

# Gebäude energiegerecht planen und entwerfen

Energie im Unterricht, Module für Bauberufe: Modul 2

- 1 Einführung: Worum geht es ?**
- 2 Lernziele**
- 3 Vorschläge für den Unterricht**
- 4 Fachinformation**
  - **Klimagerechtes Bauen - traditionelle Beispiele**
  - **Behaglichkeit**
  - **Tageslicht**
  - **Klimaschutz**
  - **Gebäudekonzeption**
  - **Passive Sonnenenergienutzung**
- 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge**
- 6 Weiterführende Literatur**
- 7 Bild- und Textnachweis**
- 8 Vorlagen**



## 1 Einführung: Worum geht es ?

Dieses Unterrichtsmodul will den Einfluss von Umweltbedingungen (Sonne, Topografie, Klima) auf das Bauwerk aufzeigen. Die regionale Zweckarchitektur verstand es seit jeher, auf diese Verbindung zwischen dem Klima, den verschiedenen Jahreszeiten und dem Bauwerk zu reagieren.

Das heutige Bauen wird vor allem durch die Technik bestimmt und schliesst andere Möglichkeiten weitgehend aus. Das Innenklima unserer Bauten wird hauptsächlich mechanisch gesteuert, ohne dass vorhandene, natürliche Ressourcen, wie zum Beispiel die Sonne, berücksichtigt werden. Dabei kann eine klimagerechte Architektur unser Leben ohne Komforteinbusse sowohl vereinfachen wie auch bereichern.

Eine klimagerechte Architektur benötigt weniger technische Installationen und damit auch weniger Unterhalt. Sie ist ressourcenschonend und verursacht weniger Umweltverschmutzung. Die Berücksichtigung von klimatischen und energetischen Parametern ist Bestandteil der passiven Solararchitektur.

## 2 Lernziele

Mit diesem Modul sollen die Lernenden der Bauberufe für die Fragen des energiegerechten und ressourcenschonenden Planens und Bauens sensibilisiert werden. Mit einfachen Skizzen wird versucht, die unterschiedlichen Randbedingungen und Voraussetzungen eines Projektes zu erläutern.

### Die Ziele sind: Die Lernenden ...

- erläutern die Einflüsse von Topografie, Orientierung und Form des Gebäudes auf den Energieverbrauch
- stellen einfache passive Systeme zur Sonnenenergienutzung dar
- verstehen wichtige Zusammenhänge zwischen Tageslichtnutzung und Energieverbrauch
- zählen die Einflussfaktoren auf, die sich auf die Wohnbehaglichkeit positiv oder negativ auswirken.

### 3 Vorschläge für den Unterricht

Alle Vorlagen in Kapitel 8 sind zur Weiterverwendung im Unterricht bestimmt (Folien für Overheadprojektion, Fotokopien für Schüler). Wichtigste Grundlage für Unterrichtende bilden neben der Fachinformation in Kapitel 4 die Norm SIA 380/1 «Thermische Energie im Hochbau» und die eidgenössischen und kantonalen Energiegesetze.

Als Einstieg eignet sich auch das Video «Sonne und Energie» aus dem Impulsprogramm PACER des ehemaligen Bundesamtes für Konjunkturfragen.

## 4 Fachinformation

### 4.1 Klimagerechtes Bauen - traditionelle Beispiele

Im ländlichen Gebiet verstanden es die Baumeister seit jeher, richtig auf das Klima (Kälte, Hitze, Regen, Wind) zu reagieren:

- Eine dem Ort angepasste Gebäudeform, die Wind und Wetter wenig Angriffsfläche bietet und thermische Verluste minimiert
- Unbeheizte Pufferzonen wie Stall und Scheune im Norden, welche den gegen Süden orientierten Wohnraum schützen
- Im Süden die Räume, die für den dauernden Aufenthalt von Personen bestimmt sind
- Mauern, welche durch ihre Masse und Trägheit die Wohnräume vor zu grossen Temperaturschwankungen schützen.

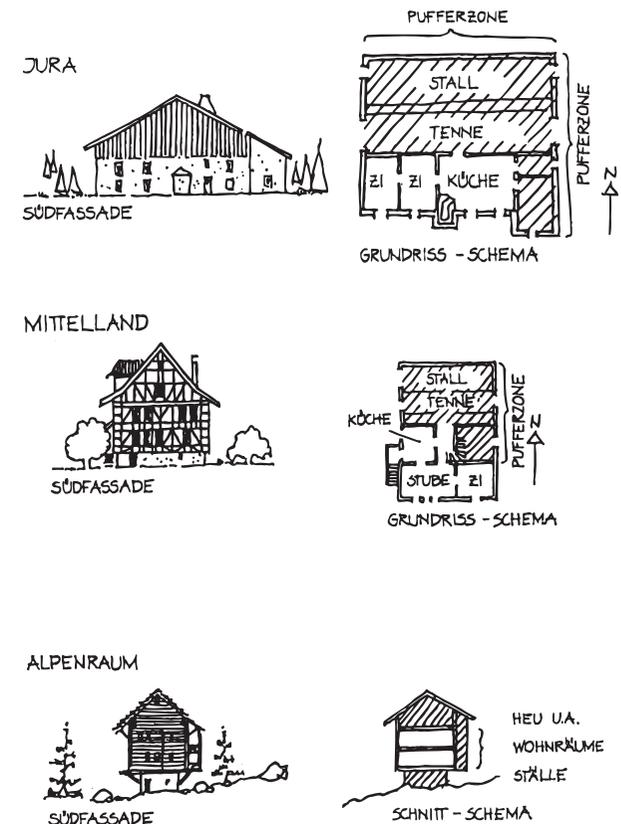


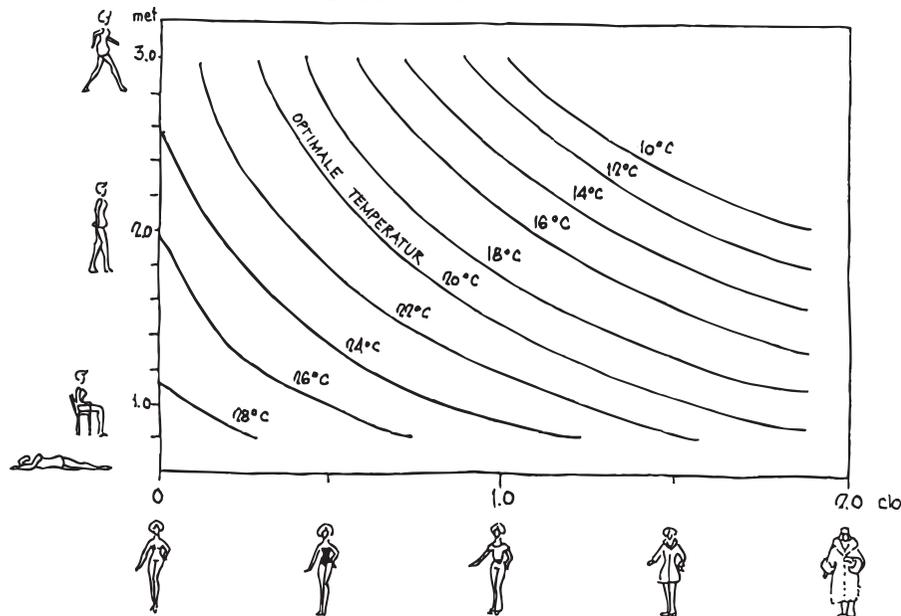
Abb. 1

## 4.2 Behaglichkeit

Ein Hauptziel jeder Bautätigkeit ist, ein gesundes und angenehmes Innenklima herzustellen und den dazu erforderlichen Energieverbrauch zu begrenzen. Jeder Mensch nimmt die Umweltbedingungen unterschiedlich wahr. Diese Umweltbedingungen sind abhängig vom Klima, den Jahreszeiten, dem Lebensstil, der Gesundheit etc. Obwohl die Wahrnehmung von Komfort und Behaglichkeit subjektiv sind, können wir, unter Berücksichtigung folgender Parameter, einige allgemein gültige Grundsätze aufstellen.

### Wärmehaushalt

Die Behaglichkeitsgefühl hängt ab vom thermischen Gleichgewicht des Körpers bei möglichst tiefem Aktivitätsniveau.



Das «met» entspricht einer Leistung von 58 W verteilt auf 1 m<sup>2</sup> Körperoberfläche.

Das «clo» entspricht einem thermischen Widerstand der Bekleidung von 0,155 m<sup>2</sup>K/W.

Abb. 2

Die Wärmeempfindung ist abhängig vom Stoffwechsel, der körperlichen Aktivität und der Kleidung der Person sowie von der Lufttemperatur, den Wandoberflächentemperaturen und den Luftbewegungen. Die Grafik von Abb. 2 (basierend auf den Untersuchungen von P.-O. Fanger) bezeichnet die für einen Bewohner ideale Raumlufttemperatur unter Berücksichtigung seines Stoffwechsels und der Bekleidung sowie einer Luftbewegung von 0,1 m/s und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 %.

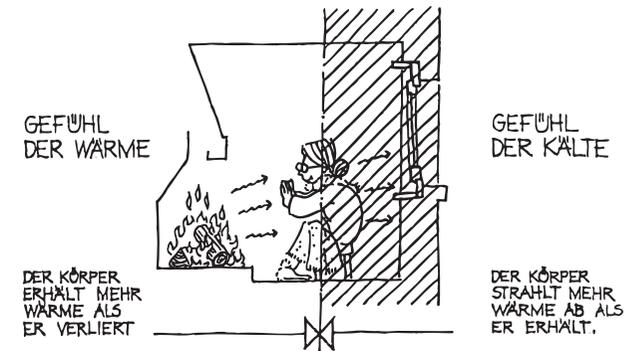


Abb. 3

Nicht oder kaum isolierte Aussenwände bewirken einen subjektiven Kälteeindruck, obwohl die Raumlufttemperatur mehr oder weniger konstant bleibt. Ursache ist die tiefe Oberflächentemperatur, welche einen Wärmestrahlungsverlust zur Folge hat.

Bei einer genügend gedämmten Aussenwand spürt man dieses thermische Ungleichgewicht nicht.

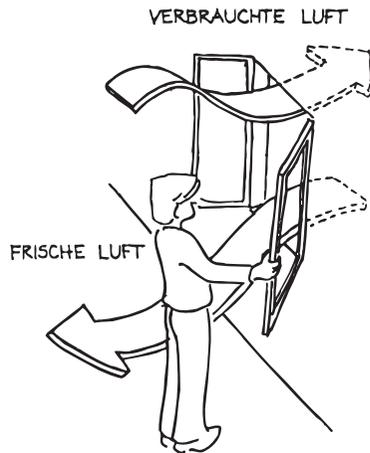


Abb. 4

### Lüftung

Qualitativ gute Luft enthält sehr wenig schädliche Substanzen und hat eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 35 und 65 %. Schädliche Substanzen wie CO<sub>2</sub>, Radon, Zigarettenrauch etc. sowie die durch Haushaltsapparate und schwitzende Personen ansteigende Luftfeuchtigkeit müssen mit der Lüftung entfernt werden.

Der Luftwechsel hängt vom Frischluftbedarf pro Person und vom Raumvolumen ab. Man rechnet im Normalfall mit einer Lüfterneuerung von 12 bis 15 m<sup>3</sup> Luft pro Person und Stunde (für rauchende Personen 30 bis 70 m<sup>3</sup>).

Im Winter muss die verbrauchte, warme Innenluft durch kalte Aussenluft ersetzt werden. Richtiges Lüften sollte nach dem Kochen, Rauchen etc. erfolgen, um eine unnötige Auskühlung der Räumlichkeiten (Mauern, Boden, Decken) zu vermeiden. Eine günstige Positionierung der Fenster beschleunigt die Lüfterneuerung.

Luft, die sich in Bewegung befindet, beschleunigt den Verdunstungsvorgang.

Eine kontrollierte Lüftung erhöht den Komfort und spart Heizkosten. Der verbrauchten Luft aus Bad, WC, Küche wird mit Hilfe eines Wärmeaustauschers die Energie entzogen. Gleichzeitig wird die Frischluft vorgewärmt und in die verschiedenen Wohnräume eingblasen.

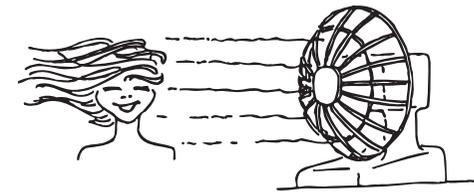


Abb. 5

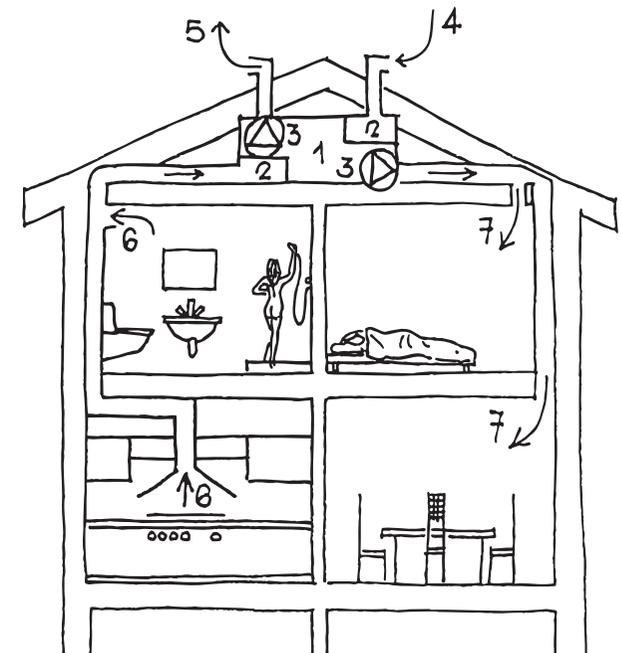


Abb. 6

- 1 Wärmeaustauscher
- 2 Filter
- 3 Ventilator
- 4 Frischluft
- 5 Verbrauchte Luft
- 6 Nassräume
- 7 Wohnräume

### Lärm

Der Schutz vor äusseren Lärmeinwirkungen ist sichergestellt, wenn die Gebäudehülle massiv und dicht ist. Bei energiegerechten Konstruktionen sollte das der Fall sein.

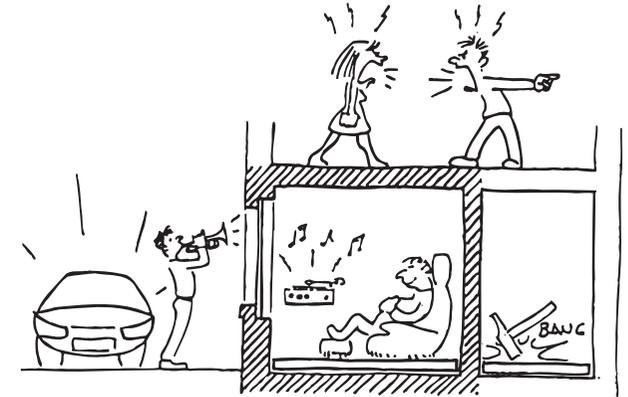


Abb. 7

### Baubiologie

Die Entdeckungen der Geobiologie warnen uns vor den schädlichen Einflüssen elektromagnetischer Strahlen und dem sogenannten «Hartmann-Netz».

Vorsicht ist nicht nur in Bezug auf den Standort eines Gebäudes angebracht, sondern auch in Bezug auf die Konstruktion und die Herkunft der verwendeten Materialien (Materialien wie Kunststoffe laden sich statisch auf)

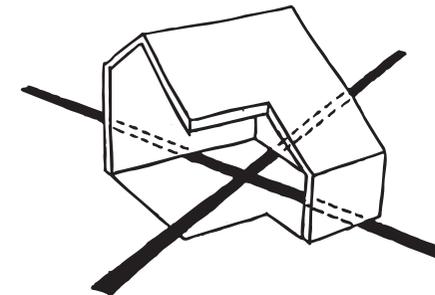


Abb. 8

### Licht und Raumeindruck

Drei Aspekte sind massgebend:

**Die Beleuchtungsstärke** ist die Lichtmenge (Lumen) pro Flächeneinheit. Ihre Auslegung ist nutzungsabhängig und wird in Lux gemessen (1 Lux = 1 lm/m<sup>2</sup>).

Die Belichtung eines Raumes mit Tageslicht wird durch den Tageslichtquotient (TLQ\*) in % angegeben.

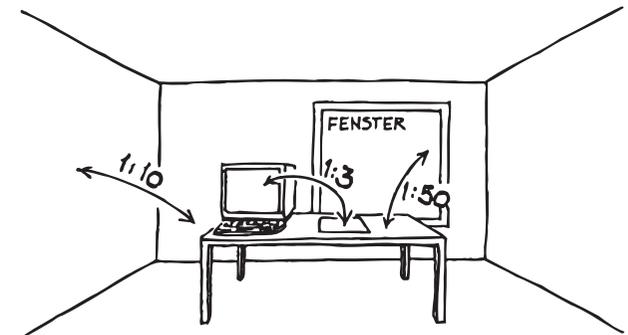
**Der Kontrast** der verschiedenen Oberflächen eines Raumes muss gemässigt sein. Er wird definiert durch das Verhältnis der Leuchtdichte in Candela pro m<sup>2</sup>. Die zulässigen Kontraste sind 1:3 für den Arbeitsplatz, 1:10 für das Blickfeld und 1:50 für den übrigen Raum.

**Die Farbwiedergabe** muss möglichst nahe dem Idealfall liegen (Index 100), das entspricht der Wiedergabe einer Fläche, welche unter Normalbedingungen dem Tageslicht und mässigen Kontrasten ausgesetzt ist. Künstliches Licht, beschichtete Gläser und intensiv farbig gestrichene Wände beeinträchtigen diese Wiedergabe.

Oft wird eine sehr hohe Beleuchtungsstärke angestrebt. Es darf aber nicht vergessen werden, dass eine schwächere Beleuchtung die Kontraste reduziert und zu einer besseren visuellen Behaglichkeit beiträgt.

\*: Verhältnis von Raum- zu Aussenbeleuchtungsstärke

Anforderungen	Nutzung	lux	%TLQ
schwach	Verkehrsflächen	200	2
mittel	Zimmer	350	3
erhöht	Büro	500	5
Sehr hoch	Atelier	1000	10



Klasse	Wiedergabequalität	Wiedergabeindex
1	Sehr gut	85 bis 100
2	gut	70 bis 84
3	genügend	40 bis 69
4	ungenügend	weniger als 40

Abb. 9

### 4.3 Tageslicht

Tageslicht ist für die Gesundheit sehr wichtig. Eine gute Tageslichtführung erlaubt es, den Stromverbrauch für künstliches Licht zu reduzieren.

