12mth} = 160 \cdot 12 = 1.920$$

**Energieverbrauchsanteil Heizung**

$$E_{Vh, 12mth} = E_{Vg, 12mth} - E_{VWW, 12mth}$$

[kWh/a]                      [kWh/a]                      [kWh/a]                      [kWh/a]

$$E_{Vh, 12mth} = 7.560 - 1.920 = 5.640$$

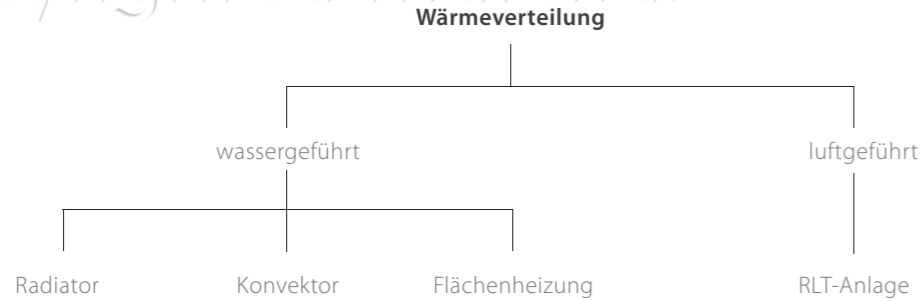
**ENERGIEVERBRAUCHSWERTE**

**Vergleichswerte für den Verbrauch von Heizung und Warmwasser  $e_{Vb, 12mth}$  sowie Strom**

Gebäudekategorie	Nettogrundfläche [m²]	Heizung + Warmwasser [kWh/(m²a)]		Strom [kWh/(m²a)]	
		EnEV 2009	EnEV 2012 <sup>1</sup>	EnEV 2009	EnEV 2012 <sup>1</sup>
Einfamilienhaus	beliebig	56	39	25	17
Mehrfamilienhaus	beliebig	90	63	20	14
Verwaltungsgebäude (normale technische Ausrüstung)	≤ 3.500	80	63	20	17
	> 3.500	85	56	30	21
Krankenhäuser	beliebig	180	175	125	87
Schulen	≤ 3.500	105	77	10	3
	> 3.500	90	59	10	10
Sportbauten	beliebig	120	77	30	21
Gaststätten	beliebig	205	119	95	52
Beherbergungsstätten	beliebig	150	94	50	28
	beliebig	150	94	50	28
Gebäude für Produktion, Werkstätten, Lagergebäude	≤ 3.500	110	73	20	14
	> 3.500	110	84	65	38
Verkaufsstätten	beliebig	105	73	190	133
Einkaufszentren	≥ 2.000	60	42	105	73
Bauwerke für technische Zwecke	beliebig	110	77	70	49
Gebäude für kulturelle Zwecke	≤ 3.500	105	73	100	70
	> 3.500	80	56	50	35

<sup>1</sup> voraussichtliche Zielgrößen nach EnEV 2012

Copyrighted material



Beispiel: Heizleistung von Plattenheizkörpern pro m, bei 20 °C Raumtemperatur,  $\Phi$  [W/m]

H [mm]	305					405				
Typ/T [mm]	10 / 63	11 / 63	12 / 66	22 / 102	33 / 157	10 / 63	11 / 63	12 / 66	22 / 102	33 / 157
70/55 °C	231	392	526	723	1.044	296	498	644	901	1.286
55/45 °C	148	252	333	459	668	189	320	407	572	821
H [mm]	505					905				
70/55 °C	359	603	762	1.071	1.524	421	1.017	1.274	1.726	2.504
55/45 °C	229	386	481	679	970	268	650	801	1.087	1.575
Baulänge L [mm]	405, 505, 605, 705, 805, 905, 1.005, 1.105, 1.205, 1.305, 1.405, 1.605, 1.805, 2.005, 2.305, 2.605, 3.005									

Kermi Plan-K

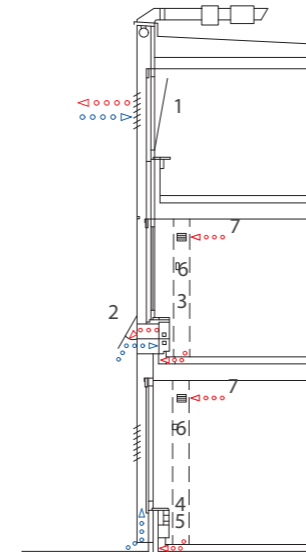
Beispiel: Heizleistung von Unterflurkonvektoren bei  $t_v$  75 °C/ $t_r$  65 °C/ $t_i$  = 20 °C,  $\Delta\theta_m$  = 50 K

Typ	B [mm]	L [mm]	H [mm]	Volumenstrom Nennprimärluft pro m [m³/h]	Heizleistung ohne Primärluft [W]	Heizleistung mit Primärluft [W]
1	260	1.350	140	60	165	380
					270	830
2	345	2.700	140	120	280	490
					420	1.080
3	400				390	610
					600	1.320

Emco KIQ

Höhen, Längen und Breiten sind objektspezifisch anpassbar, Primärluft bei Anschluss an eine RLT-Anlage

Copyrighted material

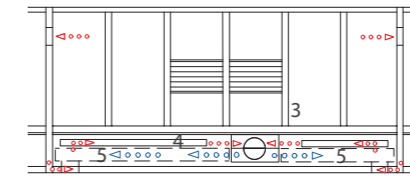


Fassadenschnitt

- 1 Fensterlüftung
- 2 Lüftungsgerät
- 3 Abluftansaugung über GK-Trennwände
- 4 Radiator

**Heizen**

Durch im Fassadenzwischenraum vorgewärmte Frischluft entsteht ein Wärmepuffer. Rotationswärmetauscher erwärmen die kühle Zuluft. Über Trennwände wird die warme Abluft abgesaugt und wieder in den Kreislauf eingebracht. Durch Radiatoren im Brüstungsbereich wird der Wärmebedarf ergänzt.



Innenansicht

- 5 Quellluftauslässe
- 6 CO<sub>2</sub>-Fühler
- 7 Abluftansaugung

**Lüften**

Die natürliche Frischluftzuführung im unteren Bereich der Fassade wird im oberen Abschluss durch eine einfache mechanische Abluftführung unterstützt. Die Hörsäle sind aufgrund des höheren Lüftungsbedarfs mit dezentralen Lüftungsgeräten innerhalb der Betonbrüstungsbereiche ausgestattet.



Fassadenausschnitt

- Doppelfassade mit integrierter Gebäudetechnik
- Lüftungsklappen/-geräte
- Radiator

**Projektdateien**

Architekten: Henke & Schreieck  
 Gebäudetechnik: PME  
 Fertigstellung: 2001  
 Fläche: 11.000 m<sup>2</sup> (BGF)  
 Steuerung der Anlagen/CO<sub>2</sub>-Fühler: Bus-System

Copyrighted material

Copyrighted material

## KÜHLEN

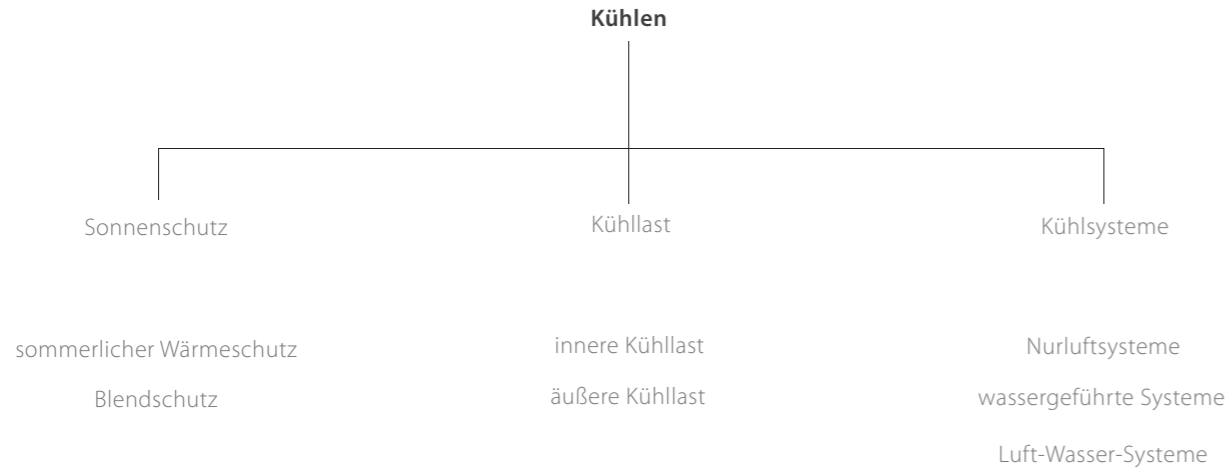
54	Übersicht
55	Grundlagen
	<b>Sonnenschutz</b>
56	Sonnenschutzarten
57	Gesamtenergiedurchlassgrad
	<b>Kühllasten</b>
58	Begriffe
59	Berechnung: Gesamtkühllast
60	Berechnung: innere Kühllast
61	Berechnung: äußere Kühllast
	<b>Kühlsysteme</b>
62	Kälteanlagen
63	Kühlanlagen
64	Klimaanlagen
65	Rückkühlung
66	Dezentrale Einzelgeräte
67	Beispiel: Verwaltungsgebäude Düsseldorf
68	Bauteilaktivierung
69	Kühldecken
70	Beispiel: Kühlkonzept
71	Beispiel: Bibliothek TU Cottbus

