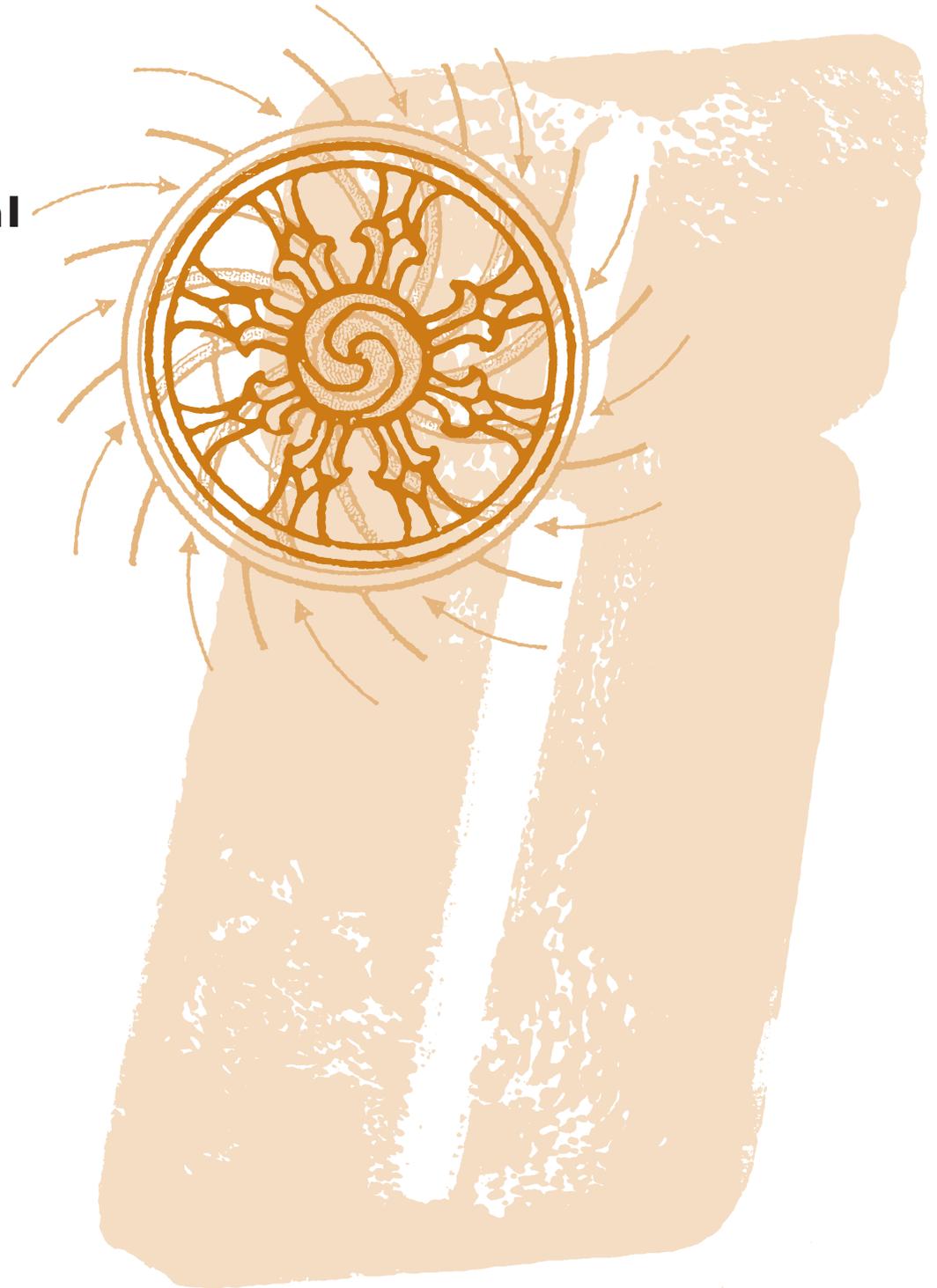


# Ökologische Materialwahl

Energie im Unterricht, Module für Bauberufe: Modul 8

- 1 Einführung: Worum geht es ?**
- 2 Lernziele**
- 3 Vorschläge für den Unterricht**
- 4 Fachinformation**
  - **Material und Kreislaufdenken**
  - **Graue Energie, Betriebsenergie**
  - **Wohngifte, Indoorschadstoffe**
  - **Lüften**
  - **Vom Baustoff zur Konstruktion**
- 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge**
- 6 Weiterführende Literatur**
- 7 Bild- und Textnachweis**
- 8 Vorlagen**



## 1 Einführung: Worum geht es ?

Material und Konstruktion sind zentrale Bestandteile des Bauens und bilden zusammen mit dem Entwurf eine Einheit. Klare konstruktive und materialtechnisch durchdachte Lösungen belasten bereits bei der Herstellung weniger die Umwelt, sind anpassungsfähiger in der Nutzungsphase und bieten umweltschonende Ergänzungs- und Rückbaumöglichkeiten.