#### Einflussfaktoren

Es gibt natürliche Randbedingungen, welche die Raumbelichtung beeinflussen. Die meisten Faktoren können durch ein Konzept gesteuert werden, welches versucht, natürliche Belichtung und thermische Vorgaben geschickt zu kombinieren.

##### a. Nicht beeinflussbare Faktoren

**Die Tagesdauer** ist von der Jahreszeit und der geografischen Breite abhängig. In der Schweiz (47° nördlicher Breitenkreis) variiert sie zwischen 9 Stunden am 21. Dezember und 15 Stunden am 21. Juni. In Talsenken kann die Tagesdauer markant reduziert sein.

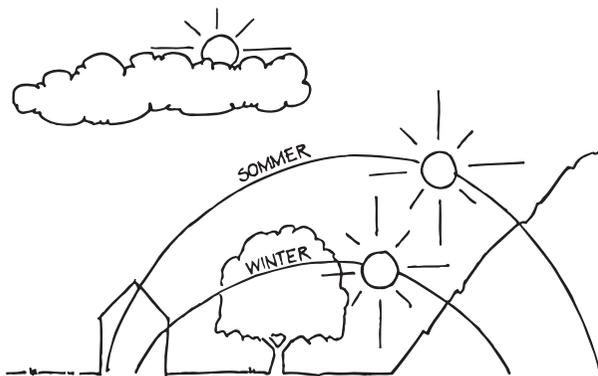


Abb. 10

**Die Bewölkung** kann im Verlauf eines Tages die Ausenbeleuchtungsstärke beträchtlich verändern, diese beträgt z.B. bei:

- direkter Besonnung: 100'000 lux
- gleichmässiger Wolkendecke: 10'000 lux
- sehr dichter Wolkendecke: 3'500 lux

##### b. Kaum beeinflussbare Faktoren

**Erhebungen** (Berge, benachbarte Gebäude, Bäume etc.) werfen Schatten auf die Gebäudeöffnungen und beeinflussen damit die direkte Belichtung.

Durch Anordnung und Gestaltung der Gebäude und der Bepflanzung können Siedlungsplaner und Architekt diese Nachteile optimieren.

Später erstellte Bauten schaffen manchmal ganz andere Verhältnisse.

**Oberflächenstruktur und Farbgebung** der Nachbargebäude beeinflussen die Tageslichtnutzung ebenfalls. Sie sollten möglichst hell und lichtreflektierend sein.

##### c. Konzeptionell beeinflussbare Faktoren

**Die Gebäudetiefe** muss begrenzt sein; die nachfolgenden Grafiken zeigen, dass der Tageslichtquotient drei Meter neben dem Fenster bereits unter den empfohlenen Wert für Arbeitsplätze fällt (5 %).

**Die Anordnung** der Öffnungen beeinflusst die natürliche Belichtung des Raumes nach den folgenden

Kriterien günstig:

- grosse Dimension
- mehrere Öffnungen
- Öffnung bis an Decke
- Oblicht
- Übereckstellung
- Gegenüberstellung von Öffnungen

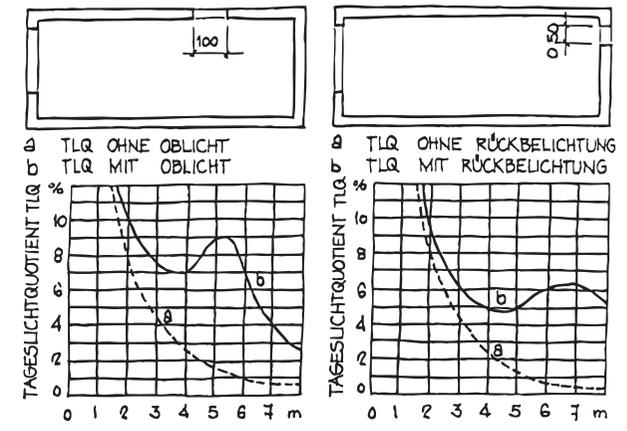


Abb. 11

**Sonnenschutzmassnahmen** schränken das Tageslicht massiv ein. Beachten Sie in Abb. 12 den Effekt eines Balkons oder Vordaches.

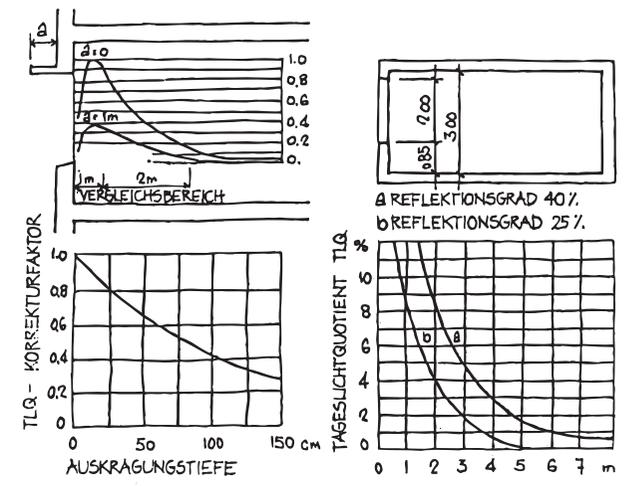


Abb. 12

**Lamellenstoren** erlauben eine ausgezeichnete Regulierung des Sonnenlichts, die direkte Bestrahlung wird verhindert und die Oberseiten der Lamellen reflektieren die Lichtstrahlen ins Innere. Vorsicht Vorhänge!

Die **Lichtdurchlässigkeit der Verglasung** sollte für die Tageslichtnutzung so hoch wie möglich sein. Sie variiert zwischen 90 % bei einer Einfachverglasung und 20 % bei speziell beschichteten Gläsern.

**Innere Oberflächen** sollten möglichst hell und reflektierend sein. Sie verbessern so die Lichtdiffusion bis in hintere Räumlichkeiten (siehe Abb. 12).

### Licht – Wärme – Konflikt

Betrachtet man die konzeptionell beeinflussbaren Faktoren, stellt man fest, dass die Anforderungen an die Tageslichtausbeute oft den Anforderungen an den Wärmekomfort widersprechen. Beispielsweise:

- Ein Vordach und aussenliegende Storen schützen die dahinterliegenden Räume vor Überhitzung. Diese beiden Elemente können aber den Tageslichtquotienten so massiv verringern, dass Kunstlicht nötig wird.
- Die neuen Isolierverglasungen mit selektiven Beschichtungen haben den U-Wert deutlich verbessert, doch wurde dadurch auch die Lichtdurchlässigkeit herabgesetzt.
- Je grösser die Fenster sind, desto besser ist die natürliche Belichtung des Raumes und desto grösser sind die Sonnenenergiegewinne, aber auch

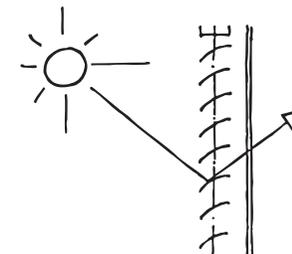


Abb. 13

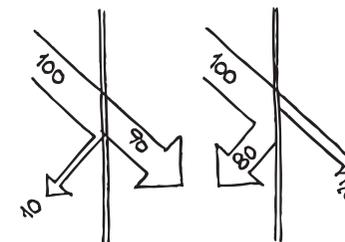


Abb. 14

- die thermischen Verluste im Winter und die Überhitzungsmöglichkeit in den anderen Jahreszeiten.
- Je kleiner die Fenster sind, desto kleiner sind auch die thermischen Verluste, aber desto grösser werden die Ausgaben für die künstliche Beleuchtung.

Die Arbeit des Planers besteht darin, die beste Lösung zwischen der visuellen und thermischen Behaglichkeit sowie den Energiesparmassnahmen zu finden, und gleichzeitig die Bedürfnisse zukünftiger Nutzer zu berücksichtigen.

### Technische Massnahmen

Durch eine sorgfältige Planung können Tageslicht und Kunstlicht aufeinander abgestimmt werden. Mittels Lichtsensoren wird der zusätzliche Bedarf an Kunstlicht kontinuierlich geregelt.

Spezielle Umlenkspiegelsysteme erlauben eine Tageslichtnutzung auch in tiefen Räumen.

Heute sind Computerprogramme erhältlich, welche sämtliche Lichtverhältnisse eines Raumes simulieren können und die Dimensionierung der verschiedenen Lichtquellen abschätzbar machen.

Trotz aller technischen Möglichkeiten bleibt die Lichtführung im Gebäude eine anspruchsvolle architektonische Aufgabe.

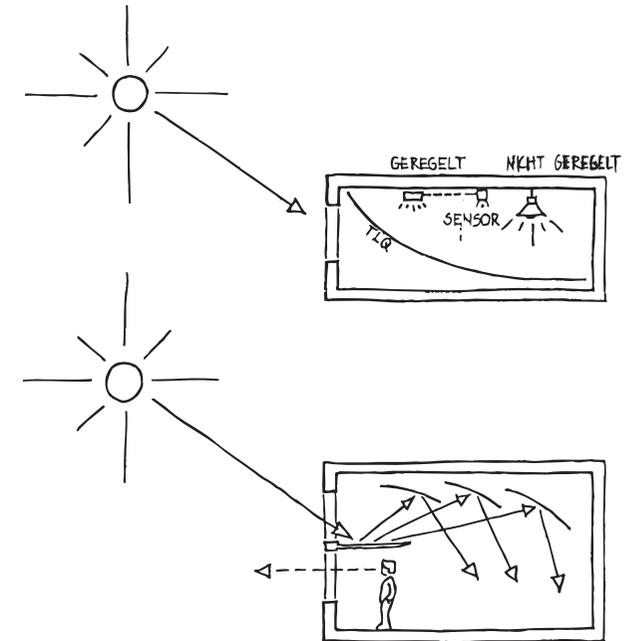


Abb. 15

## 4.4 Klimaschutz

### Siedlung

Es ist viel zweckmässiger, in geschützter Lage zu bauen, als in ungeschützter.

Nachbarhäuser schützen das Gebäude vor Winden. Lufteintritte, die hauptsächlich in den Obergeschossen auftreten, werden damit reduziert.

In freier Natur stehende Einfamilienhäuser mit viel Umschwung sind immer noch der Traum vieler, doch verursachen sie beträchtliche Umweltprobleme (Autoabhängigkeit durch weit entfernte Einkaufsmöglichkeiten und Schulen, aufwendige Erschliessungen etc.). Sie widersprechen auch dem Gebot der Ressourcenschonung.

Im Süden stehende Gebäude beeinträchtigen durch ihren Schattenwurf die Sonneneinstrahlung.

### Topografie

Ein gegen Süden geneigtes Terrain schützt das Gebäude vor kalten Luftströmungen aus dem Norden.

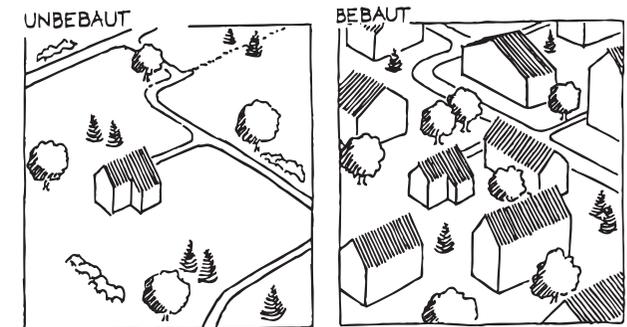


Abb. 16

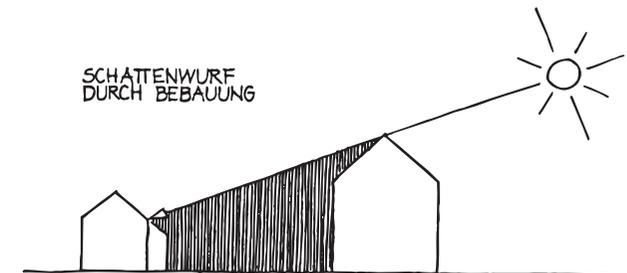


Abb. 17

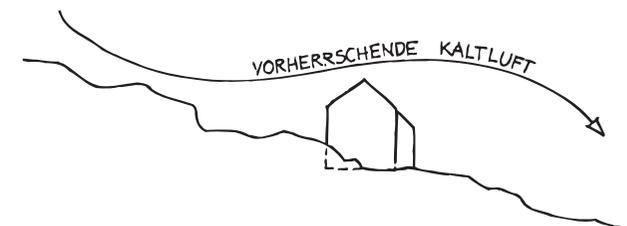


Abb. 18

### Gebäudeform (Aerodynamik)

Durch eine energieeffiziente Konzeption sollen die Angriffsflächen für kalte Winde im Winter begrenzt und Hitzestaus im Dach durch die Verbesserung der Dachraumentlüftung im Sommer vermieden werden.

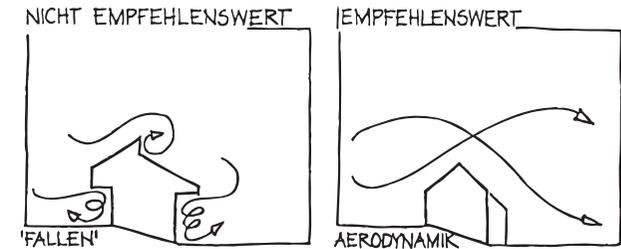


Abb. 19

### Vegetation

Nadelgehölze im Norden des Gebäudes schützen die Fassade vor kalten Windströmungen und verursachen keinen Schattenwurf.

Laubbäume sollten im Süden gepflanzt werden, weil sie die Fassade im Sommer schützen und im Winter durch Blattabwurf die Besonnung ermöglichen.

Allerdings führen sie auch dann noch zu einem Verlust an Einstrahlung.

Fassadebegrünungen mit Efeu und Wilder Rebe sind weitere Möglichkeiten, die Fassade im Sommer zu schützen.

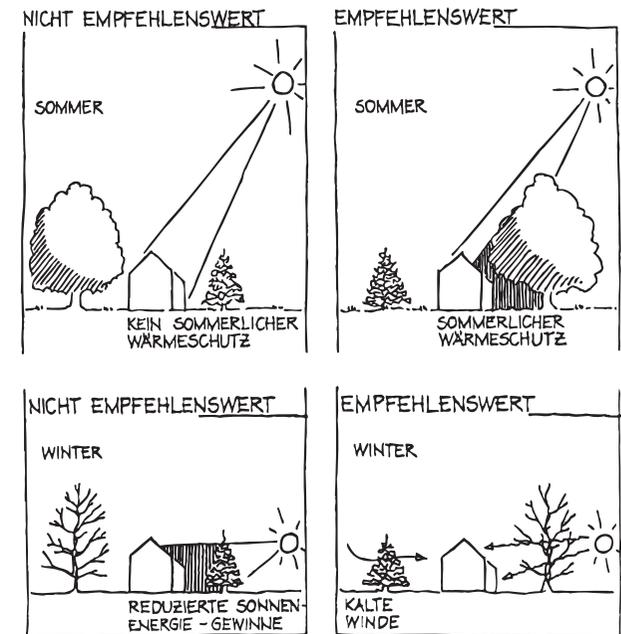


Abb. 20

### Raumzonierung

Wärmepufferzonen sind teilweise oder ganz geschlossen. Sie sind unbeheizt und vermindern die Auskühlung der Aussenwände (Funktion: Holzschopf, Garage, Remise etc.).

### Sonnenschutzmassnahmen

Sonnenschutzvorrichtungen sind unverzichtbare Ergänzungen zur Aussenwand, um Wohnräume im Sommer vor Ueberhitzung zu schützen. Ihre Gestaltung ist mannigfaltig.

**Vordächer:** Der Dachvorsprung muss den Sonnenstand im Sommer (Schutz vor Ueberhitzung) und im Winter (direkte Sonneneinstrahlung in die Wohnräume) berücksichtigen. Er bietet keinen Schutz gegen diffuse Sonneneinstrahlung.

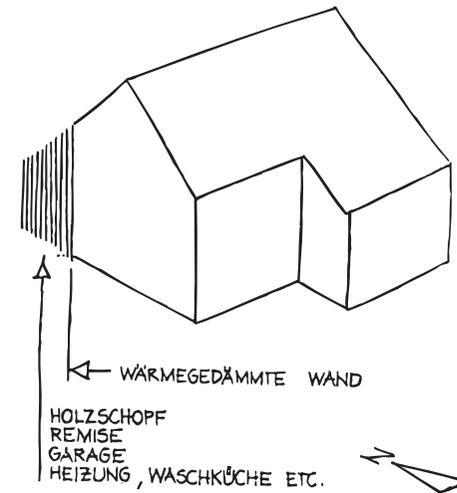


Abb. 21

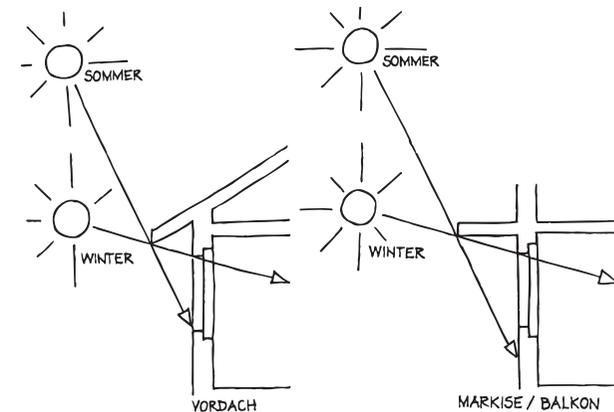


Abb. 22

**Sonnenstoren und Sonnenblenden (Brise-soleil):** Eine kontinuierliche Einstellbarkeit der Lamellen garantiert einen optimalen Sommersonnenschutz und lässt die Sonne auch im Winter eindringen. Innenliegende Storen sind nicht empfehlenswert (vergl. Modul 4).