Copyrighted material

Copyrighted material



Copyrighted material



**Sonnenschutz**

Der Sonnenschutz umfasst die Funktionen Wärme- und Blendschutz, wobei ein Wärmeschutz zusätzlich die Funktion des Blendschutzes übernehmen kann. Das Sonnenschutzsystem steuert den Energieeintrag durch die Sonne und den Einfall von Sonnen- und Tageslicht ins Gebäude.

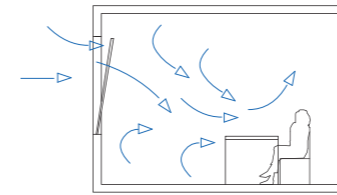
**Kühllast**

Die Kühllast ist die Dimensionierungsgröße für das Raumkühlsystem. Der Energieaufwand für die Kühlung mit wassergeführten Systemen (z.B. Kühldecken) liegt deutlich unter dem von luftgeführten Systemen (Klimaanlage).

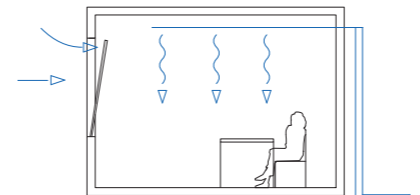
**Kühlsysteme**

Neben RLT-Anlagen werden zunehmend thermisch aktive Raumflächen (z.B. Kühldecken oder Betonkerntemperierung) zur Kühlung von Gebäuden eingesetzt. Vorteile sind eine hohe thermische Behaglichkeit und mehr Möglichkeiten zur Nutzung von Umweltenergien, z.B. bei der freien Kühlung.

Copyrighted material



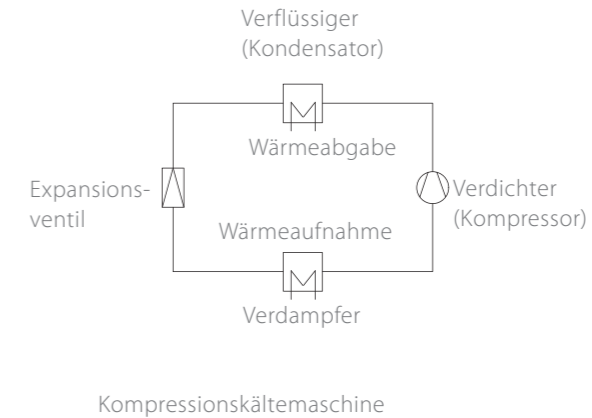
Luft



Grundwasser

**Freie Kühlung**

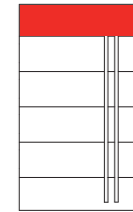
Bei der freien Kühlung wird der mechanische Kälteprozess durch natürliche Kühlmedien wie Luft oder Grundwasser ersetzt oder ergänzt. Die Einsatzdauer der mechanischen Kühlung kann durch die Anwendung der freien Kühlung deutlich reduziert werden.



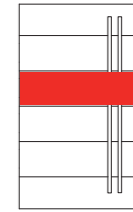
Kompressionskältemaschine

**Mechanische Kühlung**

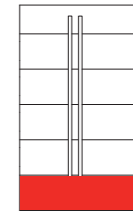
Die mechanische Kühlung erfolgt meist durch Kompressionskältemaschinen. Dabei wird mithilfe eines Kältemittels in einem Verdampfer Kälte für die mechanische Kühlung erzeugt, anschließend mittels eines Kompressors auf ein höheres Temperaturniveau gebracht, das es ermöglicht, die aufgenommene Energie über einen Kühlturm wieder an die Umgebung abzuführen. Alternativ können auch Absorptionskältemaschinen genutzt werden.



Dach



mittleres Geschoss



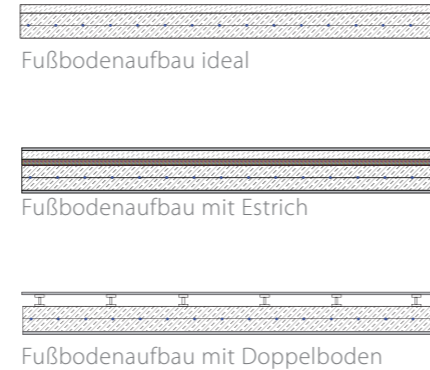
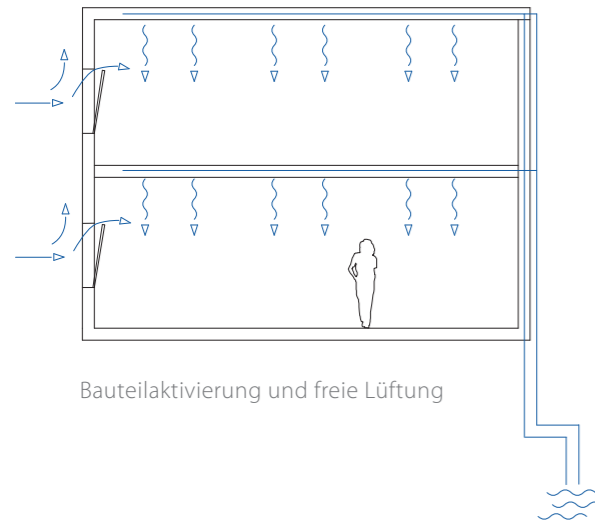
Keller

Lage der Technikzentrale

**Technikzentralen**

Die Lage der Technikzentrale wird im Allgemeinen so gewählt, dass die Medienversorgung möglichst durch gleich lange und gleich dimensionierte Leitungen erfolgen kann. Dies wird durch eine zentrale Anordnung der Technikflächen begünstigt.

Copyrighted material

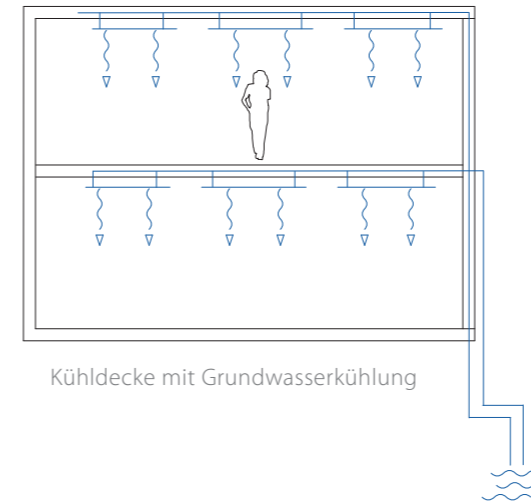
**Richtwerte für Dauerleistungen (8–10 h):**

Kühlen  $\leq 40 \text{ W/m}^2$   
Wassertemperatur  $\geq 22 \text{ }^\circ\text{C}$

**Aufbau**

- Rohrsysteme (PE-X<sub>a</sub>, PE-X<sub>c</sub>, HD-PE u.a.)
- Durchmesser Rohre  $d = \text{ca. } 16 \text{ mm}$
- Verlegeabstand 150–300 mm
- Rohre in statisch neutraler Betonzone eingebettet

Copyrighted material

**Richtwerte für Kühlleistungen:**

offen  $40\text{--}100 \text{ W/m}^2$   
geschlossen  $40\text{--}80 \text{ W/m}^2$

**Bauteilaktivierung**

Wasserdurchflossene Rohrregister werden in Massivdecken oder auch in Wände eingebettet. Das Bauteil wird somit als Speichermasse und Übertragungsfläche thermisch aktiviert: Je nach Bedarf wird Kälte (oder Wärme) vom Bauteil aufgenommen, gespeichert und zeitversetzt an den Raum abgegeben.

