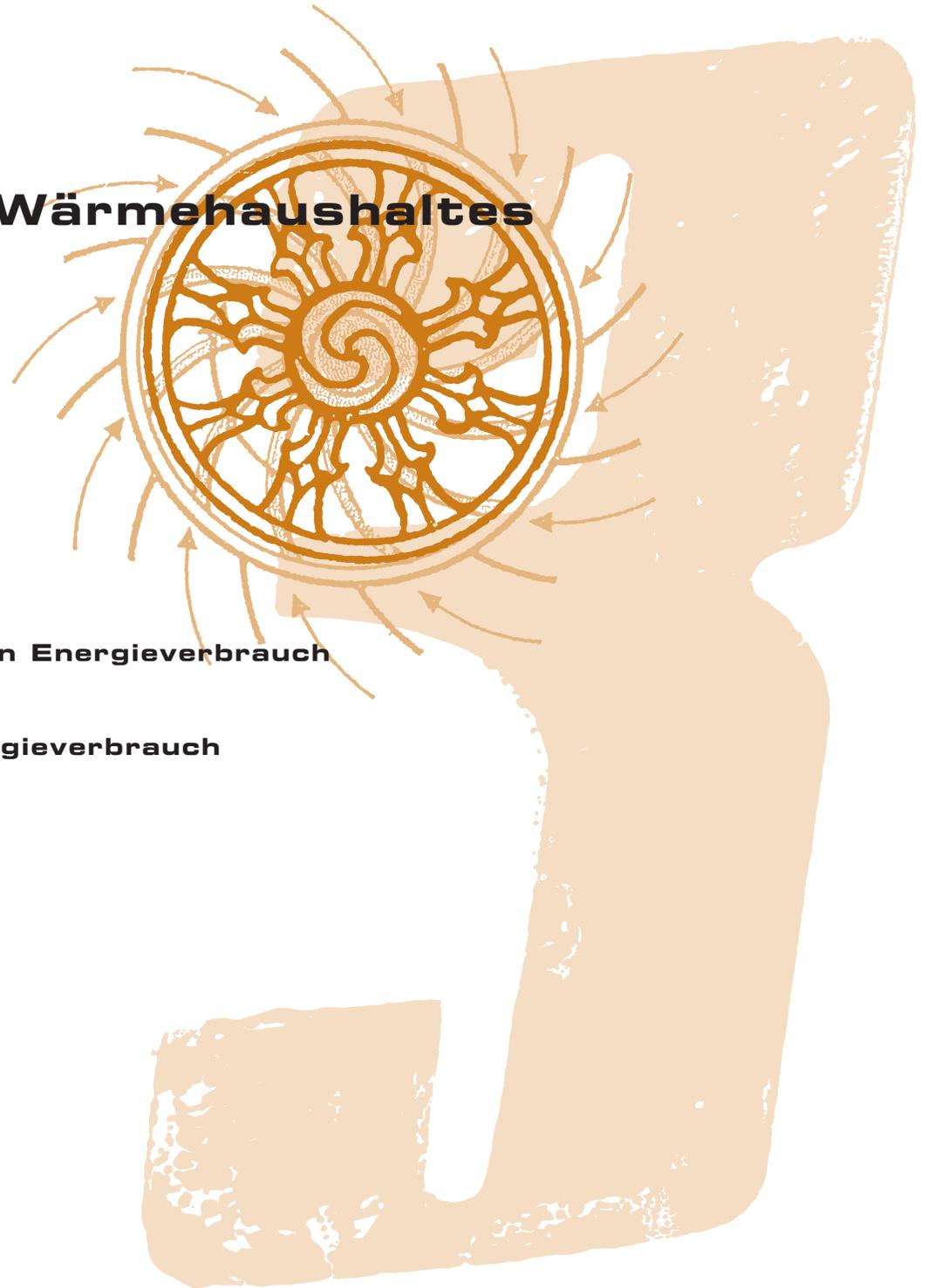


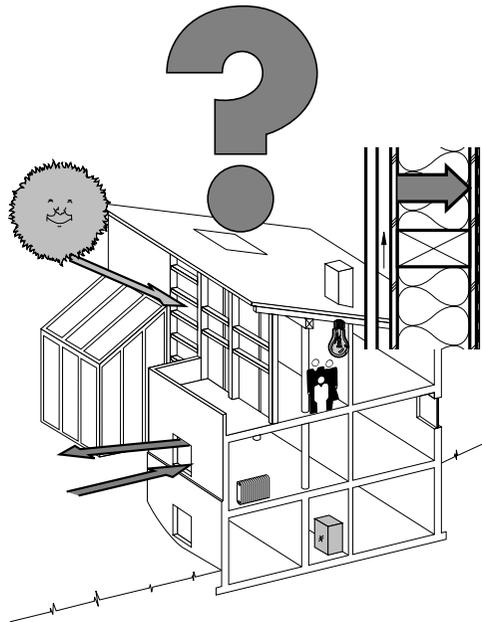
Elemente des modernen Wärmehaushaltes

Energie im Unterricht, Module für Bauberufe: Modul 3

- 1 Einführung: Worum geht es ?**
- 2 Lernziele**
- 3 Vorschläge für den Unterricht**
- 4 Fachinformation**
 - **Einflüsse auf den Energiebedarf und den Energieverbrauch**
 - **Anforderungen an den Wärmeschutz**
 - **Einfluss der Gebäudeform auf den Energieverbrauch**
 - **Wärmeerzeugung**
 - **Wärmeverteilung**
 - **Wärmeabgabe**
 - **Heizungsregelung**
- 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge**
- 6 Weiterführende Literatur**
- 7 Bild- und Textnachweis**
- 8 Vorlagen**



1 Einführung: Worum geht es ?



Stellenwert des Wärmehaushaltes

Weil das Bauen in der Schweiz generell teuer und die Energie günstig ist, liegt es nahe, dass betreffend baulichem Wärmeschutz oft nur gerade den gesetzlichen Bestimmungen Rechnung getragen wird; die Gebäudehülle wird diesbezüglich minimiert – der Wärmeschutznachweis wird knapp erbracht, damit man bauen darf – statt optimiert.

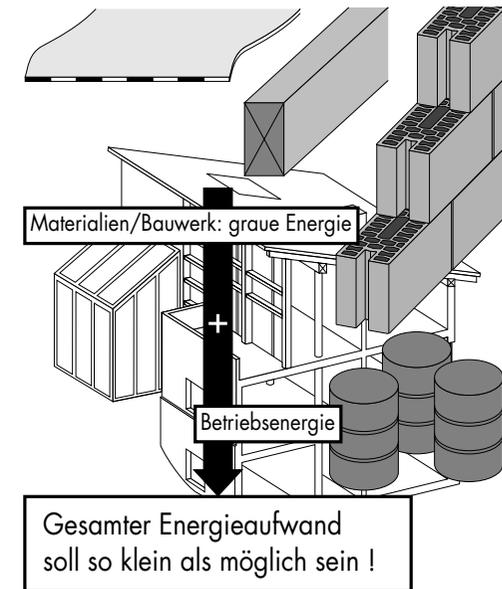
Der Stellenwert der Energie ist heute auch deshalb noch viel zu klein, weil die Betriebsenergie und deren ökologische Auswirkung (z.B. Treibhauseffekt) sowie die lange Nutzungsdauer der Gebäudehülle zu wenig beachtet werden, wenn über den Wärmehaushalt diskutiert wird.

Oder, was in der Praxis noch viel häufiger der Fall sein dürfte, es wird überhaupt nicht über Energie diskutiert, weil die Kenntnisse über die den Wärmehaushalt beeinflussenden Elemente fehlen.

Im Folgenden soll deshalb aufgezeigt werden, wie der Wärmehaushalt des Gebäudes beeinflusst werden kann.

Energie für die Erstellung und die Nutzung eines Gebäudes

Für die Erstellung des Gebäudes benötigt man Energie, die als graue Energie bezeichnet wird, wobei zwischen erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energie unterschieden wird. Dieser einmalige Energieinput wird über die Nutzungsjahre «amortisiert».



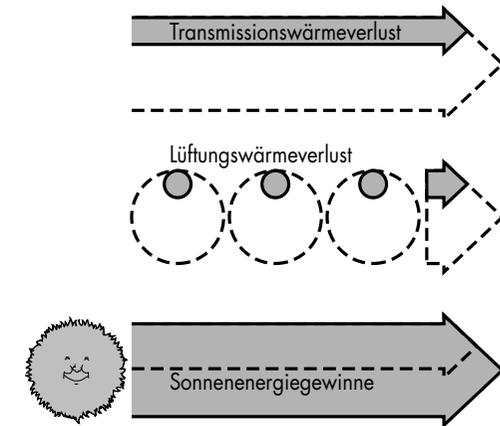
Damit ein Gebäude den ihm zugedachten Nutzen, z.B. behagliche Wohn- und Arbeitsräume, erbringen kann, muss während der Winterperiode Energie zugeführt werden, um die auftretenden Verluste zu decken. In der Sommerperiode muss allenfalls Energie für die Kühlung von Räumen aufgewendet werden. Dieser jährlich wiederkehrende Energiebedarf variiert stark in Abhängigkeit von der Qualität des Gebäudes.

Bei der Planung von Gebäuden ist sowohl die graue Energie als auch die Betriebsenergie zu berücksichtigen: Durch intelligente Bau- und Haustechnik soll der gesamte Energieaufwand möglichst klein gehalten werden.

Bautechnischer Einfluss auf den Wärmehaushalt

Der Energieaufwand für die Nutzung kann primär durch folgende bauliche Massnahmen beeinflusst werden:

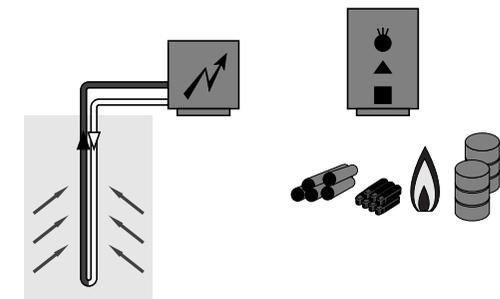
- Verbesserter Wärmeschutz (dickere Wärmedämmschichten) und dadurch Reduktion der Transmissionswärmeverluste (Energieverluste bei Bauteilen) eines Gebäudes.
- Möglichst luftdichte Gebäudehülle und Einbau einer Ersatzluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) und dadurch Reduktion des Energiebedarfs für die Lüftung bzw. den Luftwechsel.
- Grosse Südfenster und dadurch möglichst grosse Sonnenenergiegewinne.

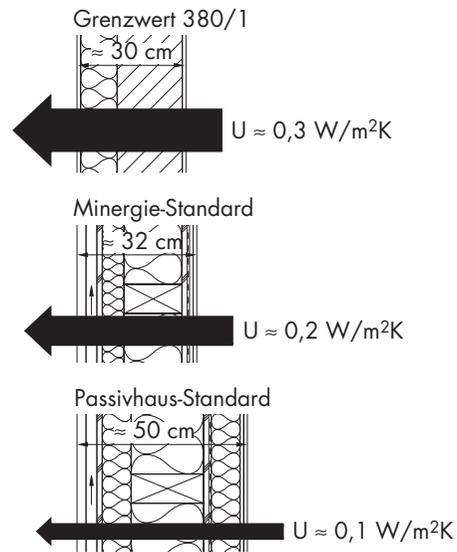


Umweltfreundliche Abdeckung des verbleibenden Energiebedarfs

Der verbleibende, möglichst kleine Energiebedarf soll so umweltfreundlich wie nur möglich abgedeckt werden:

- mit erneuerbarer Energie (Sonne, Erde, Wasser, Holz, Wind)
- Wiederverwertung von Abwärme (Geothermie, interne Abwärme, Fäkalwasser ...)
- konventionell, mit Öl, Gas oder evtl. Elektrizität (Wärmepumpe)





Unterschiedliche Wärmedämm- bzw. Baustandards

Man spricht heute von drei Baustandards, die sich insbesondere betreffend resultierendem Betriebsenergiebedarf sehr stark voneinander unterscheiden:

- Grenzwert 380/1
 (gesetzlich vorgeschriebene Grenzwerte, U-Werte um $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 → konventionelle, statische Heizung
- Minergie-Standard
 (U-Werte um $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 → konventionelle, statische Heizung + Ersatzluftanlage mit WRG
- Passivhaus-Standard
 (U-Werte um $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 → Ersatzluftanlage mit WRG bzw. «Luftheizung»

Einfluss auf Umwelt reduzieren

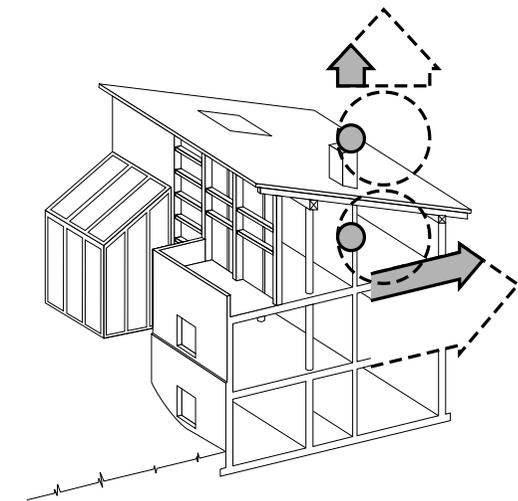
Mit einem sinnvollen, den heutigen Möglichkeiten entsprechenden Wärmehaushalt kann auch die Umweltbeeinträchtigung wesentlich vermindert werden. Diesbezüglich sind vor allem der Treibhauseffekt (CO_2 -Emissionen) und die Luftschadstoffe zu erwähnen. Sowohl der Bau (Baustoffe, Bauteile, Haustechnik) als auch der Betrieb (Bedarf an Energie, Art des Energieträgers) wirken sich auf die Umwelt aus.

Haustechnik

Die aktuellen Möglichkeiten bei den haustechnischen Installationen müssen in wirtschaftlich tragbarer Weise ausgeschöpft werden.

In der Fachinformation dieses Moduls befassen sich die Kapitel 4.4 bis 4.7 mit dem heutigen Stand in knapper Form.

Für eine ausführlichere Beschäftigung mit der Haustechnik wird auf Modul 5, «Energieeffiziente haustechnische Installationen», verwiesen. An den entsprechenden Stellen finden sich Hinweise auf weitere Module des Energielehrmittels.



2 Lernziele

Die Lernenden ...

- nennen den Einfluss der verschiedenen Elemente auf den Wärmehaushalt
 - Wärmeverlust durch Transmission (Bautechnik, U-Werte)
 - Wärmeverlust durch Lüftung (Fensterlüftung/kontrollierte Lüftung)
 - Energiegewinne (Sonneneinstrahlung, Personen, Elektroabwärme)
 - Speichervermögen/Verschattung für sommerlichen Wärmeschutz
 - Heizsystem bzw. Wärmeverteilung/-abgabe und Regulierung
- verstehen die physikalischen Grundprinzipien der einzelnen Elemente
 - Transmission: je kleiner der U-Wert desto geringer die Verluste
 - Lüftung: Reduktion der Verluste durch Wärmerückgewinnung (WRG)
 - Sonneneinstrahlung: Südausrichtung, hoher g-Wert bei Verglasung
 - Personen-/Elektroabwärme: keine Gewinnoptimierung möglich
 - Bauweise/Heizsystem: Wärmespeichervermögen und Heizsystem beeinflussen den nutzbaren Anteil der «Gratiswärme»
- können einfache Prinzipschemas lesen
- können Massnahmen zur Verbesserung der Energiebilanz vorschlagen
 - Verbesserung des Wärmedämmvermögens (U-Wert) der opaken (dickere Wärmedämmschicht) und transparenten (evtl. 3-fach-Isolierverglasung) Bauteile.
 - Bei Fenstern möglichst Südorientierung wählen und Verglasungen mit hohem Energiedurchlassgrad evaluieren.
 - Reduzieren der Lüftungswärmeverluste durch Erhöhung der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle (keine ungeplante Konvektion) und/oder Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung mit WRG.
 - Brauchwarmwasser teilweise mittels Sonnenkollektoren erzeugen.

3 Vorschläge für den Unterricht

Bilder von charakteristischen Bautypen zeigen

- Konventionelle Gebäude mit wenig kompakter Gebäudehülle.
- Minergie- und Passivhäuser mit:
 - kompakter Gebäudehülle
 - grossen Süd- und kleinen Nordfenstern
 - Ersatzluftanlage
 - Sonnen- und Erdkollektoren o.ä.



Lernende suchen Objektbeispiele aus eigenem Umfeld/Literatur

- Lernende untersuchen gestützt auf eine Checkliste die Bauweise und den Energieverbrauch eines Gebäudes:
 - Bildmaterial (Fotos, Pläne)
 - Gebäudeform (evtl. Gebäudehüllenziffer)
 - Bauteile, Wärmedämmvermögen
 - Haustechnik, Energieträger
 - Energieverbrauch
- Lernende stellen die Ergebnisse vor (Referat oder Kurzbericht).

Organisieren eines Werkstattbesuches

- Baustelle, Referenzobjekt (Bau- und Haustechnik)
- Industrie (z.B. Vorfertigung von Niedrigenergiehäusern)
- Firma für Heizung/Lüftung/Klima (z.B. Ersatzluftanlage, Wärmepumpentechnik)

Objektbeispiel:		
Untersuchen Sie ein Gebäude bezüglich Bauweise, Haustechnik und Energieverbrauch		
Angaben zum Gebäude:		
Objekt:	_____	
Baujahr:	_____	
Nutzung:	_____	
Strasse:	_____	
PLZ/Ort:	_____	
Fläche der energierelevanten Bauteile A (Bruttofläche): _____ m ²		
Energiebezugsfläche EBF (Bruttofläche): _____ m ²		
Gebäudehüllenziffer A/EBF: _____ -		Foto des Gebäudes
Bauteile/Wärmedämmvermögen:		
Konstruktionsaufbau der wesentlichen Bauteile und Abschätzung oder Berechnung des Wärmedämmvermögens:		
Aussenwand:	_____	U = _____ W/m ² K
Dach:	_____	U = _____ W/m ² K
Fenster:	_____	U = _____ W/m ² K
Andere:	_____	U = _____ W/m ² K
	_____	U = _____ W/m ² K
Haustechnik/Energieverbrauch:		
Heizung/Energieträger:	_____	
Warmwasser/Energieträger:	_____	
Energieverbrauch für Heizung:	_____	MJ/a
Energieverbrauch für Warmwasser:	_____	MJ/a
Energieverbrauch für Heizung + Warmwasser:	_____	MJ/a
Energieverbrauch pro m ² Energiebezugsfläche EBF:	_____	MJ/m ² a
Persönliche Beurteilung des Gebäudes: (Zustand, Energieverbrauch, Sparpotenzial, Umweltbeeinträchtigung)		

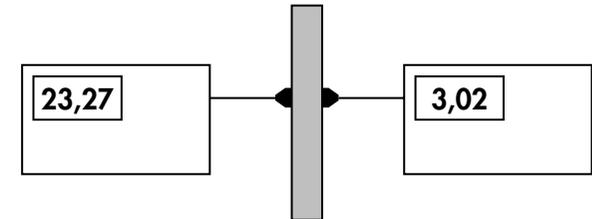
Lernende holen Informationen ein

- Gespräche mit institutionellen Bauherrschaften und/oder Architekten über das jeweilige «Bauverhalten»
 - Philosophie (wie wird gebaut, weshalb diese Bauweise)
 - Meinung über neue Baustandards (Minergie, Passivhaus)
 - Beurteilung der Chancen von neuen Baustandards
 - Zukunftsperspektive
- Lernende definieren eigene Wertvorstellungen:
 - wie würden sie bauen, wenn sie das Sagen hätten?



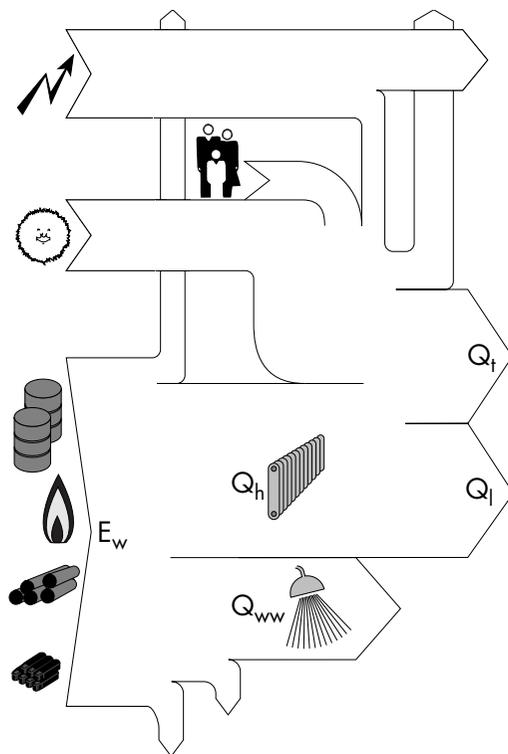
Schnittstelle zum Fach «Naturwissenschaftliche Grundlagen»

- Experimente im Bereich Physik initiieren:
 - Wärmeleitung
 - Konvektion
 - ...



4 Fachinformation

4.1 Einflüsse auf den Energiebedarf und den Energieverbrauch



Der jährliche Energieverbrauch eines Gebäudes wird im Wesentlichen von folgenden Einflussfaktoren geprägt:

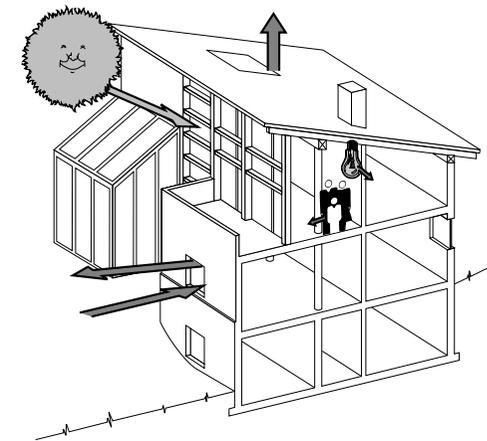
- Heizenergieverbrauch und evtl. Energieaufwand für Kühlung
- Energieaufwand für die Warmwassererzeugung
- Haushaltelektrizität für die Beleuchtung und den Betrieb von Geräten (dieser Verbrauch wird vor allem durch Auswahl von entsprechenden Lampen und Geräten beeinflusst).

Mittels Energiebilanz (z.B. nach SIA 380/1 «Thermische Energie im Hochbau») lässt sich der Einfluss der einzelnen Faktoren auf den jährlichen Energiebedarf errechnen. Bei dieser Berechnung wird von Standardnutzungen (z.B. für den Luftwechsel, Personenbelegungen usw.) ausgegangen. In der Betriebspraxis zeigen sich jeweils erhebliche Unterschiede zum tatsächlichen Energieverbrauch von Gebäuden, je nach deren effektiver Nutzung.

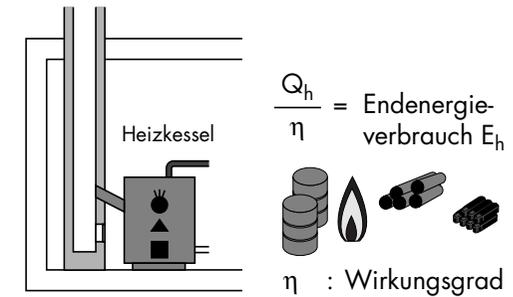
Heizenergiebedarf

Den Heizenergiebedarf beeinflussende Faktoren sind:

- Wärmeverlust durch Transmission
- Wärmeverlust durch Lüftung
- Energiegewinne durch
 - Sonneneinstrahlung
 - Personenabwärme
 - Elektroabwärme (Licht, Geräte)

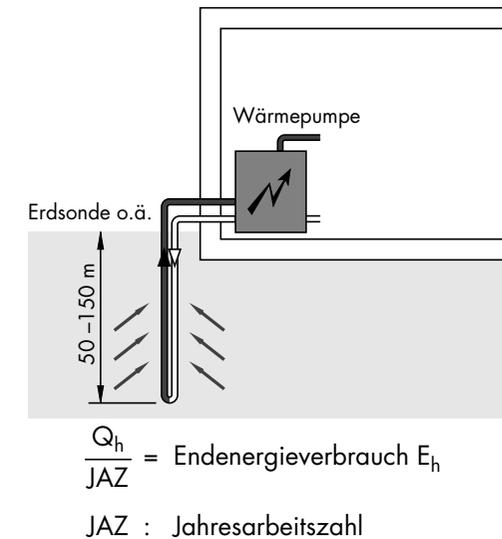


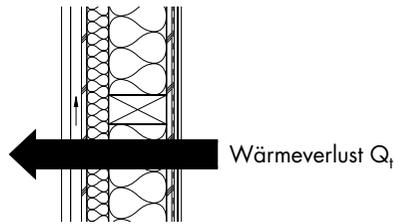
Die Heizwärme zur Deckung des Energiebedarfs muss mit einem Heizsystem erzeugt und den Räumen zugeführt werden. Dabei entstehen Verluste (Aufbereitung, Speicherung und Verteilung), die mit dem Wirkungsgrad η der Heizung berücksichtigt werden. Wird der Energiebedarf mit dem Wirkungsgrad η der Heizung (z.B. $\eta = 0,85$) und dem Heizwert des eingesetzten Energieträgers (z.B. $H_u = 11,9 \text{ kWh/kg Heizöl}$) dividiert, erhält man den Endenergieverbrauch, z.B. in kg Heizöl.



Bei Heizsystemen mit Wärmepumpentechnik (Verwendung von Umweltwärme aus Erdreich, Wasser oder Luft) wird statt vom Wirkungsgrad von einer Leistungsziffer oder einer Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe gesprochen. Die Jahresarbeitszahl gibt die aus einem Anteil Strom (Antriebsenergie der Wärmepumpe) erzeugte Wärme- bzw. Heizenergie an. Damit eine möglichst grosse Jahresarbeitszahl erreicht werden kann, soll:

- eine gute Wärmepumpe eingesetzt werden (Vergleich von Testresultaten),
- eine hohe Wärmequellentemperatur vorhanden sein und
- eine möglichst tiefe Heizungstemperatur (z.B. selbstregulierende Niedrigtemperaturbodenheizung) angestrebt werden.