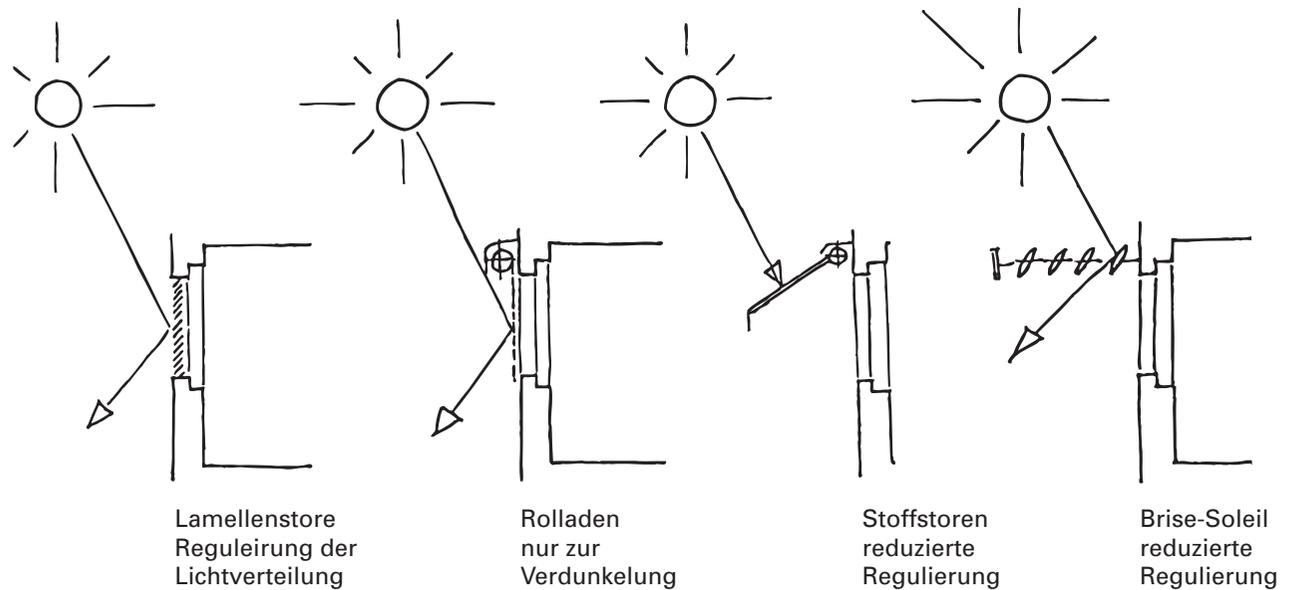


Abb. 23

## 4.5 Gebäudekonzeption

### Volumen – Flächenverhältnisse

Die Wärmetransmissionsverluste sind proportional zur Fläche und nicht zum Volumen. Je kleiner ein Gebäude ist, desto grösser sind die Verluste pro Volumeneinheit (bei diesem Beispiel wird die Bodenfläche nicht berücksichtigt).

Diese Verhältnisse können am Beispiel von 8 Würfeln (mit ca. 5 cm Seitenlänge) aufgezeigt werden.

- 1 Würfel = 5 Flächen (im Kontakt mit der Aussenluft) = 1 Volumen
- 2 Würfel = 8 Flächen = 2 Volumen
- 4 Würfel = 12 Flächen = 4 Volumen
- 8 Würfel = 20 Flächen = 8 Volumen

Vergleichen wir mit 8 einzelnen Würfeln, so ergibt sich: 8 Würfel = 8 Volumen =  $8 \times 5$  Oberflächen = 40 Oberflächen anstelle von 20! (Die Volumen- und Oberflächenmasse gemäss Abb. 25 können von den Lernenden berechnet werden).

### Ungünstige Formen

Je länger oder unregelmässiger ein Gebäude ist, desto grösser sind die Wärmeverluste pro Volumeneinheit im Verhältnis zu einem würfelförmigen Gebäude.

Von den Körpern in Abb. 26 sind Aussenflächen und Volumen durch die Lernenden zu berechnen.

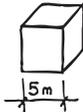
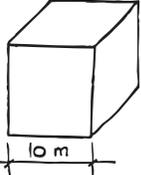
		
AUSSENWAND FLÄCHEN	$5 \times 5^2 = 125 \text{ m}^2$	$5 \times 10^2 = 500 \text{ m}^2$
VOLUMEN	$5^3 = 125 \text{ m}^3$	$10^3 = 1000 \text{ m}^3$

Abb. 24

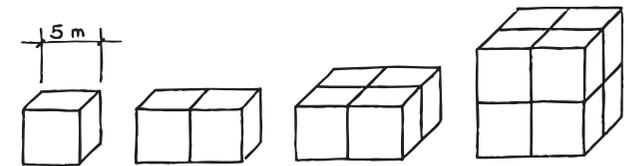


Abb. 25

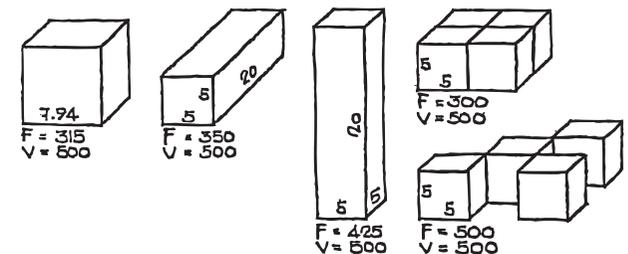


Abb. 26

Es ist also empfehlenswert, unter dem Aspekt unnötiger Wärmeverluste möglichst einfache, kompakte Gebäudeformen ohne Vor- und Rücksprünge zu entwickeln. Auch sind die Gebäudekosten für ein identisches Volumen infolge kleinerer Fassadenfläche um einiges tiefer.

### Anordnung der Räume

Die Anordnung der Zimmer ist abhängig von ihrer Nutzung:

Im Norden: Treppe, WC, Waschraum etc. (das Elternschlafzimmer ist das am wenigsten benutzte und beheizte Zimmer, dieser Raum kann als Pufferzone dienen).

Im Süden: Alle Zimmer des Hauses, die regelmässig benützt und beheizt werden.

### Pufferzonen im Süden

Sie sind verglast (Wände und Dach). Neben ihrer wärmeregulierenden Funktion tragen sie dazu bei, Sonnenenergie einzufangen und zu speichern. (Beispiele: Wintergarten, Veranda, doppelte Haut etc.).

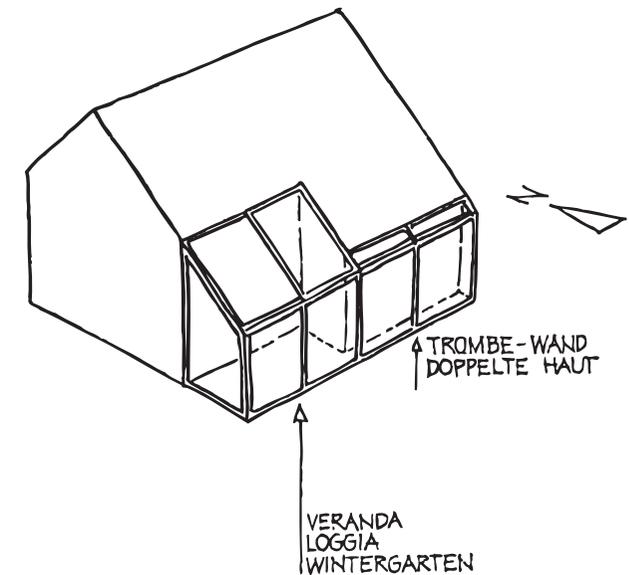


Abb. 27

## 4.6 Passive Sonnenenergienutzung

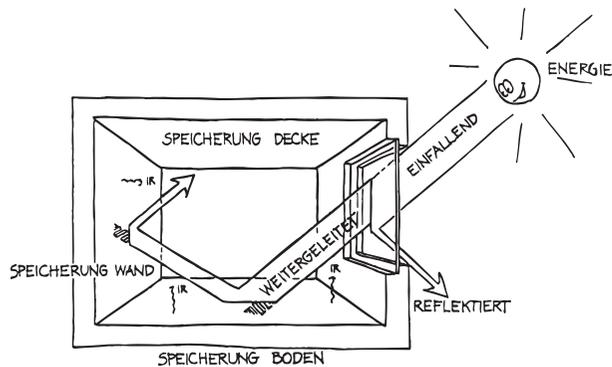


Abb. 30

### Ausrichtung des Gebäudes (Besonnung)

Eine effiziente passive Sonnenenergienutzung ist von einer optimalen Sonnenausrichtung abhängig. Zwischen Südost und Südwest betragen die Besonnungsverluste ca. 10%. Im Westen und Osten betragen diese Besonnungsverluste bereits 40 %.

### Gebrauchliche Systeme zur passiven Sonnenenergienutzung

**Grundprinzip:** Die Elemente der passiven Sonnenenergienutzung wie das Fenster oder der Wintergarten ermöglichen eine positive Energiebilanz dank dem sogenannten Treibhauseffekt. Dieser Effekt entsteht, weil der Baustoff Glas die kurzwelligeren Sonnenstrahlen passieren lässt, nicht aber die langwelligeren Infrarotstrahlen. Sonnenstrahlen passieren also leicht Fenster und andere durchsichtige Elemente und wärmen im Innern die Bauteile auf. Die erwärmten Bauteile strahlen die Wärme in Form von Infrarotstrahlen ab, welche wiederum von den verglasten Flächen reflektiert werden und den Raum aufheizen.

**Fenster:** Um eine günstige Energiebilanz zu erhalten, müssen die Fenster im Süden platziert werden. Dadurch wird der relativ schlechte U-Wert durch den Sonnenenergiegewinn kompensiert. Da die Energiebilanz im Norden negativ ist, sollten Fenster hier auf ein Minimum begrenzt werden.

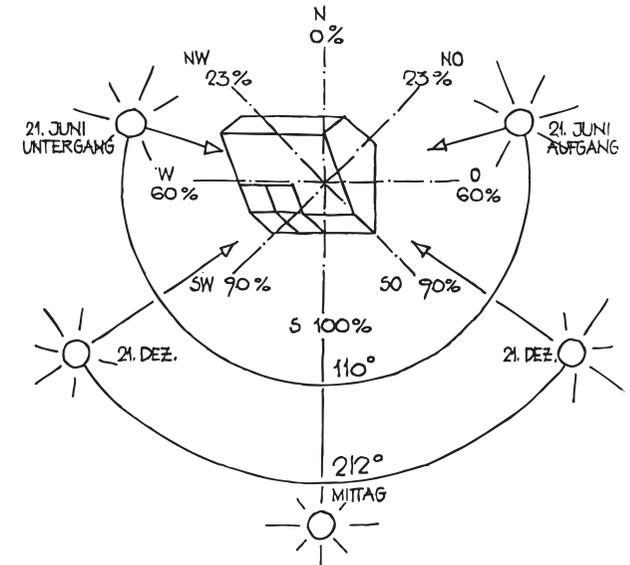


Abb. 28

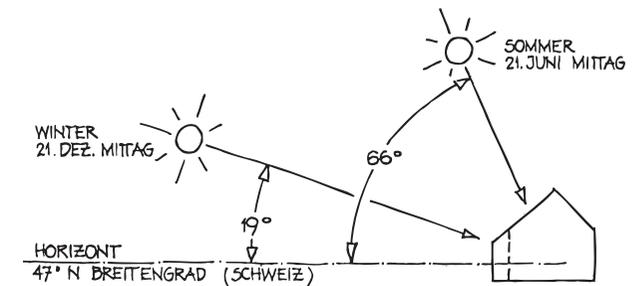


Abb. 29

Beispiele:	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	g-Wert [%]
– Aktuelle Fassadenwand:	0,3	0
– Fenster 2 IV (Luft)	3,0	75
– Fenster 2 IV IR (*)	1,0 – 1,4	45 – 65
– Fenster 3 IV (Luft)	2,0	70
– Fenster 3 IV IR-IR (*)	0,5 – 1,0	35 – 50

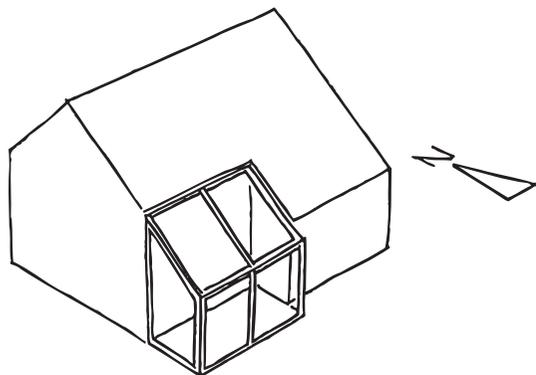


Abb. 32

Der g-Wert eines Fensters entspricht in % der Durchlässigkeit im Verhältnis zur total eingestrahelten Energie.

Legende:

2 = Anzahl Scheiben

IV = Isolierverglasung (versiegelt)

IR = Infrarot-Reflexions-Beschichtung

\* = Spezialglas (Beschichtung/Luft bzw. Edelgas)

**Wintergärten** sind verglaste Räume auf der Südseite des Hauses. Sie dienen als Energiespeicher. Empfohlen wird eine vollständige Südorientierung. Wintergärten können zweistöckig sein und heizen dann auch Räume im 1. Stock auf. Wintergärten sind unbeheizt.

**Wärmespeicherung:** Es ist unabdingbar, dass die durch passive Sonnennutzung erhaltene Energie gespeichert wird. Diese Speichermassen sind Wände, Decken und Böden (aus massiven Baustoffen wie Beton, Stein, Backstein etc.). Die Eindringtiefe der Wärme beträgt ca. 10 cm, sie wird durch Wärmestrahlung im Infrarotbereich abgegeben.

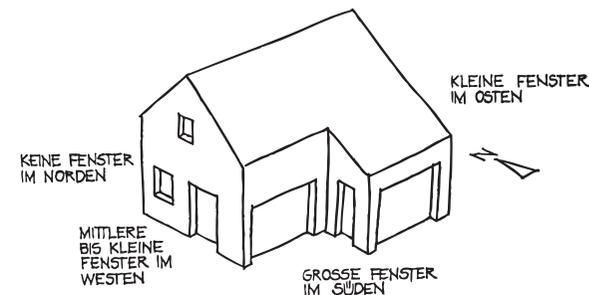


Abb. 31

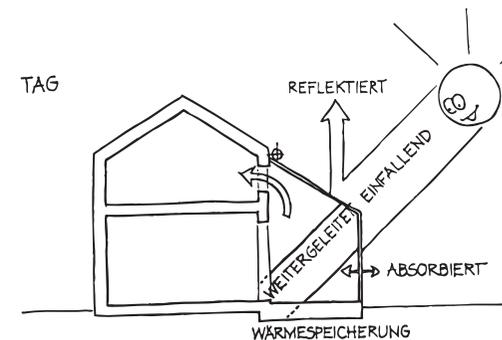


Abb. 33

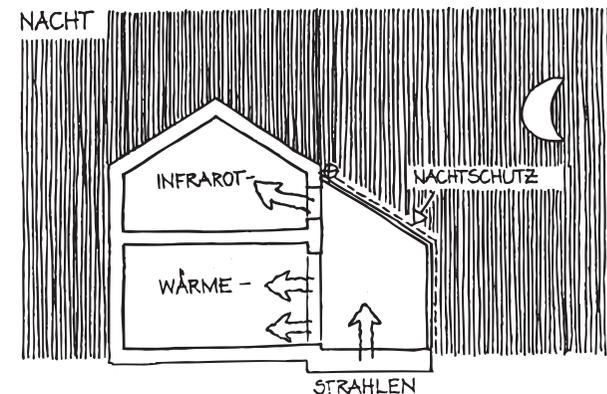


Abb. 34

### Andere passive Systeme

**Trombe-Wand:** Massiven Wänden werden im Süden Fensterscheiben vorgeblendet. Durch den Treibhauseffekt laden sich diese Wände des Tags mit Wärme auf, die sie des Nachts an das Innere abgeben.

**Doppelte Haut:** Eine zweite Verglasung wird im Abstand von 40 bis 50 cm vor die Südfassade gestellt. Durch den Treibhauseffekt wird die Luft zwischen den beiden Scheiben erwärmt und kann ins Innere eingblasen werden.

**Transparente Wärmedämmung:** Die Sonnenstrahlen dringen durch einen röhrenförmigen Dämmstoff (Kunststoffwaben, Kartonwaben) und heizen die dahinterliegende Wand auf. Die massive Wand strahlt die Wärme gegen Innen ab. Der transparenten Wärmedämmung wird meist eine Glasscheibe vorgeblendet (zusätzlicher Wärmegewinn durch Treibhauseffekt).

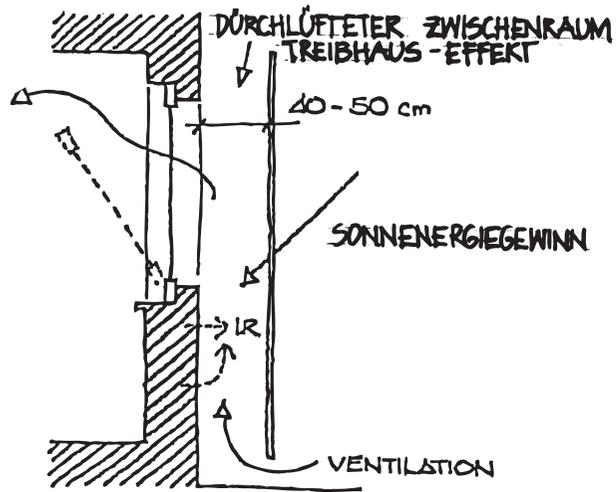


Abb. 36

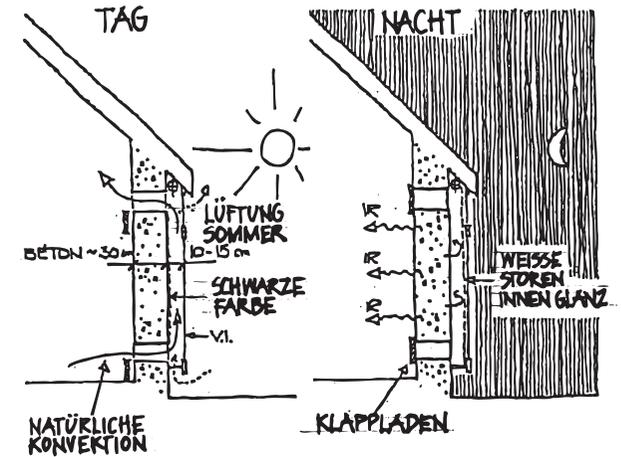


Abb. 35

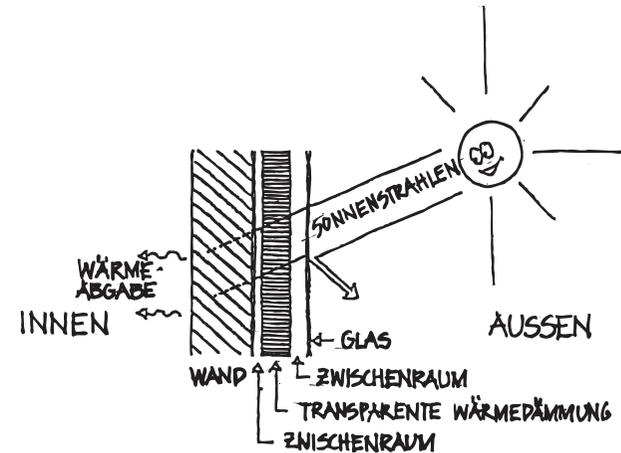


Abb. 37

## 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge

### **Lernauftrag 1: Behaglichkeit, Wärmehaushalt**

Bestimmen Sie die optimale Raumlufttemperatur für eine Person mit einer körperlichen Aktivität von 1,8 met und einem Bekleidungswert von 1,3 clo.