**Voraussetzungen**

- keine Bekleidung oder Abhängungen an der Deckenunterseite vorhanden (Ausnahme Deckensegel)
- keine individuelle Temperaturregelung erforderlich (aufgrund des trägen Regelverhaltens der Deckenmasse)
- u. U. zusätzliche Radiatoren oder Konvektoren zur individuellen Nachregulierung

**Kühldecken**

Kühldecken können sowohl als Kühl- wie als Heizelemente eingesetzt werden und nehmen mindestens 40 bis 60 % der Deckenfläche in Anspruch.

**Geschlossene Kühldecken**

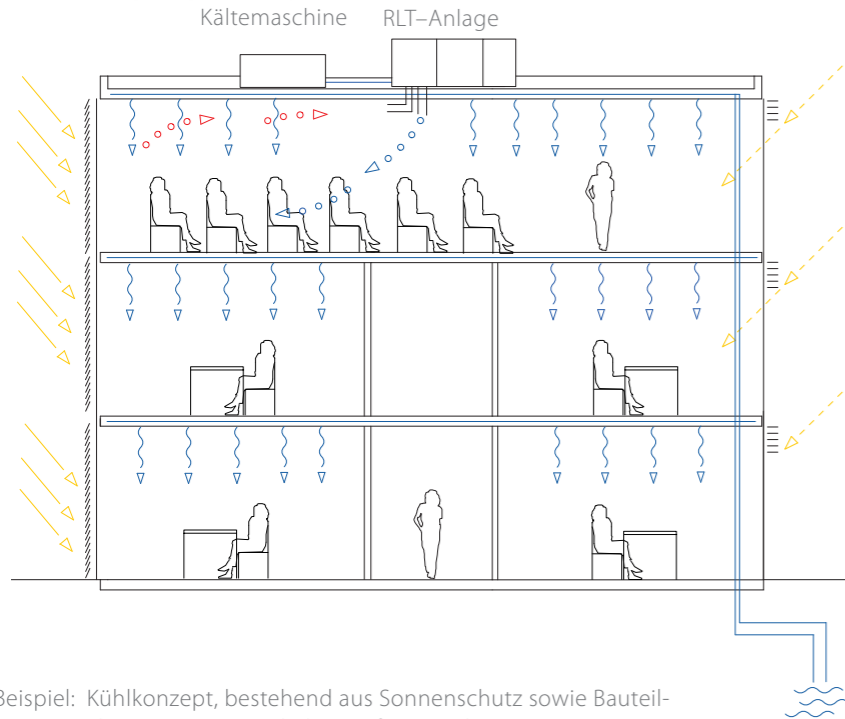
Hierbei werden von Wasser durchströmte Rohrregister auf Metallkassetten flächig von der Decke abgehängt. Die Kühlung des Raums erfolgt maßgeblich durch Strahlung. Alternativ können auch wasserdurchströmte Rohre unter der Decke eingeputzt werden.

**Offene Kühldecken**

Offene Kühldecken bestehen aus einzelnen Kühlelementen, die mit Abstand untereinander von der Decke abgehängt werden, so dass sie von der Raumluft umströmt werden. Die Kühlung erfolgt überwiegend konvektiv.

BEISPIEL: KÜHLKONZEPT

Copyrighted material



Beispiel: Kühlkonzept, bestehend aus Sonnenschutz sowie Bauteilaktivierung mit und ohne Lüftungsanlage

**Sonnenschutz**

Der Sonnenschutz dient zur passiven Reduzierung der Kühllast. Ein unnötig hoher Solareintrag wird so unterbunden und die erforderliche Kühlleistung reduziert.

**Bauteilaktivierung**

Die Bauteilaktivierung wird in diesem Fall mit Grundwasser als regenerativer Energie betrieben, die einen großen Teil der Kühllast deckt. Nur an extrem heißen Tagen ist der zusätzliche Betrieb der Lüftungsanlage erforderlich.

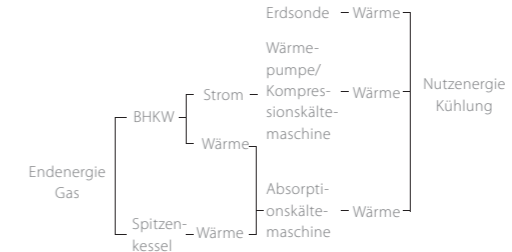
**Lüftungsanlage**

Die Lüftungsanlage stellt vor allem die erforderliche Außenluftmenge zur Verfügung. Lediglich in Spitzenlastzeiten übernimmt sie zusätzlich zur Bauteilaktivierung auch eine Kühlfunktion.

**Kühlen**

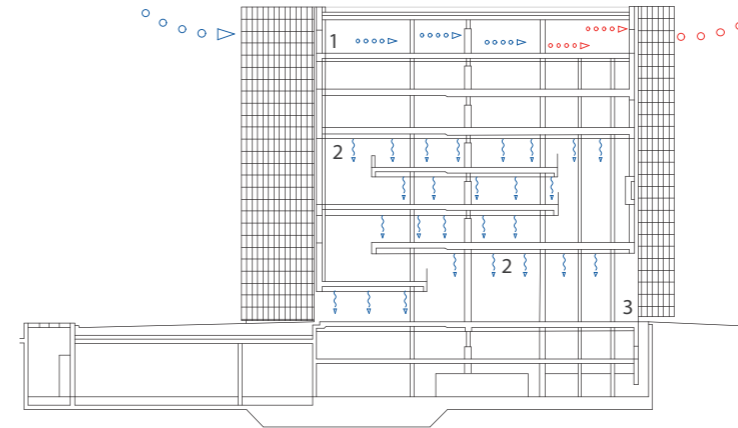
Zur Deckung der Grundkühllast dienen Erdsondenfelder. Kühldecken und eine Lüftungsanlage verteilen die Kühle im Gebäude. Durch zugeschaltete Blockheizkraftwerke wird die Spitzenkühlleistung erreicht. Die Blockheizkraftwerke versorgen die Wärmepumpe mit Strom und die Absorptionskältemaschine mit Wärme.

**Energieschema Kühlung**



BEISPIEL: BIBLIOTHEK TU COTTBUS

Copyrighted material



Schemaschnitt

- 1 Büroräume, mit Lüftungsflügeln versehen
- 2 Kühldecken in den Lese- und Arbeitsbereichen
- 3 Konvektoren



Arbeitsplätze Bibliothek

- Erdsondenfelder zur passiven Kühlung
- Kühldecken
- Doppelfassade mit bedrucktem Glas als Sonnenschutz

**Projektdate:**

Architekten: Herzog & de Meuron  
 Energiekonzept: Prof. Hänel  
 Gebäudetechnik: IKL+Partner  
 Fertigstellung: 2004  
 Fläche: 12.700m<sup>2</sup> (BGF)

Copyrighted material

Copyrighted material

## **WASSER**

88 Übersicht  
89 Grundlagen

### **Brauchwasser**

90 Warmwasser  
91 Solarthermie  
92 Dachentwässerung  
93 Berechnung: Regenwasserertrag  
94 Berechnung: Betriebswasserbedarf  
95 Berechnung: Regenwassernutzung