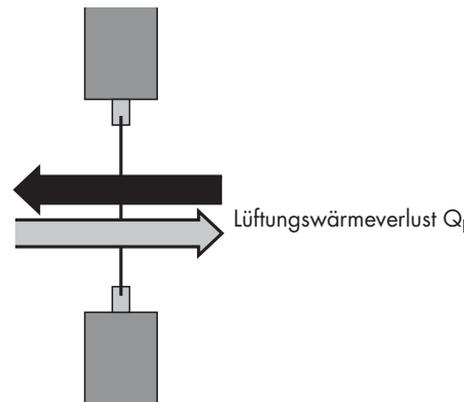


$$Q_t = U \cdot A \cdot \text{HGT} \cdot 0,024 \quad [\text{kWh/a}]$$

U	Wärmedurchgangskoeffizient	[W/m ² K]
A	Bauteilfläche	[m ²]
HGT	Heizgradtage (Klimafaktor)	[K·d/a]
0,024	Umrechnungsfaktor	[h·kW/d·W]

Wärmeverlust durch Transmission

Als Transmissionswärmeverlust wird der Wärmestrom durch Bauteile infolge Temperaturgefälle bezeichnet. Die Grösse dieses Verlustes ist einerseits von den klimatischen Randbedingungen abhängig (Aussen- und Innenlufttemperaturen) und kann andererseits durch die Qualität des Wärmeschutzes direkt beeinflusst werden. Das Mass für die Güte des Wärmeschutzes ist der Wärmedurchgangskoeffizient U (früher k-Wert) in W/m²K, wobei gilt: Je kleiner der U-Wert, desto geringer ist der Energieverlust bei einem bestimmten Temperaturgefälle.



$$Q_l = \frac{V \cdot n_L \cdot (c \cdot \rho) \cdot \text{HGT} \cdot 0,024}{3,6} \quad [\text{kWh/a}]$$

V	Raumvolumen (Nettovolumen)	[m ³]
n _L	Aussenluftwechsel (z.B. 0,5)	[h ⁻¹]
c · ρ	spezifische Wärmespeicherfähigkeit der Luft (Schw. Mittelland=1,15)	[KJ/m ³ K]
HGT	Heizgradtage (Klimafaktor)	[K·d/a]
0,024	Umrechnungsfaktor	[h·MJ/d·kJ]
3,6	Umrechnungsfaktor	[MJ/kWh]

Wärmeverlust durch Lüftung

Die Standardnutzung (SIA 380/1) geht, bei natürlicher Lüftung (Fenster, Türen, Fugen), von einem Aussenluftwechsel während der Heizperiode von etwa 0,5 aus. Das bedeutet, dass innerhalb einer Stunde das Luftvolumen zur Hälfte ausgetauscht wird: Frische, kalte Aussenluft ersetzt die verbrauchte, warme Raumluft.

Aus diesem Luftwechsel resultiert im Mittelland bei Wohnbauten ein Energieverlust von etwa 35 kWh/m²a.

Bei kontrollierter, mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung (WRG) beträgt dieser Lüftungswärmeverlust nur noch etwa 7 kWh/m²a; er ist vom WRG-Wirkungsgrad und von der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle abhängig. Als Antriebsenergie fallen bei einer solchen Lüftung während der Heizperiode zusätzlich etwa 2 kWh/m²a an.

Gegenüber der herkömmlichen Fensterlüftung kann also mit einer Ersatzluftanlage eine grosse Energieeinsparung erzielt werden.

Energiegewinne

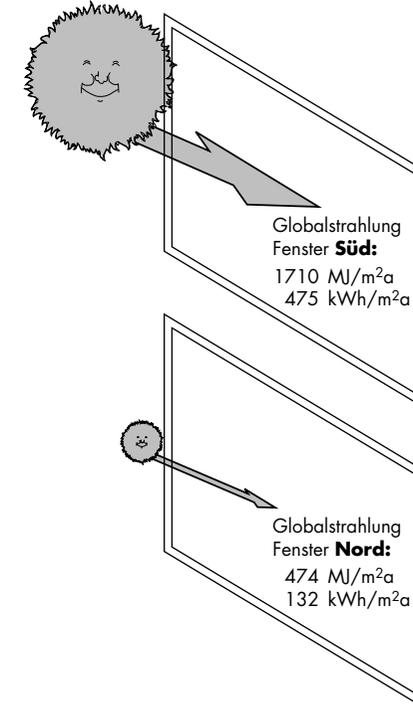
Auch ohne spezielle Solararchitektur steuert die Sonneneinstrahlung bei jedem Gebäude einen nicht zu unterschätzenden Energieinput bei. Durch entsprechende Orientierung der Fenster (optimal ist die Südorientierung) und Wahl der Gläser (Energiedurchlassgrad g) kann dieser Energiegewinn beeinflusst werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass dieser Gewinn auch im Sommer wirksam ist und dann allenfalls zu unerwünschter Überhitzung führt (Abschattungsmöglichkeiten vorsehen).

Weitere Energiegewinne leisten die Bewohner (mittlere Wärmeabgabe pro Person: 80 bis 100 Watt) und die Beleuchtung/Elektrogeräte durch ihre Abwärme.

Betreffend den Energiegewinnen ist anzumerken, dass nur ein gewisser Teil der anfallenden, freien Wärme (Sonne + Personen + Beleuchtung/Geräte) genutzt werden kann. Teilweise führen diese Energiegewinne zu unerwünschten Überhitzungen; dieser Energieanteil muss jeweils abgeführt werden, z.B. durch vermehrtes Lüften.

Der Nutzungsgrad der Energiegewinne hängt primär vom Verhältnis zwischen den zur Verfügung stehenden Energiegewinnen und dem Energiebedarf ab. Einen Einfluss haben auch das Heizsystem bzw. die Art der Wärmeabgabe (Radiatoren sind flink, Bodenheizungen sind eher träge) und das Wärmespeichervermögen der Bauteile (speicherfähige Masse).

Beispiel für Klimastation Zürich SMA



4.2 Anforderungen an den Wärmeschutz

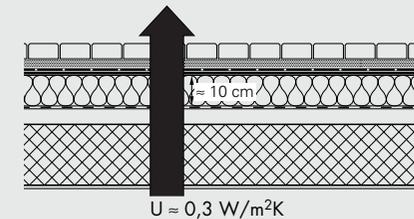
Bei der Entscheidung wie gebaut werden soll, sind teilweise philosophische Betrachtungen anzustellen: Über eine wie lange Nutzungszeit soll das System «Erstellung, Unterhalt, Betrieb» betrachtet werden, wie werden die nur endlich zur Verfügung stehenden fossilen Energieträger betreffend Verfügbarkeit und Beschaffungspreis beurteilt, wie werden umweltrelevante Gesichtspunkte bewertet usw. Als Grundlage für entsprechende Diskussionen, z.B. zwischen Bauherrschaft und Architekt, werden im Folgenden drei unterschiedliche Baustandards einander gegenübergestellt. Bei den angegebenen Kennwerten handelt es sich um Richtwerte; bei den objektspezifischen Nachweisen sind die entsprechenden Vorschriften zu beachten, die teilweise kantonal voneinander abweichen.

Baustandard 1 «gesetzliche Anforderungen»

Bei den gesetzlichen Anforderungen, die den heute gebräuchlichsten Baustandard prägen, handelt es sich primär um kantonale Energiegesetze, die sich auf anerkannte Normen wie z.B. SIA 180 und 380/1 stützen. Diese beeinflussen den Wärmeschutz über Anforderungen an Einzelbauteile, so z.B. bei kleineren Gebäuden oder bei Gebäuden mit eher geringem Fensterflächenanteil. Bei Neubauten sind in etwa folgende Wärmedurchlasskoeffizienten U (bisher als k -Wert bezeichnet) einzuhalten:

U-Richtwerte für Bauteile

- Opake Bauteile gegen Aussenklima: etwa $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Bauteile zu nicht beheizten Räumen oder Erdreich: etwa $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore: etwa $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$



Dieser heute übliche Baustandard ist auch charakterisiert durch den Einsatz von hochwertigen Wärmedämmschichten von etwa 10 cm Dicke bei Aussenbauteilen oder, bei Aussenwänden, homogenen Konstruktionen mit Spezialsteinen von grosser Dicke. Bei Änderungen bzw. Renovationen sind etwa um $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ höhere U -Werte zugelassen. Bei grösseren Gebäuden oder solchen mit hohem Fensterflächenanteil (z.B. grösser als 20 % der Energiebezugsfläche EBF) entspricht der Wärmeschutz dann den gesetzlichen Anforderungen, wenn der Heizenergiebedarf $Q_{h,1}$, berechnet nach SIA 380/1, kleiner ist als der Grenzwert H_g . Der Grenzwert H_g ist abhängig von der Gebäudekategorie und von der Gebäudehüllenziffer A/EBF (vgl. Kap. 4.3).

Baustandard 2 «Minergie»

Die Minergie-Technik steht für rationelle Energieanwendung und für die Nutzung erneuerbarer Energie, bei gleichzeitiger Verbesserung der Behaglichkeit und Senkung der Umweltbelastung. Dieser Standard reduziert den Verbrauch von nicht erneuerbarer Energie auf ein nachhaltig tiefes Niveau. Wohnbauten müssen folgende Kriterien erfüllen, damit sie dem Minergie-Standard genügen:

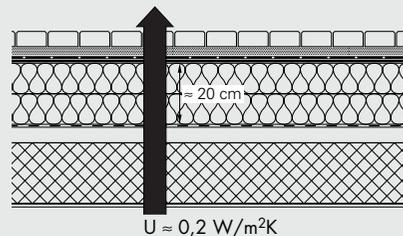
- Neubauten dürfen eine Energiekennzahl Wärme (Heizung und Brauchwarmwasser) von höchstens $45 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ($160 \text{ MJ/m}^2\text{a}$) aufweisen, wobei nur dem Grundstück zugeführte, hochwertige Energie (Brennstoffe, direkt nutzbare Fernwärme) einzurechnen ist und die für die Wärmeerzeugung und Belüftung zugeführte Elektrizität doppelt gerechnet werden muss.
- Bei Bauten mit Baujahr vor 1990 beträgt die bei Sanierungen einzuhaltende Energiekennzahl Wärme $90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ($320 \text{ MJ/m}^2\text{a}$).

Mit welchen Massnahmen kann der Minergie-Standard erreicht werden? Erfahrungen zeigen, dass dieser Standard in der Regel mit folgenden baulichen und haustechnischen Massnahmen erreicht wird:

- Architektonische Massnahmen wie kompakte Gebäudehülle und optimierte Gebäudeorientierung (grosse Süd-, kleine Nordfenster)
- Guter Wärmeschutz mit gegenüber dem Baustandard 1 erheblich verbesserten Bauteil-U-Werten (Bei Aussenbauteilen sind Wärmedämmschichten von etwa 20 cm Dicke erforderlich) und Bauteilübergängen ohne nennenswerte wärmetechnische Schwachstellen (Wärmebrücken):

U-Richtwerte für Bauteile

- Opake Bauteile gegen Aussenklima: etwa $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Bauteile zu nicht beheizten Räumen oder Erdreich: etwa $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore: etwa $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$



- Luftdichte Gebäudehülle mit $n_{L,50}$ -Werten von $< 1,0 \text{ h}^{-1}$
- Während der Heizperiode mechanische Lüftung mit effizienter Wärmerückgewinnung (WRG) und geringem Stromverbrauch
- Einsatz von erneuerbaren Energien, z.B. durch Verwendung von Wärmepumpentechnik (Erdwärme, Grundwasser) und Sonnenkollektoren (solare Wassererwärmung)
- Einsatz von Haushaltsgeräten mit möglichst geringem Stromverbrauch

Mit diesen baulichen und haustechnischen Massnahmen wird der Heizenergiebedarf gegenüber dem Baustandard 1 auf etwa 30 % reduziert.

Baustandard 3 «Passivhaus»

Wenn ein behagliches Raumklima ohne Nutzungseinschränkung und ohne herkömmliche, statische Heizung erreicht wird, spricht man von Gebäuden, die dem Passivhaus-Standard genügen. Die noch erforderliche Heizenergie kann in solchen Gebäuden mit der Ersatzluftanlage (Heizregister) zugeführt werden. Damit dies erreicht werden kann, ist in der Regel ein sehr geringer Heizenergiebedarf von $< 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ und eine Heizleistung von nur noch etwa 10 W/m^2 erforderlich, was deutlich weniger ist als z.B. bei Minergie-Gebäuden.

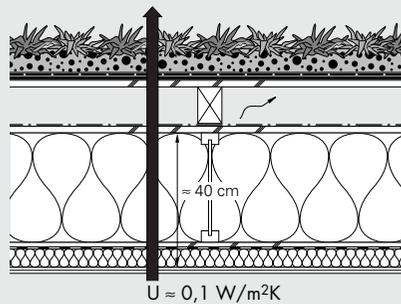
Die Realisierung von Passivhäusern stellt somit sehr hohe Ansprüche an die verwendeten Komponenten; es werden Bauteile und Systeme benötigt, die höchste heute am Markt verfügbare Energieeffizienz aufweisen. Im Einzelnen sind folgende Kriterien einzuhalten:

- Architektonische Massnahmen wie kompakte Gebäudehülle und optimierte Gebäudeorientierung (grosse Süd-, kleine Nordfenster)

- Extrem guter Wärmeschutz (etwa 40 cm dicke Wärmedämmschichten) mit wärmebrückenfreier Ausführung der Bauteilübergänge:

U-Richtwerte für Bauteile

- Opake Bauteile gegen Aussenklima: etwa $0,10$ bis $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Bauteile zu nicht beheizten Räumen oder Erdreich: etwa $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore: etwa $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

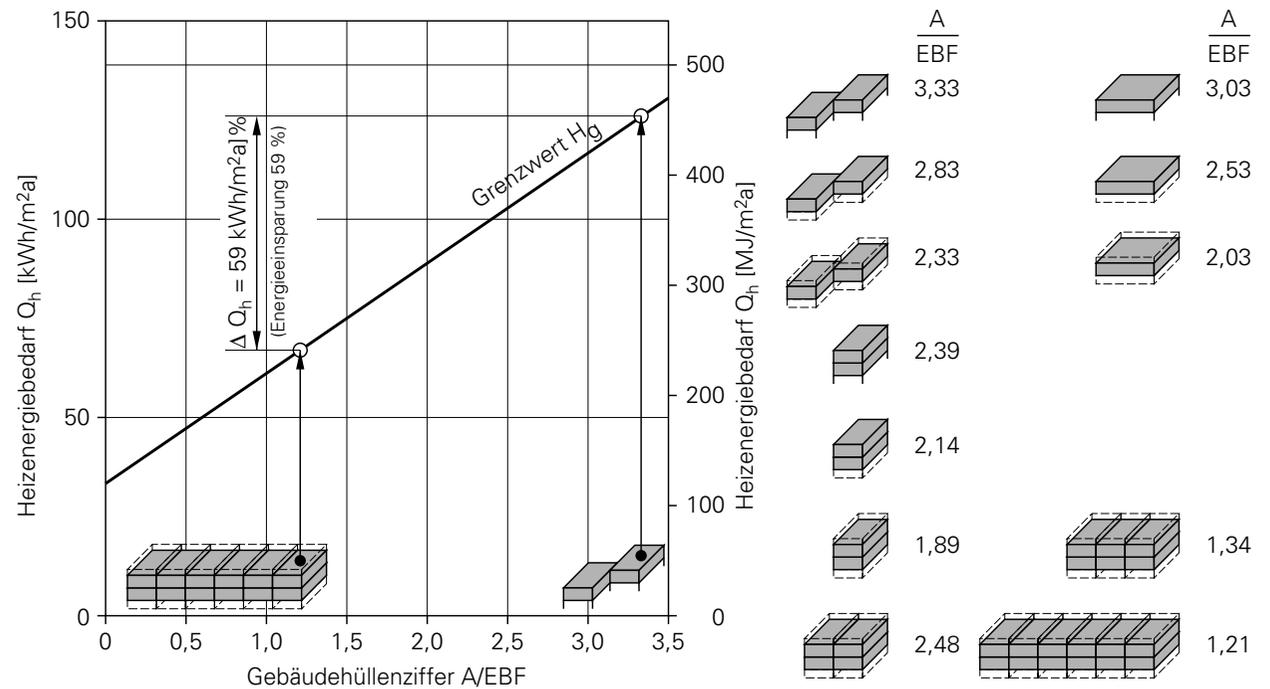


- Verglasungen mit möglichst hohem Energiedurchlassgrad (g-Wert $\geq 50 \%$) trotz tiefem U-Wert
- Luftdichte Gebäudehülle mit $n_{L,50}$ -Werten von $< 0,6^{-1}$
- Während der Heizperiode mechanische Lüftung mit effizienter Wärmerückgewinnung (WRG) und geringem Stromverbrauch
- Einsatz von Haushaltsgeräten mit möglichst geringem Stromverbrauch

Beim Passivhaus beträgt der Heizenergiebedarf noch etwa 10 % des Wertes von Baustandard 1.

4.3 Einfluss der Gebäudeform auf den Energieverbrauch

Je kompakter ein Gebäude, desto tiefer wird der einzuhaltende Grenzwert für den Heizenergiebedarf, wobei diese «Energieeinsparung» ohne bautechnischen Mehraufwand erreicht wird, denn es gilt: Je kompakter ein Gebäude, desto geringer wird zwangsläufig auch der Heizenergiebedarf. Auf «unmotivierte» Gebäudeversätze, Erker u.ä. ist somit aus energetischen Überlegungen zu verzichten.



4.4 Wärmeerzeugung

Aufbau und Merkmale des zentralen Heizungssystems

Zentrale Heizsysteme gibt es in verschiedenen Ausführungsvarianten, die aber immer auf die gleiche Grundform zurückzuführen sind.

Die wichtigsten Anlagenteile einer Warmwasser-Heizungsanlage:
(Die Nummerierung 4.4 bis 4.7 bezieht sich auf die folgenden Kapitel der Fachinformation)

1 Wärmeerzeuger:

Hier wird das Wasser als Wärmeträger im Heizungskreislauf erwärmt.

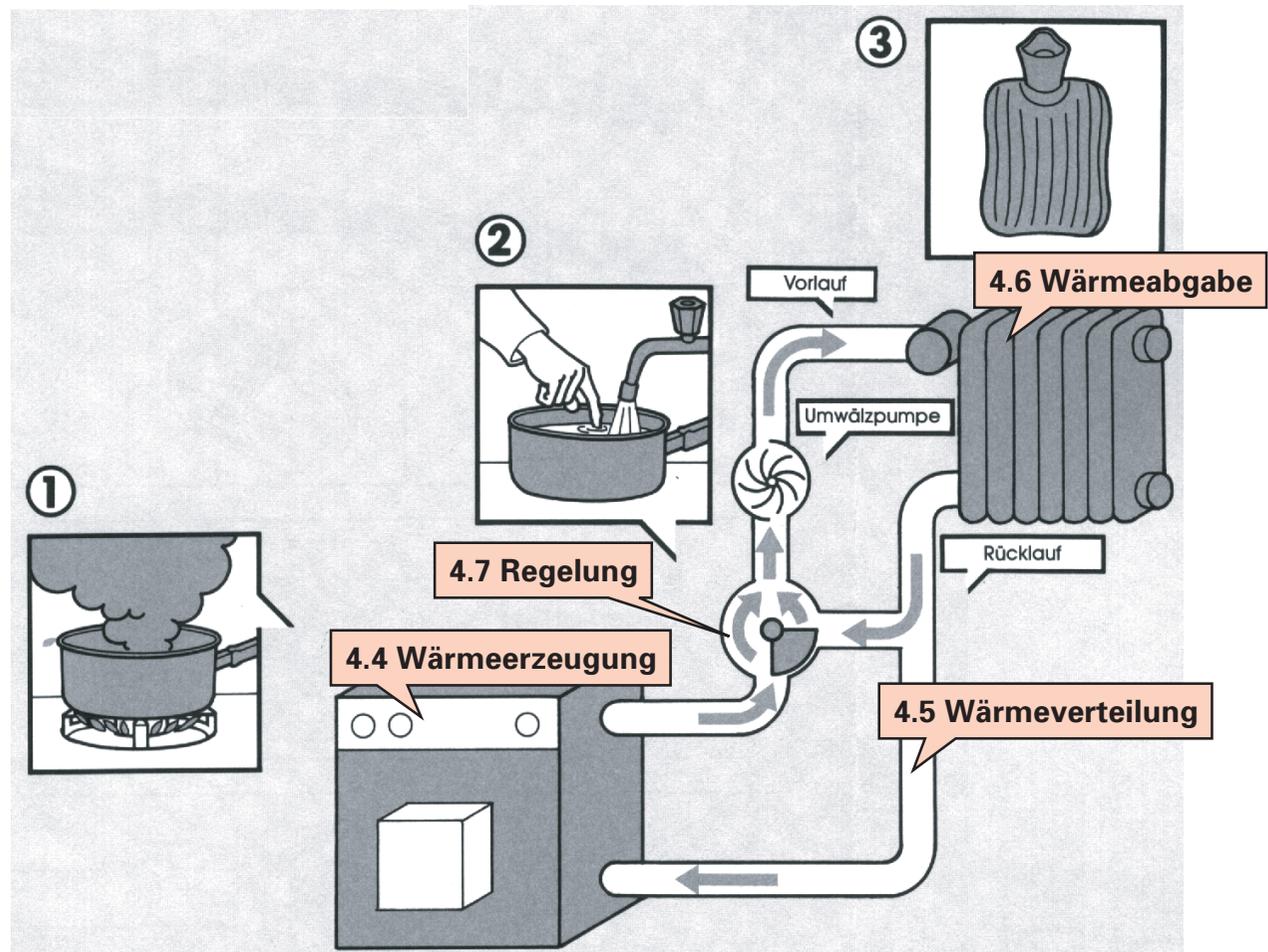
2 Vorlauftemperaturregelung (Mischorgan):

Das erwärmte Wasser aus dem Wärmeerzeuger wird mit dem Rücklaufwasser gemischt, um die dem Aussenklima angepasste Vorlauftemperatur zu erhalten.

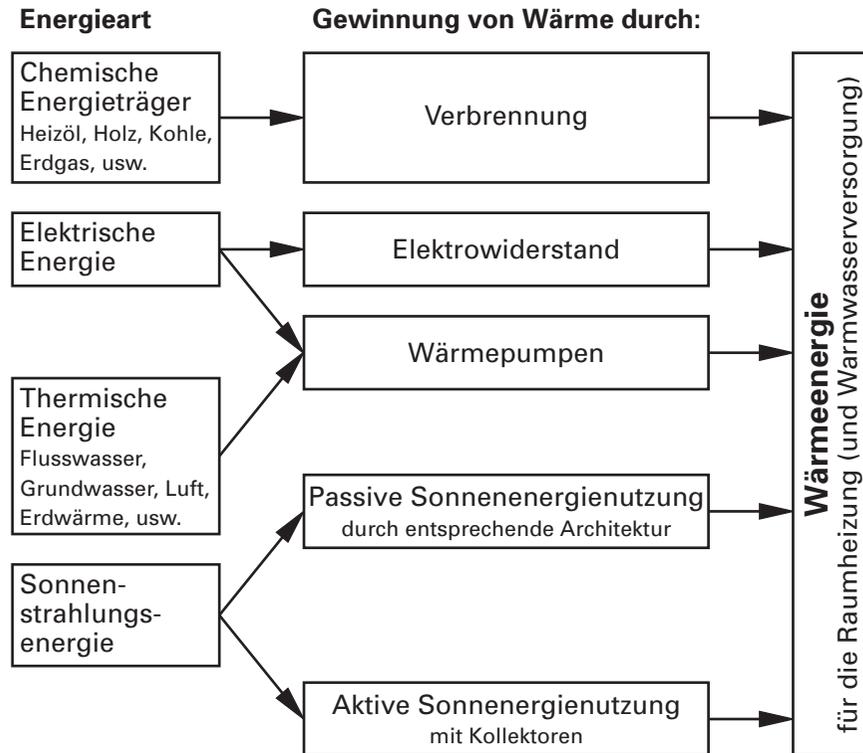
Die Umwälzpumpe sorgt für eine ausreichende Zirkulation des Heizwassers.

3 Heizflächen:

Die erforderliche Wärme wird an die Raumluft abgegeben.



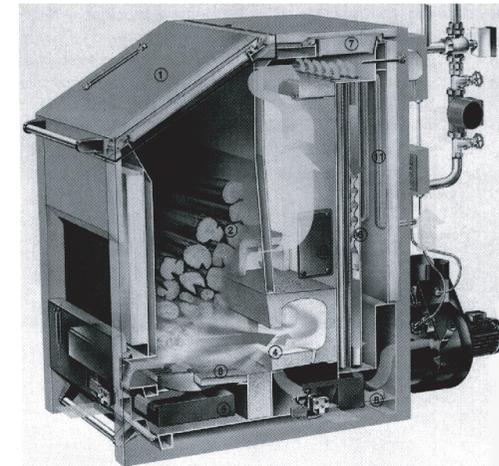
Zu Heizzwecken verfügbare Energien:



Wärmeerzeuger ist der Sammelbegriff für alle möglichen Bauarten von Geräten, die aus einem Energieumsatz Heizwärme gewinnen.



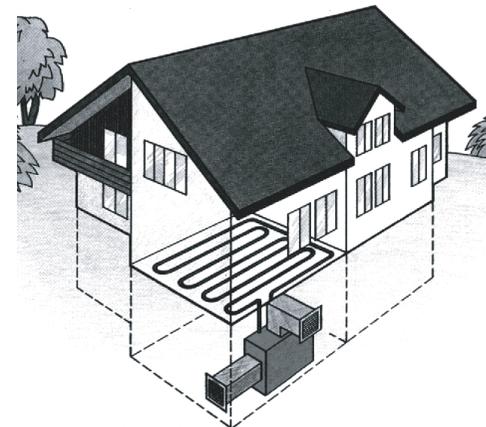
Heizkessel für die Feuerung von Heizöl
(mit Beistellspeicher für die Warmwasserversorgung)



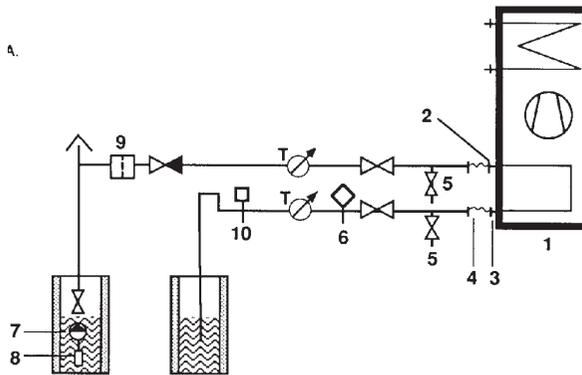
Heizkessel für die Feuerung von Holz
Siehe Modul 7



Heizkessel für die Feuerung von Gas



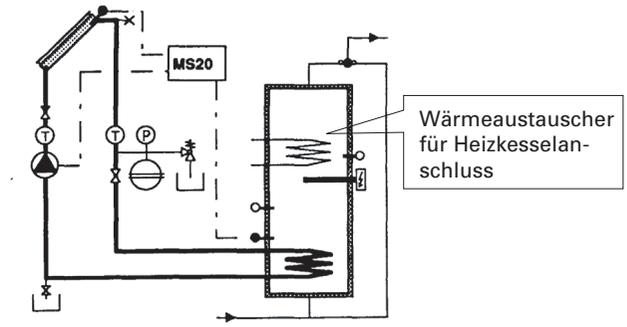
Luft/Wasser-Wärmepumpe
mit Aufstellungsort im Gebäude.
Siehe Modul 5 und Modul 3, Elektroberufe



Wasser/Wasser-Wärmepumpe
für die Nutzung der Wärmeenergie aus dem Medium Wasser:

- Grundwasser
- Oberflächenwasser
- Abwasser
- usw.