### **Lernauftrag 2: Tageslicht**

Suchen Sie in der Baudokumentation und in Firmenprospekten verschiedene Glasarten und bestimmen Sie die wichtigsten Glaskennwerte (U-Wert, g-Wert, Lichtdurchlässigkeit, Farbwiedergabe).

### **Lernauftrag 3: Licht und Raumeindruck**

Machen Sie Vorschläge, wie die Belichtungsqualität ihres Schulzimmers verbessert und gleichzeitig Energie gespart werden könnte.

### **Lernauftrag 4: Projekt energiesparendes Bauen und Wohnen**

Entwerfen Sie skizzenhaft ein kleines Einfamilienhaus unter Berücksichtigung energiegerechter Kriterien (Klimaschutz, Gebäudekonzeption).  
(Die Arbeit kann sowohl als Einzel – als auch als Gruppenarbeit organisiert werden).

**Lösung 1:**

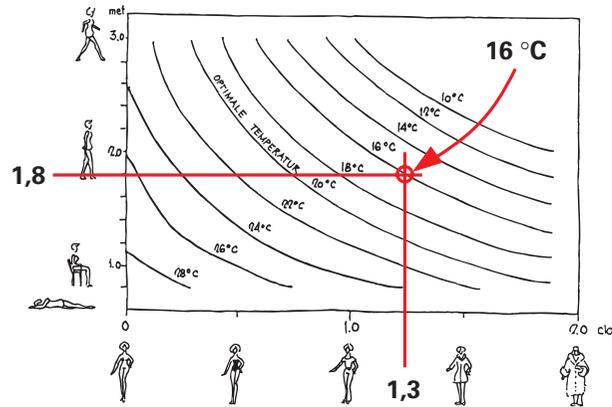


Abb. 38

**Lösung 2:**

Glaskennwerte	Lichtdurchlässigkeit [%]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Farbwiedergabe [-]
<b>a. Einfachgläser</b>			
– klar 6 mm	88	5,7	98
– absorbierend 6 mm	43 bis 72	5,7	89 bis 96
– reflektierend 6 mm	08 bis 43	5,7	83 bis 96
<b>b. Isoliergläser</b>			
– 2 IV klar 6/12/6	78	3,0	96
– 3 IV klar 6/12/6/12/6	73	2,0	94
– 2 IV IR klar 6/12/6	78	1,0 bis 1,4	96
– 2 IV absorb. 6/12/6	15 bis 64	2,7 bis 3,0	85 bis 96
– 2 IV reflekt. 6/12/6	07 bis 39	2,3 bis 3,0	85 bis 98
<b>c. Verschiedene</b>			
– Glasbaustein	75	2,9	
– Profilit einfach	85	5,8	
– Profilit doppelt	73	3,5	

**Lösung 3 (raum- und situationsabhängig):**

- Eingriffe im Aussenraum (Bäume, reflektierende Flächen, Vordächer)
- Neue Öffnungen
- Auswechslung der Glasscheiben
- Änderung der Möblierung, Zonierung
- Hellere Oberflächenfarben
- Neues Beleuchtungskonzept
- Umlenkspiegelsysteme

Lösung 4 (Beispiel):

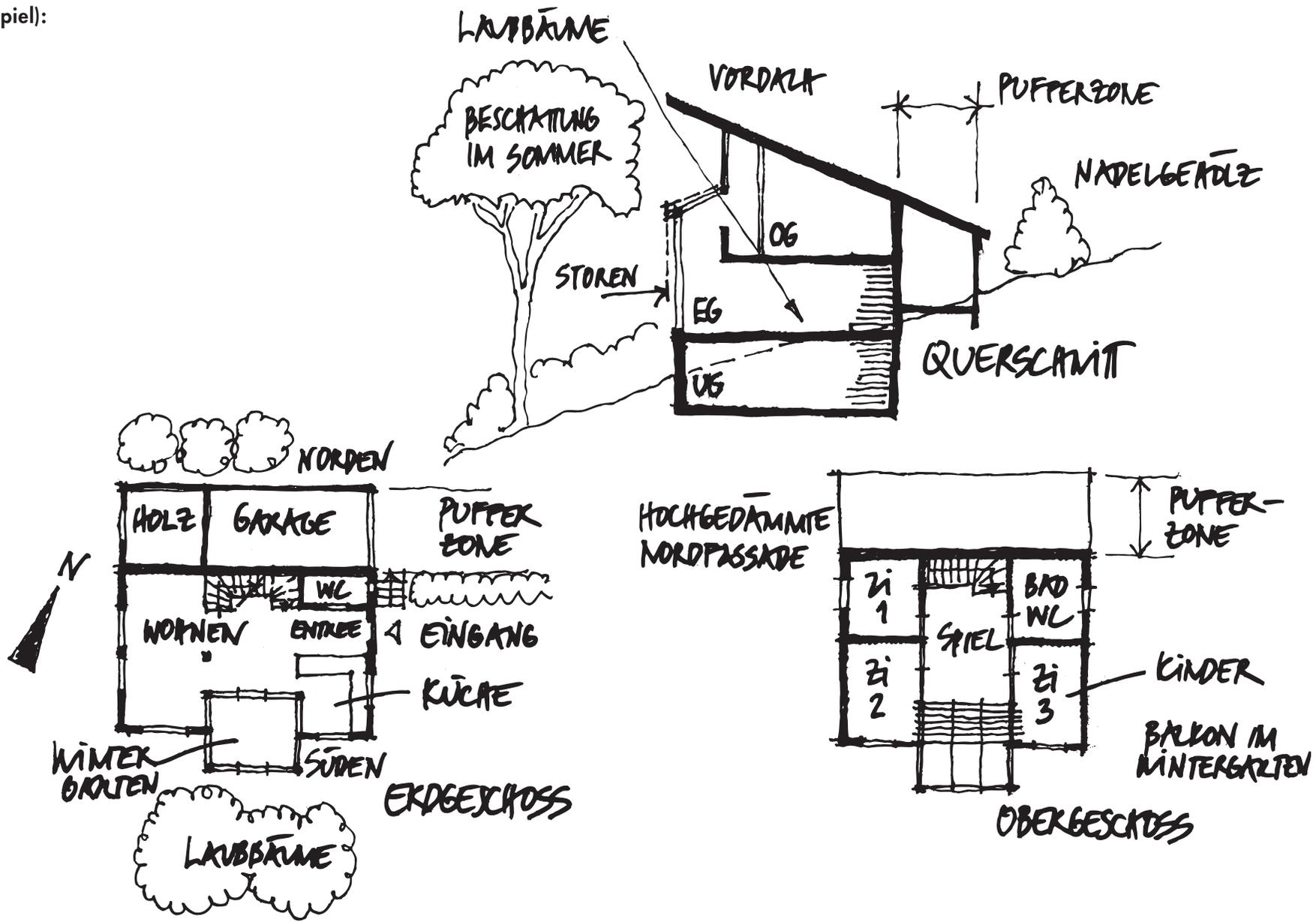


Abb. 39

## 6 Weiterführende Literatur

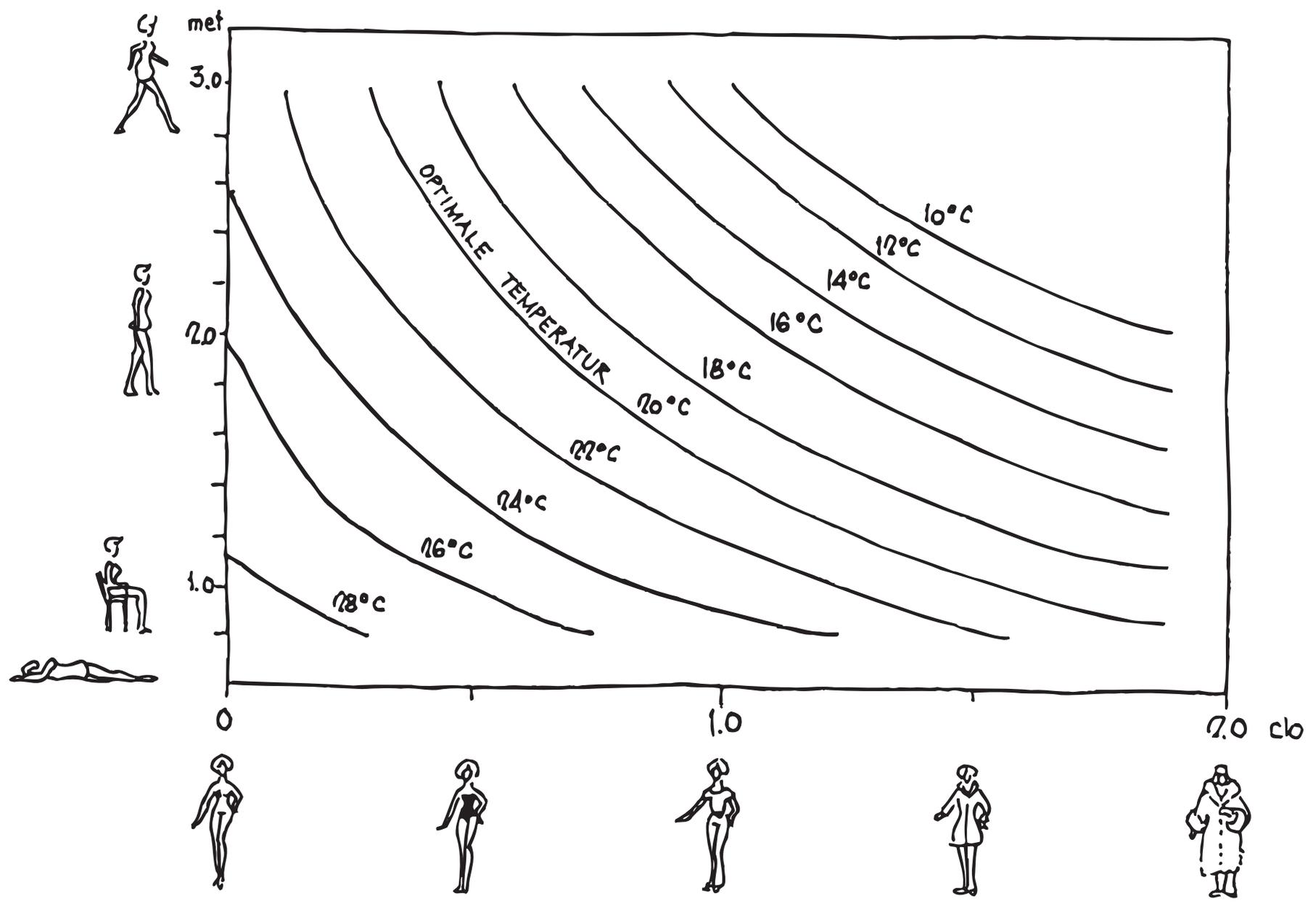
- Element 29  
Schweizerische Ziegeleiindustrie  
Obstgartenstrasse 28, 8006 Zürich
- Handbuch Impulsprogramm Bau und Energie,  
1983 (vergriffen)
- SIA D 056 Le soleil. Chaleur et lumière dans le  
batiment, EPFL-ITB/ LESO-PB, 1990
- Sonne und Architektur – Leitfaden zur Projektie-  
rung, Impulsprogramm PACER, 1991
- Klimagerechte Architektur, Impulsprogramm  
PACER, 1996

Bezug der Unterlagen des Impulsprogrammes  
PACER:  
Generalsekretariat SIA, Postfach, 8039 Zürich

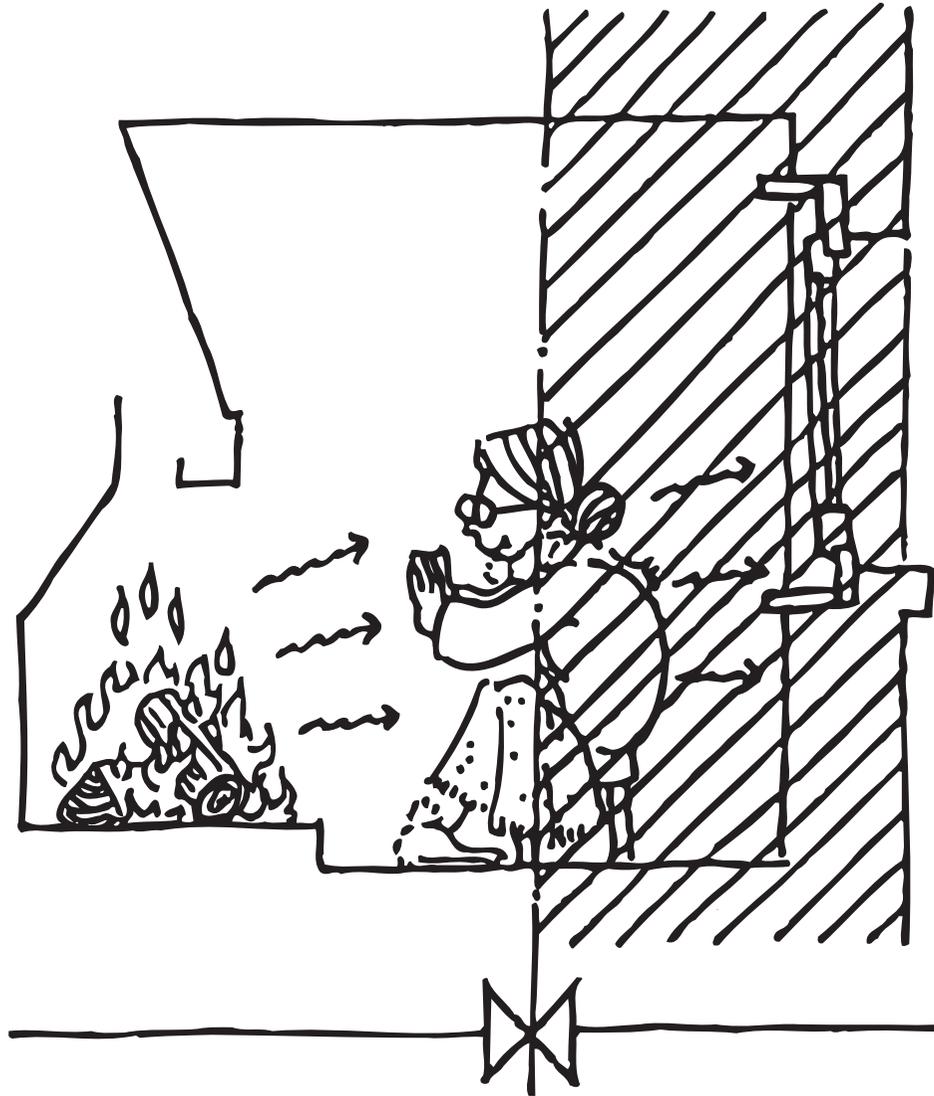
## 7 Bild- und Textnachweis

Sämtliche Zeichnungen, ausser den Abb. 35 – 37 und 39, stammen vom Autor, Joseph Simon. Die Abb. 35 – 37 und 39 hat Markus Rebmann für die Übersetzung beigesteuert. Der Text wurde von den beiden Autoren Joseph Simon und Philippe Ebner zusammen mit dem Übersetzer Markus Rebmann entwickelt.