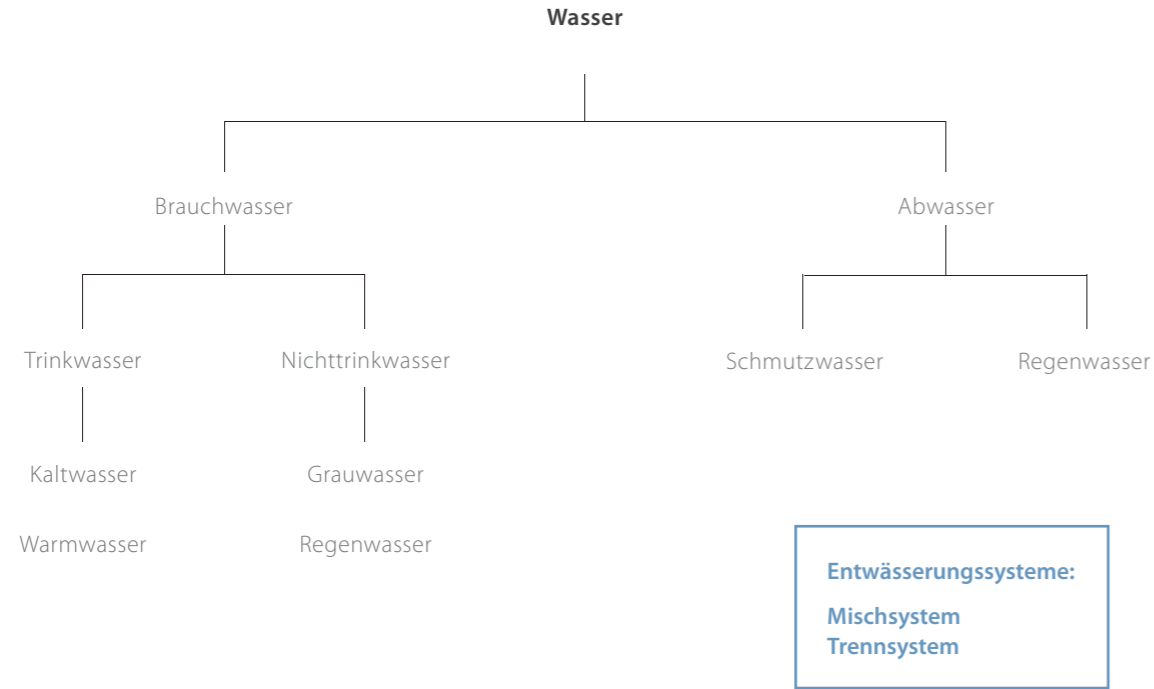
### **Abwasser**

96 Strangschema  
97 Strangschema Detail  
98 Abwassersysteme  
99 Berechnung: Schmutzwasserabfluss

Copyrighted material

Copyrighted material

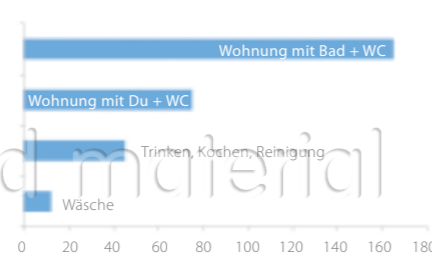
Copyrighted material



**Brauchwasser**

Vom Wasserzähler fließt das Trinkwasser über ein Durchgangsventil mit Rückflussverhinderer, einen Filter und gegebenenfalls einen Druckminderer zu den einzelnen Zapfstellen. In der Regel werden etagenweise Absperrungen vorgesehen. Nichttrinkwasser kann in Gebäuden über ein eigenes Versorgungsnetz für untergeordnete Funktionen genutzt werden.

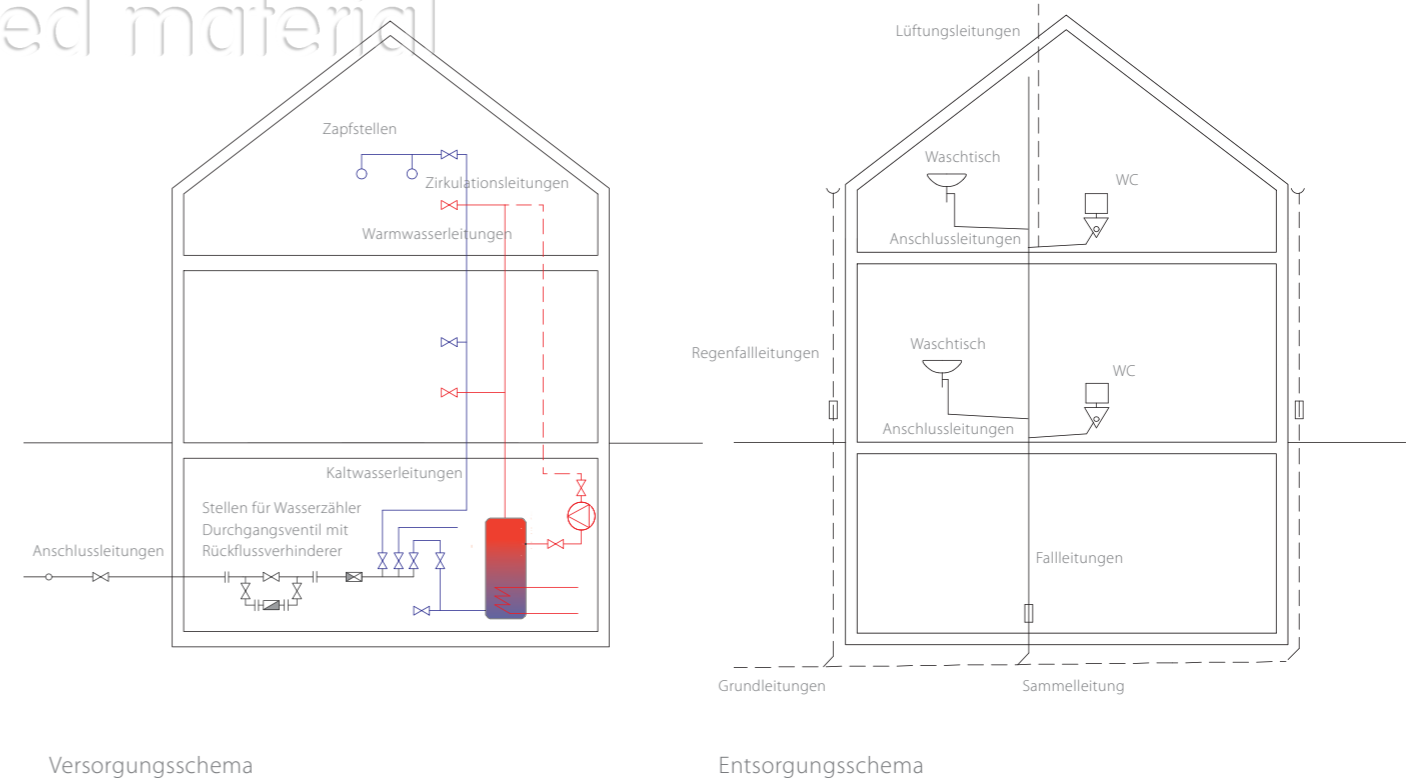
**Wasserverbrauch [l]/Tag/Einwohner**



**Abwasser**

Die Entwässerung von Regen- und Schmutzwasser wird in der Regel bis zur Grundstücksgrenze getrennt geführt. Je nach kommunaler Regelung werden die Abwässer dann gemeinsam in einen Abwasserkanal geführt (Mischsystem) oder in zwei getrennte Kanäle (Trennsystem) geleitet. Gering verschmutztes Abwasser (Dusche, Waschmaschine) kann nach grober Filterung als Grauwasser genutzt werden.

Copyrighted material



Versorgungsschema

Entsorgungsschema

**Brauchwasserversorgung**

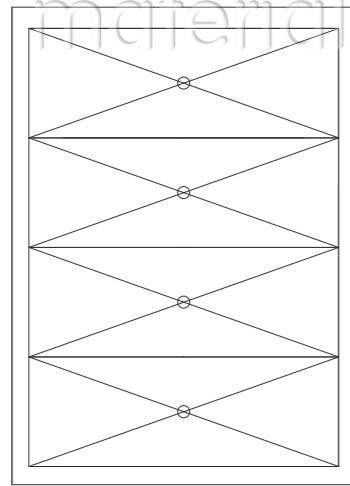
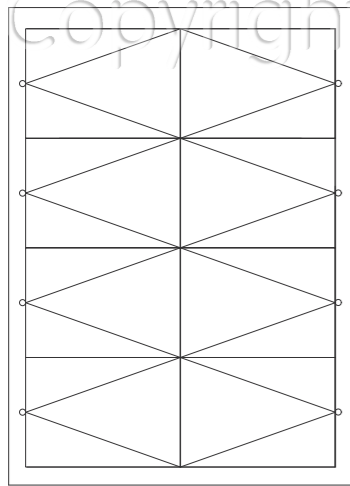
Die Trinkwasserleitung wird frostfrei im Erdreich verlegt und in den Hausanschlussraum geführt. Bis hierher bleibt sie, einschließlich des Wasserzählers, im Wartungsbereich des Versorgungsunternehmens. Danach gelangt das Wasser mit einem Druck von max. 5 bar über das Rohrnetz zu den einzelnen Entnahmestellen. Reicht dieser Druck nicht aus, z.B. in einem Hochhaus, bedarf es zusätzlicher Druckerhöhungspumpen.