Siehe Modul 5 und Modul 3, Elektroberufe



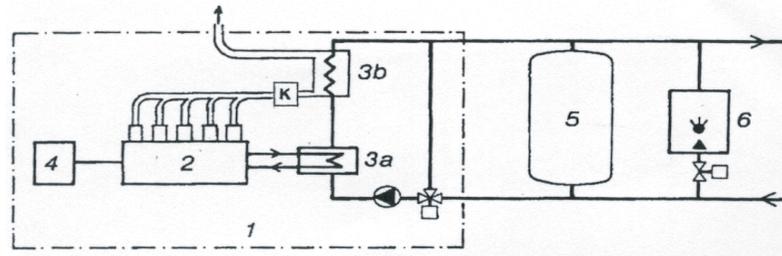
Solaranlagen
Siehe Modul 7
und Modul 2,
Elektroberufe



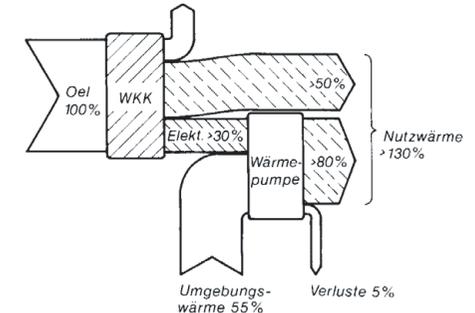
Fernwärme
Fernwärme-Versorgungssysteme sind dadurch gekennzeichnet, dass Quartiere oder Regionen durch eine oder einige wenige leistungsfähige Wärmequellen versorgt werden.



Prinzipschema



Energieflussdiagramm



Blockheizkraftwerk (BHKW)

Wird der von einem grossen Verbrennungsmotor generierte Strom zum Antrieb einer Wärmepumpe verwendet, so erzeugt die Anlage zusammen mit der Abwärme eine Nutzwärme von 130 % (Brennstoffzufuhr = 100%).

Siehe Modul 5 und Modul 4, Elektroberufe

- 1 BHKW
- 2 Gas- oder Dieselmotor
- 3a Kühlwasser-Wärmeaustauscher
- 3b Abgas-Wärmeaustauscher
- 4 Generator
- 5 Speicher
- 6 Spitzen-Heizkessel
- K Katalysator

Wärme für die Warmwasserversorgung

Die meisten Wärmeerzeugungsanlagen liefern auch die Wärme für das Warmwasser, wofür ein separater Warmwasserspeicher oder ein kombinierter Heizungs-/Warmwasserspeicher aufgestellt wird. Von der Heizung getrennte Wassererwärmer sind als Elektrowassererwärmer, Wärmepumpenwassererwärmer oder Solarwassererwärmer gebräuchlich.

Luft/Wasser-Wärmepumpe für die Warmwasserversorgung

Kompakt-Apparat mit Kellerluft als Wärmequelle; für grössere Anlagen wird Aussenluft als Wärmequelle benötigt.

Siehe Modul 7, Elektroberufe



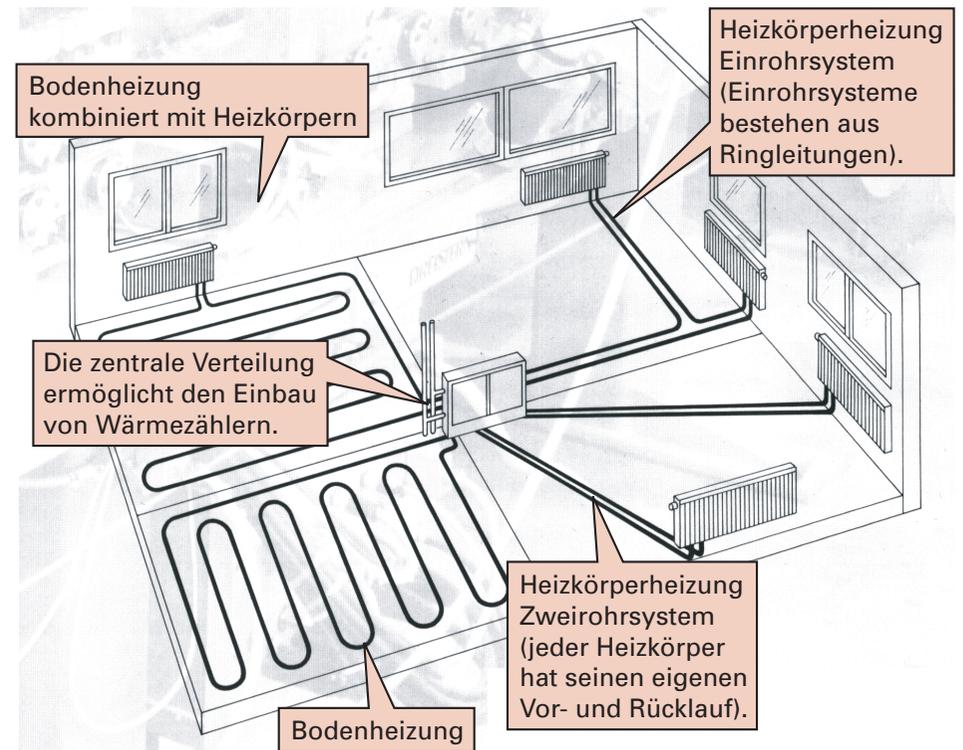
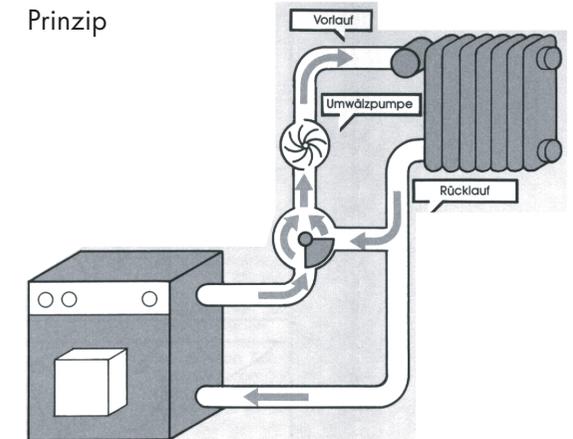
4.5 Wärmeverteilung

Wärmeverteilung mit Wasser als Wärmeträger

Sobald die Heizungsanlage in Betrieb genommen wird, zirkuliert das im Leitungssystem enthaltene Wasser (Wärmeträger) zwischen dem Wärmeerzeuger und den Heizflächen.

Ein übliches Heizungssystem arbeitet mit folgenden Vorlauftemperaturen bei einer Aussentemperatur von -10°C (gilt für das schweiz. Mittelland):

- Heizkörperheizung bis ca. 60°C
- Bodenheizung bis ca. 50°C
- WP-Solar-Minergie bis ca. 45°C
($30 - 35^{\circ}\text{C}$ sind anzustreben)

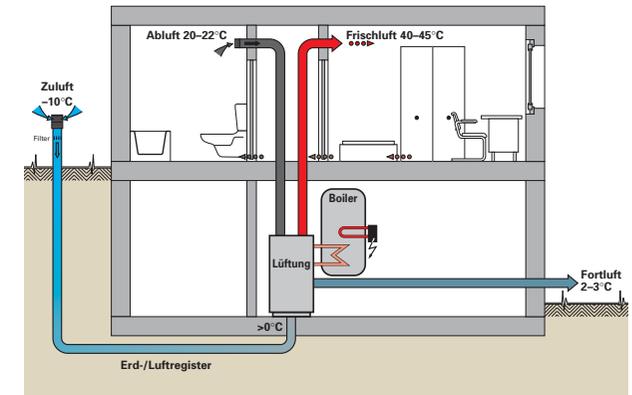


Verteilssysteme

Wärmeverteilung mit Luft als Wärmeträger

Warmluftheizungen

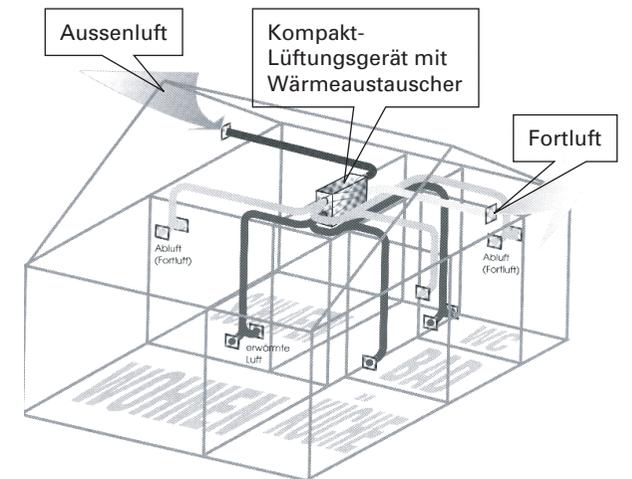
Warmluftheizungen sind bei uns wenig verbreitet. Es werden ihr Staub-, Geruchs-, Schallübertragungs- und Zugluftprobleme angelastet. Hingegen gibt es Systeme der kontrollierten Wohnraumlüftung, welche mit leicht erhöhter Lufttemperatur zur Wärmebedarfsdeckung beitragen.



Kontrollierte Wohnlüftung

Der Transmissionswärmebedarf ist in den letzten Jahren durch Wärmeschutzmassnahmen stark gesenkt worden, der Lüftungswärmebedarf ist aus hygienischen Gründen jedoch konstant geblieben. Bei sehr gut wärmegeprägten Gebäuden ist der Lüftungswärmebedarf bereits ebenso gross wie der Transmissionswärmebedarf.

Wohnungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung sind in der Lage, den Lüftungswärmebedarf stark zu vermindern.



4.6 Wärmeabgabe

Wärmeabgabe bei Wasser als Wärmeträger

Bodenheizung

Vorteile

- grosser Strahlungswärmeanteil bringt Komfort
- besonders tiefe Vor-/Rücklauftemperaturen möglich
- Selbstregelleffekt
- unsichtbar, stört nicht

Nachteile

- bei grossen Fensterflächen Kaltluftabfall (wenn U-Wert > 1)
- sehr träge beim Regulieren



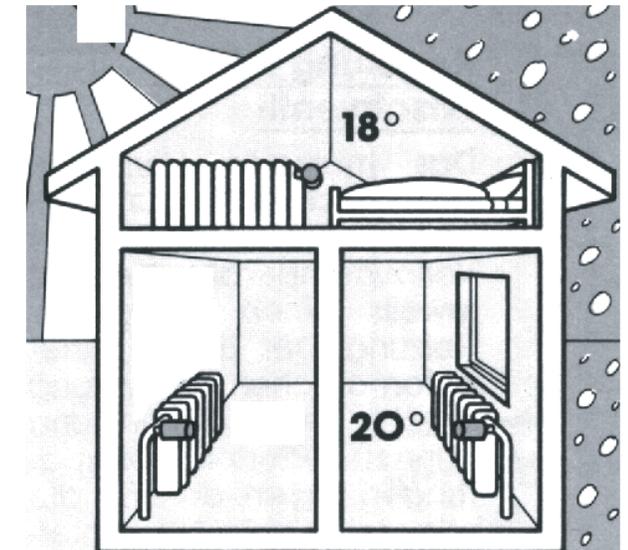
Heizkörper

Vorteile

- flinke Regulierung
- einfache Einzelraum-Regulierung mit Thermostatventilen
- nachträgliche Anpassungen möglich

Nachteile

- höhere Vorlauftemperatur oder sehr grosse Heizkörper (für tiefe Vorlauftemperatur)
- Platzbedarf der Heizkörper



4.7 Heizungsregelung

Heizungsregelung bei Wasser als Wärmeträger

Beispiel: Witterungsgeführte Vorlauftemperatur-Regelung

Grundprinzip

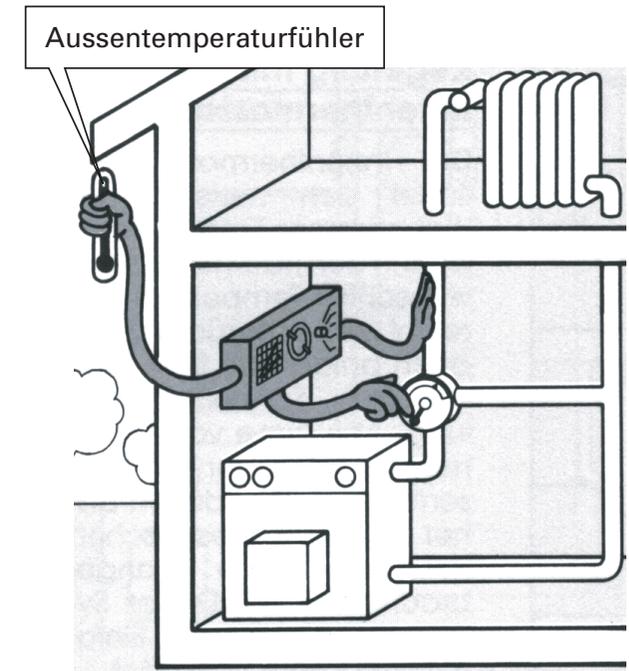
Je tiefer die Aussentemperatur, umso stärker wird das Heizwasser erwärmt.

Funktionsweise des Regelgerätes

Das Regelgerät passt die Vorlauftemperatur automatisch den klimatischen Bedingungen an.

Es enthält drei Bedienelemente:

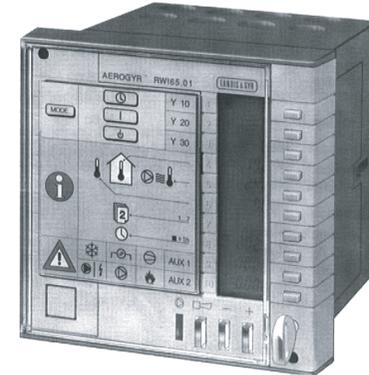
- Die Heizkennlinie, welche die Vorlauftemperatur der Aussenlufttemperatur entsprechend einstellt.
- Eine Schaltuhr, mit der automatisch eine periodische reduzierte Heizleistung oder Abstellung der Heizung erreicht werden kann (z.B. nachts).
- Einen Programmschalter, welcher die Wahl des Heizprogramms der Jahreszeit entsprechend erlaubt, ohne dass die Grundeinstellung geändert werden muss.



Beispiel eines Regelgerätes

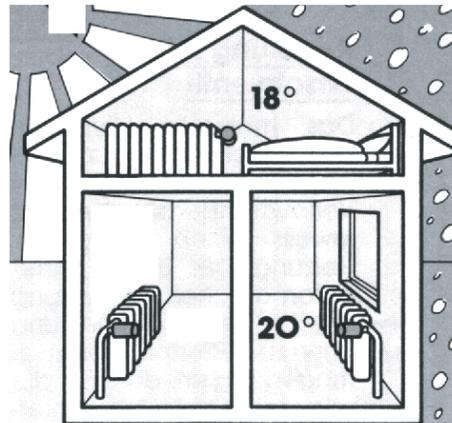


Heute kommen vermehrt multifunktionale Heizungsregler zum Einsatz. Je nach Ausführung haben diese «selbst-lernende» Eigenschaften:
Das Regelsystem kann schwierige Einstellungen – die von Haus zu Haus verschieden sind oder von meteorologischen Gegebenheiten abhängen – selbst optimieren.



Einzelraumregulierung

In einigen Kantonen sind Einzelraumregulierungen unter gewissen Bedingungen vorgeschrieben.



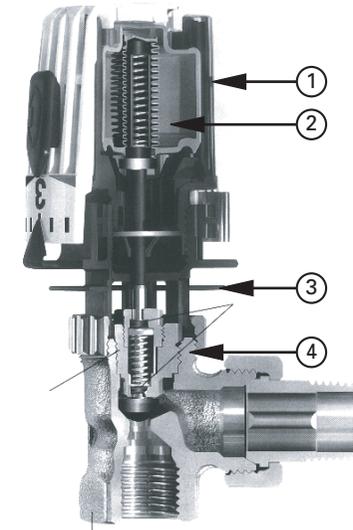
Zusammen mit einer witterungsgeführten Vorlauftemperaturregelung sind individuelle Raumtemperaturen möglich.

Thermostatische Heizkörperventile

Funktionsweise des thermostatischen Heizkörperventils:

Mit dem Handrad (1) wird der Sollwert eingestellt. Mit steigender Raumtemperatur dehnt sich das Medium im Temperaturfühler (2) aus. Er besteht aus einem gas-, flüssigkeits- oder wachsgefüllten Federbalg. Der Übertragungsstift (3) bewegt den Ventilteller (4) gegen die Ventilöffnung und schliesst damit das Ventil.

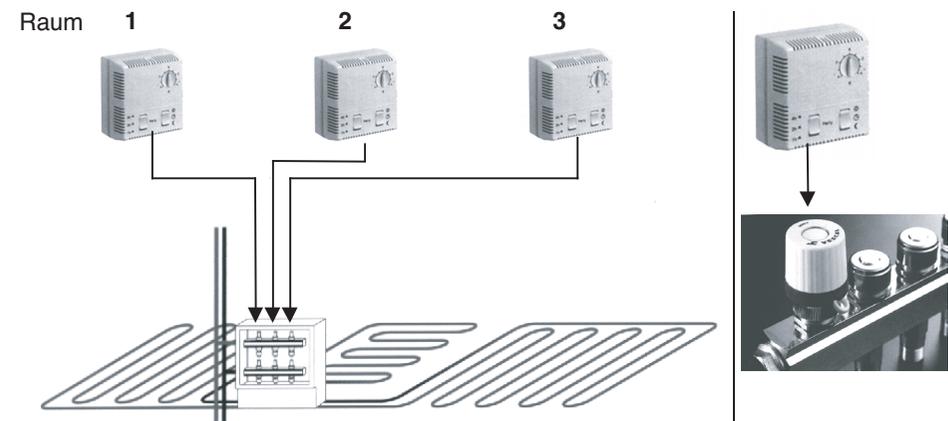
Sinkt die Temperatur im Raum, zieht sich der Fühler zusammen und öffnet über den Stift das Ventil.



Elektrische Einzelraumregulierung bei Bodenheizungen

In jedem Raum wird ein Raumtemperaturregler eingesetzt, welcher auf den Stellantrieb am Bodenheizungsverteiler wirkt.

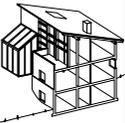
In Niedrigenergiehäusern mit sehr tiefen Vorlauftemperaturen der Bodenheizung kann der Selbstregelleffekt (Wärmeabgabe sinkt, wenn die Bodentemperatur fast der Lufttemperatur entspricht) eine Einzelraumregulierung überflüssig machen.



5 Aufgaben, Lösungsvorschläge

5.1 Baukonstruktion

Lernauftrag 1: Gebäudeanalyse

Objektbeispiel:		
Untersuchen Sie ein Gebäude bezüglich Bauweise, Haustechnik und Energieverbrauch		
Angaben zum Gebäude:		
Objekt: _____		
Baujahr: _____		
Nutzung: _____		
Strasse: _____		
PLZ/Ort: _____		
Fläche der energierelevanten Bauteile A (Bruttofläche): _____ m ²		Foto des Gebäudes
Energiebezugsfläche EBF (Bruttofläche): _____ m ²		
Gebäudehüllenziffer A/EBF: _____ -		
Bauteile/Wärmedämmvermögen:		
Konstruktionsaufbau der wesentlichen Bauteile und Abschätzung oder Berechnung des Wärmedämmvermögens:		
Aussenwand:	_____	U ≈ _____ W/m ² K
Dach:	_____	U ≈ _____ W/m ² K
Fenster:	_____	U ≈ _____ W/m ² K
Andere:	_____	U ≈ _____ W/m ² K
	_____	U ≈ _____ W/m ² K
	_____	U ≈ _____ W/m ² K
Haustechnik/Energieverbrauch:		
Heizung/Energieträger:	_____	
Warmwasser/Energieträger:	_____	
Energieverbrauch für Heizung:	_____	MJ/a
Energieverbrauch für Warmwasser:	_____	MJ/a
Energieverbrauch für Heizung + Warmwasser:	_____	MJ/a
Energieverbrauch pro m ² Energiebezugsfläche EBF:	_____	MJ/m ² a
Persönliche Beurteilung des Gebäudes: (Zustand, Energieverbrauch, Sparpotenzial, Umweltbeeinträchtigung)		

Lernauftrag 2: Energie/Energiekennzahl

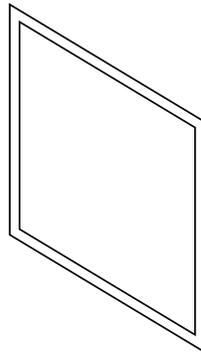
Aus gesammelten Objektbeispielen gehen folgende jährliche Energieverbrauchszahlen für die Heizung (Durchschnittswerte aus mehreren Heizperioden) und Energiebezugsflächen EBF hervor:

Objekt Nr.	Typ	Energieverbrauch pro Jahr	Energiebezugsfläche EBF
1	MFH	8'700 kg Heizöl	550 m ²
2	MFH	90 m ³ Holzschnitzel	1470 m ²
3	EFH	1'060 m ³ Erdgas	145 m ²
4	EFH	32'200 kWh Strom	160 m ²

Wie sieht die Rangfolge der Objekte betreffend Energieeffizienz aus?

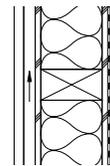
Lernauftrag 3: Energieeffizienz von Bauteilen

Welches der im Folgenden aufgeführten Bauteile (Bauteilschichten sind massstäblich abgebildet) weist die beste Energieeffizienz auf, wenn man nur die Betriebsenergie (Deckung des Transmissionswärmeverlustes) berücksichtigt? Erstellen Sie eine Rangfolge und begründen Sie Ihre Entscheidung.

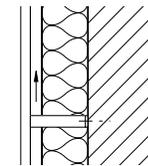


Fenster mit Südorientierung
 U-Wert Rahmen: 1,5 W/m²K
 U-Wert Glas: 1,1 W/m²K
 g-Wert Glas: 0,6
 U-Wert Fenster: 1,4 W/m²K

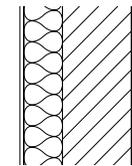
Aussenwand als Holzleichtbaukonstruktion



Aussenwand mit hinterlüfteter Fassadenbekleidung



Aussenwand mit Kompaktfassade



Lösungen Baukonstruktion

Lösung Lernauftrag 2:

Rang Objekt Nr.

1.	2	Energieverbrauch in kWh/a: $90 \text{ m}^3 \text{ Holzschnitzel} \cdot 250 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,4 \text{ kWh/kg} = 76'500 \text{ kWh/a}$ Energieverbrauch in kWh/m ² a: $76'500 \text{ kWh/a} : 1470 \text{ m}^2 = \mathbf{52 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$
2.	3	Energieverbrauch in kWh/a: $1'060 \text{ m}^3 \text{ Erdgas} \cdot 9,4 \text{ kWh/m}^3 = 9'964 \text{ kWh/a}$ Energieverbrauch in kWh/m ² a: $9'964 \text{ kWh/a} : 145 \text{ m}^2 = \mathbf{69 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$
3.	1	Energieverbrauch in kWh/a: $8'700 \text{ kg Heizöl} \cdot 11,9 \text{ kWh/kg} = 103'530 \text{ kWh/a}$ Energieverbrauch in kWh/m ² a: $103'530 \text{ kWh/a} : 550 \text{ m}^2 = \mathbf{188 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$
4.	4	Energieverbrauch in kWh/a: = 32'200 kWh/a Energieverbrauch in kWh/m ² a: $32'200 \text{ kWh/a} : 160 \text{ m}^2 = \mathbf{201 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$

Lösung Lernauftrag 3:

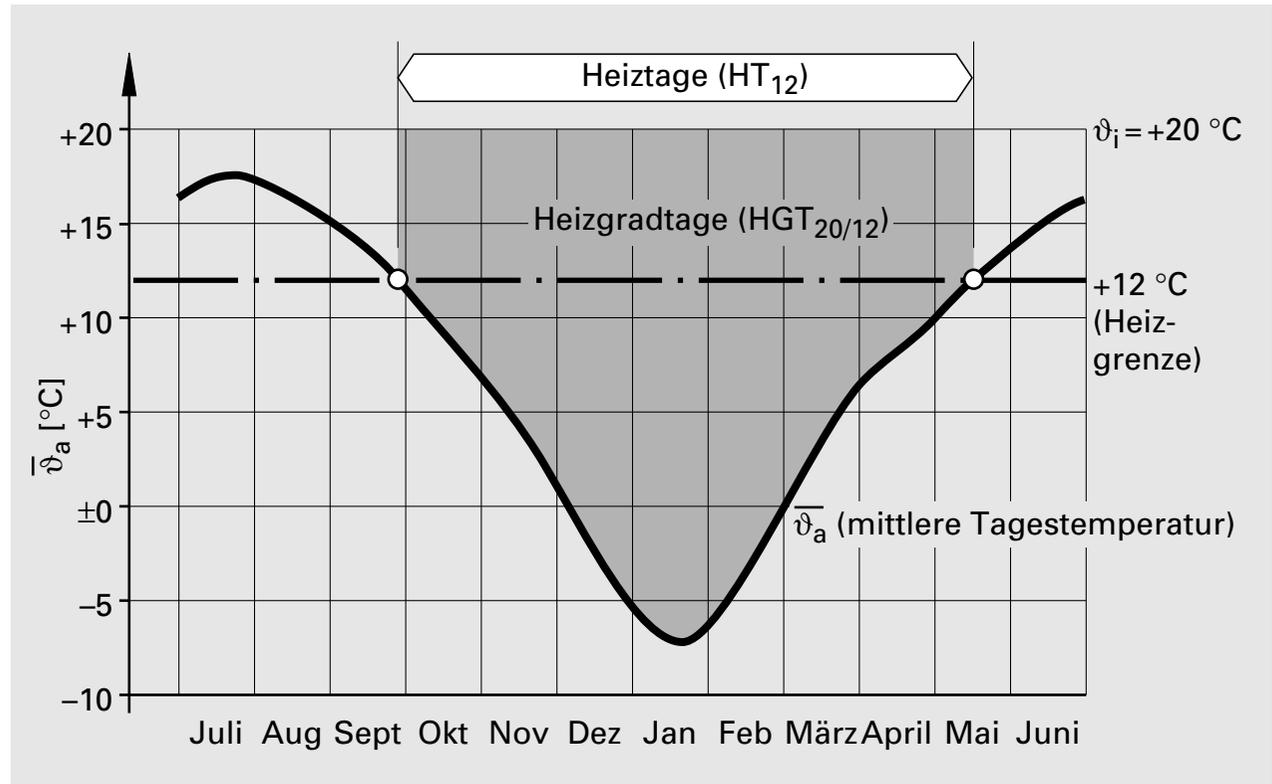
1. Rang: Gegen Süden orientiertes Fenster mit guter Wärmeschutz-Isolierverglasung.
Unter Berücksichtigung des Energiegewinnes durch Sonneneinstrahlung ist bei diesem Bauteil die jährliche Energiebilanz «negativ», das bedeutet, dass ein jährlicher Energiegewinn resultiert (der Transmissionswärmeverlust ist kleiner als der Energiegewinn durch Sonneneinstrahlung). Bei keinem opaken Bauteil wie Aussenwand, Dach o.ä. kann dies erreicht werden, auch wenn die Wärmedämmschicht noch so dick gewählt wird.
2. Rang: Aussenwand als Holzleichtbaukonstruktion.
Die Wärmedämmschicht ist bei dieser Holzrahmenkonstruktion einiges dicker als bei den anderen beiden Aussenwänden. Trotz Inhomogenität (Holzrahmen zwischen der Wärmedämmschicht) wird ein besserer U-Wert erreicht als bei den anderen Aussenwänden, und der resultierende Transmissionswärmeverlust ist somit kleiner.
3. Rang: Aussenwand mit Kompaktfassade.
Die Wärmedämmschicht ist gleich dick wie bei der Aussenwand mit hinterlüfteter Fassadenbekleidung. Sie kann jedoch ohne wärmetechnische Schwachstellen verlegt werden.
4. Rang: Aussenwand mit hinterlüfteter Fassadenbekleidung.
Durch die Befestigungselemente (z.B. aus Aluminium) resultieren hohe Wärmeverluste, die bei der Beurteilung des Wärmedämmvermögens berücksichtigt werden müssen.