GEFÜHL  
DER WÄRME



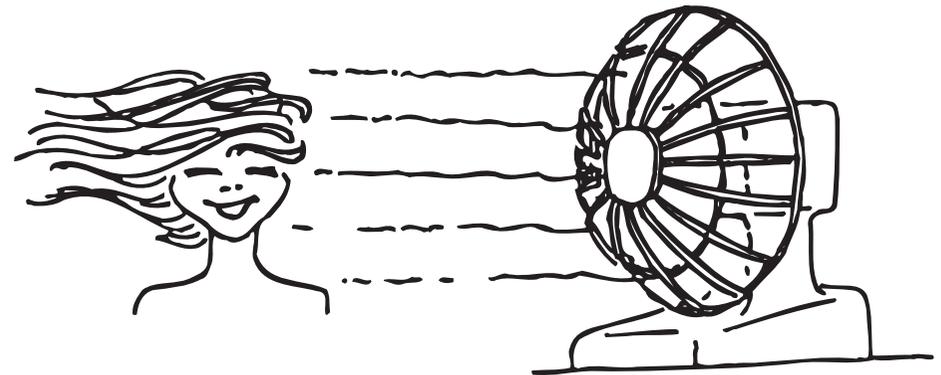
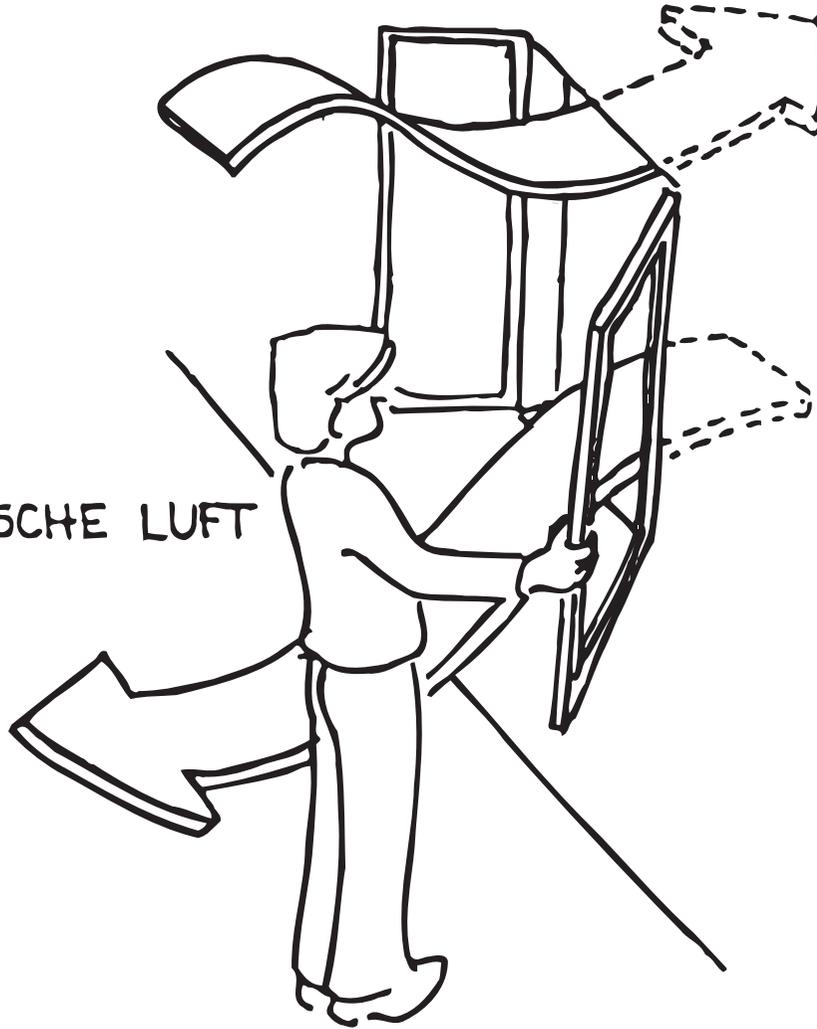
GEFÜHL  
DER KÄLTE

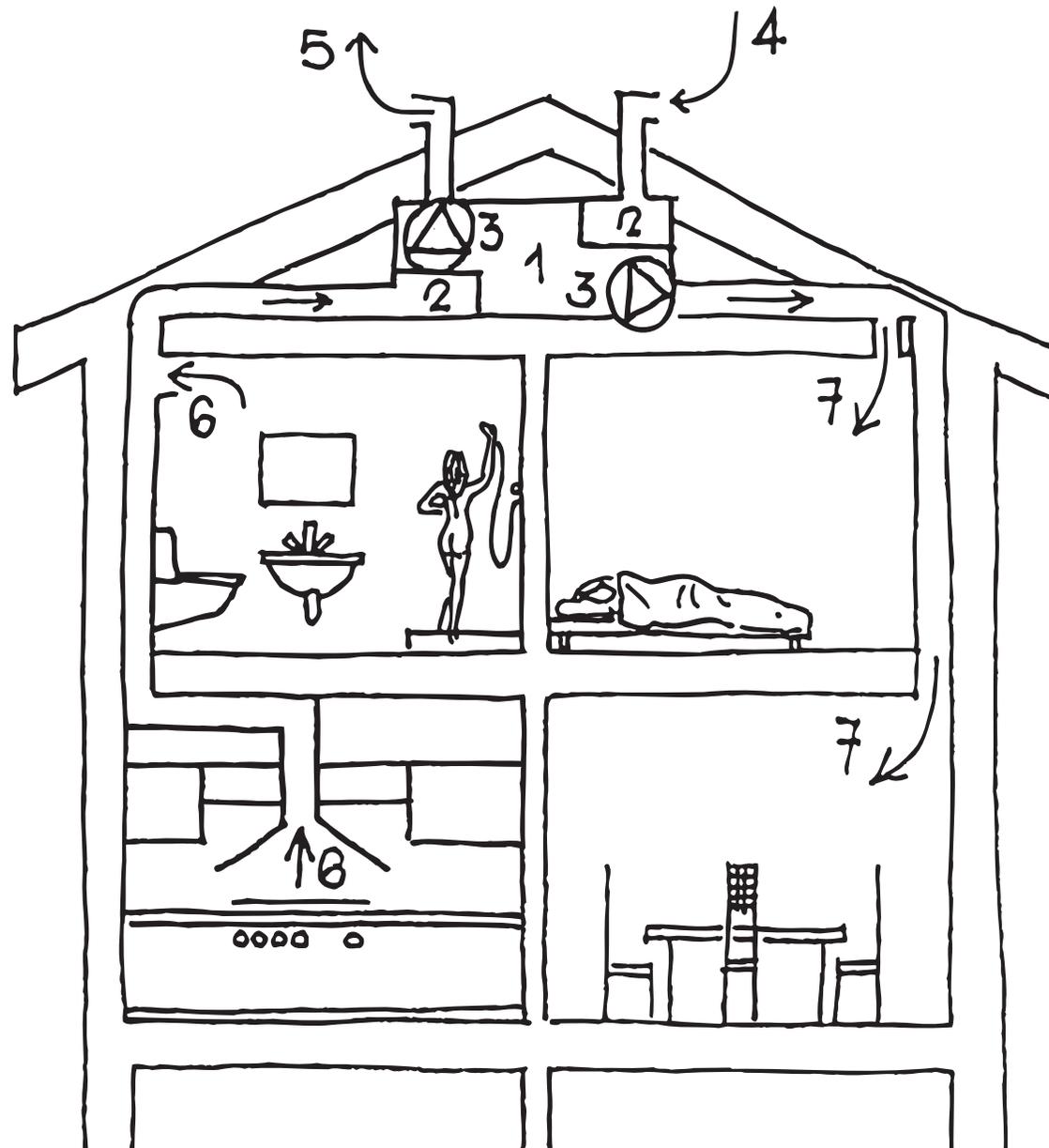
DER KÖRPER  
ERHÄLT MEHR  
WÄRME ALS  
ER VERLIERT

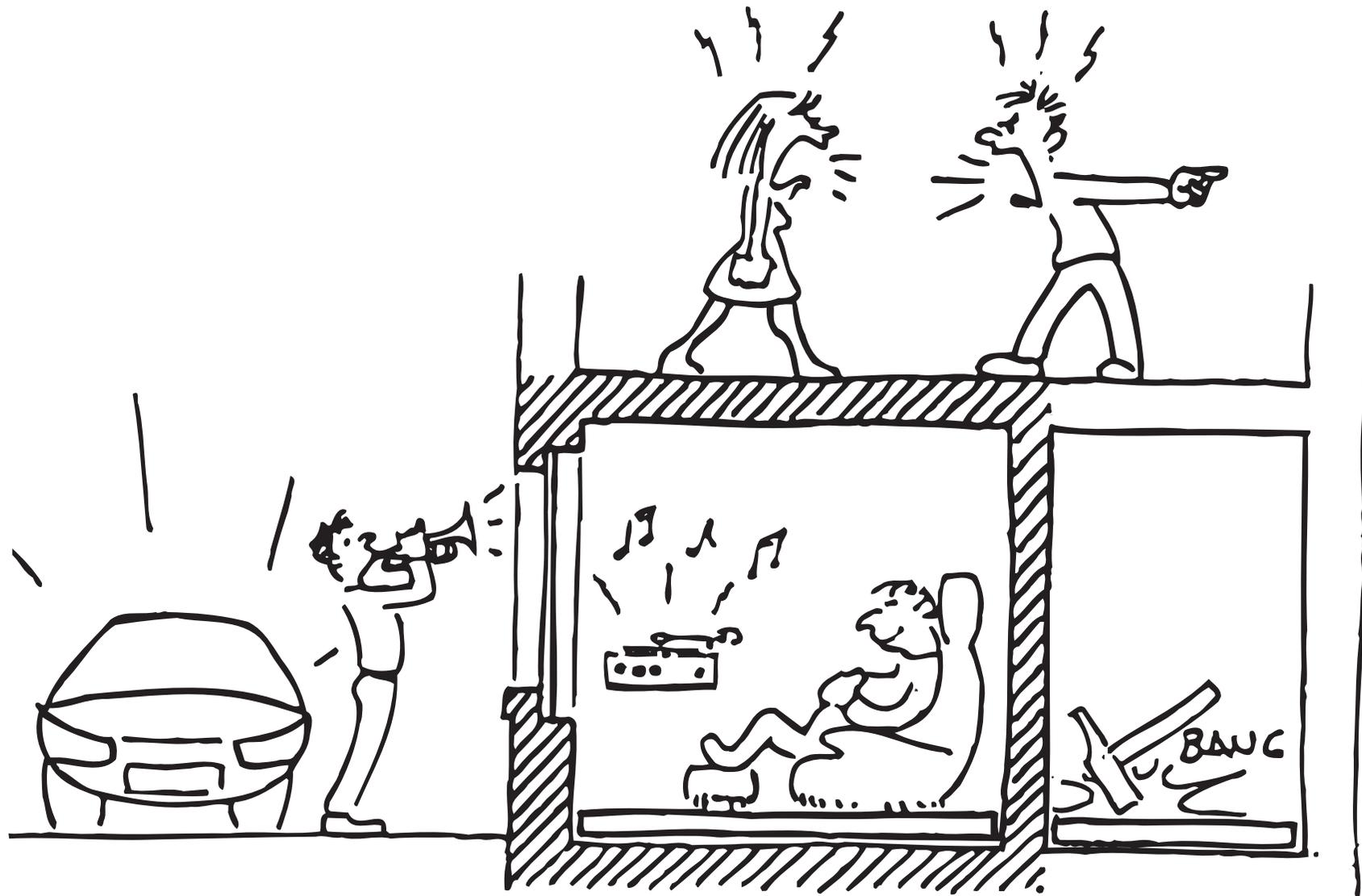
DER KÖRPER  
STRAHLT MEHR  
WÄRME AB ALS  
ER ERHÄLT.

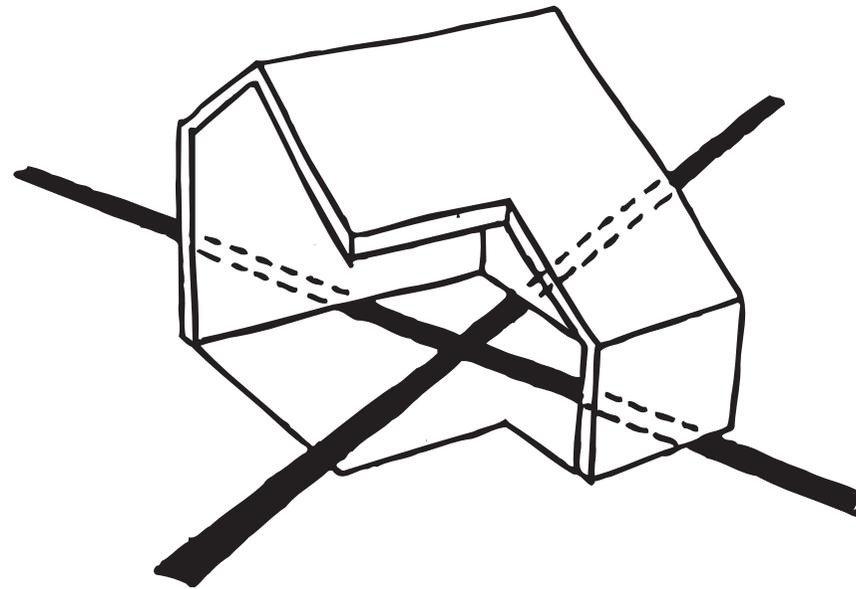
VERBRAUCHTE LUFT

FRISCHE LUFT

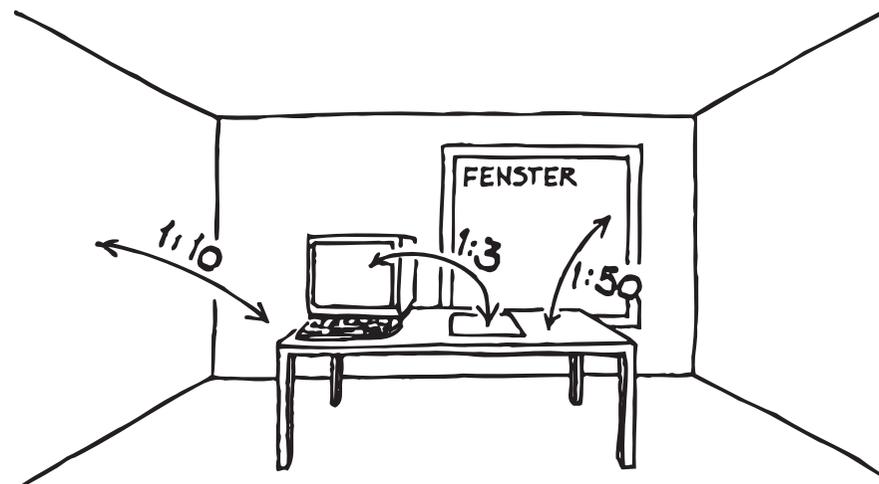




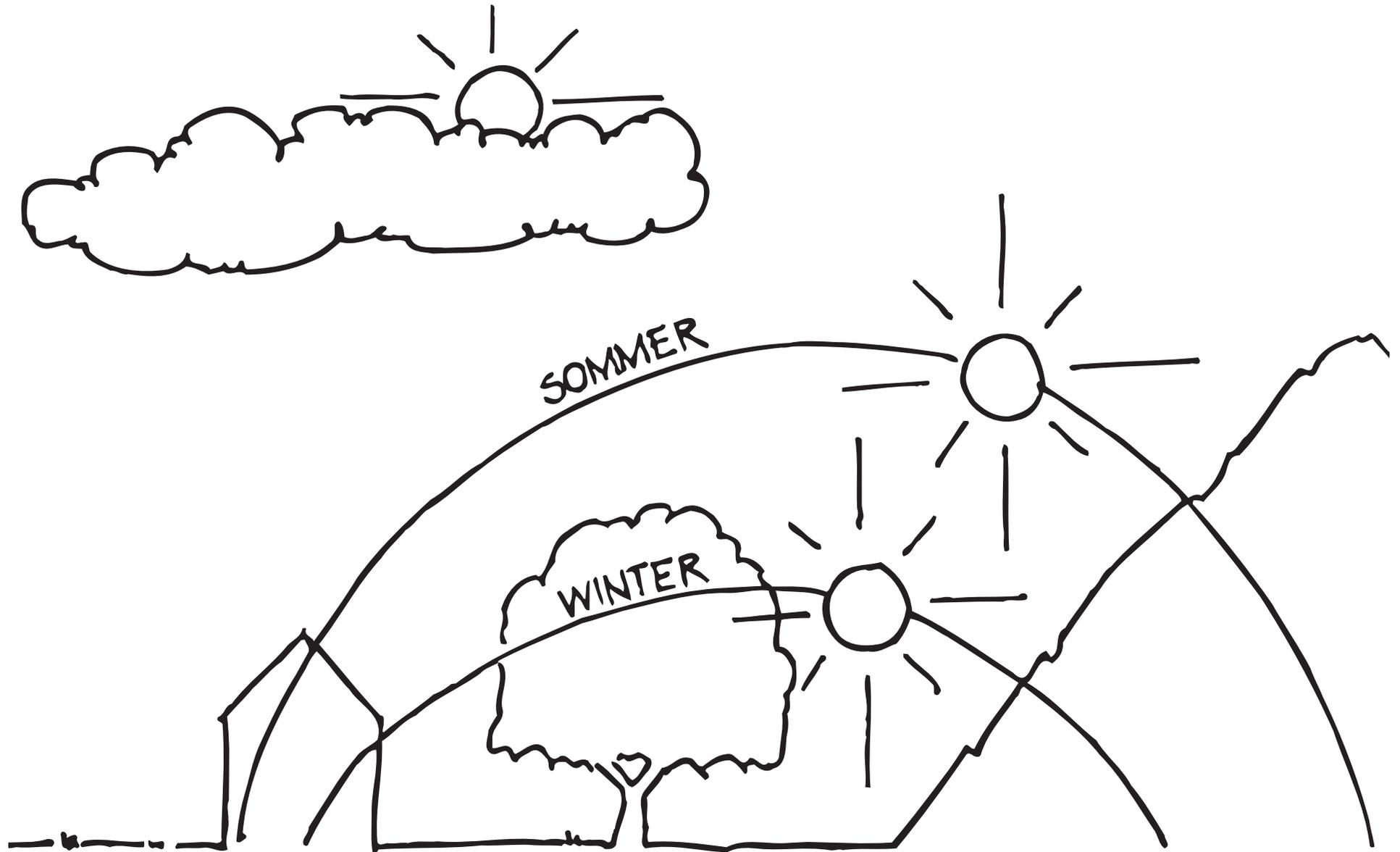


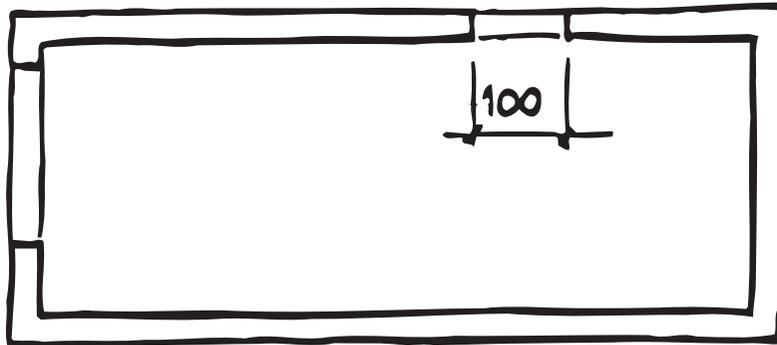


Anforderungen	Nutzung	lux	%TLQ
schwach	Verkehrsflächen	200	2
mittel	Zimmer	350	3
erhöht	Büro	500	5
Sehr hoch	Atelier	1000	10

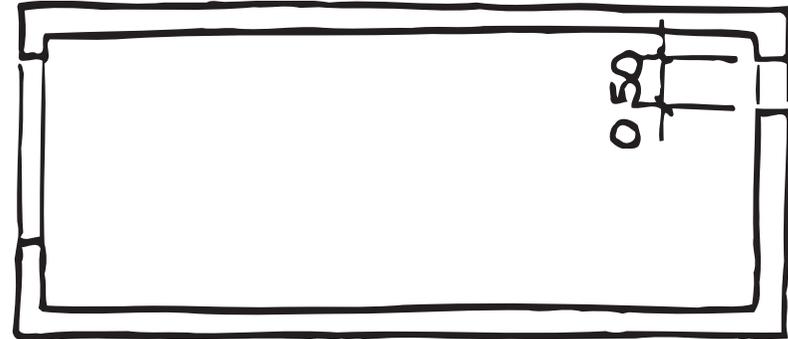
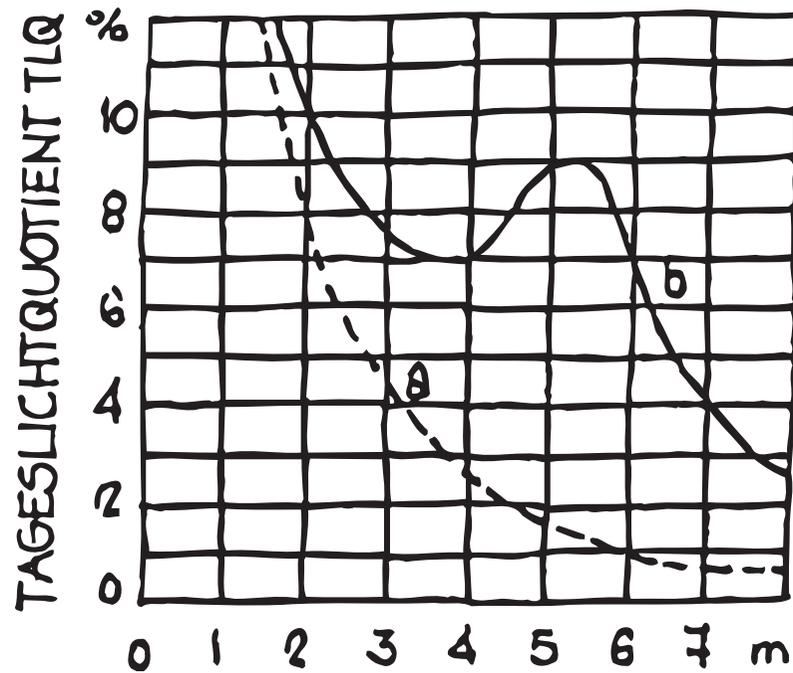