Grauwasser (fäkalienfreies Abwasser, z.B. aus Dusche, Waschmaschine) kann z.B. für WC-Spülungen eingesetzt werden; Regenwasser z.B. für Gartenbewässerung oder zum Wäschewaschen. Das anfallende Grauwasser wird zunächst gefiltert und wie das Regenwasser in einer Zisterne gesammelt, bevor es in ein separates Leitungsnetz zu den entsprechenden Zapfstellen gepumpt wird.

**Abwasserführung**

Das Schmutzwasser fließt durch die Anschlussleitungen ab und wird dann von den lotrecht durch alle Geschosse verlaufenden Fallleitungen nach unten in eine gemeinsame Sammelleitung transportiert. Danach gelangt das Abwasser durch eine Grundleitung zum Schmutzwasserkanal. Die Grundleitungen liegen unzugänglich im Erdreich oder unter der Bodenplatte.

DACHENTWÄSSERUNG



Dimensionierung Regenfallrohre:

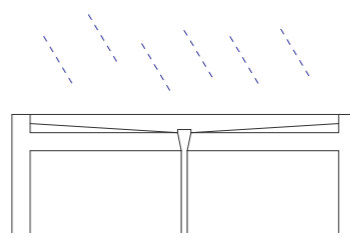
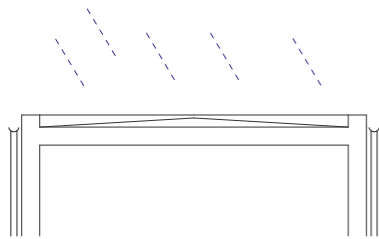
bis 25 m <sup>2</sup>	DN 50
bis 51 m <sup>2</sup>	DN 70
bis 159 m <sup>2</sup>	DN 100
bis 174 m <sup>2</sup>	DN 125

Dimensionierung Dachrinnen:

bis 25 m <sup>2</sup>	DN 70
bis 51 m <sup>2</sup>	DN 100
bis 100 m <sup>2</sup>	DN 125
bis 174 m <sup>2</sup>	DN 150

Mindestgefälle für Flachdächer: 2 %

Abläufe bzw. Fallrohre immer mindestens 2 Stück pro zu entwässernder Teildachfläche!  
Der zweite Ablauf kann ein Überlauf, eine weitere Teilfläche oder ein Notüberlauf (z.B. Wasserspeier) sein.



Flachdach: außenliegende Entwässerung

innenliegende Entwässerung

T1 Niederschlagshöhe h<sub>N</sub> in deutschen Städten

Mittlere jährliche Niederschlagsmenge [mm/m <sup>2</sup> ] = [l/m <sup>2</sup> ]	< 600	600–800	800–1.250	> 1.250
	Berlin	Frankfurt	Aachen	Freiburg
	Leipzig	Hamburg	München	
	Rostock	Nürnberg	Stuttgart	
		Hannover	Köln	

BERECHNUNG: REGENWASSERERTRAG

**E<sub>R</sub>**  
jährlicher Regenwasserertrag, für ein Jahr ermitteltes nutzbares Wasservolumen (Wasserzufluss) aus Regenwasser zur Verwendung als Betriebswasser

**A<sub>A</sub>**  
Auffangfläche, entspricht der auf die Grundrissebene projizierten Dachfläche

**e**  
Ertragsbeiwert, Verhältnis des der Regenwassernutzungsanlage jährlich zufließenden Regenwassers zum Gesamtregenwasser in der zugehörigen Niederschlagsfläche

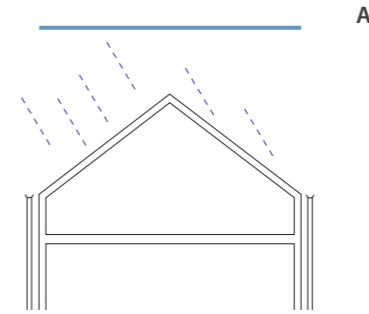
**h<sub>N</sub>**  
Niederschlagshöhe, ortsabhängig

**η**  
hydraulischer Filterwirkungsgrad, Verhältnis zwischen der dem Filter zulaufenden Wassermenge und der einer Nutzung zugeführten Wassermenge → meistens wird mit 0,9 gerechnet

jährlicher Regenwasserertrag

$$E_R = A_A \cdot e \cdot h_N \cdot \eta$$

[l/a] [m<sup>2</sup>] [] [l/m<sup>2</sup>] [mm/m<sup>2</sup>] []



Auffangfläche A<sub>A</sub>

Beispiel: Gebäude in Köln, geneigtes Hartdach, Auffangfläche 100 m<sup>2</sup>

$$E_R = 100 \cdot 0,8 \cdot 900 \cdot 0,9 = 64.800$$

[l/a] [m<sup>2</sup>] [] [mm/m<sup>2</sup>] [] [l/a]

T2 Ertragsbeiwerte e

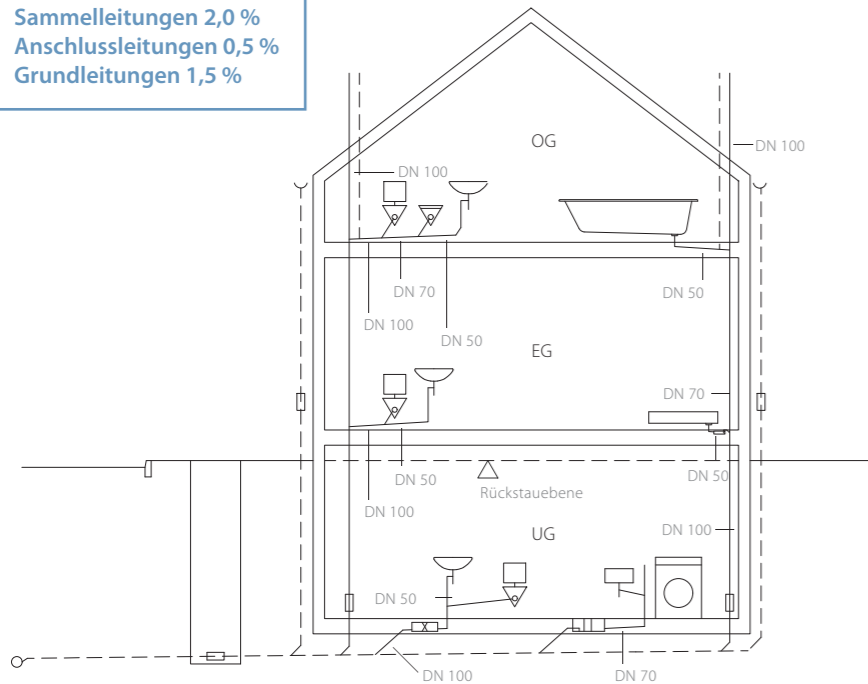
Beschaffenheit	e []
geneigtes Hartdach	0,8
Flachdach unbekiest	0,8
Flachdach bekiest	0,6
Gründach intensiv	0,3
Gründach extensiv	0,5
Pflasterfläche/Verbundpflasterfläche	0,5
Asphaltbelag	0,8

Auffangfläche

Auffangflächen sind die Flächen, von denen Regenwasser gesammelt wird. Bei geneigten Flächen entspricht die Auffangfläche der projizierten Dachfläche. Bei Flachdächern ist immer ein ausreichendes Gefälle der Teilflächen des Gesamtdachs vorzusehen.

STRANGSCHEMA

**Mindestgefälle:**  
 Sammelleitungen 2,0 %  
 Anschlussleitungen 0,5 %  
 Grundleitungen 1,5 %



Strangschema

**Strangschema**

Ein Strangschema ist die abgewinkelte Ansicht der Abwasserleitungen. Dabei ist das Gefälle der Sammelleitungen zu erkennen, das im Grundriss nicht dargestellt werden kann. Die Einzelanschlussleitungen werden im 45°-Winkel an die Sammelleitungen angeschlossen.