**Anhang zu Aufgaben
Baukonstruktion**

Energieträger	Unterer Heizwert H_u je kg		
	MJ	kWh	kcal
Heizöl – extraleicht (EL) (1 Liter \cong 0,84 kg)	42,7	11,9	10'200
Erdgas	je nach Erdgasfeld ca. $(34 \pm 3) \text{ MJ/m}_n^3$ ($H_u \approx 0,9 H_o$)		
Flüssiggas – Propan, Butan	46	12,8	11'000
Elektrizität	3,6	1	
Feste Brennstoffe – Steinkohle, Koks	29,3 ¹⁾	8,1	7'000
– Braunkohlenbriketts (1 Bund \cong 25 kg)	20	5,6	4'800
– Holz, lufttrocken (15 % Feuchte)	15,5	4,3	3'700
1 Ster (Raummeter): • Nadelholz \cong 360 kg • Laubholz \cong 500 kg			
– Holzschnitzel (30 % Feuchte) 1 m ³ \cong 250 kg	12,1	3,4	2'900

¹⁾ Mittelwert

Unterer und oberer Heizwert von Energieträgern



Jahresgang der Aussenlufttemperatur mit Flächenintegral zur Bestimmung der Heizgradtage (HGT20/12)

Bever

Höhe: 1712 m ü.M.

Temperaturen: ϑ_{\min} : -26 °C

ϑ_h : -22 °C

ϑ_{\max} : 25 °C

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	nur Heiztage		
															18/10	20/12	22/14
$\overline{\vartheta_a}$	°C	-9,7	-7,7	-4,4	0,7	5,5	9,5	11,0	10,2	7,6	3,2	-2,9	-9,4	1,2	-0,9	0,2	0,9
GH	MJ/m ² a	173	241	418	547	623	626	670	554	443	342	180	158	4975	3596	4255	4752
GS	MJ/m ² a	275	316	393	383	330	294	328	355	399	410	288	295	4066	3293	3681	3951
GE	MJ/m ² a	106	140	238	295	330	326	342	299	244	192	106	103	2721	1997	2345	2605
GW	MJ/m ² a	123	159	238	301	324	313	342	299	261	209	121	119	2809	2089	2437	2694
GN	MJ/m ² a	61	70	109	131	174	175	174	122	102	92	56	58	1324	975	1141	1267
HT10	d/a	31	28	31	30	29	16	11	14	24	31	30	31		306		
HGT 18/10	Kd/a	859	720	695	519	374	175	111	139	269	456	627	850		5794		
HT12	d/a	31	28	31	30	31	23	19	23	29	31	30	31			337	
HGT 20/12	Kd/a	921	776	757	579	447	271	202	250	365	521	687	912			6688	
HT14	d/a	31	28	31	30	31	28	27	29	30	31	30	31				357
HGT 22/14	Kd/a	983	832	819	639	511	361	314	348	433	583	747	974				7544

Mittlere Monatstemperaturen, Sonneneinstrahlung, HGT und HT

Lugano**Höhe:** 276 m ü.M.**Temperaturen:** ϑ_{\min} : -5 °C ϑ_h : -2 °C ϑ_{\max} : 33 °C

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	nur Heiztage		
		18/10	20/12	22/14													
$\overline{\vartheta_a}$	°C	1,9	3,9	7,3	11,5	15,4	19,1	21,4	20,4	17,6	13,0	7,3	2,8	11,8	4,5	5,5	6,4
GH	MJ/m ² a	148	202	358	478	562	653	701	561	394	301	153	147	4658	1033	1341	1672
GS	MJ/m ² a	235	265	337	335	298	307	343	359	355	361	245	275	3715	1330	1606	1875
GE	MJ/m ² a	90	117	204	258	298	340	358	303	217	169	90	96	2540	606	777	957
GW	MJ/m ² a	105	133	204	263	292	327	358	303	232	184	103	110	2614	663	840	1025
GN	MJ/m ² a	52	59	93	115	157	183	182	123	91	81	47	54	1237	308	389	475
HT10	d/a	31	27	25	10	1	0	0	0	0	5	25	31		155		
HGT 18/10	Kd/a	498	391	293	96	5	1	0	0	0	47	288	471		2090		
HT12	d/a	31	28	29	17	4	1	0	0	1	11	29	31			182	
HGT 20/12	Kd/a	561	450	382	185	36	5	0	0	5	112	375	533			2644	
HT14	d/a	31	28	31	23	10	2	0	0	2	19	30	31				207
HGT 22/14	Kd/a	632	507	453	274	93	19	3	0	21	203	440	595				3231

Mittlere Monatstemperaturen, Sonneneinstrahlung, HGT und HT

Zürich SMA **Höhe:** 569 m ü.M.
Temperaturen: ϑ_{\min} : -14 °C
 ϑ_h : -8 °C
 ϑ_{\max} : 32 °C

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	nur Heiztage		
															18/10	20/12	22/14
$\overline{\vartheta}_a$	°C	-1,1	0,9	3,7	8,6	12,2	15,8	17,5	16,4	14,3	9,8	4,2	-0,9	8,5	2,6	3,8	5,0
GH	MJ/m ² a	106	179	316	458	579	618	657	531	389	248	121	83	4285	1287	1716	2229
GS	MJ/m ² a	169	234	297	321	307	290	322	340	350	298	194	155	3277	1393	1710	2063
GE	MJ/m ² a	65	104	180	247	307	321	335	287	214	139	71	54	2324	733	965	1240
GW	MJ/m ² a	75	118	180	252	301	309	335	287	230	151	81	62	2381	780	1016	1295
GN	MJ/m ² a	37	52	82	110	162	173	171	117	89	67	38	31	1129	363	474	606
HT10	d/a	31	28	29	18	9	2	1	1	3	15	28	31		196		
HGT 18/10	Kd/a	593	476	431	122	94	20	5	4	23	168	405	582		3023		
HT12	d/a	31	28	31	23	16	5	2	3	8	22	29	31			229	
HGT 20/12	Kd/a	655	533	502	305	167	54	22	26	74	261	471	647			3717	
HT14	d/a	31	28	31	27	22	10	5	7	15	27	30	31				264
HGT 22/14	Kd/a	717	589	567	382	259	102	49	69	156	354	533	709				4486

Mittlere Monatstemperaturen, Sonneneinstrahlung, HGT und HT

5.2 Haustechnik

Lernauftrag 1

Wärmeerzeugungssysteme

In der Schweiz hat (fast) jedes Gebäude eine Heizungsanlage.

Sie benötigen folgende Hilfsmittel:

Fachinformation

Bearbeitungsaufgabe:

Erstellen Sie eine Liste, mit welchen Wärmeerzeugungssystemen einige von Ihnen ausgewählte Gebäude (Wohn-, Schul- und Geschäftshäuser) beheizt werden. Vergleichen Sie im Unterricht die verschiedenen Systeme. (Wenn möglich besorgen Sie Pläne oder Dokumentationen der Systeme.)

Lernauftrag 2

Energieart

Die verschiedenen Energiearten haben Vor- und Nachteile.

Sie benötigen folgende Hilfsmittel:

Fachliteratur

Bearbeitungsaufgabe:

Erstellen Sie eine Liste mit verschiedenen Energieträgern für die Gebäudeheizung und suchen Sie Vor- und Nachteile in Bezug auf Ökologie und Ökonomie.

Lernauftrag 3

Wärmeverteilung / Wärmeabgabe

In den verschiedenen Gebäuden kommen diverse Wärmeverteilungssysteme zum Einsatz.

Sie benötigen folgende Hilfsmittel:

Fachinformation

Mitarbeit des Hauswartes (der Eltern usw.)

Bearbeitungsaufgabe:

Versuchen Sie herauszufinden, weshalb in Ihrem Wohngebäude das vorhandene System gewählt wurde und welche Vor- oder auch Nachteile das eingebaute System hat.

Vergleichen Sie Ihre Erkenntnisse mit denjenigen Ihrer Mitschüler.

Lernauftrag 4

Heizungsregelung

Jede Heizungsanlage hat Regeleinrichtungen.

Sie benötigen folgende Hilfsmittel:

Heizungsanlage in Ihrem Wohnhaus, Schulhaus usw.

Bearbeitungsaufgabe:

Versuchen Sie herauszufinden, wie die Heizungsanlage reguliert wird.

Welche Möglichkeit besteht, die Raumtemperatur individuell einstellen zu können?

Schreiben Sie die vorhandenen Funktionen auf, und besprechen Sie diese anschliessend in der Klasse mit einer Fachperson (Hauswart, Heizungsfachmann usw.).

Lernauftrag 5

Lüftungssysteme

Wo werden Lüftungsanlagen benötigt?

Bearbeitungsaufgabe:

Versuchen Sie herauszufinden, ob in Ihrem Schulhaus Lüftungssysteme eingebaut sind und welche Funktionen diese erfüllen. Schreiben Sie Ihre Feststellungen auf, und vergleichen Sie die Erkenntnisse mit denjenigen Ihrer Mitschüler. Besprechen Sie gemeinsam Ihre Vorarbeiten mit einer Fachperson (Hauswart, Lüftungstechniker usw.).

6 Weiterführende Literatur

6.1 Publikationen

- Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau, Norm SIA 180, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1999)
- Thermische Energie im Hochbau, Norm SIA 380/1, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (2001)
Thermische Energie im Hochbau, Leitfaden zur Anwendung der Norm SIA 380/1, Dokumentation D 0170, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (2001)
- Energiekennzahl, Empfehlung SIA 180/4, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1982)
- Klimadaten zur Empfehlung SIA 380/1, Empfehlung SIA 381/2, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1988)
- Heizgradtage der Schweiz, Empfehlung SIA 381/3, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1982)
- Wärmeleistungsbedarf von Gebäuden, Empfehlung SIA 384/2, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1982)
- Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeverluste ins Erdreich – Berechnungsverfahren, EN ISO 13370, CEN, Brüssel (1997)
- J. Nänni et al.: Wärmebrückenkataloge
 1. Neubaudetails, SIA D 099, Zürich (1985)
 2. verbesserte Neubaudetails, SIA D 078, Zürich (1992)
 3. Altbaudetails, SIA D 117, Zürich (1993)
- Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung, Dokumentation D 010, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1986)
- Energiekennzahlen von Gebäudegruppen, Dokumentation D 024, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1988)
- Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten, Dokumentation D 0123, Schweiz. Ing. & Arch. Verein (SIA), Zürich (1995)
- k-Wert-Berechnung und Bauteilkatalog, BEW, EDMZ, Bern (1988)
- k-Wert-Berechnung und Bauteilkatalog für Sanierungen, BEW, EDMZ, Bern (1993)
- Hochwärmedämmende Wand- und Dachkonstruktionen, EMPA-KWH, Dübendorf (1994)
- Element 29, Wärmeschutz und Energie im Hochbau, Schweizerische Ziegelindustrie, Zürich (1990)
- Bestimmung der wärmetechnischen Einflüsse von Wärmebrücken bei vorgehängten, hinterlüfteten Fassaden, SZFF, Postfach 213, Dietikon (1998)
- R. Fraefel, Das Minergie-Haus, Baudirektion Kanton Zürich, AWEL, Zürich (1998)
- 2. Passivhaus-Tagung, Passivhaus Institut, Darmstadt (1998)
- Ch. Zürcher, Th. Frank, Bauphysik, Leitfaden für Planung und Praxis, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich (1998)
- M. Ragonesi: Umbau einer Stallung in ein Wohnhaus, Schweizer Baudokumentation, Blauen (1997)
- Impulsprogramme des ehemaligen Bundesamtes für Konjunkturfragen: IP RAVEL, BAU und PACER
Bezugsquelle: EDMZ, 3000 Bern
(die Dokumentationen sind auch zusammengefasst auf einer CD-ROM erhältlich).
- Energie – Schlüsselgrösse unserer Zeit (Grundlehrmittel)
 - Schülerheft / • Handbuch für Lehrkräfte
 Bezugsquelle: Walter Gille, Zürichbergstrasse 46a, 8044 Zürich

6.2 Internet-Adressen

Institutionen:

- www.minergie.ch
- www.infoenergie.ch
- www.energie.ch
- www.erdoel.ch
- www.erdgas.ch
- www.strom.ch
- www.swissolar.ch
- www.vhe.ch (Vereinigung für Holzenergie)

Firmen:

- www.viessmann.com
- www.kapag.ch
- www.grundfos.com
- www.holzfeuerung.ch (Schmid AG)

7 Bild- und Textnachweis

7.1 Baukonstruktion

Sämtliche Texte und Illustrationen stammen vom Autor, Marco Ragonesi.

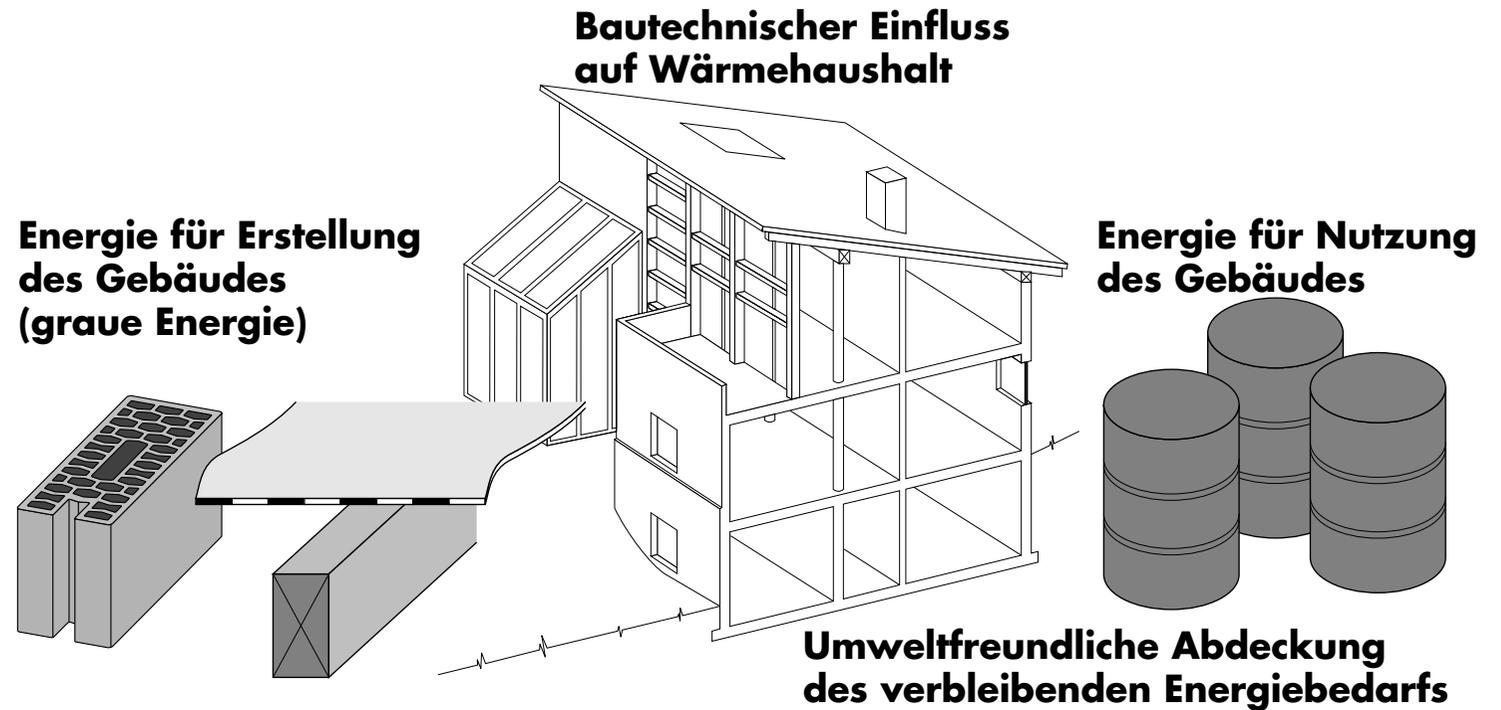
7.2 Haustechnik

Sämtliche Texte und Illustrationen stammen vom Autor, Peter Scherer. Werkfotos und Zeichnungen wurden von Lieferanten zur Verfügung gestellt. Weitere Abbildungen stammen aus Publikationen des Bundesamtes für Energie und des ehemaligen Bundesamtes für Konjunkturfragen.

8 Vorlagen

8.1 Baukonstruktion

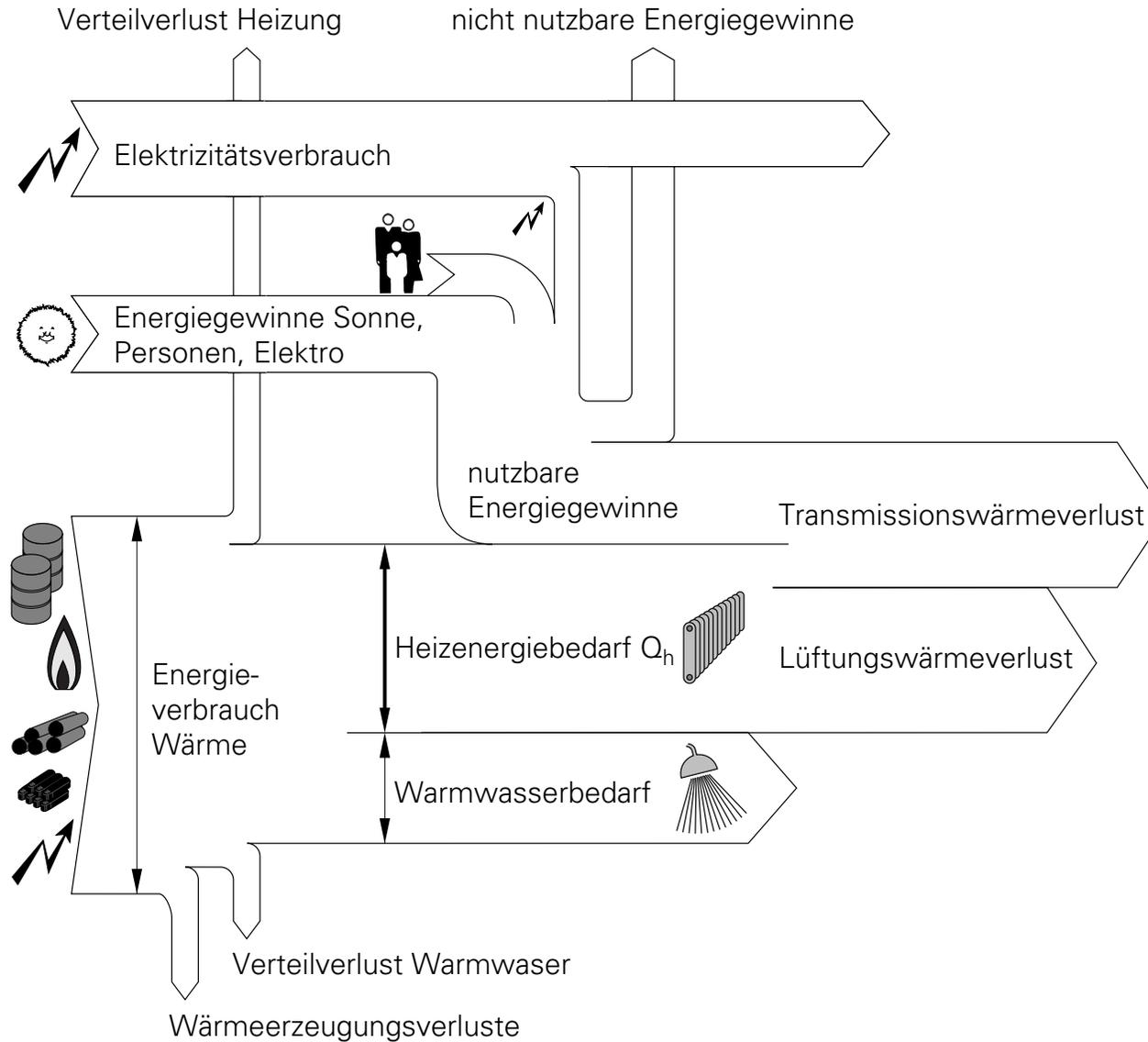
Energieaufwand für Erstellung und Nutzung des Gebäudes soll insgesamt so klein als möglich sein



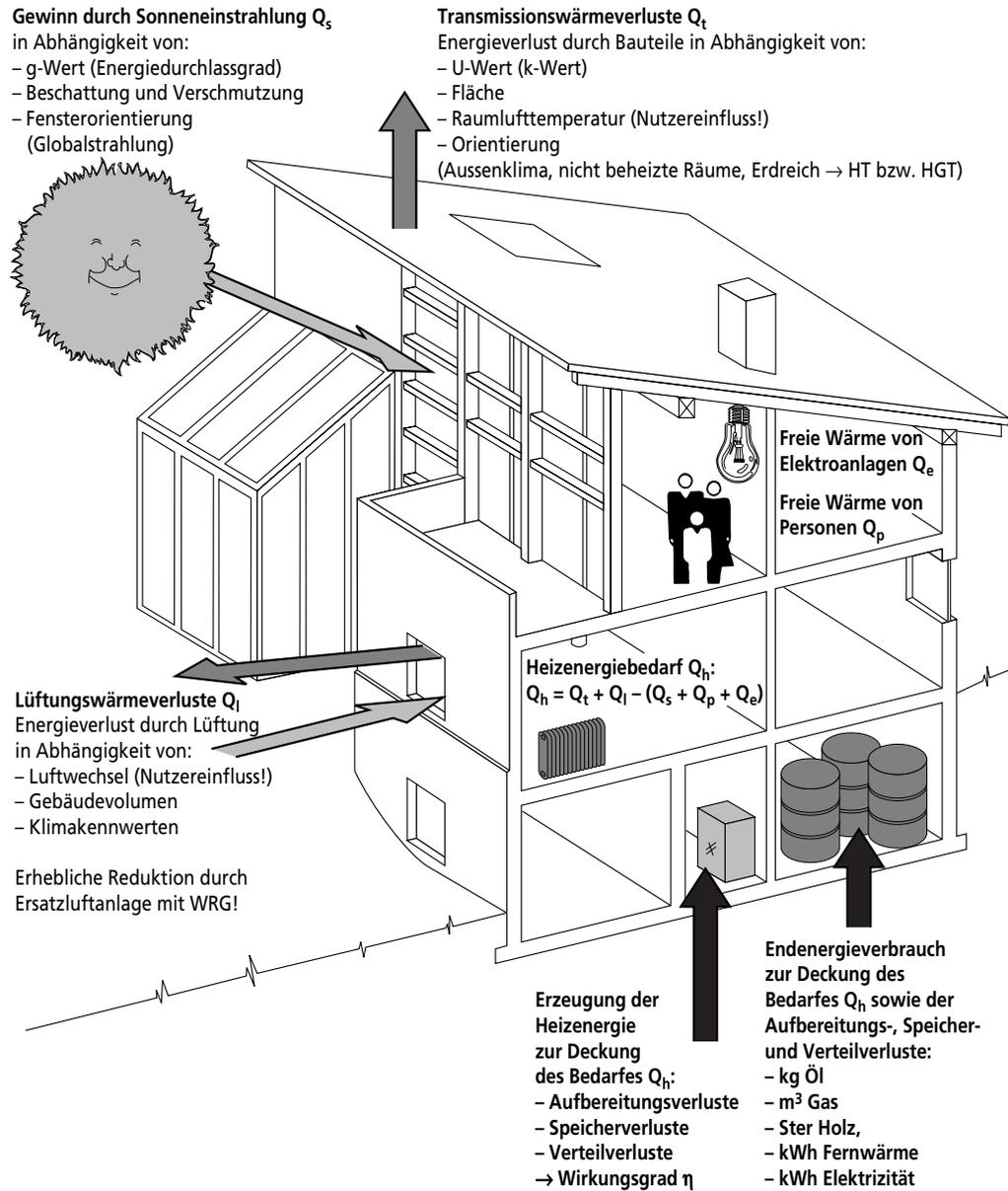
Zwei charakteristische Bautypen



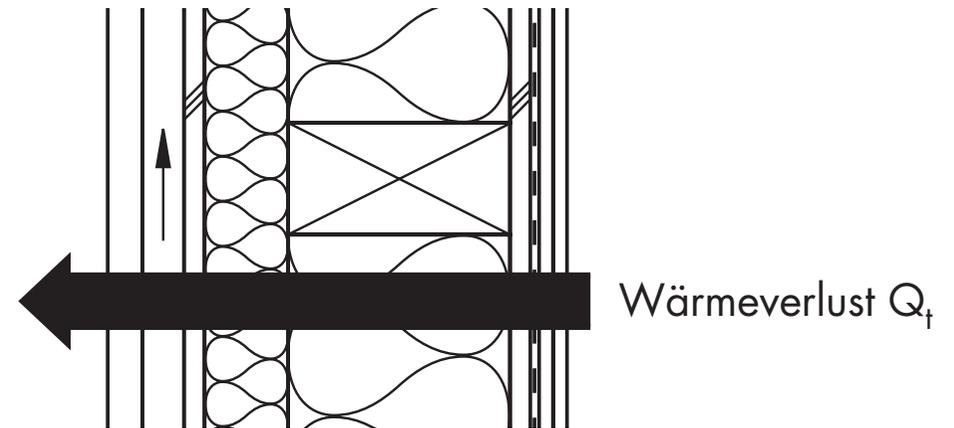
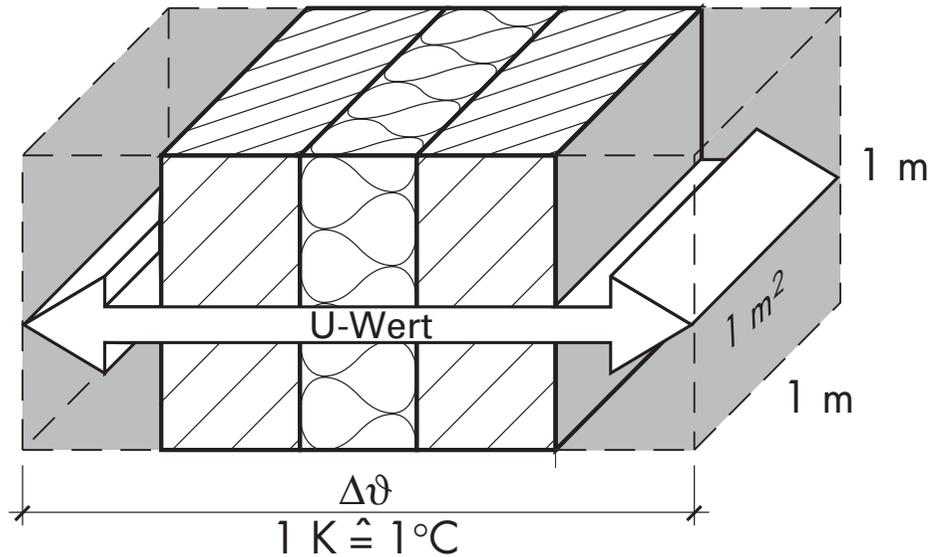
Einflüsse auf den Energiebedarf und den Energieverbrauch: Energieflussdiagramm