Klasse	Wiedergabequalität	Wiedergabeindex
1	Sehr gut	85 bis 100
2	gut	70 bis 84
3	genügend	40 bis 69
4	ungenügend	weniger als 40

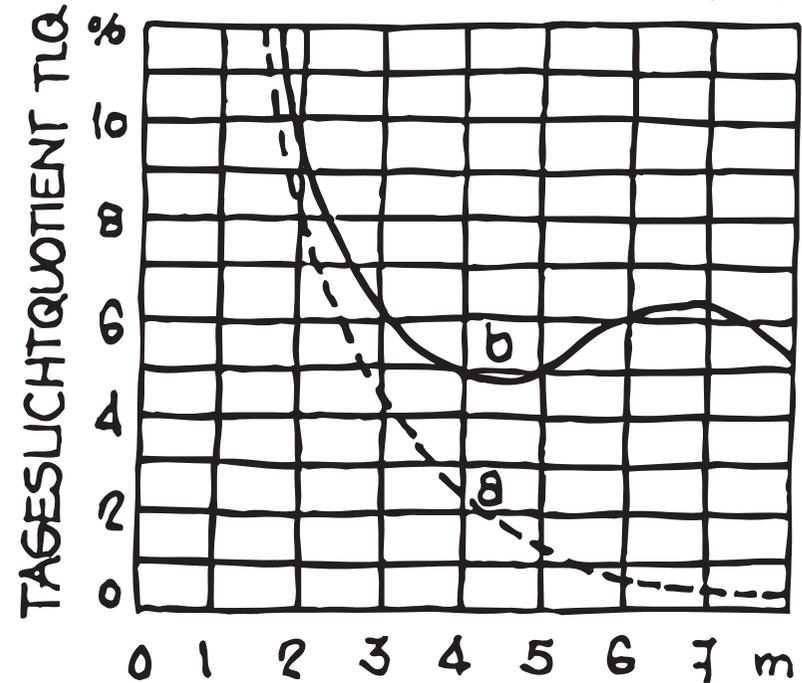


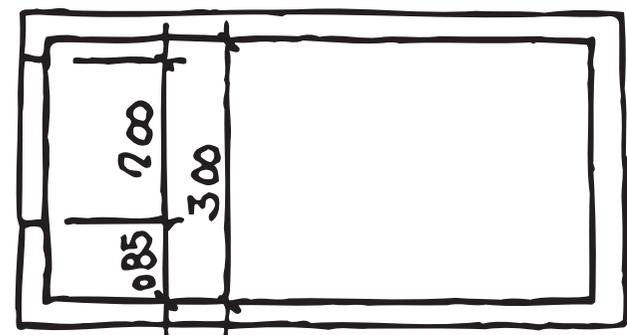
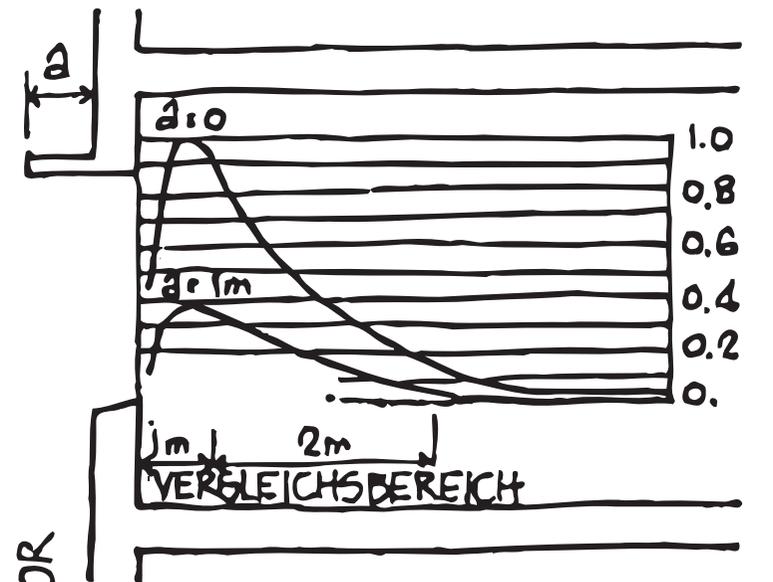


⊖ TLQ OHNE OBLICHT  
 ⊕ TLQ MIT OBLICHT

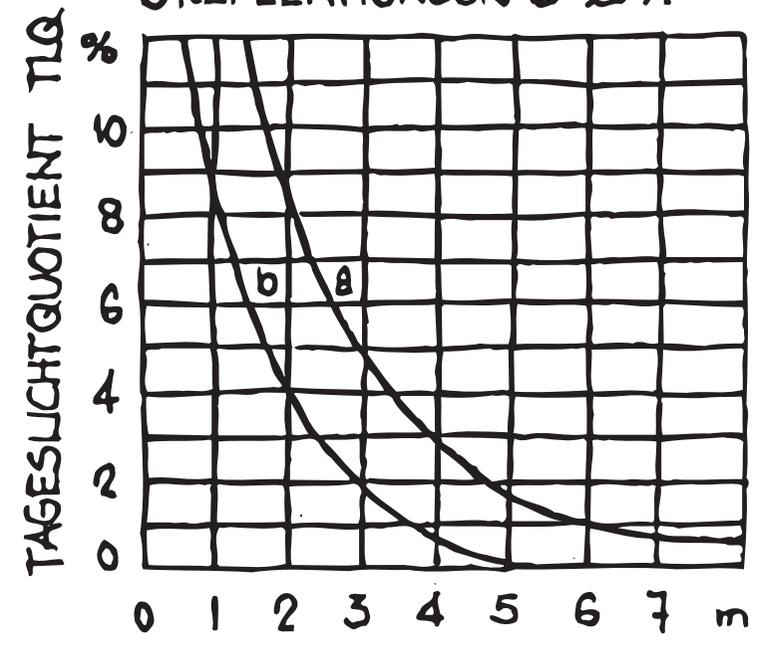
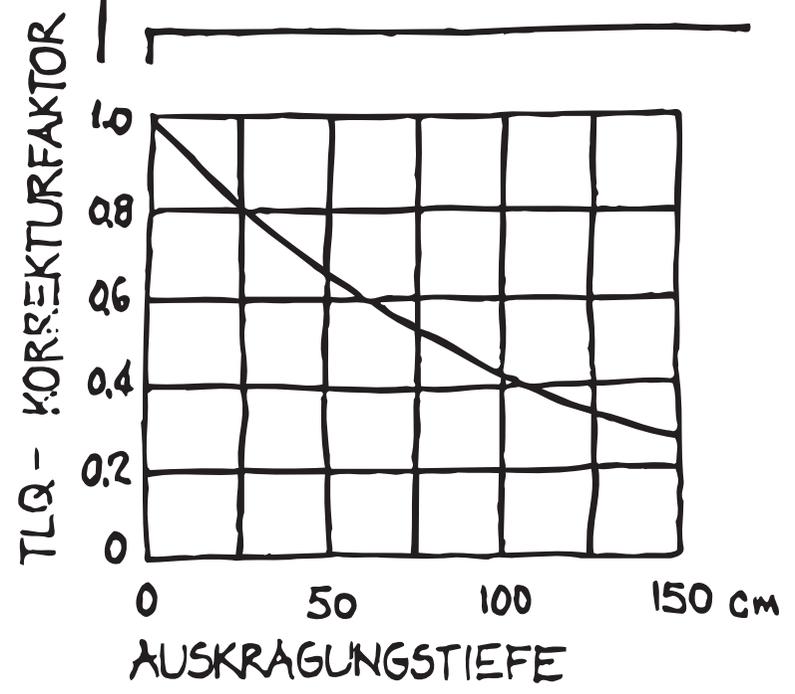


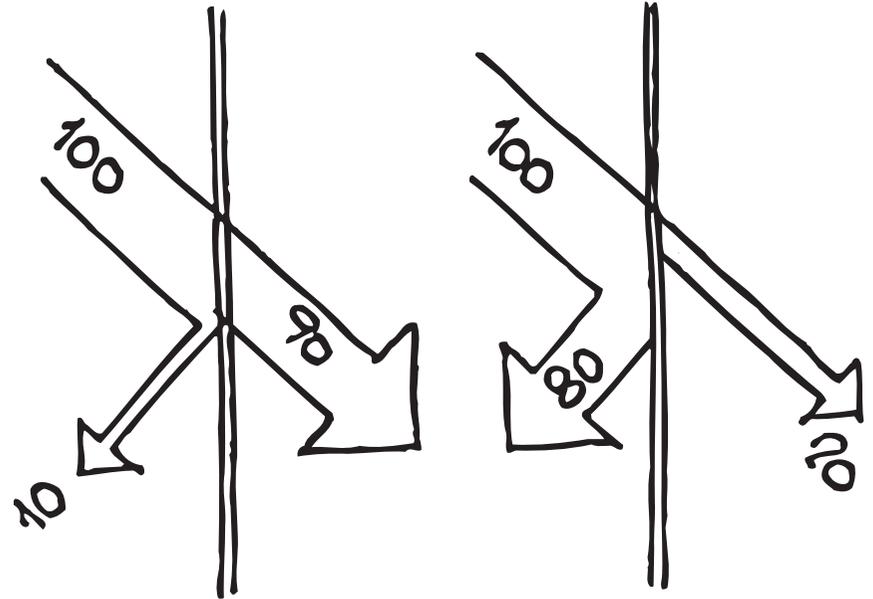
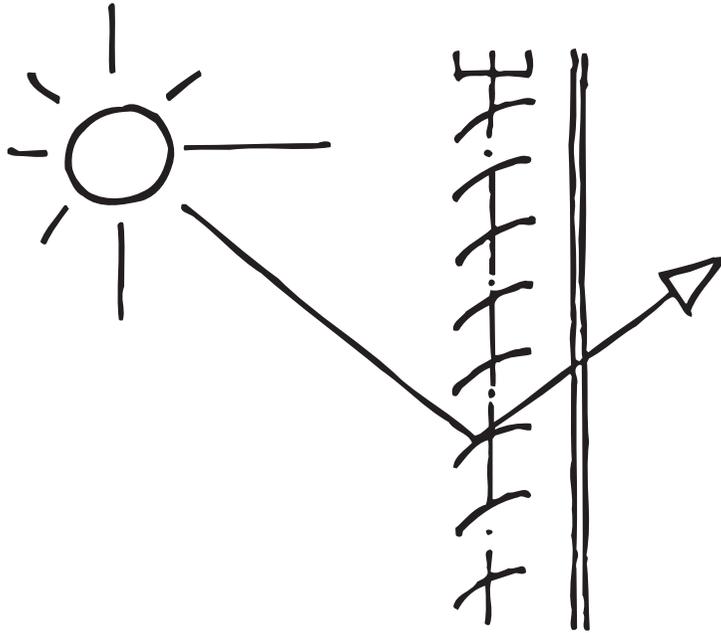
⊖ TLQ OHNE RÜCKBELICHTUNG  
 ⊕ TLQ MIT RÜCKBELICHTUNG

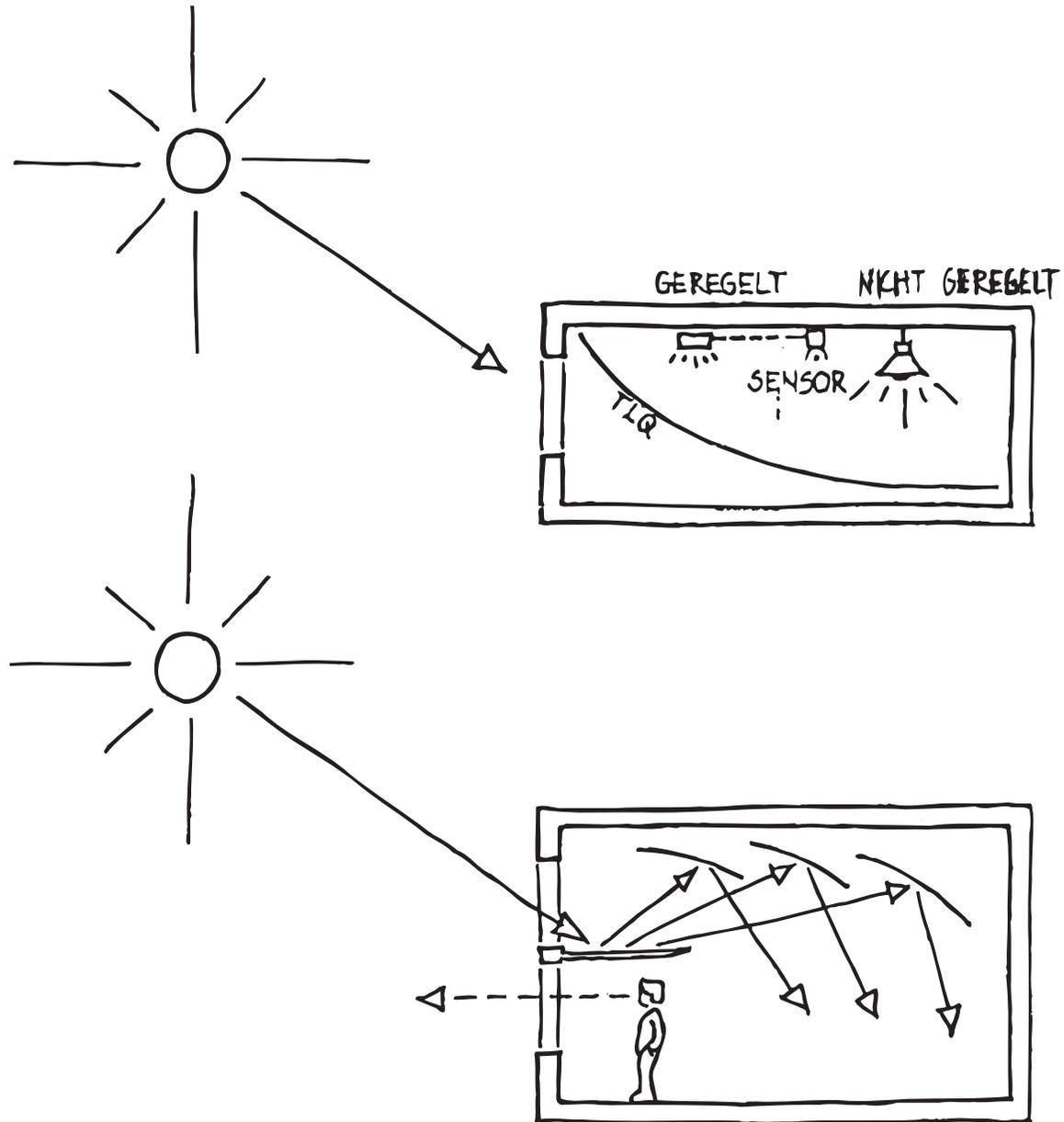




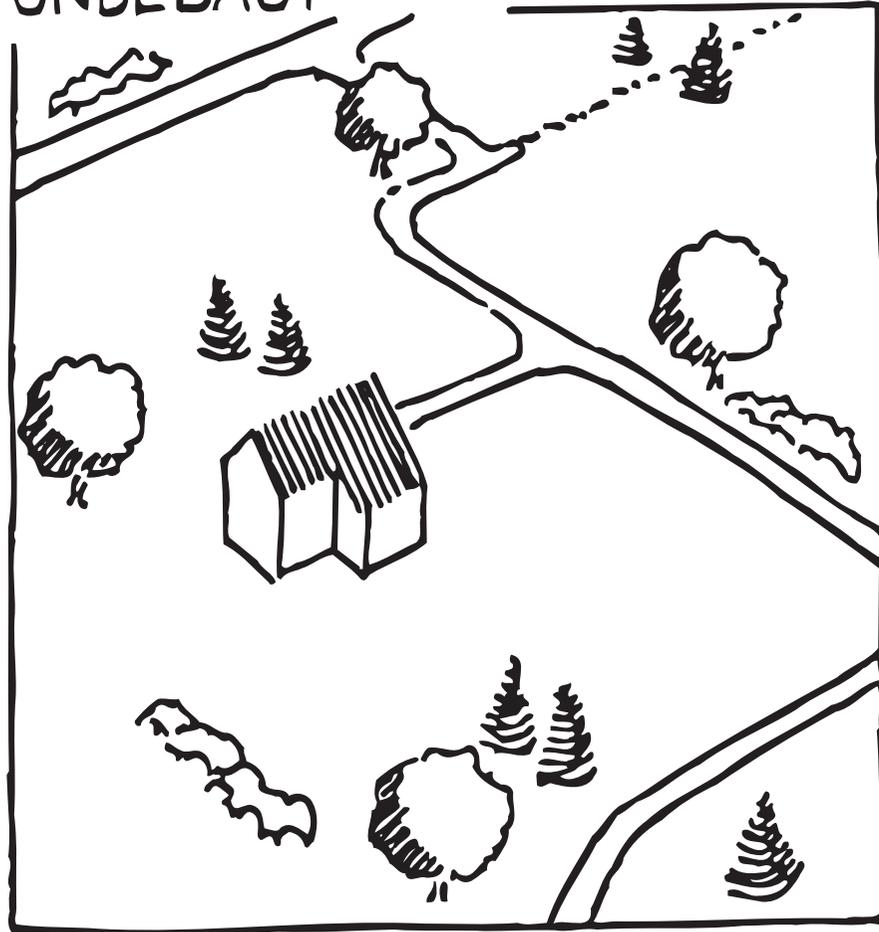
a REFLEKTIONSGRAD 40%.  
b REFLEKTIONSGRAD 25%.