**Zeichnerische Darstellung**

Für die Beantragung des Entwässerungsanschlusses eines Gebäudes ist ein maßstäblich dargestelltes Strangschema als Planungsunterlage erforderlich. Dabei müssen die Entwässerungsgegenstände sowie alle Leitungen bis zum Anschluss an den öffentlichen Kanal mit Angabe der Nennweiten, Reinigungsöffnungen



und Revisionsschächten schematisch dargestellt werden. Leitungen werden durch eine Linie dargestellt.

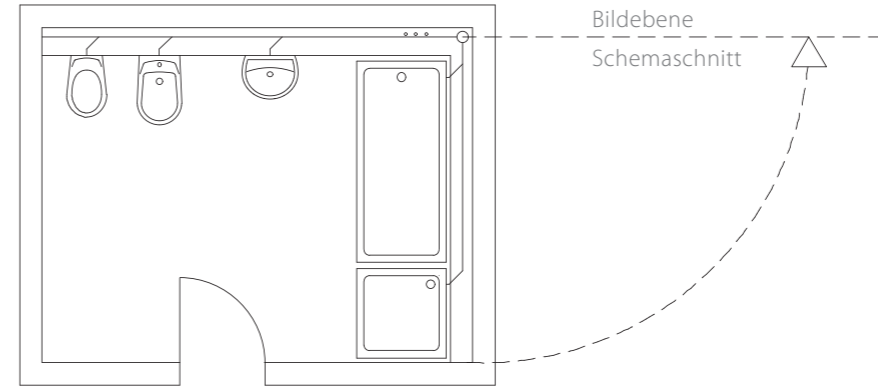
STRANGSCHEMA DETAIL

**Hinweise für Einzelanschlussleitungen**

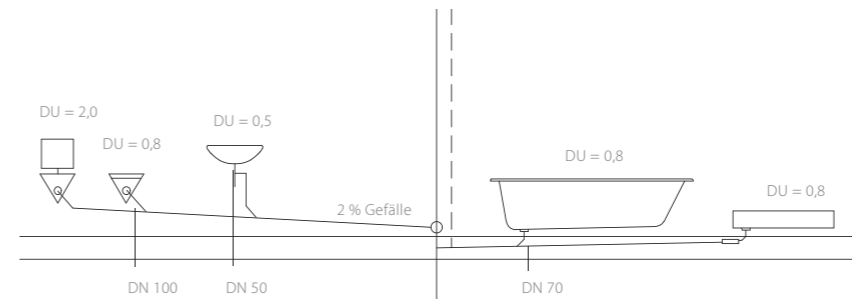
Anwendungsgrenzen	Einzelanschlussleitung	
	unbelüftet	belüftet
maximale Länge l	4 m	10 m
maximale Umlenkungen n (90° Bogen)	3	nicht begrenzt
maximale Höhe (bei $\alpha > 45^\circ$ )	1 m	3 m
Mindestgefälle J	1 %	0,5 %

**Wandstärken im Trockenbau**

Objekte an einer Wandseite	
WC	20–25 cm
Handwaschbecken (HWB)	12,5–15 cm
Dusche	12,5 cm
Objekte an beiden Wandseiten	
WC u. WC	40 cm
HWB u. HWB	25 cm
Dusche u. Dusche	12,5 cm
WC u. HWB	30 cm



Strangschema Detail Grundriss



Strangschema Detail Ansicht

**Lüftung der Entwässerungsanlage**

Lüftungsleitungen haben die Aufgabe, bei den Ablaufvorgängen entstehende Unter- und Überdrücke abzubauen, um Geruchsbelästigungen, Geräuschbildung, Absaugungen, Vollfüllungen und Fremdeinspülung zu vermeiden. Grundsätzlich muss jede Fällleitung als Lüftungsleitung bis über das Dach

geführt werden. In Anlagen ohne Fallleitungen muss mindestens eine Lüftungsleitung übers Dach geführt werden. Sie ist dann mit der Nennweite der Grundsammeleitung auszuführen.

Copyrighted material

Copyrighted material

## **ELEKTRO**

- 102 Übersicht
- 103 Grundlagen

### **Stromversorgung**

- 104 Wohngebäude
- 105 Größere Nichtwohngebäude

### **Elektroinstallation**

- 106 Stromkreis
- 107 Leitungsführung Nichtwohngebäude
- 108 Elektroinstallationsplan
- 109 Leitungsführung Wohngebäude

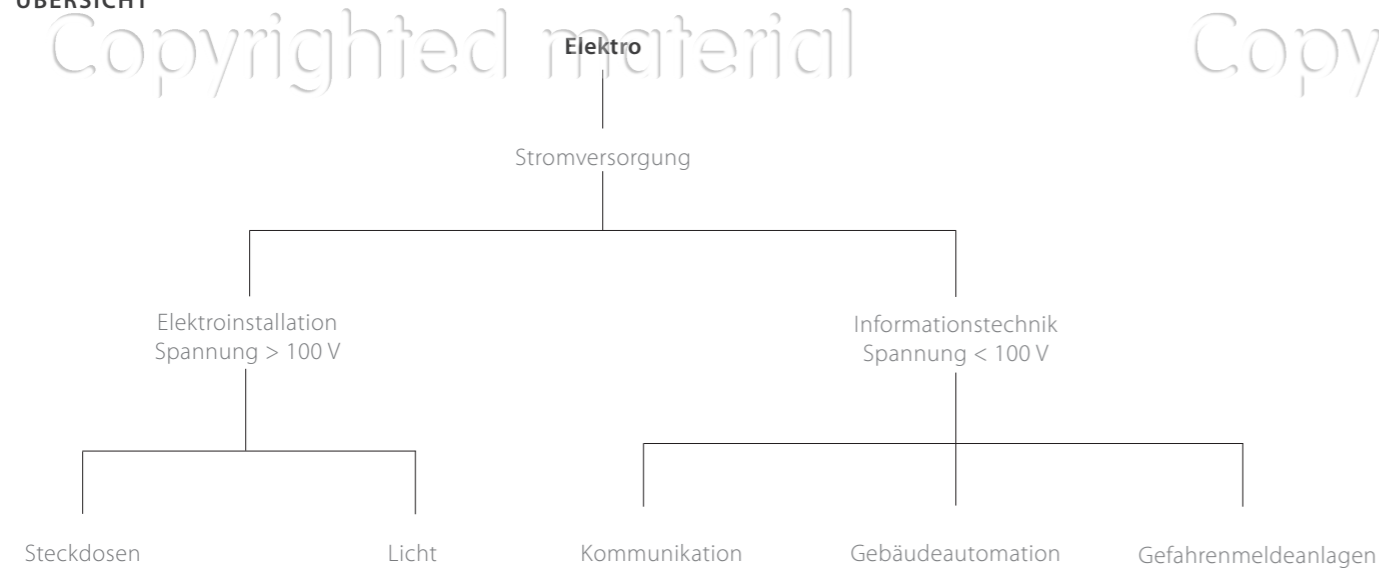
### **Informationstechnik**

- 110 Gebäudeautomation
- 111 Funktionsprinzip Gebäudeautomation
- 112 Gebäudeautomation Wohngebäude
- 113 Gebäudeautomation Nichtwohngebäude

Copyrighted material

Copyrighted material





**Stromversorgung**

Die Standardversorgung für den Wohnungsbau erfolgt in der Regel durch das Niederspannungsnetz 230/400 V. Das Mittelspannungsnetz (10.000 V oder 20.000 V) versorgt Einrichtungen wie Krankenhäuser, Verwaltungsgebäude und Kaufhäuser, das Hochspannungsnetz (110.000 V) Industrieanlagen.