Heizenergiebedarf



Wärmeverlust durch Transmission



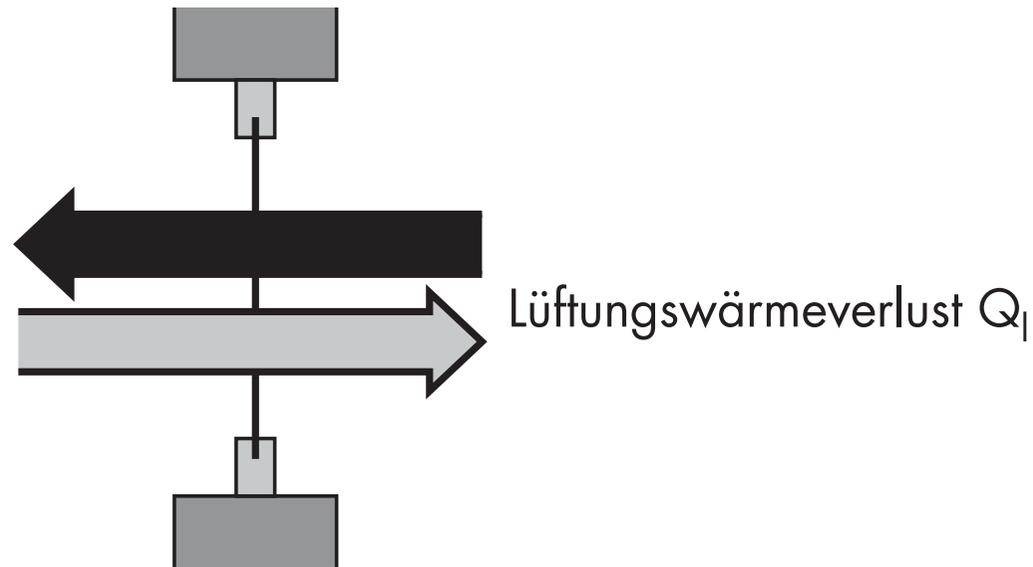
$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_i \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$$

U	Wärmedurchgangskoeffizient	[W/m ² K]
α _i ; α _a	Wärmeübergangskoeffizienten	[W/m ² K]
d	Dicke der Bauteilschichten	[m]
λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]

$$Q_t = U \cdot A \cdot \text{HGT} \cdot 0,024 \quad [\text{kWh}/\text{a}]$$

U	Wärmedurchgangskoeffizient	[W/m ² K]
A	Bauteilfläche	[m ²]
HGT	Heizgradtage (Klimafaktor)	[K·d/a]
0,024	Umrechnungsfaktor	[h·kW/d·W]

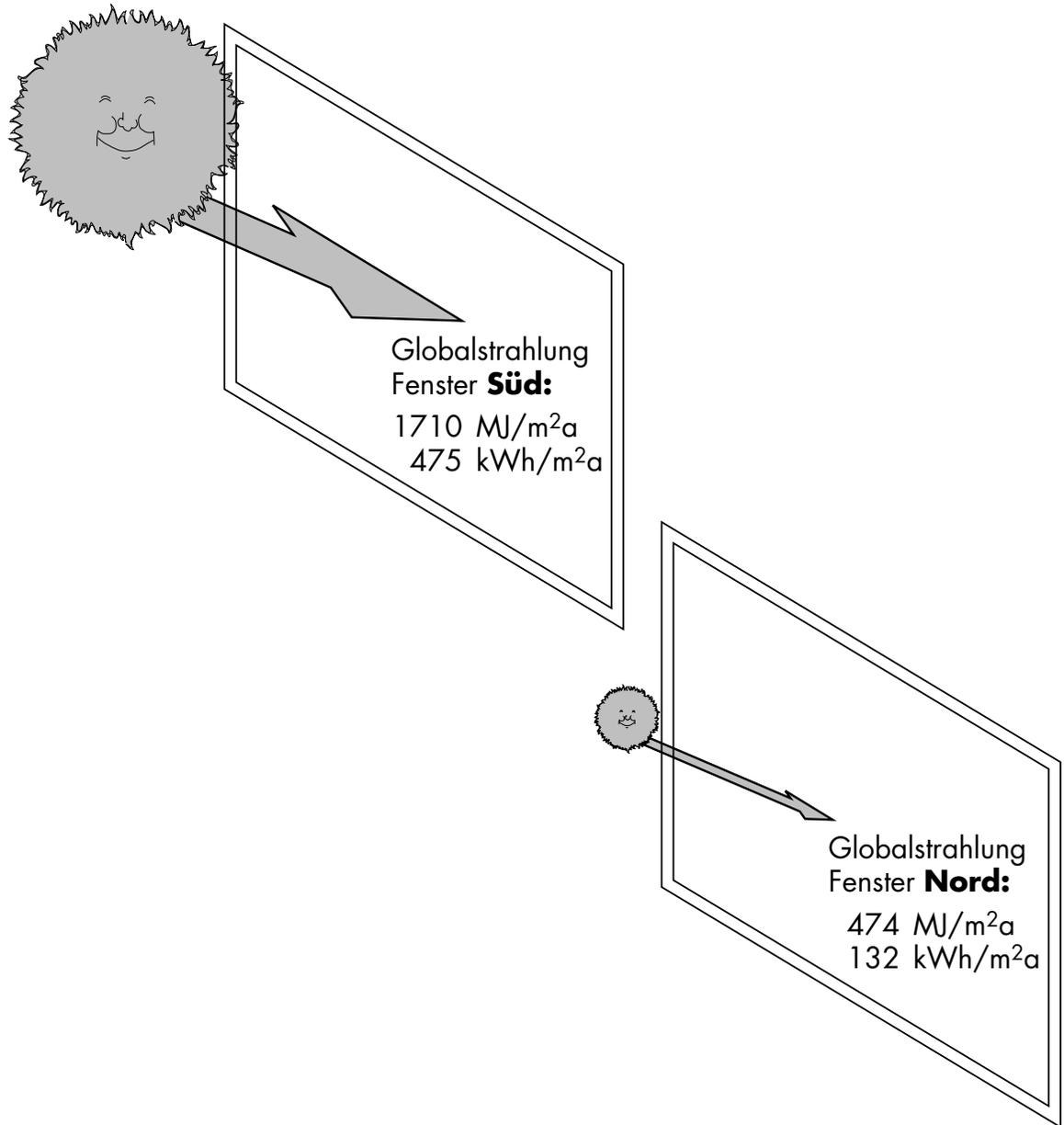
Wärmeverlust durch Lüftung



$$Q_l = \frac{V \cdot n_L \cdot (c \cdot \rho) \cdot HGT \cdot 0,024}{3,6} \quad [\text{kWh/a}]$$

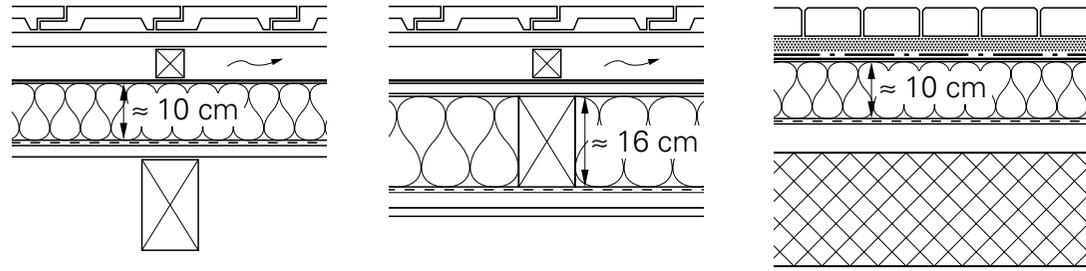
V	Raumvolumen (Nettovolumen)	[m ³]
n_L	Aussenluftwechsel (z.B. 0,5)	[h ⁻¹]
$c \cdot \rho$	spezifische Wärmespeicherfähigkeit der Luft (Schw. Mittelland=1,15)	[KJ/m ³ K]
HGT	Heizgradtage (Klimafaktor)	[K·d/a]
0,024	Umrechnungsfaktor	[h·MJ/d·kJ]
3,6	Umrechnungsfaktor	[MJ/kWh]

Energiegewinne durch Sonneneinstrahlung (Beispiel für Klimastation Zürich SMA)

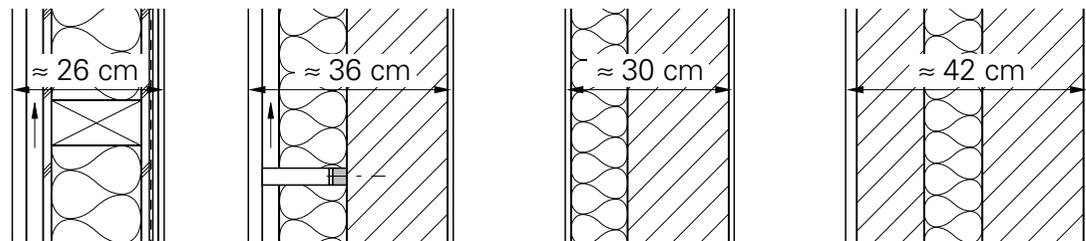


Bauteile für Baustandard 1: «gesetzliche Anforderungen»

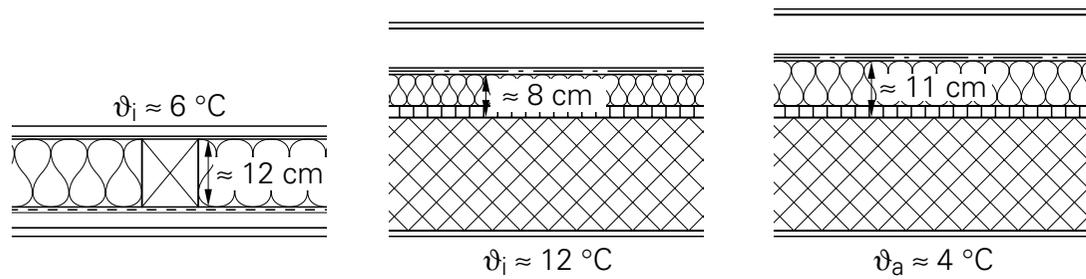
Dächer



Aussenwände

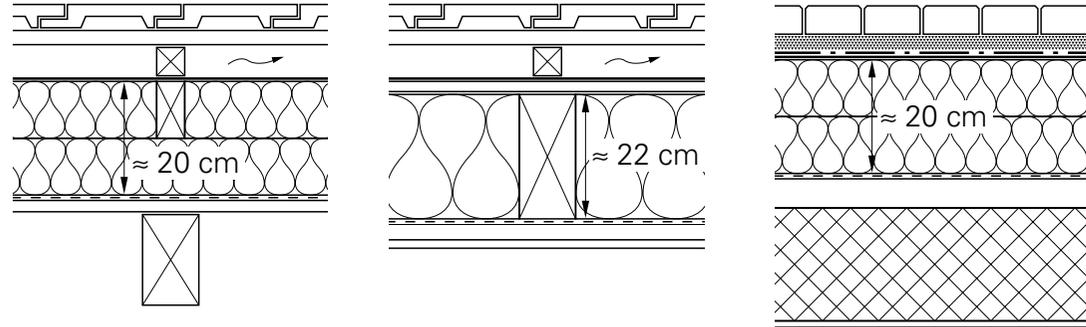


Decken und Böden

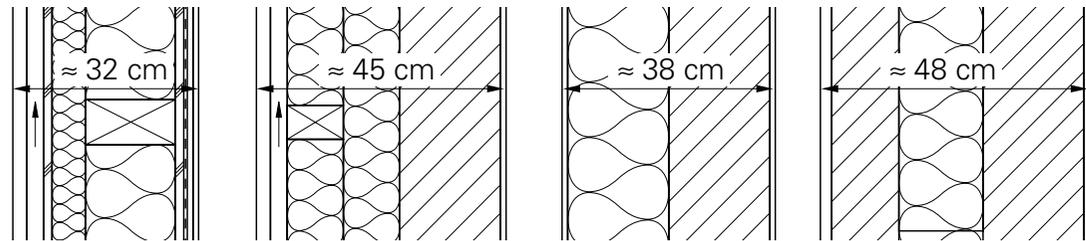


Bauteile für Baustandard 2: «Minergie»

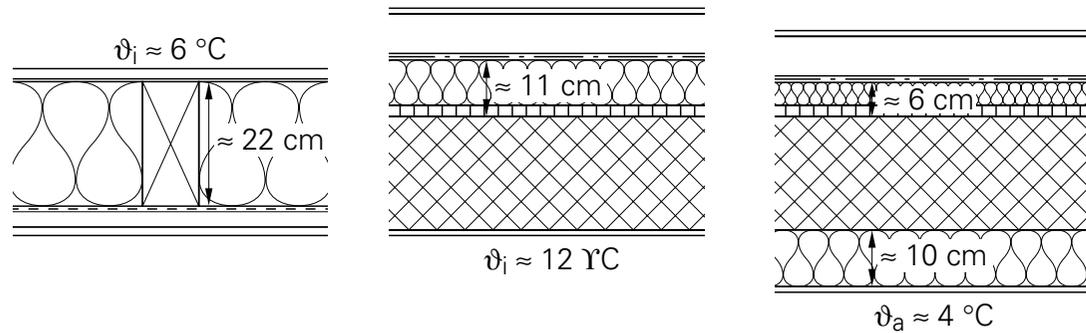
Dächer



Aussenwände

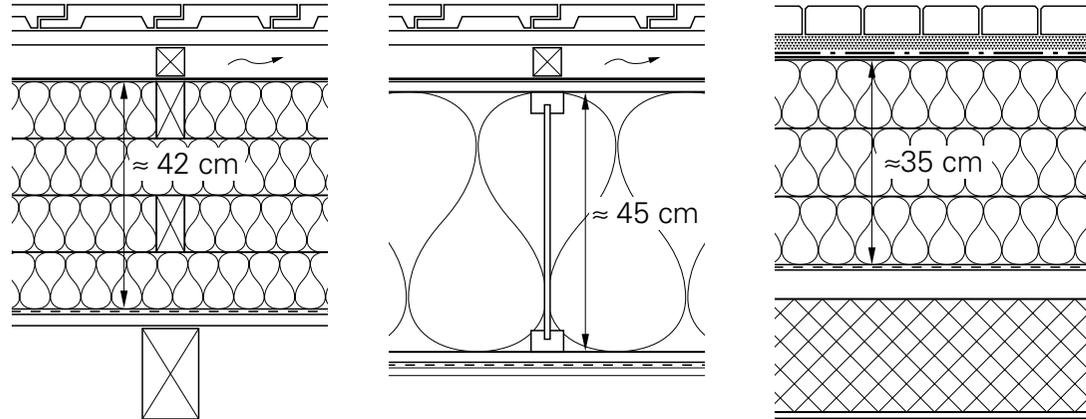


Decken und Böden

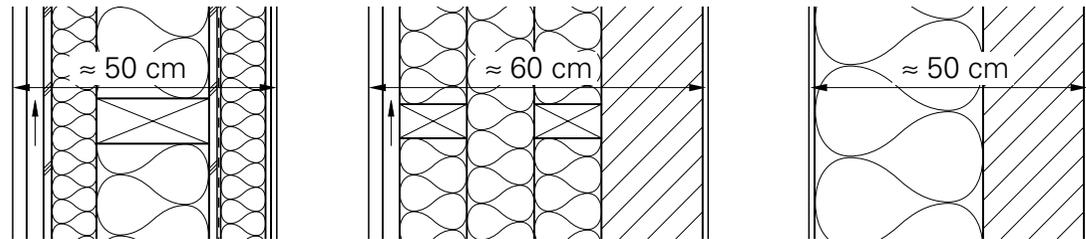


Bauteile für Baustandard 3: «Passivhaus»

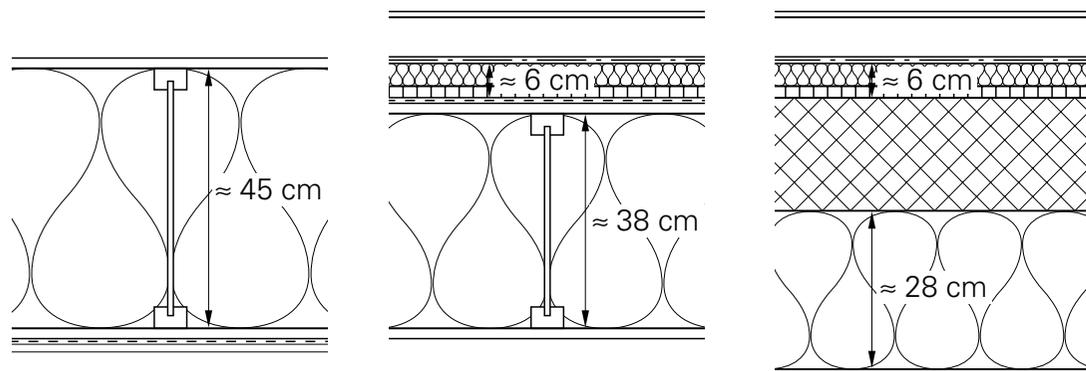
Dächer



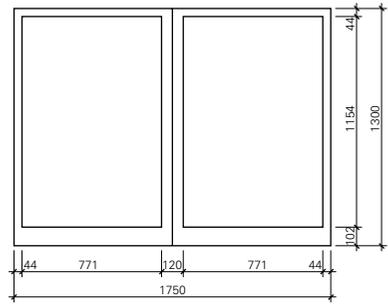
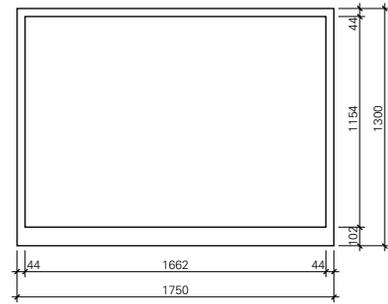
Aussenwände



Decken und Böden

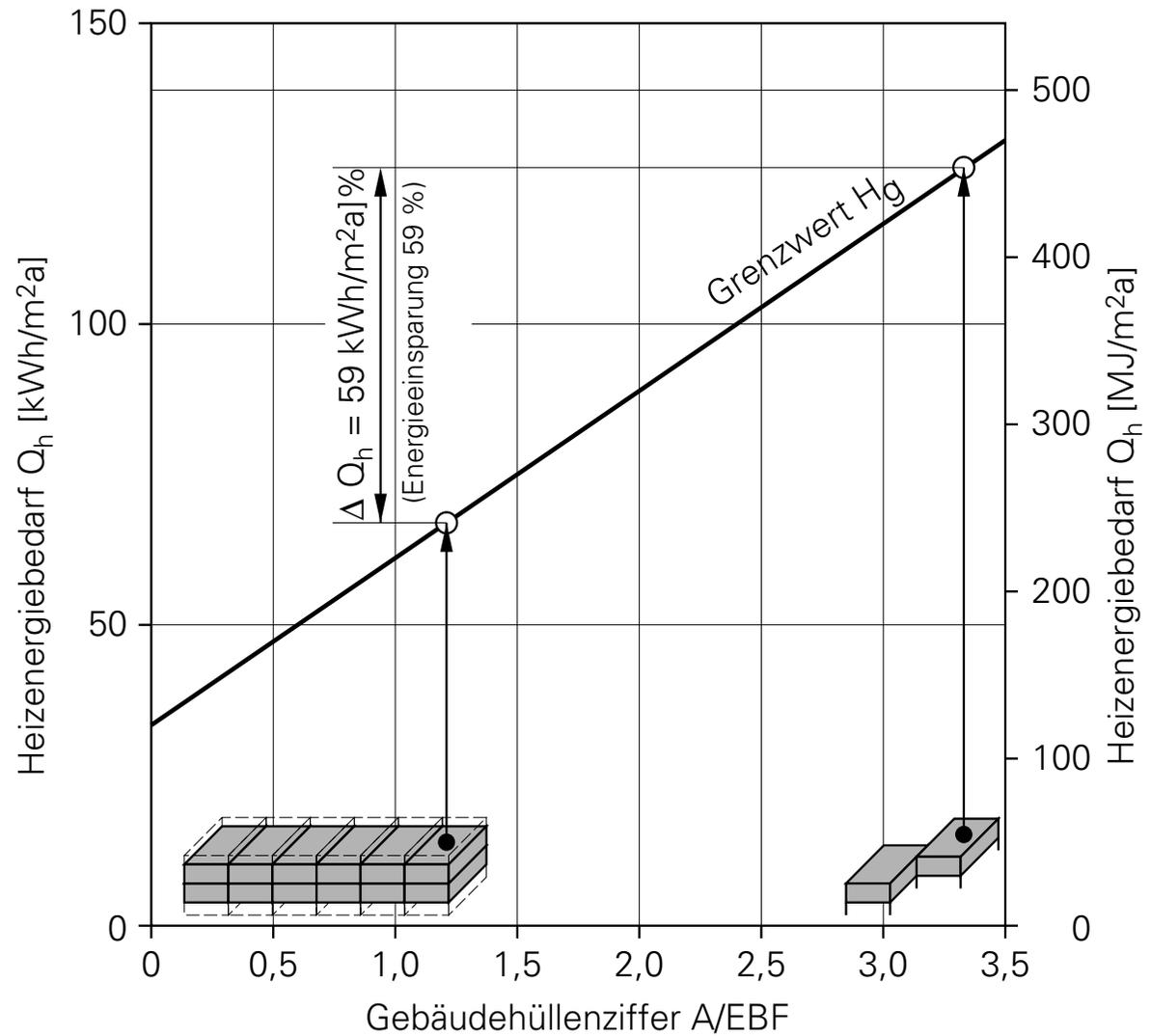


Auswirkung von Fenstergrösse, Rahmen und Glas auf die Energiebilanz des Fensters, in Abhängigkeit von der Orientierung (Klimastandort Zürich SMA)

Rahmen U_R [W/m ² K]	Glas U_G [W/m ² K]	g [%]	Randverbund Ψ_R [W/mK]	Orientierung										
					U_F [W/m ² K]	Q_t [kWh/a]	Q_g [kWh/a]	$Q_t - Q_g$ [kWh/a]	U_{Feq} [W/m ² K]	U_F [W/m ² K]	Q_t [kWh/a]	Q_g [kWh/a]	$Q_t - Q_g$ [kWh/a]	U_{Feq} [W/m ² K]
2,0	1,4	65	0,07	Süd	1,77	359	352	7	0,04	1,67	338	379	-41	-0,20
				West			209	150	0,74			225	113	0,56
				Ost			198	160	0,79			214	125	0,61
				Nord			97	261	1,29			105	233	1,15
2,0	1,1	61	0,05	Süd	1,47	297	330	-33	-0,16	1,37	277	356	-79	-0,39
				West			196	101	0,50			211	66	0,32
				Ost			186	111	0,55			201	76	0,38
				Nord			91	206	1,01			99	178	0,88
1,50	1,4	65	0,07	Süd	1,66	337	352	-15	-0,07	1,59	322	379	-57	-0,28
				West			209	128	0,63			225	97	0,48
				Ost			198	138	0,68			214	109	0,54
				Nord			97	239	1,18			105	217	1,07
1,50	1,1	61	0,05	Süd	1,36	275	330	-55	-0,27	1,29	261	356	-95	-0,47
				West			196	79	0,39			211	50	0,25
				Ost			186	89	0,44			201	60	0,30
				Nord			91	184	0,91			99	163	0,80
1,50	0,7	42	0,05	Süd	1,04	212	227	-15	-0,08	0,95	193	245	-52	-0,26
				West			135	77	0,38			146	47	0,23
				Ost			128	84	0,41			138	54	0,27
				Nord			63	149	0,73			68	125	0,61
1,50	0,5	42	0,05	Süd	0,89	180	227	-47	-0,23	0,78	158	245	-86	-0,43
				West			135	45	0,22			146	13	0,06
				Ost			128	52	0,26			138	20	0,10
				Nord			63	117	0,58			68	91	0,45

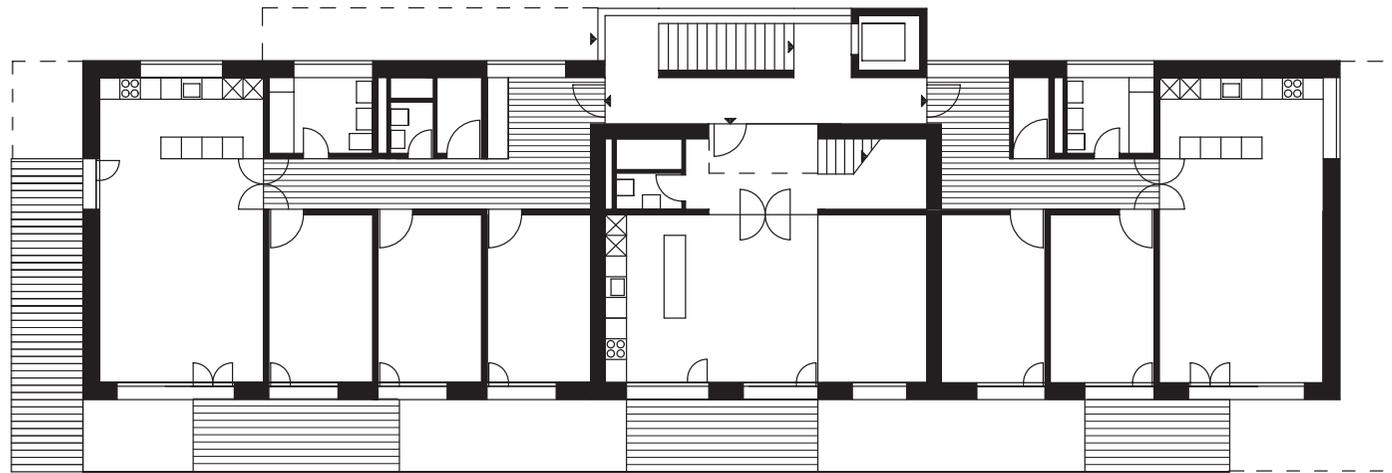
Optimum je Orientierung betreffend Energiebilanz

Einfluss der Gebäudeform auf den Energieverbrauch

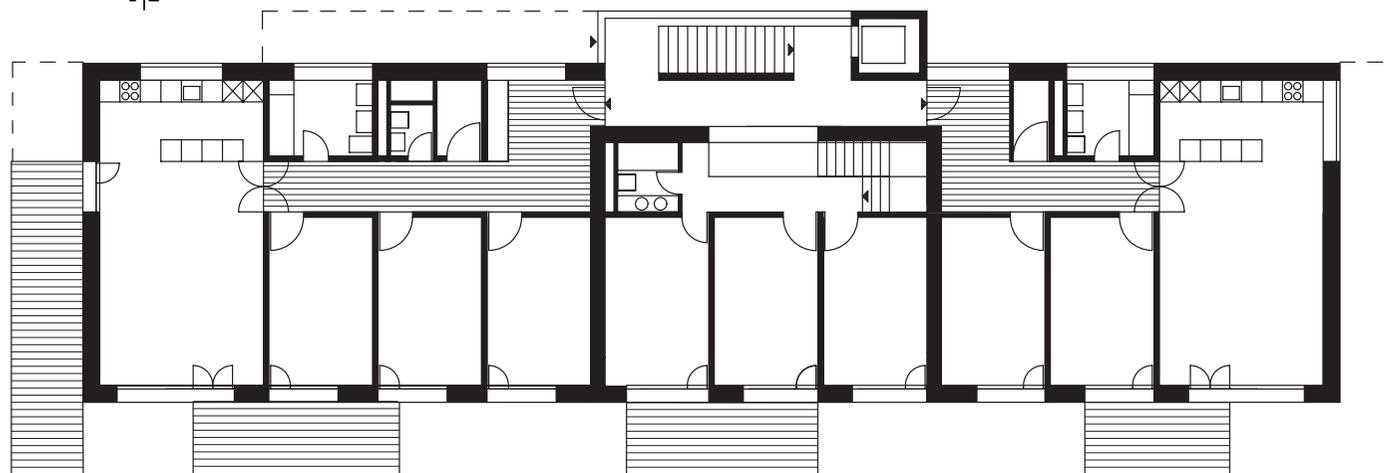


Mit zunehmend kompakterer Form wird auch der Heizenergiebedarf, bei analogen bautechnischen Randbedingungen, immer kleiner !