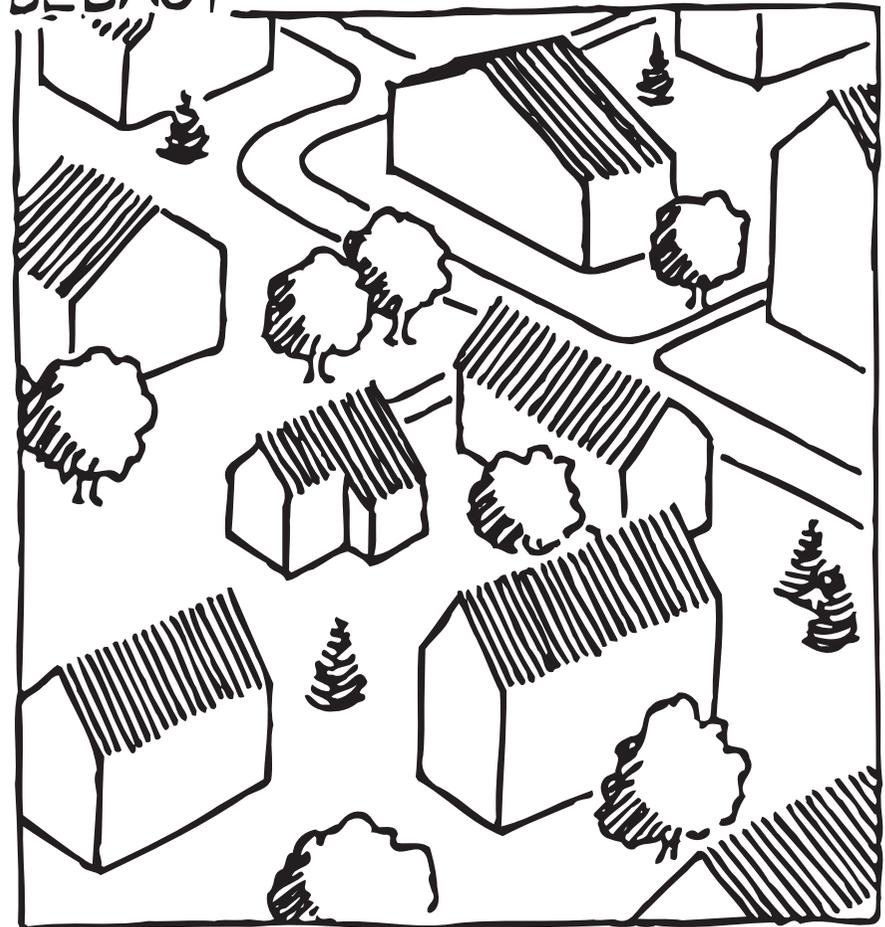




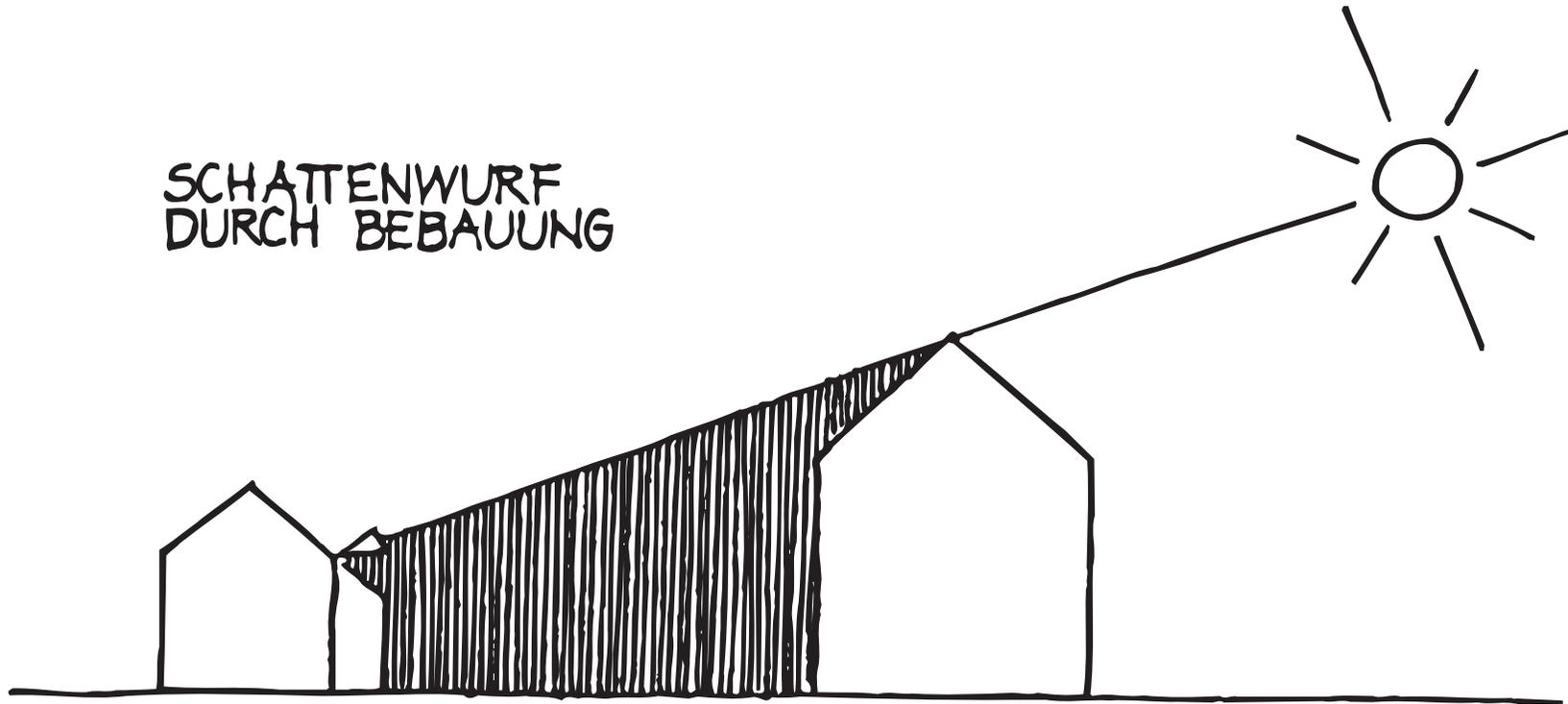
# UNBEBAUT

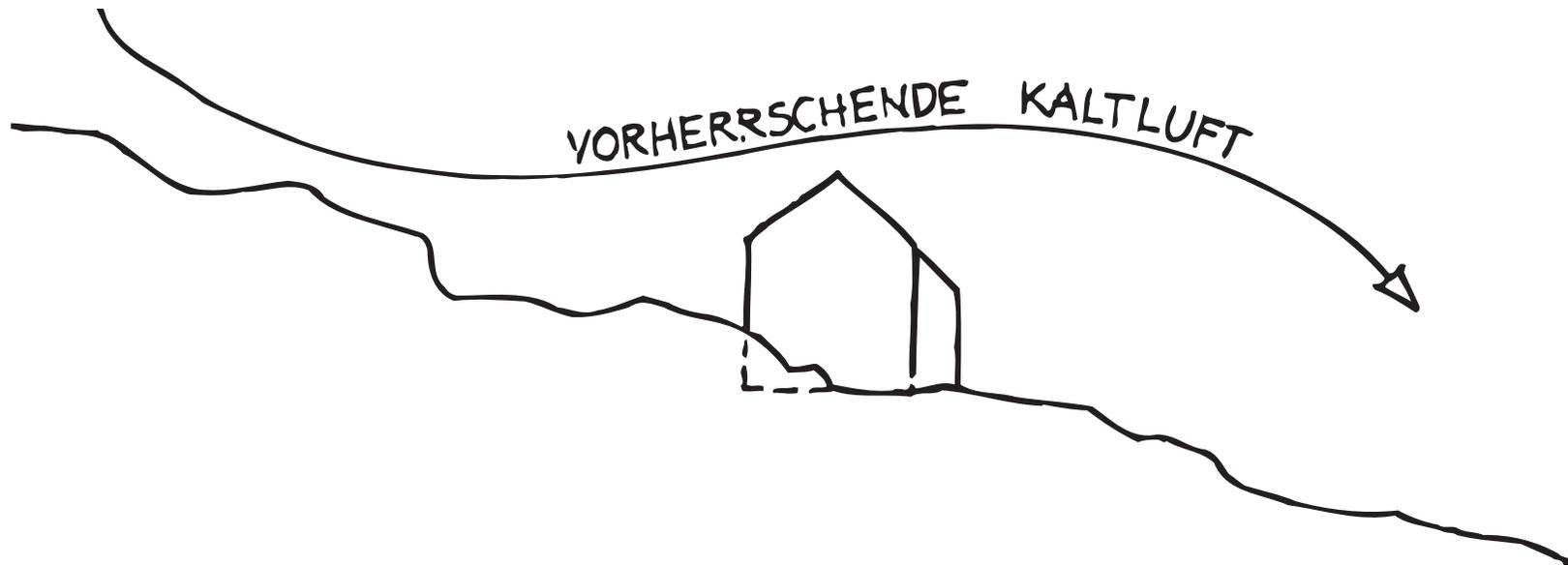


# BEBAUT

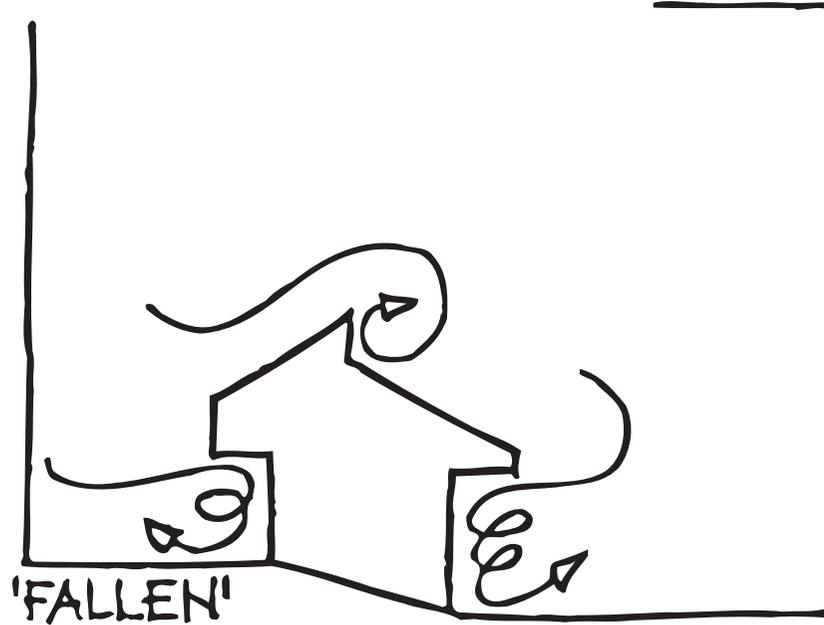


# SCHATTENWURF DURCH BEBAUUNG

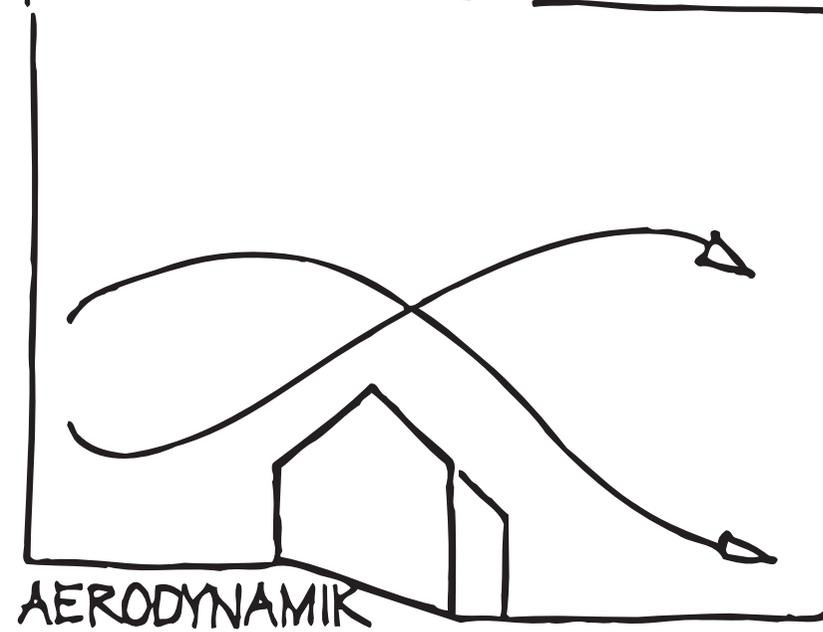


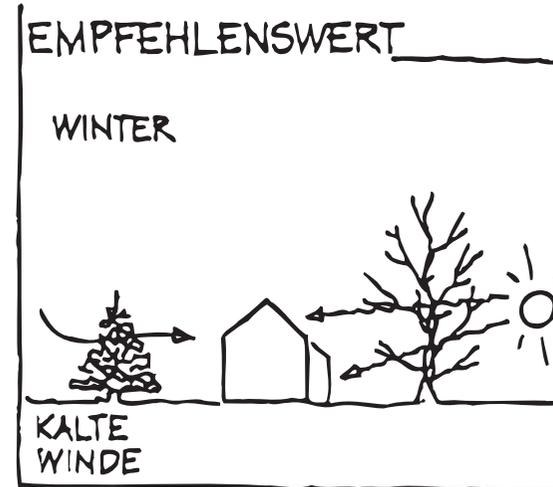
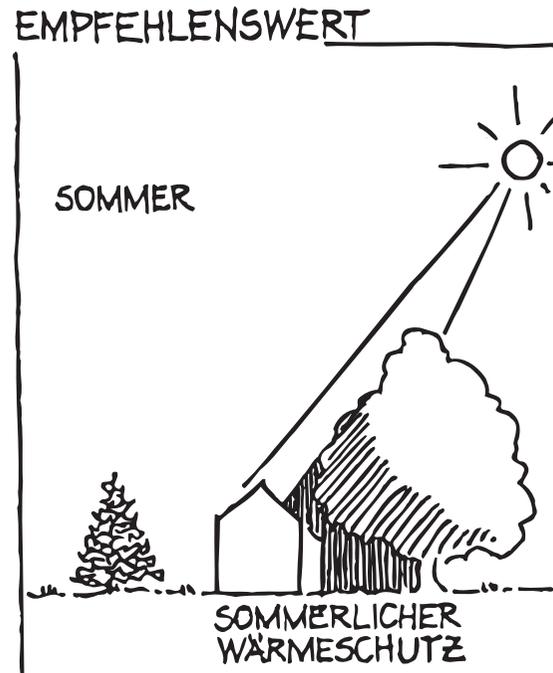
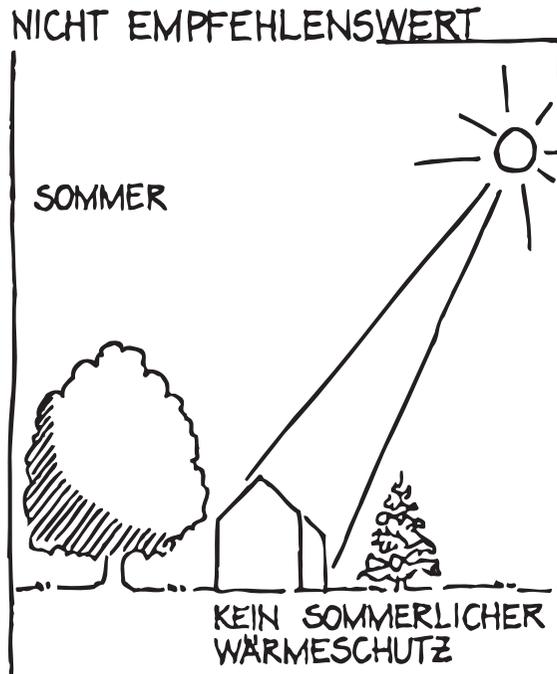