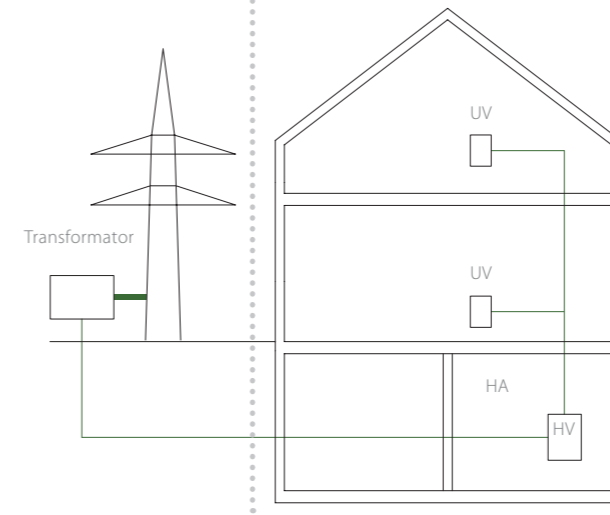
**Elektroinstallation > 100 V**

Mit dem Niederspannungsnetz > 100 V (meistens 230 V bzw. 400 V) können Lichtquellen und elektrische Geräte in Haushalt und Büro betrieben werden.

**Informationstechnik < 100 V**

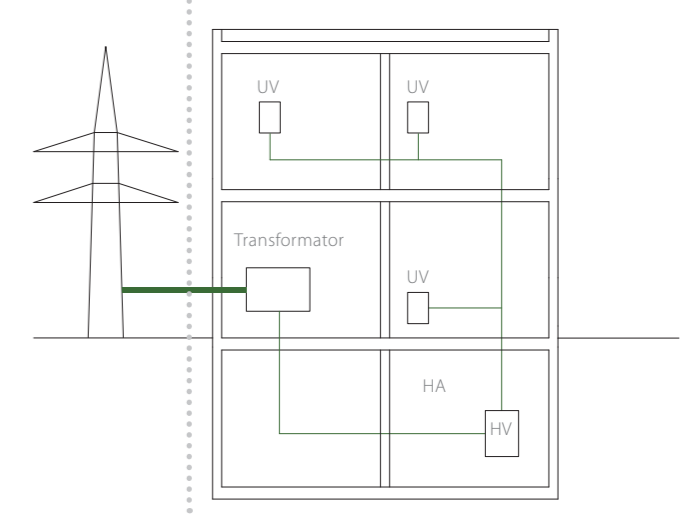
In den Spannungsbereich < 100 V fallen technische Geräte für die Informationsübertragung und Nachrichtenübermittlung.

öffentliches Netz    Verbraucher



Stromversorgung Wohngebäude

öffentliches Netz    Verbraucher



Stromversorgung größeres Nichtwohngebäude

- HA**  
Hausanschlussraum
- HV**  
Hauptverteiler
- UV**  
Unterverteiler

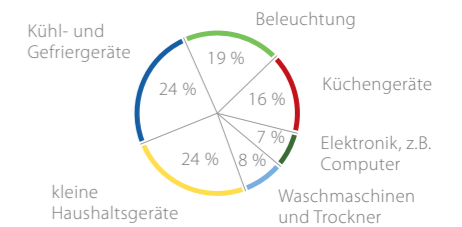
- Hochspannung (110.000 V) bzw. Mittelspannung (10.000 V oder 20.000 V)
- Niederspannung 230/400 V

**Transformation**

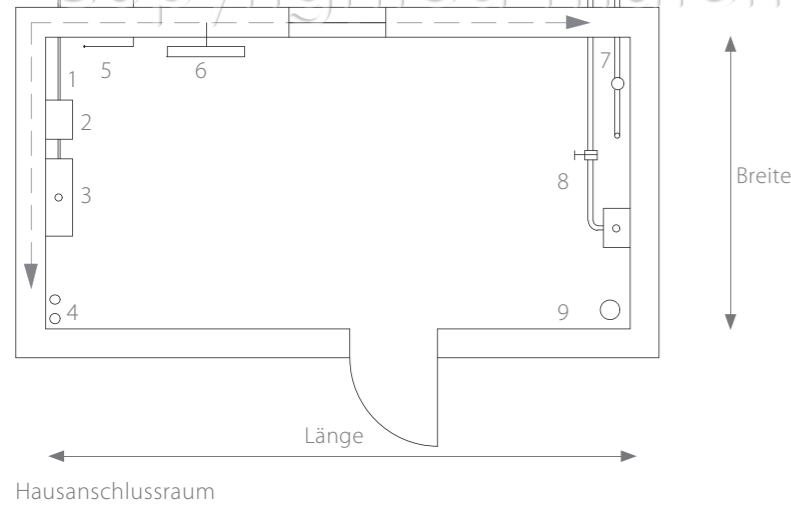
Der Spannungsbereich der Stromversorgung richtet sich nach der zu erwartenden Gesamtlast (in kW). Um Mittel- und Hochspannung nutzbar zu machen, muss sie in Niederspannung transformiert werden. Bei kleinen und mittleren Gebäuden (Wohnhäuser, Büros) ist es Aufgabe des Versorgerunternehmens, den

Strom auf Niederspannung herunterzutransformieren. Bei größeren Nichtwohngebäuden geschieht die Transformation aufgrund des hohen Stromverbrauchs im Gebäude selbst. Dafür ist ein den Anforderungen entsprechender Transformatorraum nötig.

**Stromverbrauchsverteilung im Haushalt**



WOHNGBÄUDE



Hausanschlussraum

**i1** Mindestabmessungen Hausanschlussraum (Mehrfamilien- und kleineres Bürohaus)

	Maß
Höhe	2,0 m
Länge	2,0 m
Breite (Belegung einer Wand)	1,5 m
(Belegung gegenüber)	1,8 m

**Hausanschlussraum**

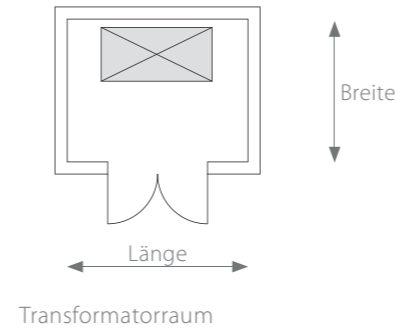
Als Bedienungs- und Arbeitsfläche im Hausanschlussraum muss vor den Einrichtungen mindestens 1,20 m Platz sein, die Durchgangshöhe unter Leitungen und Kanälen muss mindestens 1,80 m betragen. Außerdem ist eine ausreichende Be- und Entlüftung des Hausanschlussraums sicherzustellen.

Hausanschlusskabel und -kasten müssen nach DIN VDE 0100-732 auf einer nicht brennbaren Unterlage montiert sein. Der Hausanschlussraum ist mit einer schaltbaren, fest installierten Beleuchtung und mit einer Schutzkontaktsteckdose zu versehen. In Räumen mit einem Heizkessel > 50 kW oder einem Öltank > 5.000 l sind Hausanschlusseinrichtungen nicht zulässig.

- 1 Hauseinführungsleitung Strom
- 2 Strom-Hausanschlusskasten
- 3 Zählerplätze (bei mehreren Wohn- bzw. Nutzereinheiten)
- 4 Heizungsrohre
- 5 Hausanschlussleitung für Fernmeldeanlage
- 6 Potentialausgleichsschiene mit Fundamenterder
- 7 Hausanschlussleitung für die Wasserversorgung mit Wasserzählanlage
- 8 Hausanschlussleitung für die Gasversorgung mit Hauptsperreinrichtung
- 9 Entwässerung

**Mindesthöhe der Hauseinführung unterhalb der Geländeoberkante:**

<b>Strom</b>	<b>60 cm</b>
<b>Gas</b>	<b>80 cm</b>
<b>Wasser</b>	<b>120 cm</b>
<b>Fernmelde</b>	<b>35 cm</b>
<b>Fernwärme</b>	<b>60 cm</b>



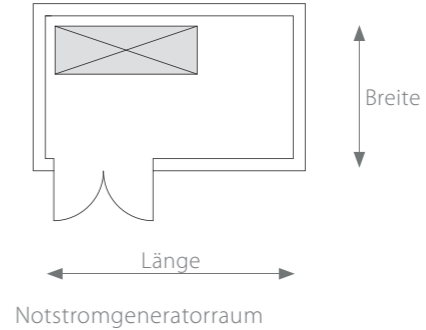
Transformatorraum

**i2** Mindestraumabmessungen für ölgekühlte Transformatoren

	Leistung Transformator	Maß
Höhe		2,5 m
Länge	600–1.000 kVA	3,5 m
	1.600 kVA	4,0 m
Breite	600 kVA	2,5 m
	1.000–1.600 kVA	3,0 m

**Transformatorraum**

Im Transformatorraum sind Zu- und Abluftöffnungen oberhalb des Transformators einzuplanen. Bei Öltransformatoren wird zusätzlich eine Auffangwanne benötigt, deren Volumen der Kühlfüssigkeitsmenge (Öl) entspricht. Ein Öltransformatorraum darf nur im Erdgeschoss bzw. bis 4 m (Oberkante Fußboden) unter der Erde positioniert werden.