Gegenüberstellung eines Gebäudes mit drei unterschiedlichen Baustandards



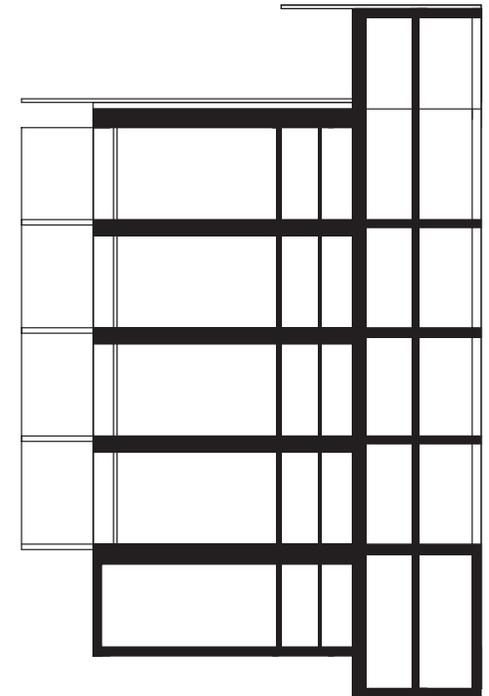
Erdgeschoss



Obergeschoss

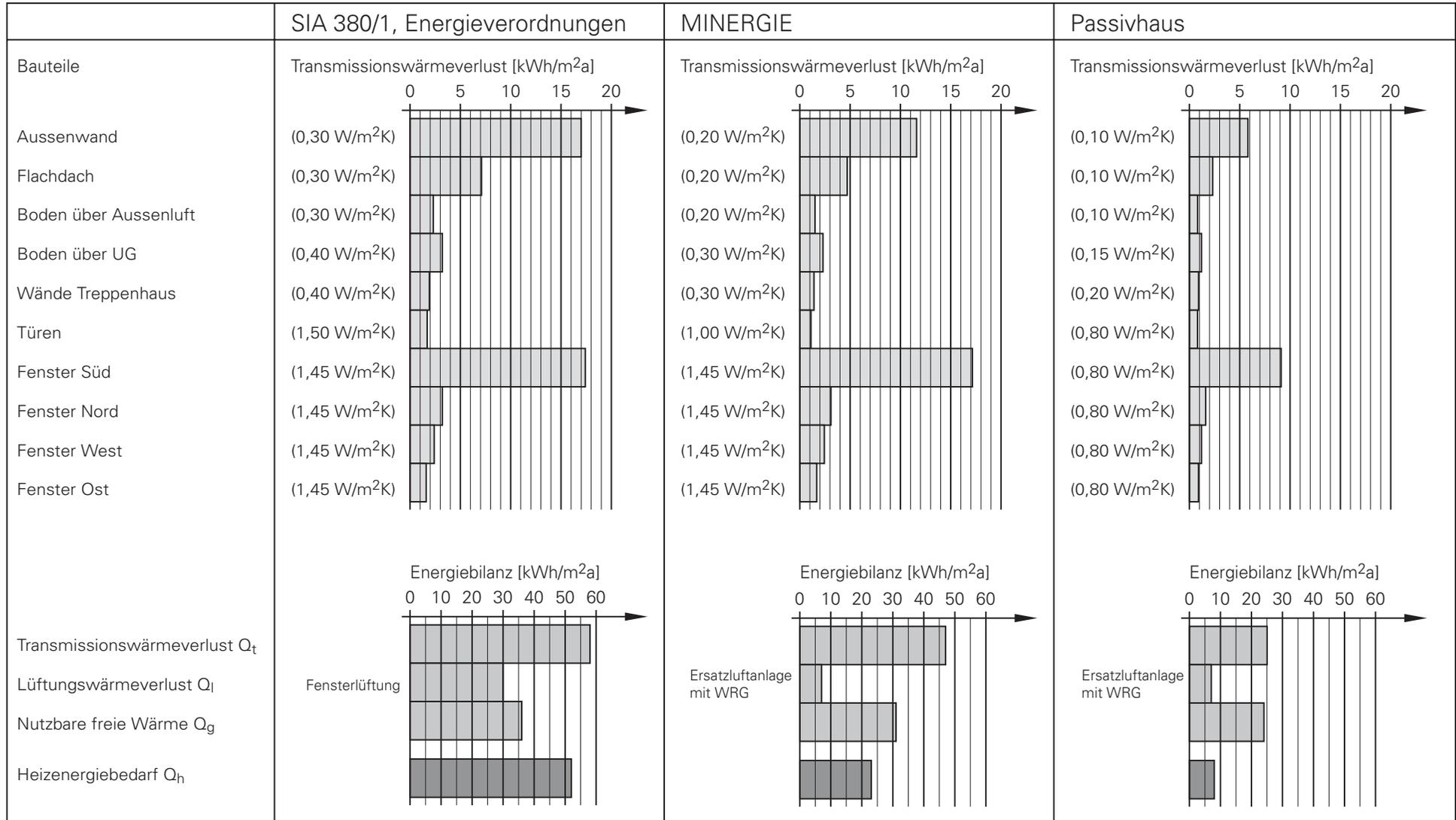
Projekt für Mehrfamilienhaus

Gebäudehüllenziffer $A/EBF = 1,34$
→ Grenzwert H_g
= $120 + 100 \cdot (A/EBF)$
= $254 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ bzw. $71 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



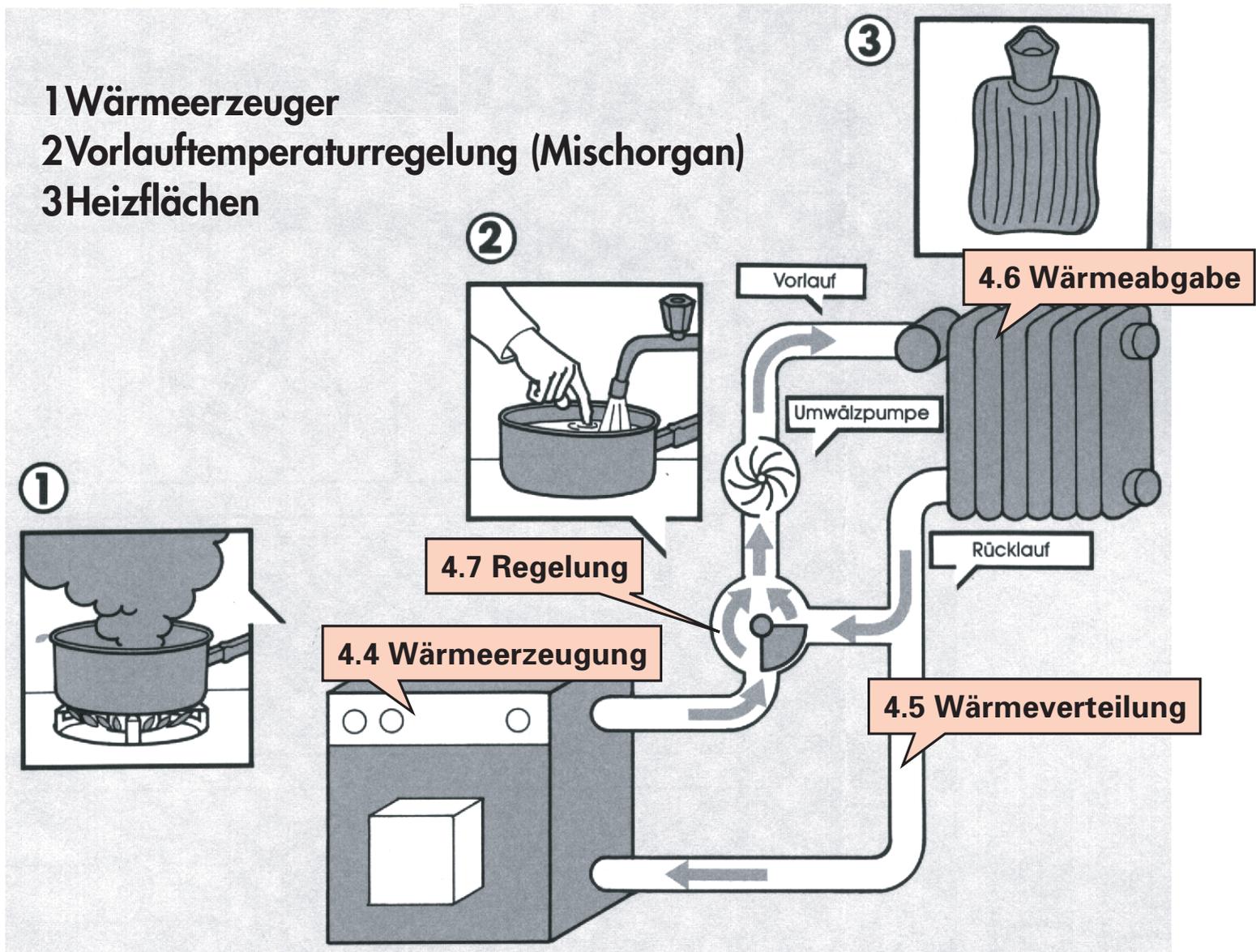
Querschnitt

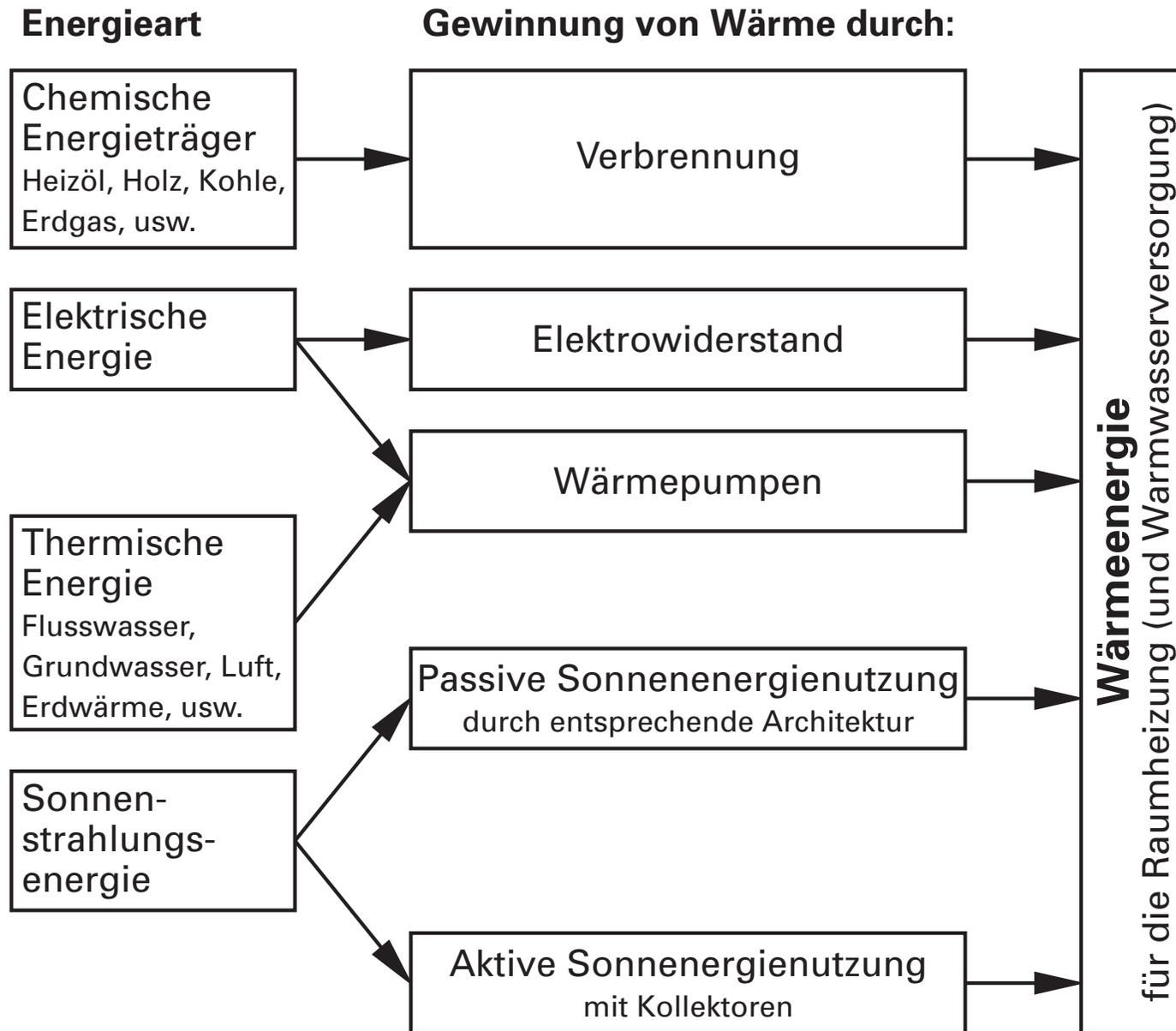
Gegenüberstellung eines Gebäudes mit drei unterschiedlichen Baustandards



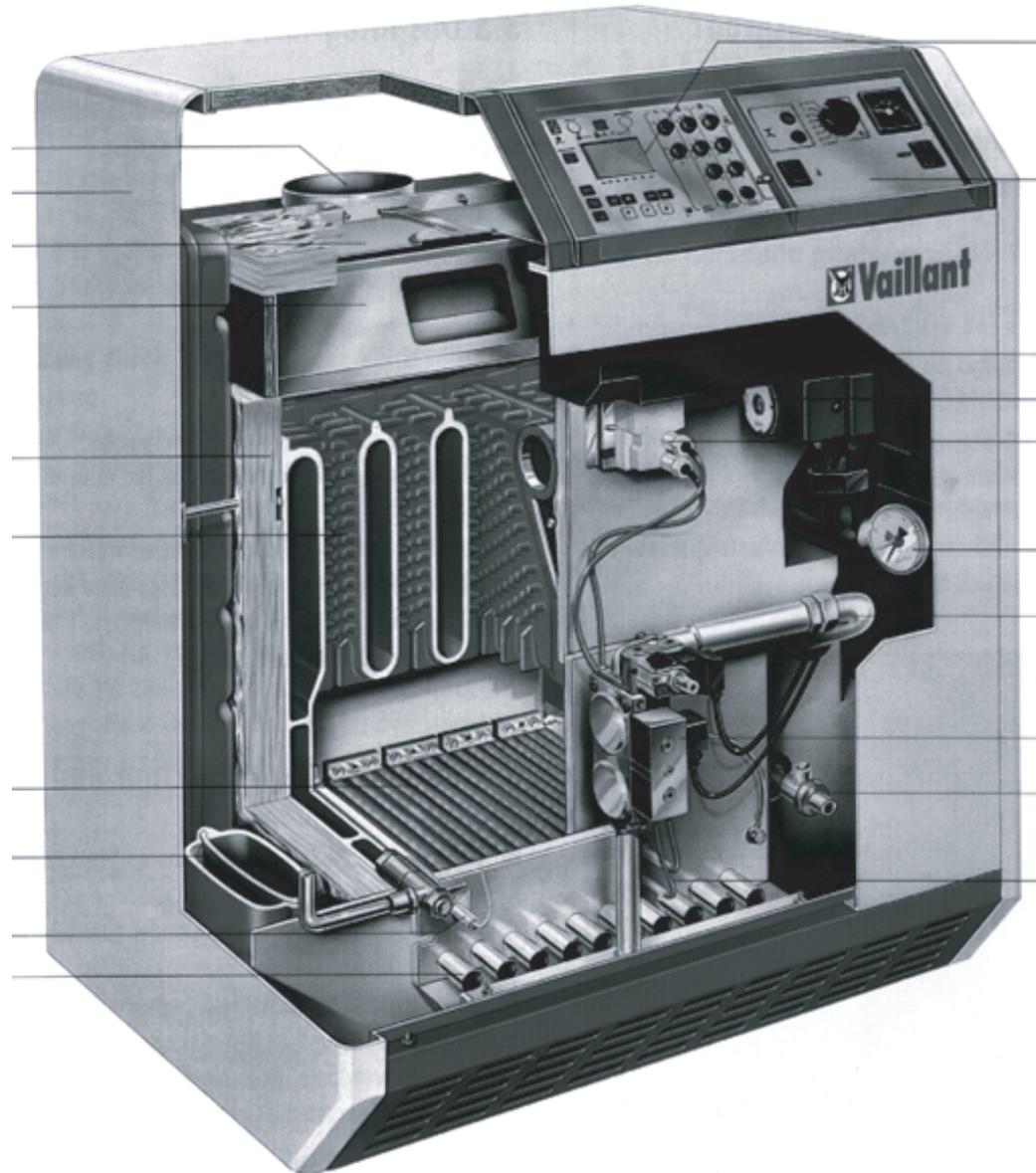
8.2 Haustechnik

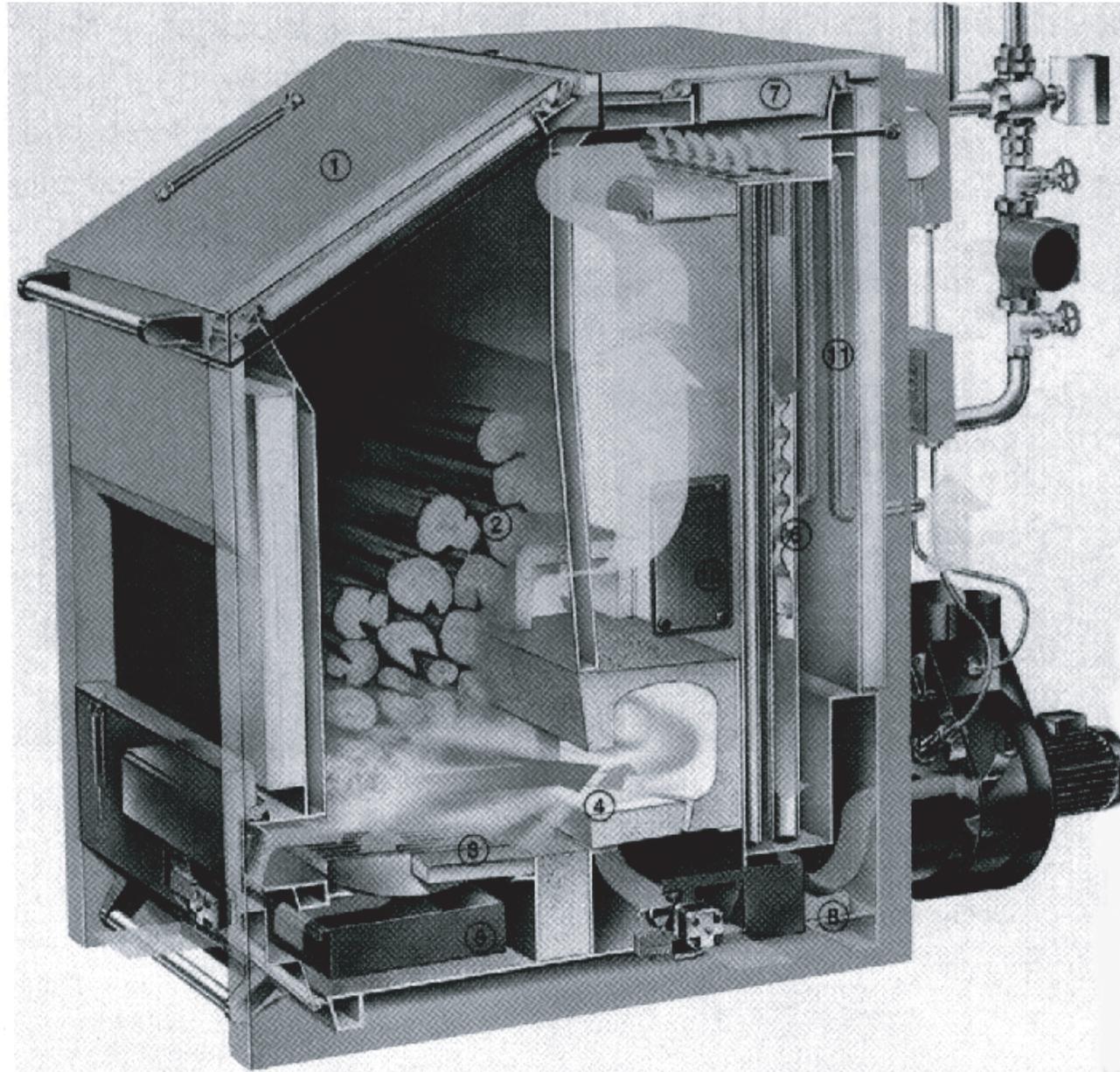
- 1 Wärmeerzeuger
- 2 Vorlauftemperaturregelung (Mischorgan)
- 3 Heizflächen