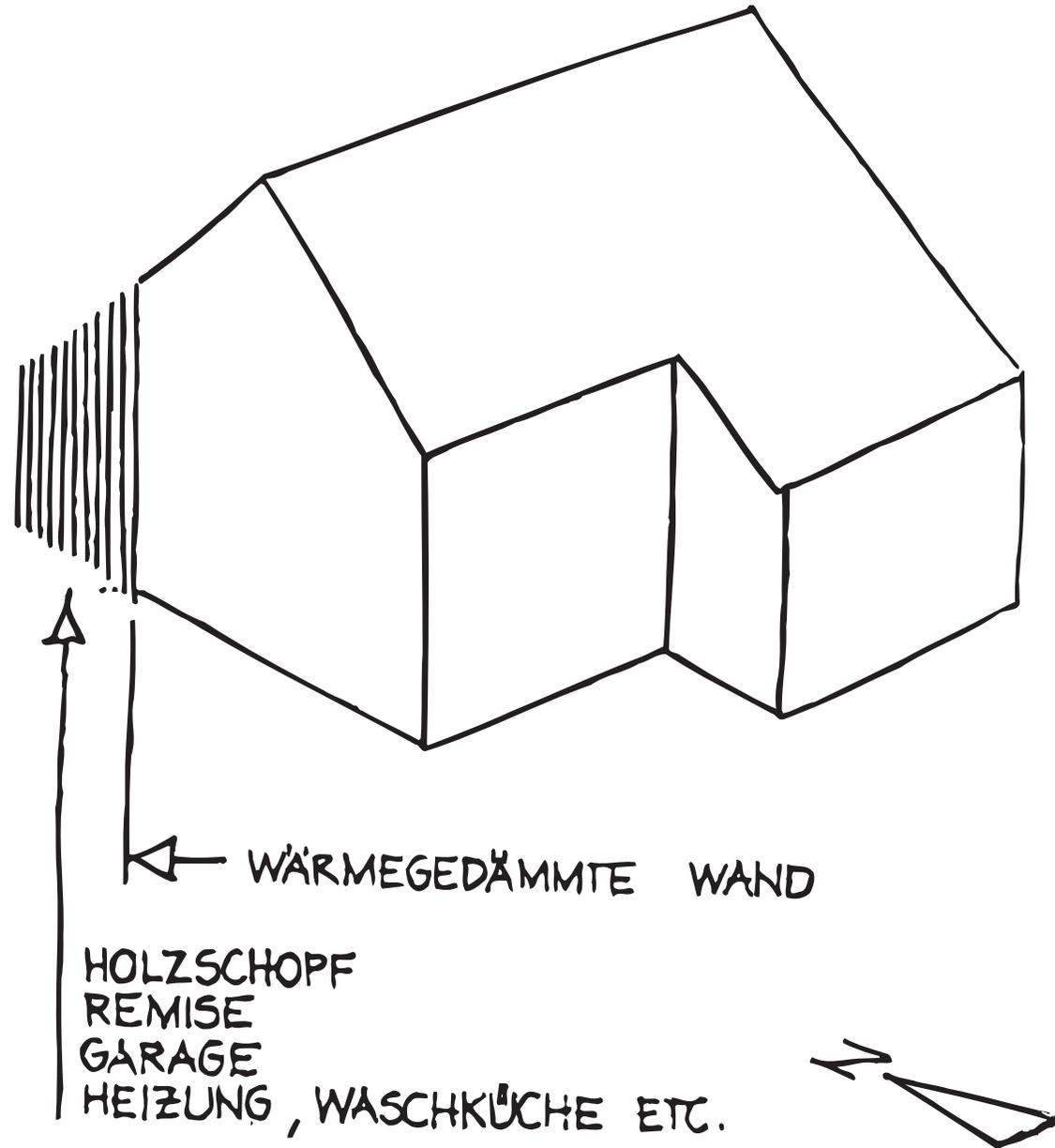
NICHT EMPFEHLENSWERT

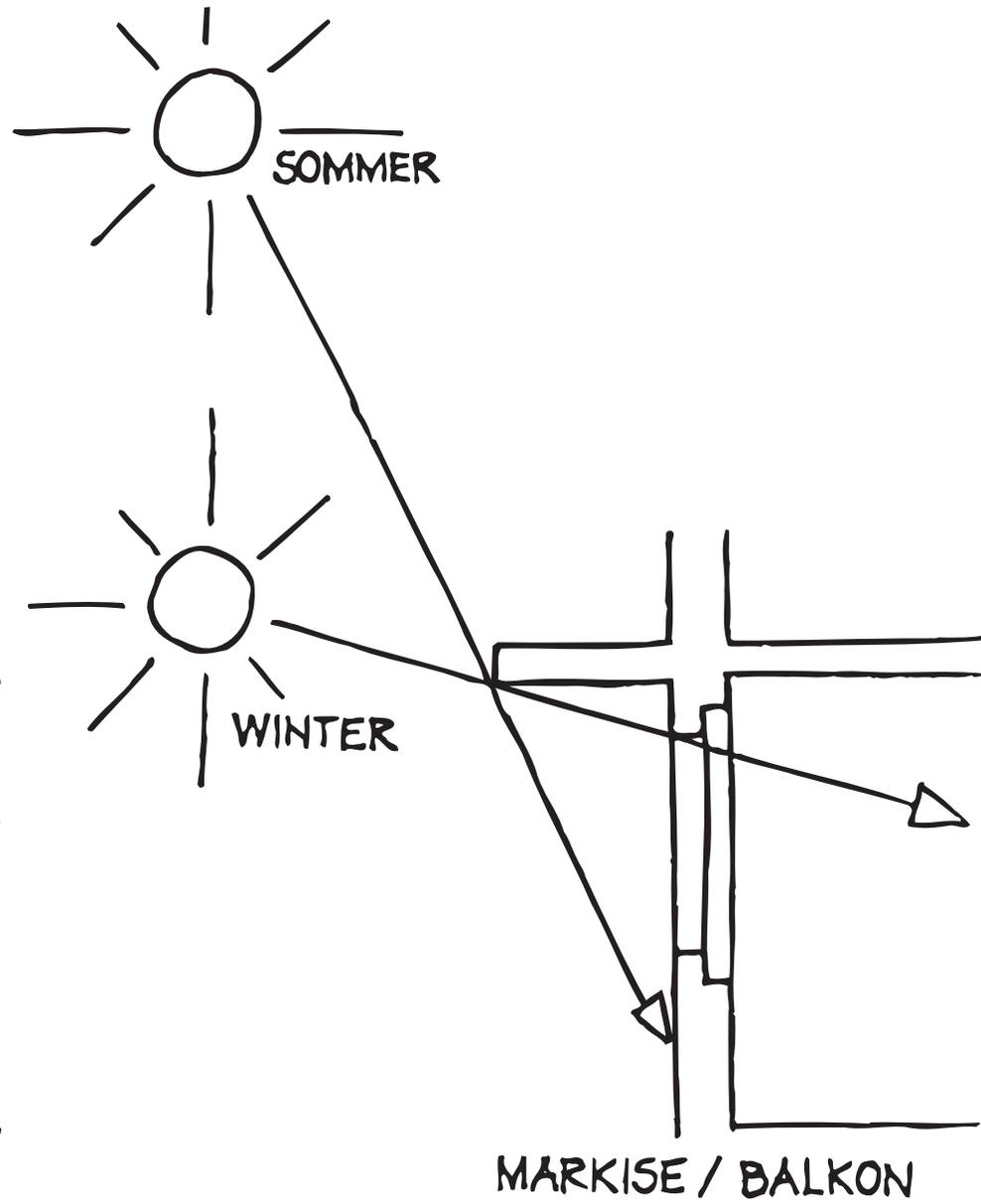
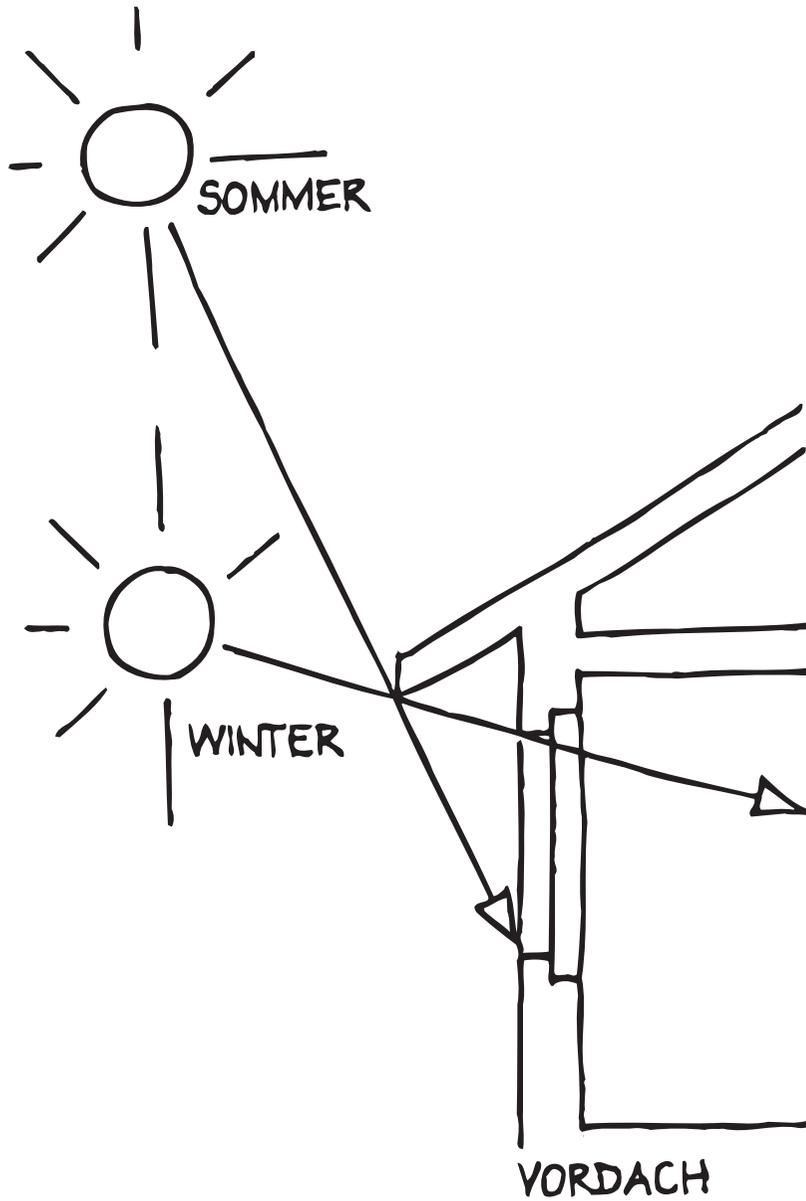


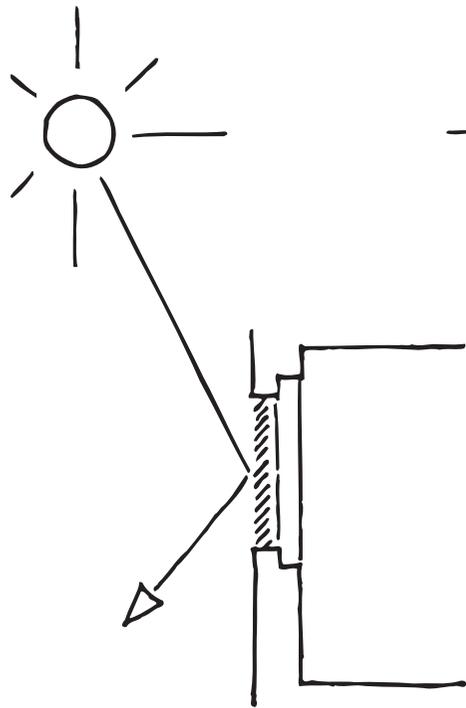
EMPFEHLENSWERT



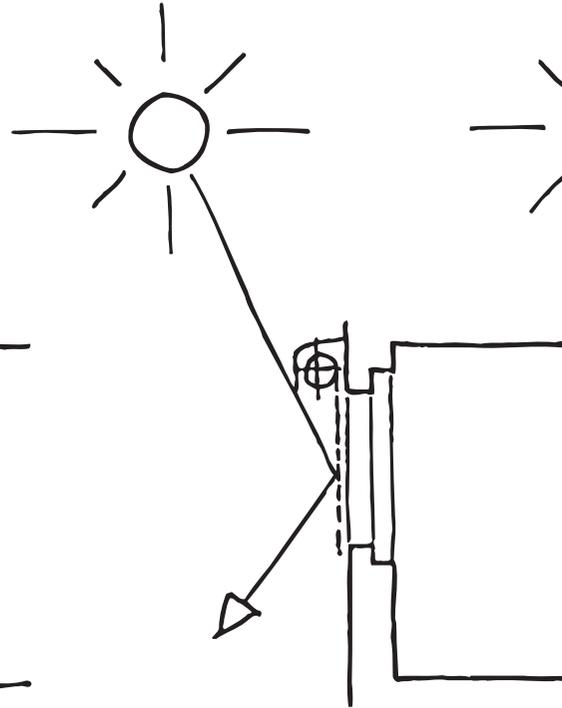




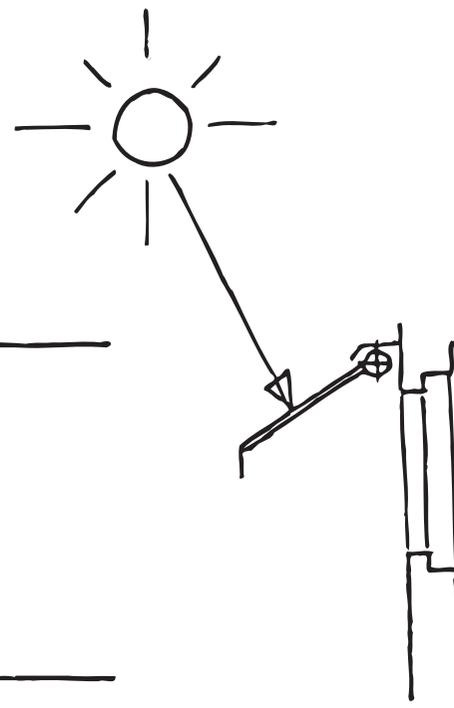




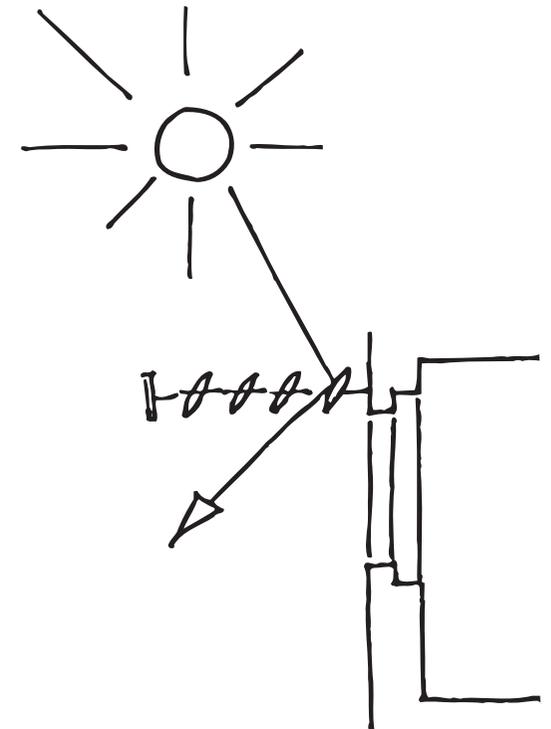
Lamellenstore  
Regulierung der  
Lichtverteilung



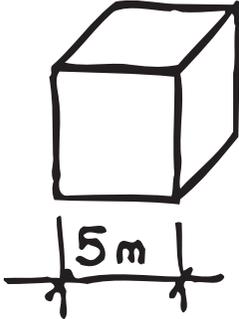
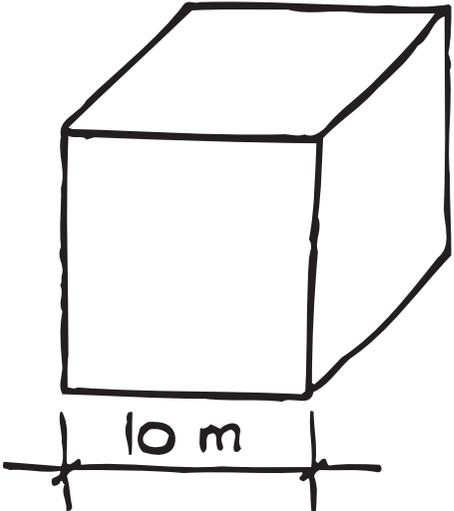
Rolladen  
nur zur  
Verdunkelung



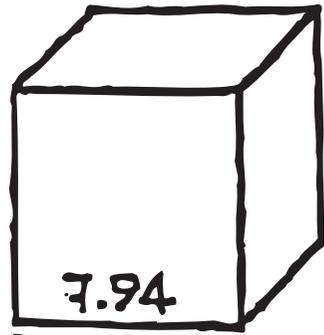
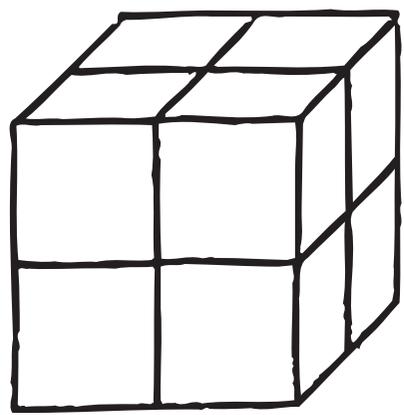
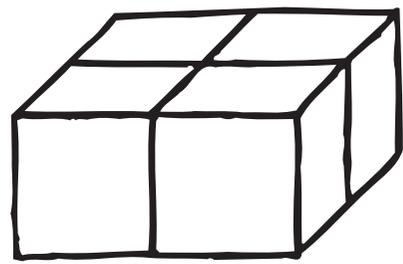
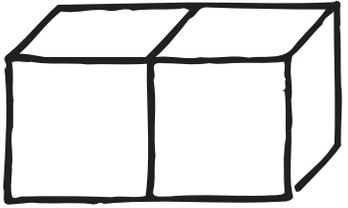
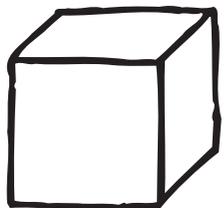
Stoffstoren  
reduzierte  
Regulierung



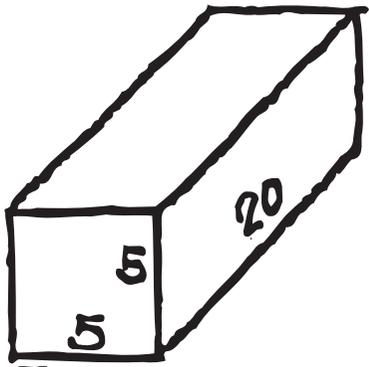
Brise-Soleil  
reduzierte  
Regulierung

		
AUSSENWAND FLÄCHEN	$5 \times 5^2 = 125 \text{ m}^2$	$5 \times 10^2 = 500 \text{ m}^2$
VOLUMEN	$5^3 = 125 \text{ m}^3$	$10^3 = 1000 \text{ m}^3$

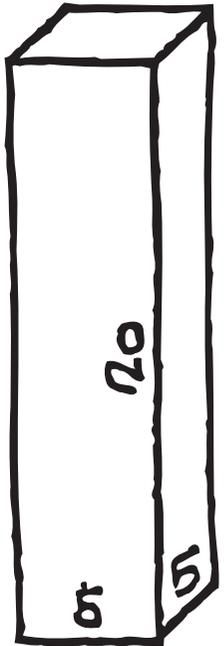
5 m



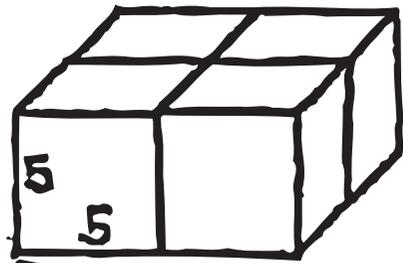
$F = 315$   
 $V = 500$



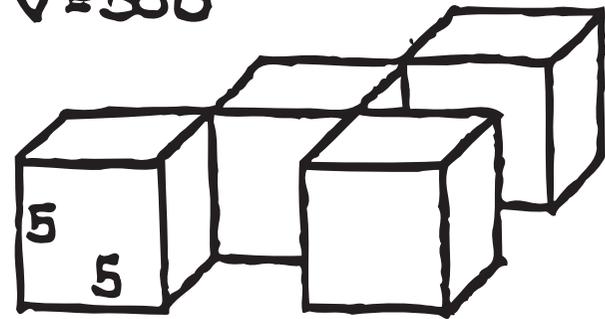
$F = 350$   
 $V = 500$



$F = 425$   
 $V = 500$



$F = 300$   
 $V = 500$



$F = 500$   
 $V = 500$