Notstromgeneratorraum

**Mindestraumabmessungen für ein Diesel-Notstromaggregat**

	Leistung Transformator	Maß
Höhe		3,5 m
Länge	20–60 kVA	5,0 m
	250–550 kVA	7,5 m
	650–1.500 kVA	10,5 m
Breite	20–60 kVA	4,0 m
	250–1.500 kVA	5,0 m

**Notstromeinrichtungen**

Um bei einem Ausfall des öffentlichen Stromversorgungsnetzes die elektrische Mindestversorgung für Fluchtwegbeleuchtung, EDV-Anlage etc. zu gewährleisten, ist häufig eine Notstromversorgung erforderlich. Diese kann bei geringem Bedarf über Batterien abgedeckt werden. Größere Nutzungen (Kaufhäuser, Krankenhäuser etc.) erhalten ein in der Regel mit Diesel betriebenes Notstromaggregat, das

GRÖßERE NICHTWOHNGBÄUDE

**Einsatzbereich Diesel-Notstromaggregat:**

Leistet bei Netzausfall die Stromversorgung z.B. von Krankenhäusern, TV- und Radiosendern oder Industriebetrieben.

**Räumliche Anforderungen Notstromgeneratorraum:**

**Brandschutz:**  
Wände EI 90  
Türen EIC 30

**Lüftung:**  
Zu- und Abluftführung mittels besonderer Lüftungsleitung ins Freie muss gewährleistet sein.

**Abgasführung:**  
Kamin

die Notstromversorgung mit möglichst geringer Verzögerung übernimmt. Bei den Verbrennungsmotoren sind in regelmäßigen Abständen Probeläufe vorgeschrieben, weshalb sich erhöhte Anforderungen an den Schallschutz ergeben. Daneben ist eine geregelte Be- und Entlüftung des Raums vorzusehen, außerdem eine Abgasabführung z.B. über einen Kaminschacht.

## ABBILDUNGSNACHWEIS

Autoren und Verlag danken allen, die durch Überlassung von Bildvorlagen, durch Erteilung einer Reproduktionserlaubnis und durch Auskünfte am Zustandekommen dieses Buches mitgewirkt haben.

Die Zeichnungen und Grafiken wurden eigens für dieses Buch erstellt, zum Teil in Anlehnung an andere Werke. Diese sind jeweils aufgeführt.

**HEIZEN**

- S. 11 (Mitte oben) nach: Daniels, Klaus: Gebäudetechnik, ein Leitfaden für Architekten und Ingenieure, 3. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag, München 1999
- S. 11 (rechts oben) nach: Wellpott, Edwin, und Dirk Bohne: Technischer Ausbau von Gebäuden, 9. Auflage, Kohlhammer, Stuttgart 2006
- S. 29, 30, 32, 33 (alle Fotos): Viessmann Werke GmbH & Co. KG
- S. 31 (links) nach: Detail, Zeitschrift für Architektur+Baudetail, 11/2005
- S. 31 (rechts): Paul Raftery
- S. 34: Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG
- S. 35 (links und Mitte) nach: Detail, Zeitschrift für Architektur+Baudetail, 06/2002
- S. 35 (rechts): Margherita Spiluttini

**LÜFTEN**

- S. 39, 45, 46 nach: Wellpott/Bohne: Technischer Ausbau von Gebäuden
- S. 40 nach: Daniels: Gebäudetechnik
- S. 43 (links) nach: Flagge, Ingeborg, Verena Herzog-Loibl und Anna Meseure: Thomas Herzog Architektur + Technologie, Prestel, München 2001
- S. 43 (rechts): Dieter Leistner
- S. 51 (links): nach: Detail, Zeitschrift für Architektur + Baudetail, 9/2002
- S. 51 (rechts): Anja Thierfelder

**KÜHLEN**

- S. 55 (rechts), S. 64 (links) nach: Wellpott/Bohne: Technischer Ausbau von Gebäuden
- S. 64 (rechts), S. 65: GEA Klimatechnik GmbH & Co. KG
- S. 66: Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG
- S. 67 (rechts): Schmidt Reuter
- S. 69 (Mitte): Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG
- S. 69 (rechts): Trox GmbH
- S. 71 (links) nach: Detail, Zeitschrift für Architektur+Baudetail, 3/2005
- S. 71 (rechts): Monika Nikolic

## ABBILDUNGSNACHWEIS

**SOLARE GEWINNE**

- S. 75 (Mitte, 2 Grafiken) nach: Herzog, Thomas, Roland Krippner und Werner Lang: Fassadenatlas, Birkhäuser, Basel 2004
- S. 76 nach: Dietrich, Bernd Dr.-Ing. (Hrsg.): RWE Bau-Handbuch, 13. Ausgabe, VWEV Energieverlag GmbH, Frankfurt am Main 2004
- S. 79 (links, Mitte) nach: Bauwelt 16/2001
- S. 79 (rechts): Robertino Nikolic
- S. 80 (unten), S. 82 (unten): Viessmann Werke GmbH & Co. KG
- S. 85 (links) nach: DBZ, Deutsche Bauzeitschrift, Energiekonzepte, 08/2001
- S. 85 (rechts): Dieter Leistner

**WASSER**

- S. 90, 91 (Fotos): Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG
- S. 95: KESSEL AG

**ELEKTRO**

- S. 107 nach: Wellpott/Bohne: Technischer Ausbau von Gebäuden
- S. 112 (unten): Jung GmbH & Co KG

**LICHT**

- S. 117 (unten rechts) nach: Daniels: Gebäudetechnik
- S. 118 (unten Mitte und rechts), S. 119 (2 Grafiken links) nach: Brandi, Ulrike: Detail Praxis – Tageslicht Kunstlicht, Birkhäuser, Basel 2005
- S. 119 (rechts) nach: Dietrich: RWE Bau-Handbuch
- S. 121 (links, Mitte) nach: Flagge/Herzog-Loibl/Meseure: Thomas Herzog Architektur + Technologie, Prestel Verlag, München 2001
- S. 121 (rechts): Robertino Nikolic
- S. 122: Osram GmbH
- S. 123 unten: Siteco Beleuchtungstechnik GmbH
- S. 124 nach: Handbuch des Lichts, Erco
- S. 125 (T2): Erco

**BRANDSCHUTZ**

- S. 130, S. 139 (oben) nach: Bock, Hans Michael und Ernst Klement: Brandschutz-Praxis für Architekten und Ingenieure, 2. Auflage, Bauwerk Verlag, Berlin 2006
- S. 139 (unten): Minimax GmbH



Michael Hayner, Jo Ruoff, Dieter Thiel

**Faustformel Gebäudetechnik**  
für Architekten

Paperback, Klappenbroschur, 152 Seiten, 21,0 x 21,0 cm  
ISBN: 978-3-421-03739-8

DVA Architektur

Erscheinungstermin: Mai 2010

### Heizen Lüften Kühlen

Die technische Auslegung von Gebäuden gewinnt ständig an Bedeutung. In der Folge ändert sich das Tätigkeitsfeld des Architekten, der die technischen Aspekte in zunehmendem Maße als integrale Elemente des Entwurfs verstehen muss. Das Buch „Faustformel“ bietet dem Architekten ein praxisbezogenes Hilfsmittel, um mit Schaubildern, überschlägigen Rechnungen und Tabellen die wesentlichen Kenngrößen einfach und schnell zu ermitteln und auf Augenhöhe mit den Fachingenieuren zu kommunizieren. So können die technischen Elemente frühzeitig in den architektonischen Entwurf einfließen und Teil eines ganzheitlichen Gebäudekonzepts werden.

- Hochaktuelles Thema: Energiebilanz von Gebäuden
- Das Wichtigste in Kürze, veranschaulicht anhand von Tabellen, Übersichten und Schaubildern
- Mit Produktkatalog, Musterhausanwendung und Typologien



[Der Titel im Katalog](#)