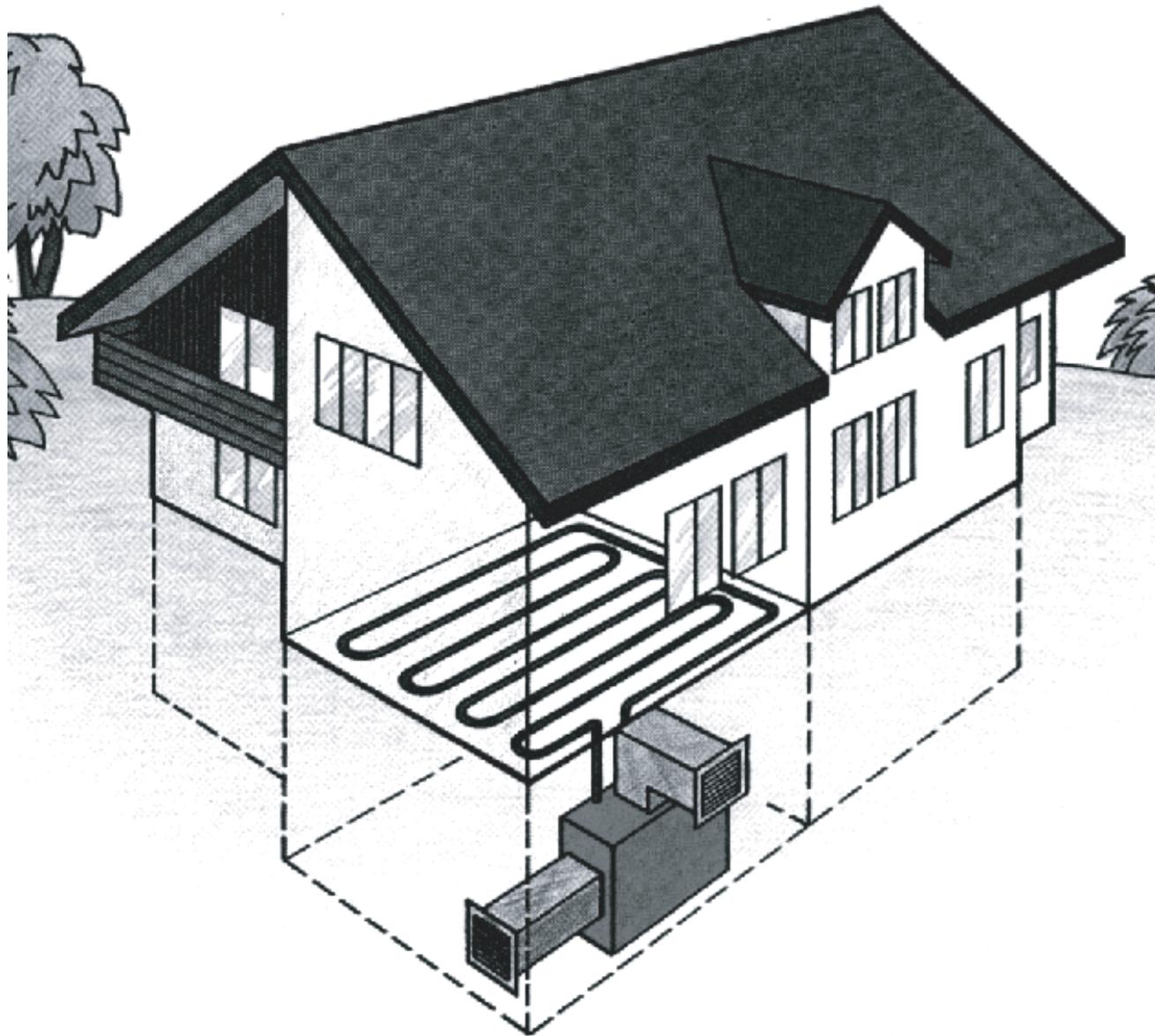




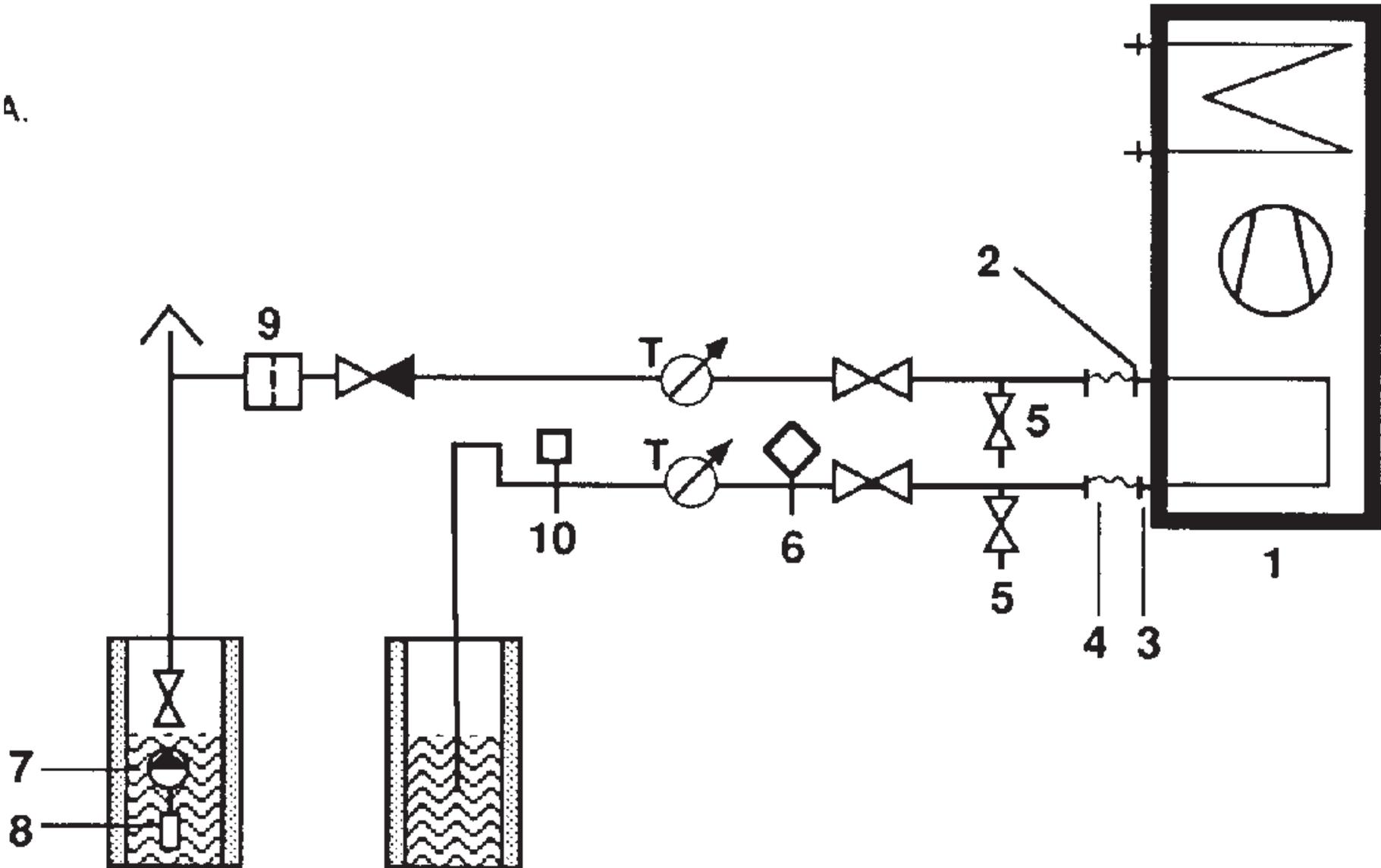




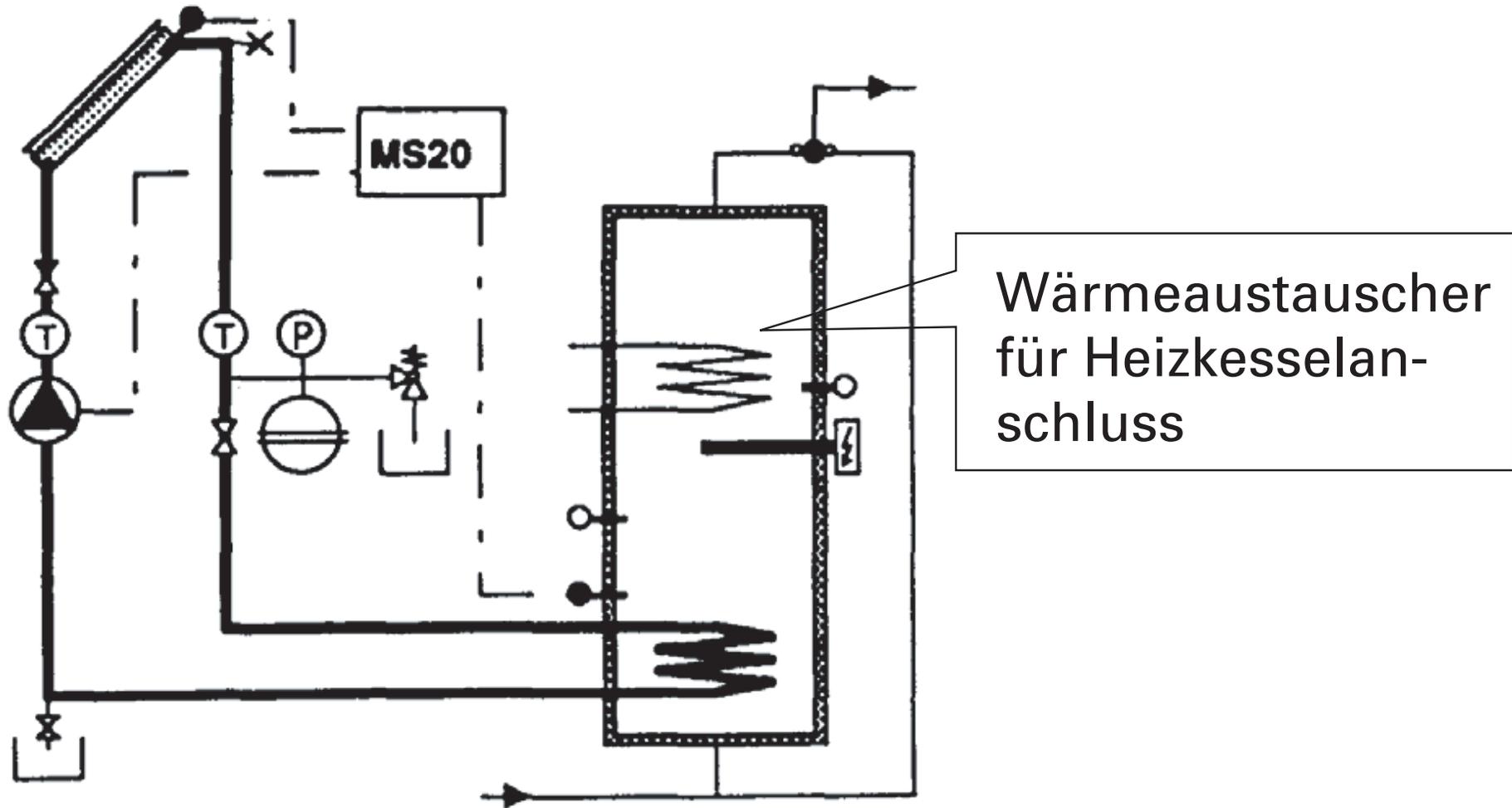


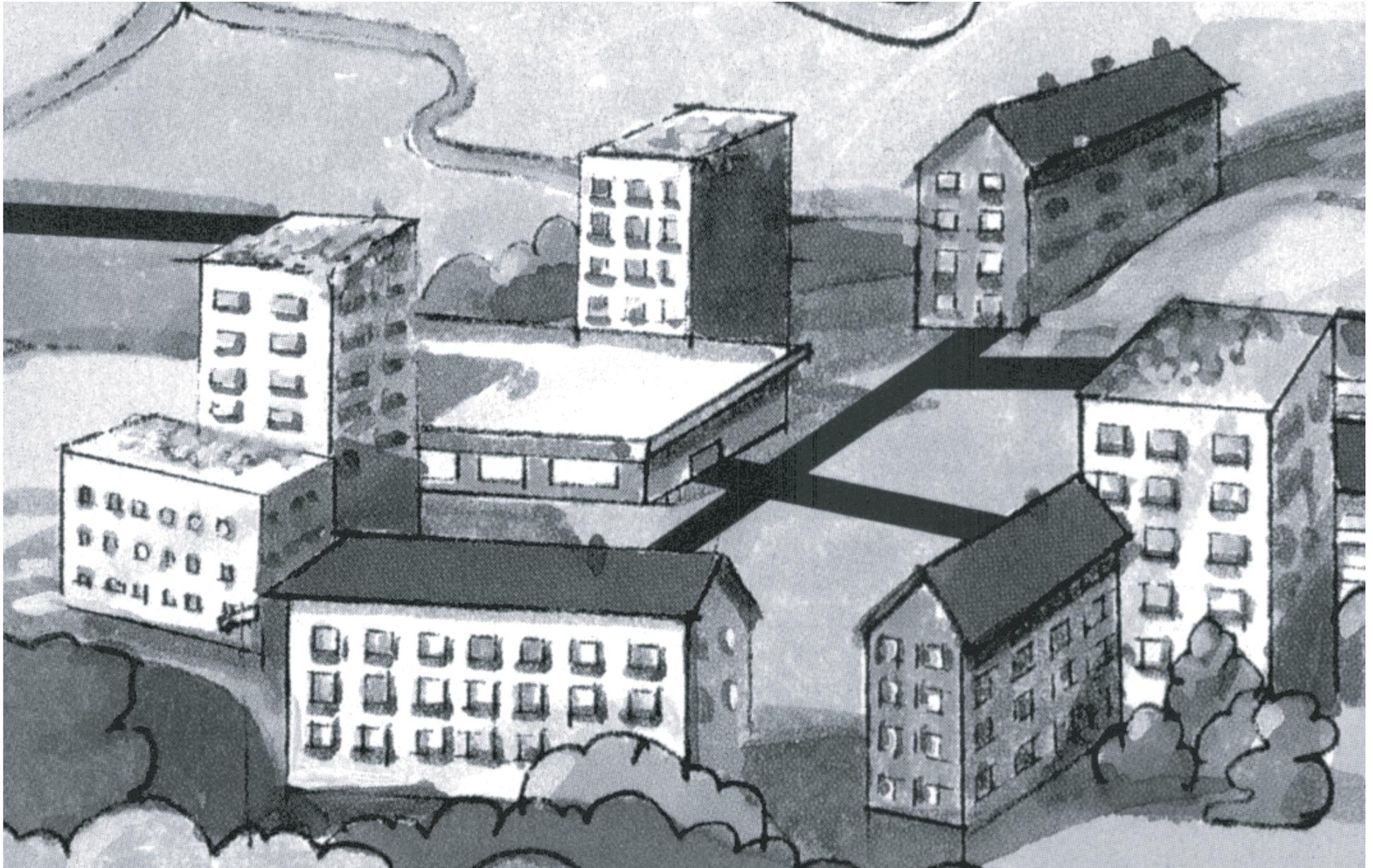


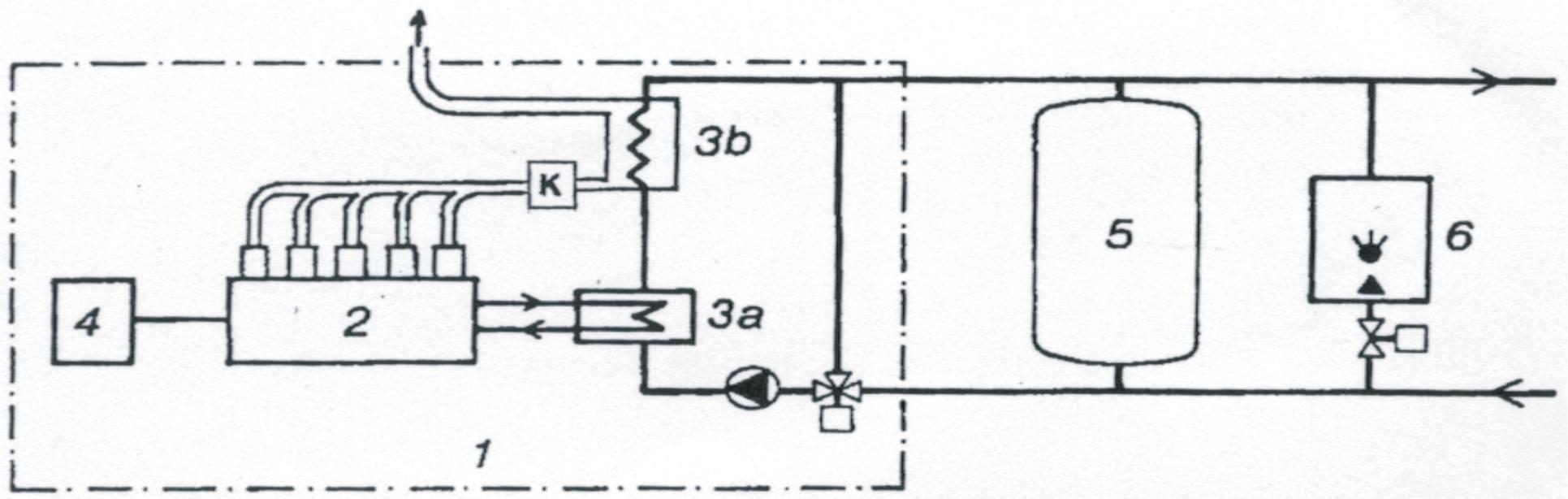
A.



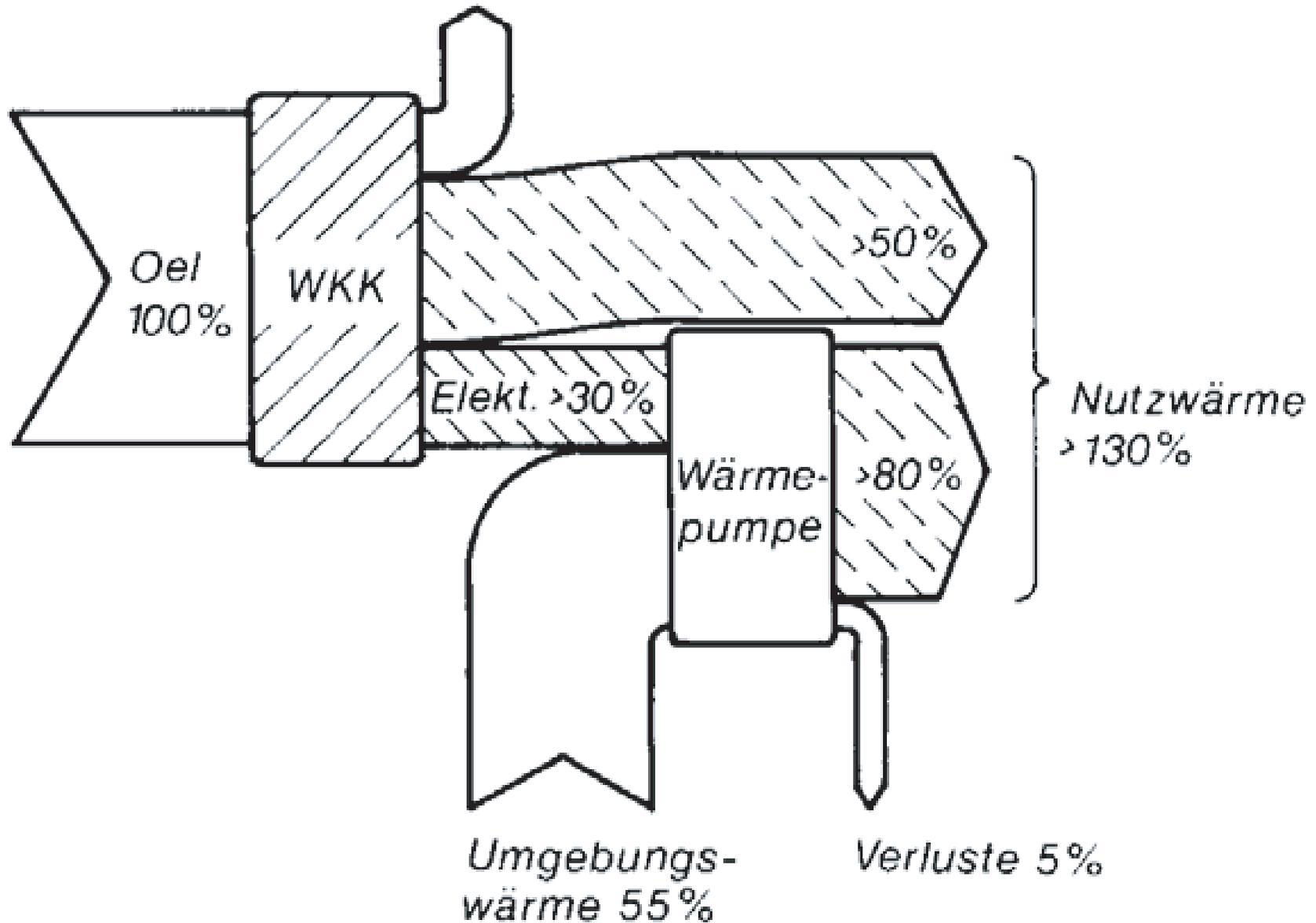


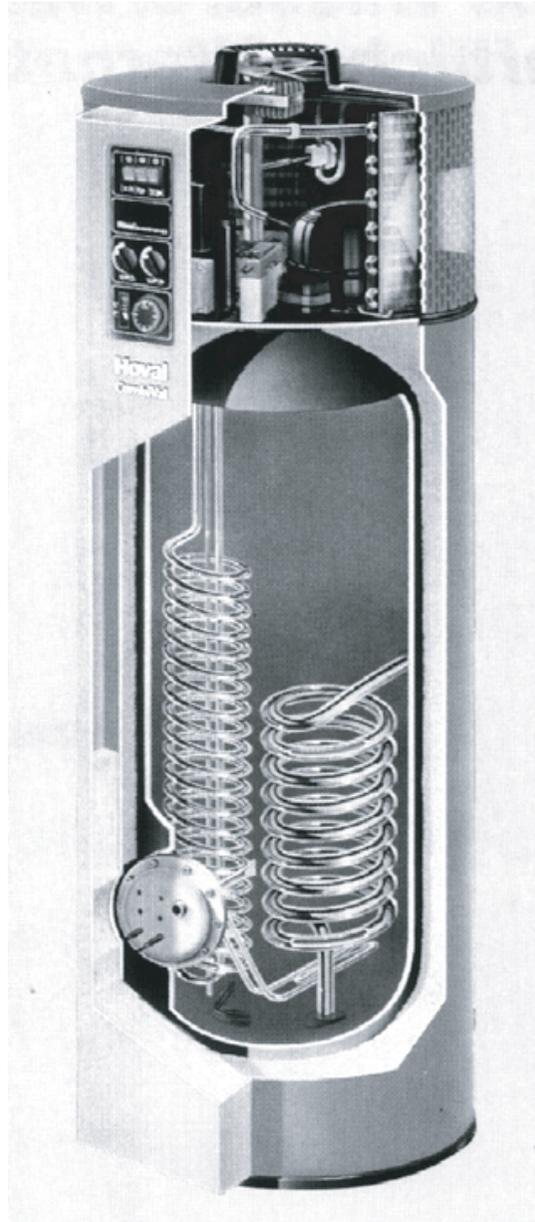


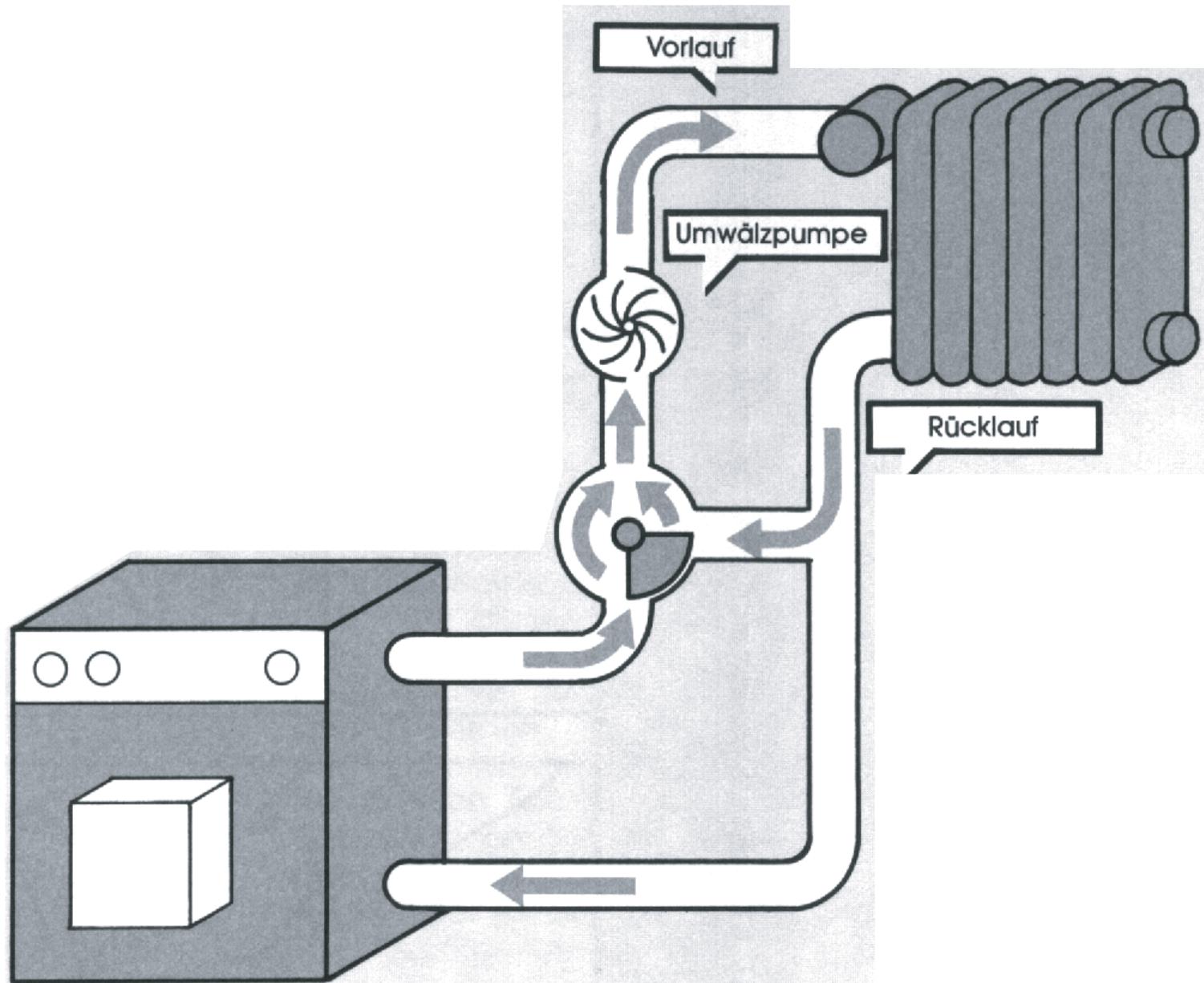


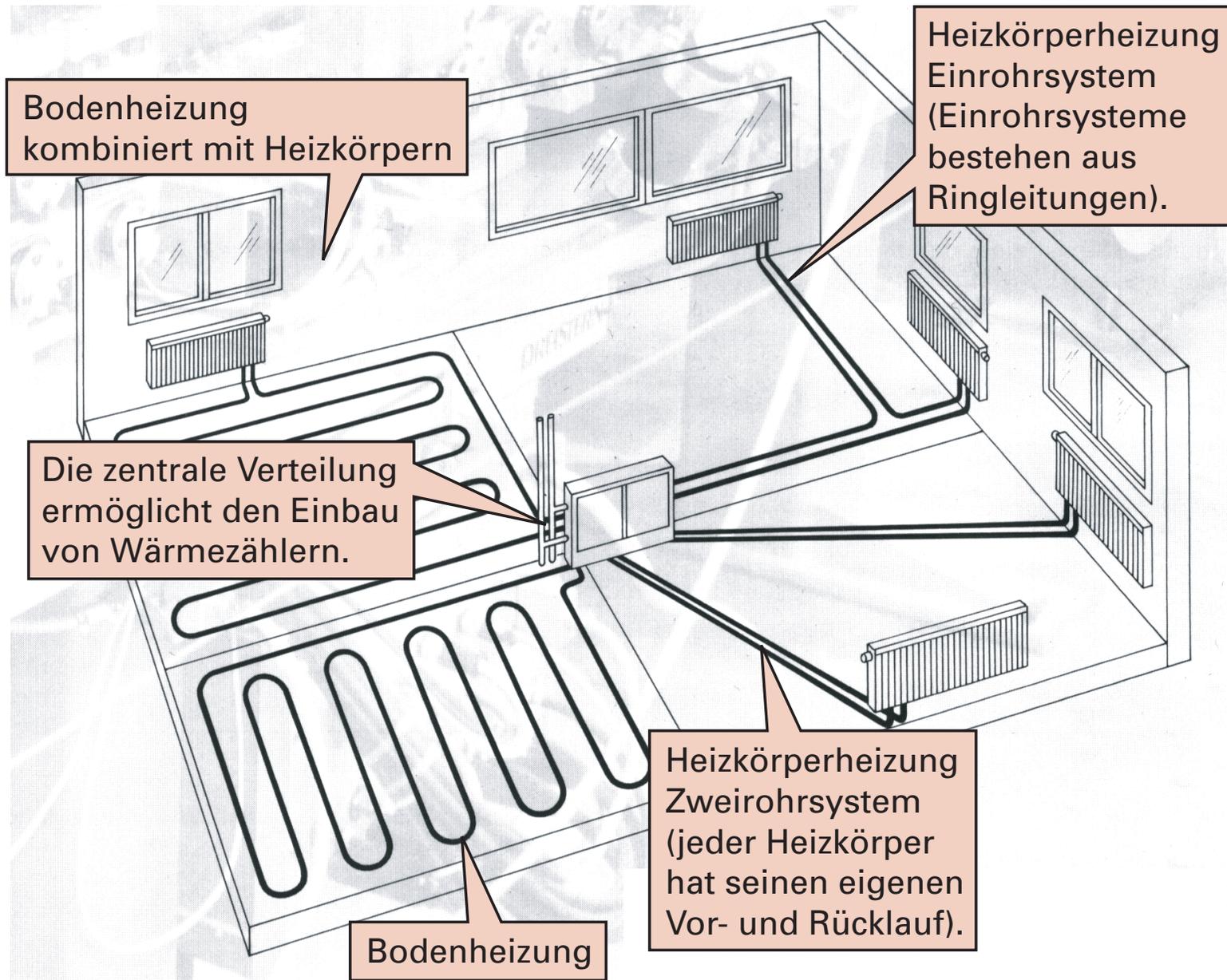


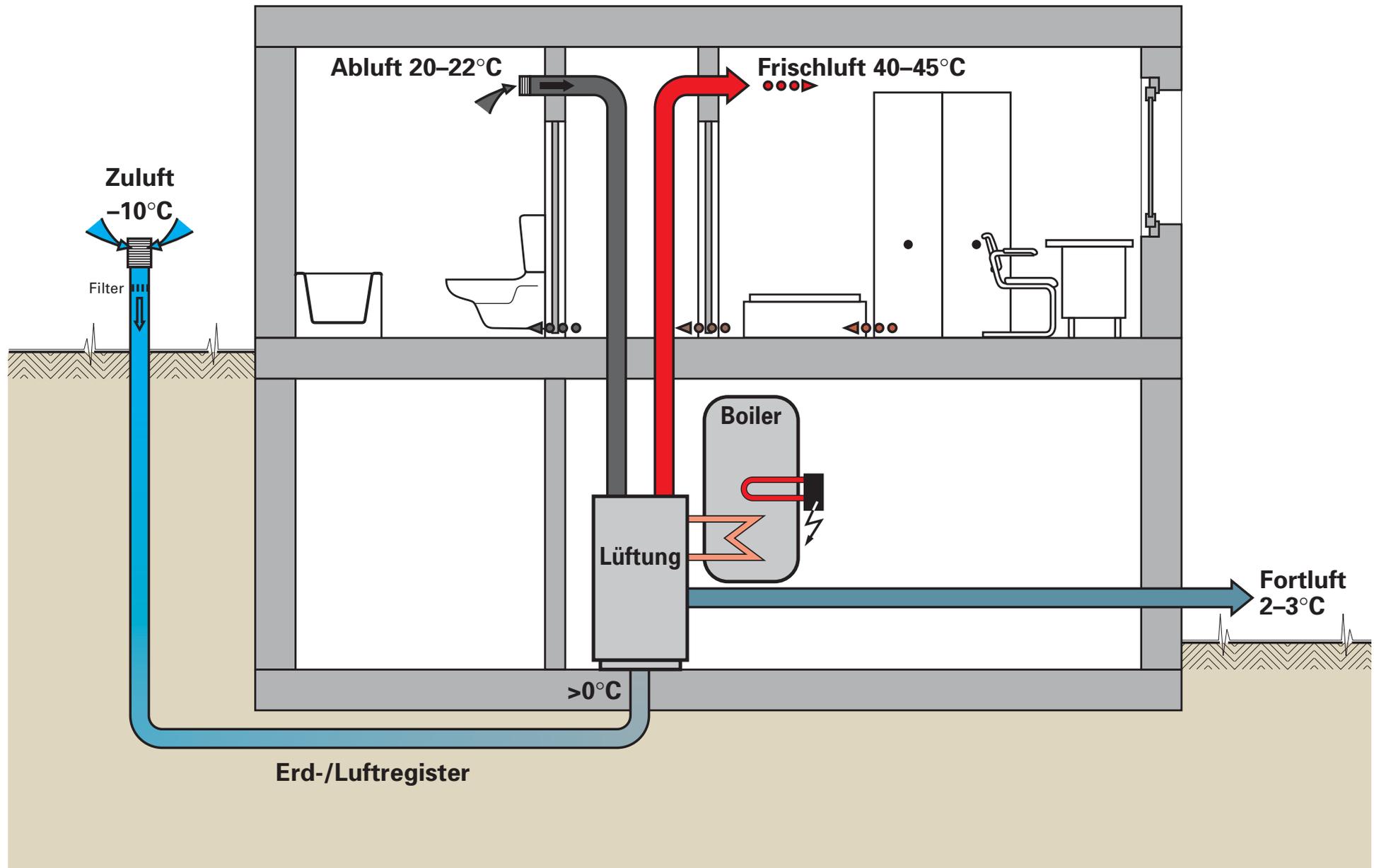
- 1 BHKW
- 2 Gas- oder Dieselmotor
- 3a Kühlwasser-
Wärmeaustauscher
- 3b Abgas-Wärmeaustauscher
- 4 Generator
- 5 Speicher
- 6 Spitzen-Heizkessel
- K Katalysator

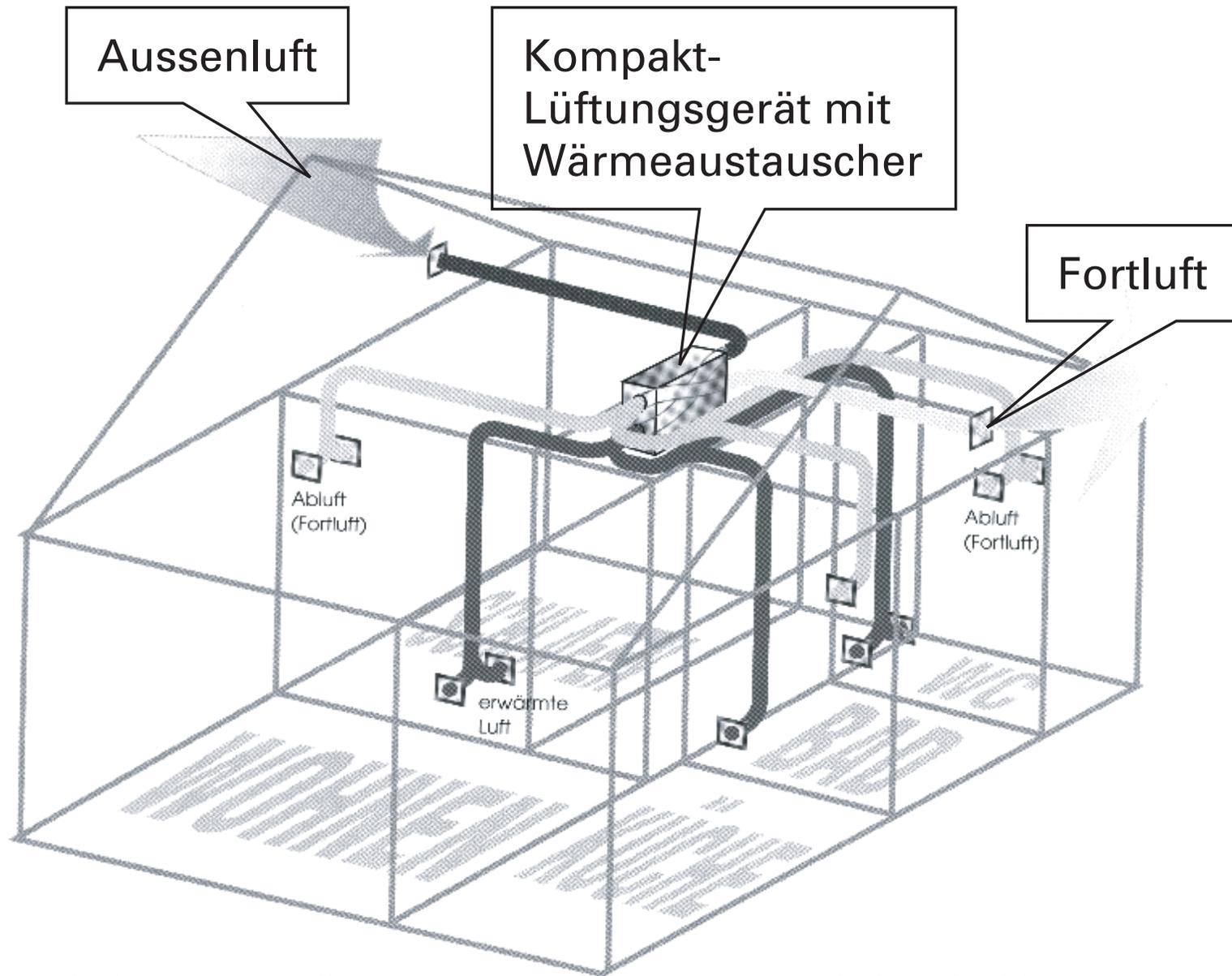


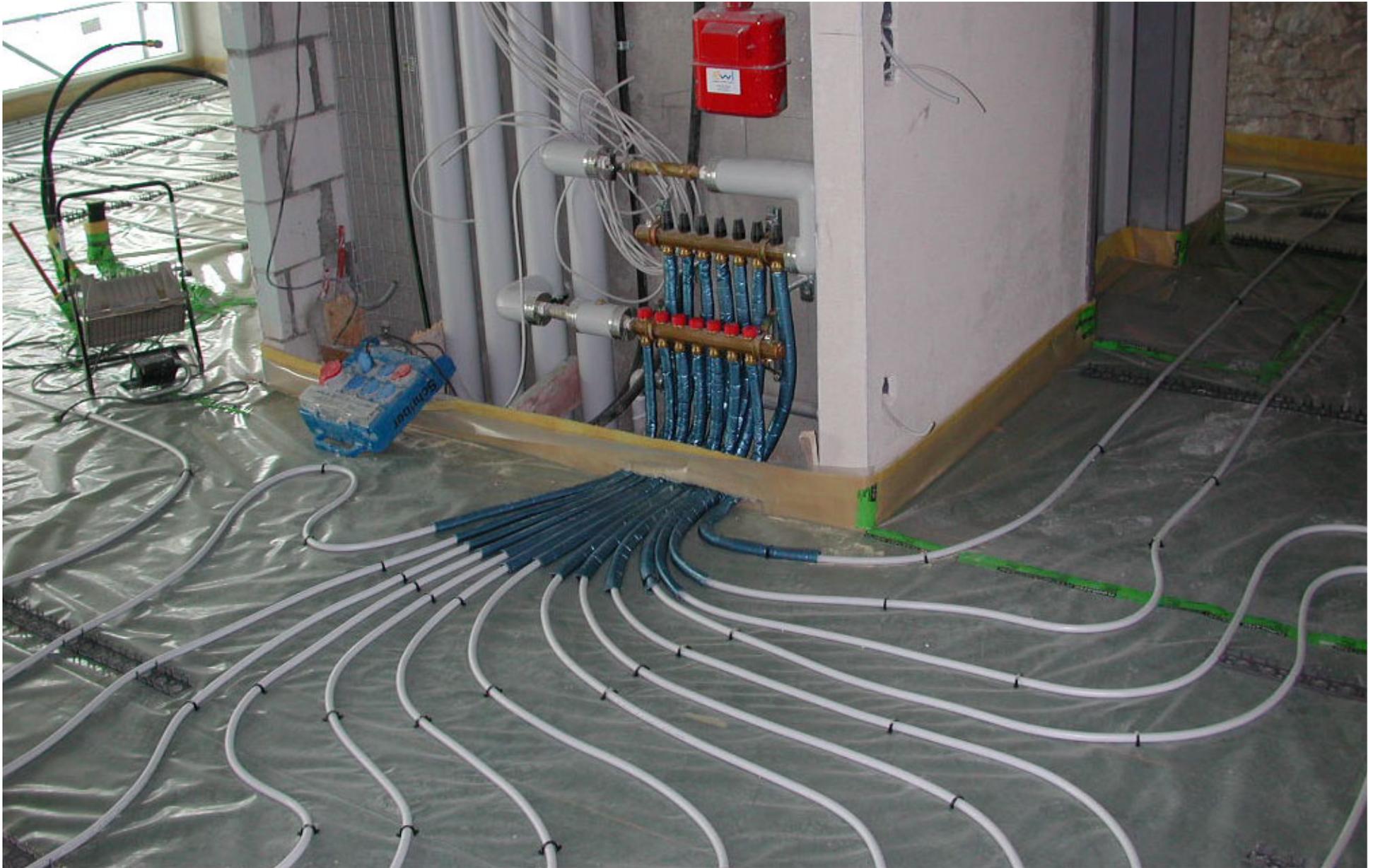


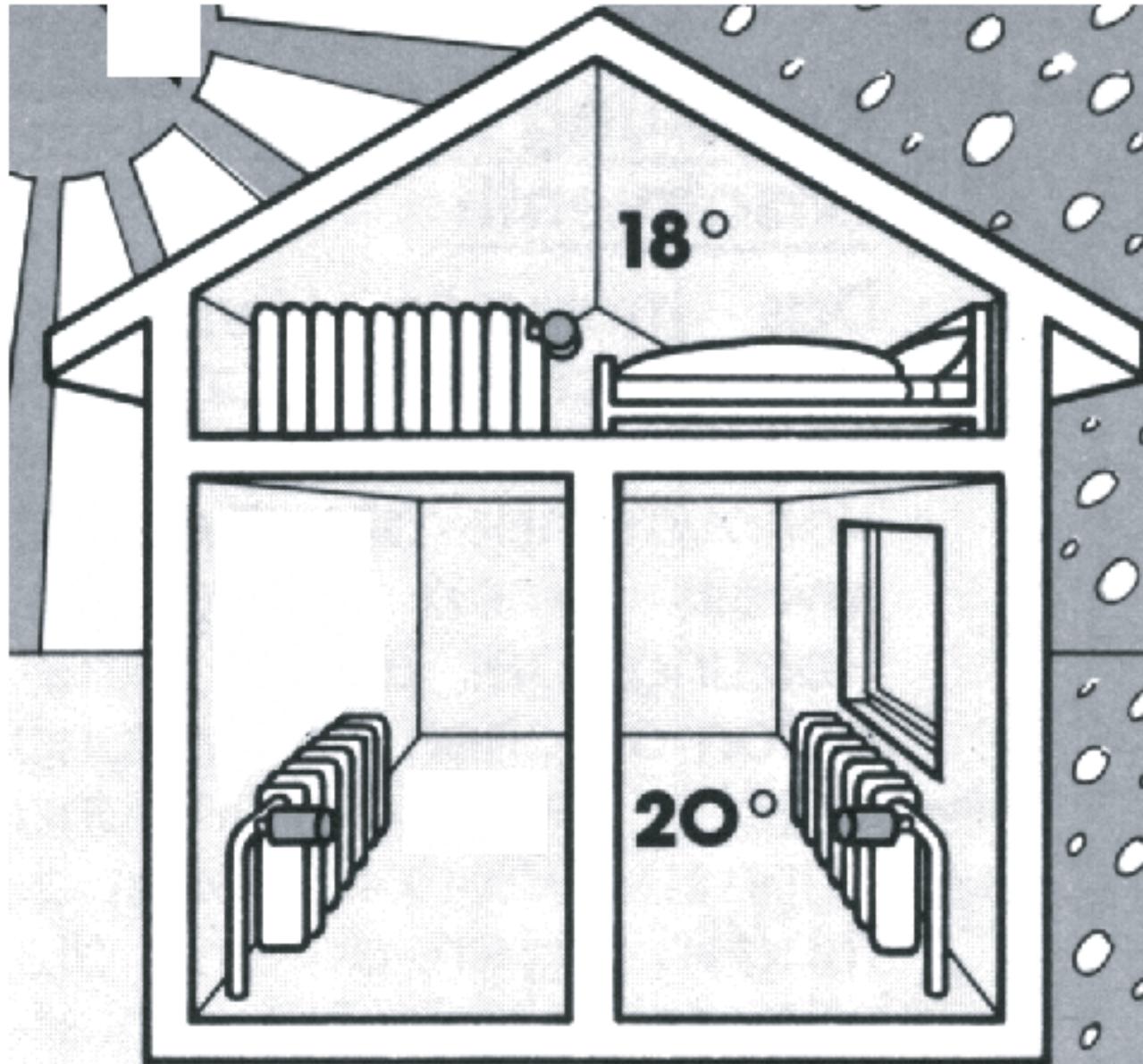




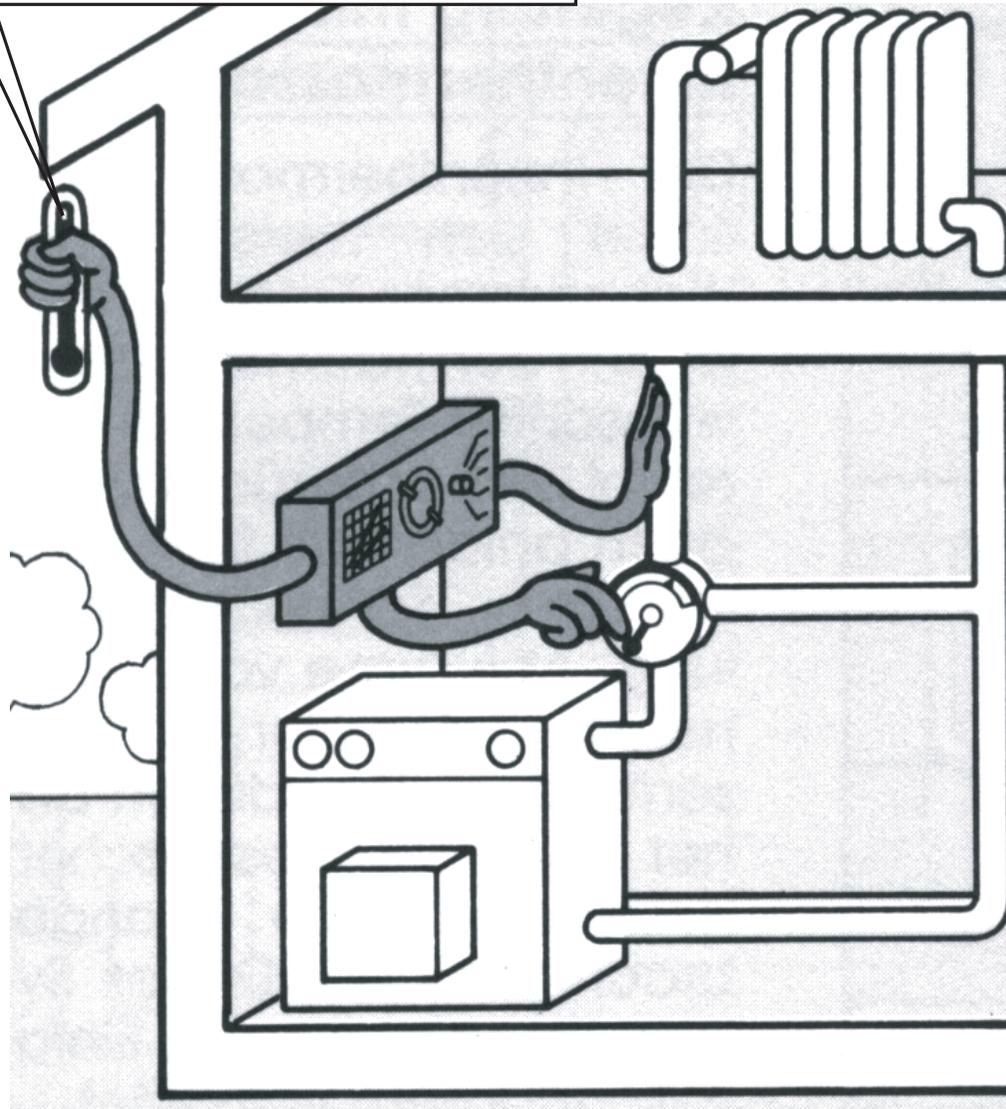


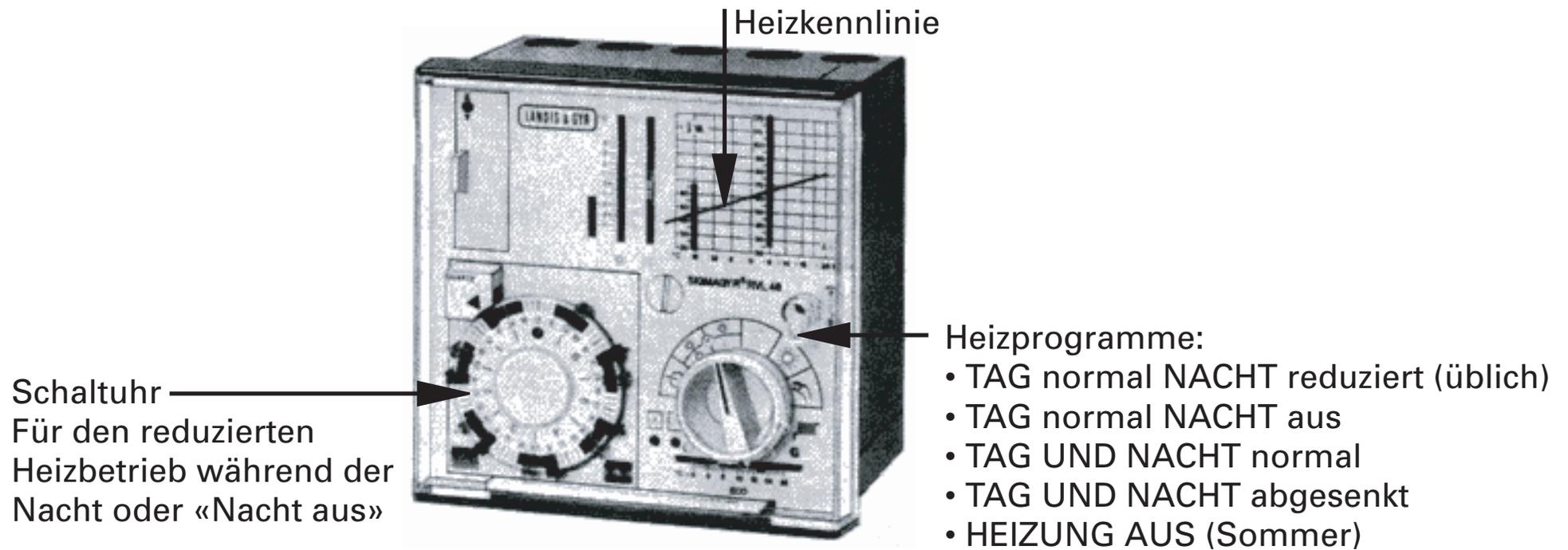


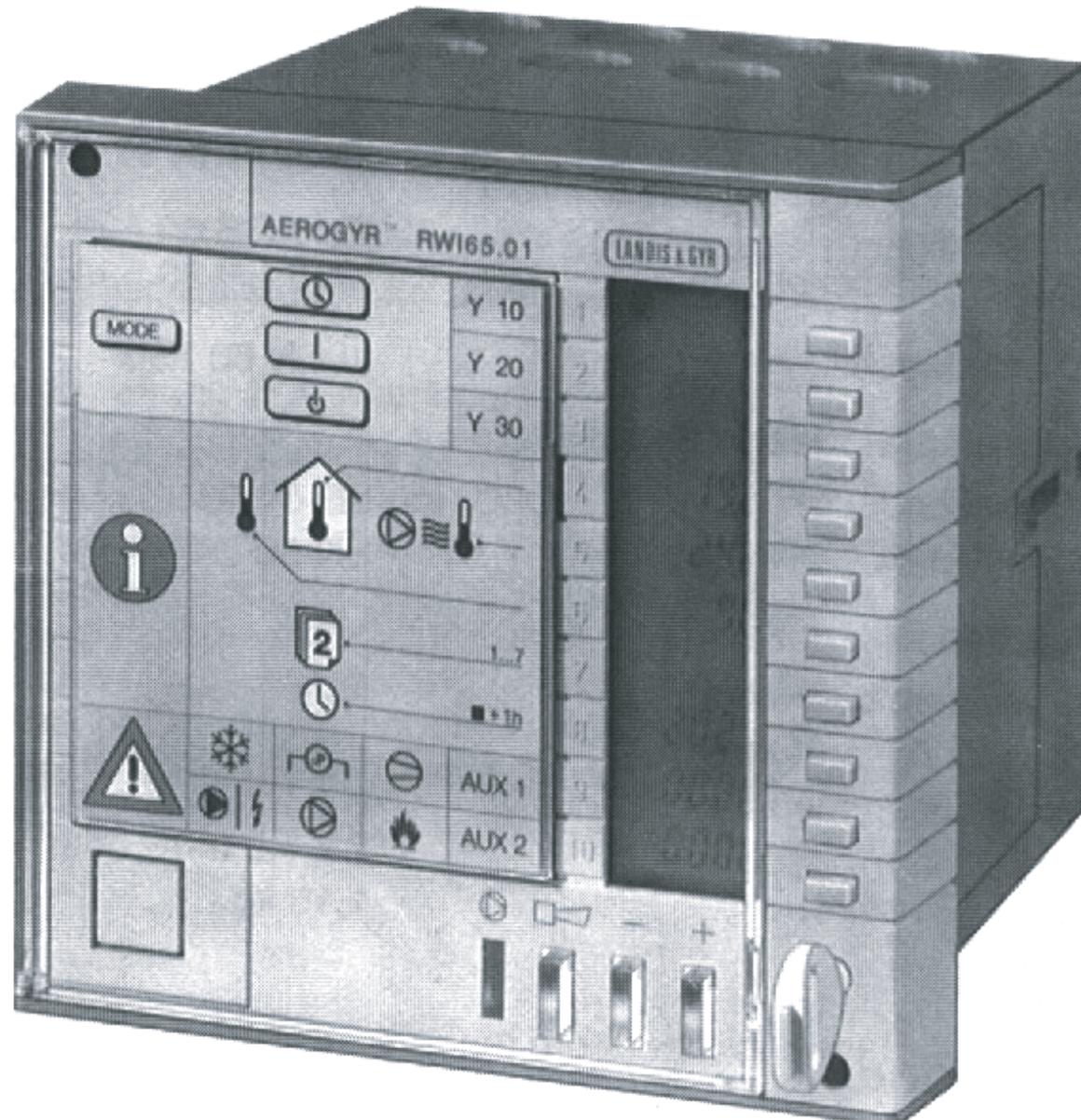


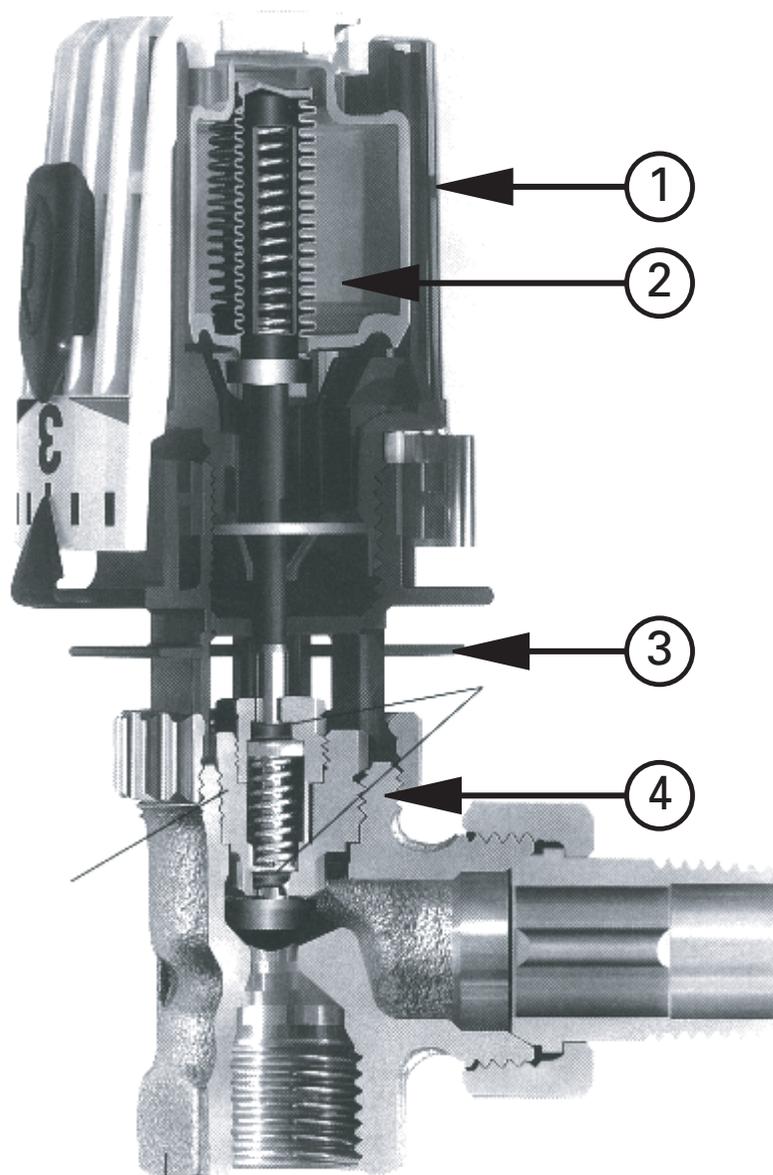


Aussentemperaturfühler









- 1 Handrad
- 2 Temperaturfühler
- 3 Übertragungstift
- 4 Ventilteller

Raum

1

2

3