Es gilt, möglichst wenige Materialien zu verwenden. Eine Beschränkung der Materialien ist auch sinnvoll, weil komplizierte Materialverbundstoffe am Ende ihres Lebenszyklus kaum in einen Materialkreislauf zurückgeführt werden können. Wenn möglich sind Recyclingprodukte zu verwenden.

Ein grosser Teil der Stoffflüsse, des Energiekonsums und der damit verbundenen Umweltbelastung entsteht bereits während der Herstellung eines Baustoffes, bevor überhaupt gebaut wird. Der Verbrauch der grauen Energie ist ein guter Indikator für die Umweltverträglichkeit einer Konstruktion.

Bauen ist eine Lebensnotwendigkeit. Es soll aber so erfolgen, dass die Belastung für Mensch und Umwelt gering bleibt. Ziel des Bauens ist es, ökologisch optimale und nicht technisch maximale Lösungen anzustreben.



Abb. 1: Haus in Versam von Peter Zumthor, Haldenstein  
Ergänzung des 200-jährigen Strickbaus mit modernem Holzbau

## 2 Lernziele

### Die Lernenden ...

- verstehen die einfachen ökologischen Zusammenhänge bei der Materialwahl.
- können quantitative Angaben zu grauer Energie und Baubiologie nachschlagen.
- können den Begriff «graue Energie» erläutern.
- kennen die wichtigsten Indoorschadstoffe.
- kennen die wichtigsten allergienauslösenden Mikroorganismen und nennen Massnahmen.
- erläutern die Bedeutung der Materialwahl für die spätere Entsorgung bzw. Wiederverwertung.

### Beispiele von Antworten:

- Baustoffe berücksichtigen, die auf jeder Stufe (Herstellung, Erstellung, Nutzung, Entsorgung) so ressourcenschonend wie möglich sind.
- Verwendung des Energiefachbuches
- Graue Energie ist die Energie, die für die Herstellung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung aufgewendet werden muss. Im Bauwesen – wie überall – sind wir immer Verbraucher von grauer Energie und Betriebsenergie.
- Formaldehyd, Radon, Lösemittel, Asbestfasern
- Milben, Schimmelpilze  
Massnahmen: ausreichender Luftwechsel, Kontrollierte mechanische Lüftung
- Möglichst wenige und möglichst einfach recycelbare Materialien einsetzen.

### 3 Vorschläge für den Unterricht

Als Einstieg eignen sich Ausschnitte aus folgenden Videos:

- Prima materia - der wieder entdeckte Erdbaustoff  
Forschungsgruppe Lehmbau der ETH Zürich
- Ort, Funktion und Form - Bauen in Graubünden  
die Architektur von Gion Caminada  
und Peter Zumthor  
Verlag Hochparterre ISBN 3-9520855-2-9

Die Schüler sollen vor allem lernen mit den bereits vorhandenen Dokumenten zu arbeiten:

- erfa Dokumentationen (5/95)
- SIA D 0123 Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten
- Graue Energie von Baustoffen
- Energiefachbuch
- Eco-devis
- Luftqualität in Innenräumen, Buwal Nr. 287
- SIB- Positivliste
- Ökologie im Bau, Jutta Schwarz
- Ökologisches Baustoff-Lexikon, G. Zwiener

Es wäre sinnvoll, die Übungen mit einem konkreten Bauprojekt zu verknüpfen, das dann auch für andere Module verwendet werden könnte.

## 4 Fachinformation

### 4.1 Material und Kreislaufdenken

Bauen war seit jeher abhängig von den verfügbaren Ressourcen. Unsere Vorfahren hatten dabei eine sehr beschränkte Materialpalette zum Bauen zur Verfügung.

Wände wurden in unseren Breitengraden vorzugsweise aus Stein, Decken und Dächer aus Holz gebaut. Andere Kulturen waren aufgrund der klimatischen Bedingungen gezwungen, für alle Bauelemente ein einziges Material zu verwenden. Die vorhandenen Baumaterialien waren Teil eines grossen Kreislaufes von Werden und Vergehen, ohne dass dabei Abfallprodukte entstanden.

Heute steht für das Bauen eine unüberblickbare Menge von unterschiedlichsten Materialien zur Verfügung. Die Herstellung und der Einsatz dieser Baumaterialien ist nicht mehr eine Frage des Standortes eines Gebäudes, sondern eine Frage der persönlichen Vorlieben von Bauträgerschaft und Architekt sowie der Baustoffpreise.

Die weltweite Verfügbarkeit praktisch aller Baustoffe und die Entwicklung immer neuer Materialien haben neben unbestrittenen Vorteilen auch zu einem bedenkenlosen Einsatz derselben geführt. Baustoffe mit unterschiedlicher Lebensdauer und mit verschiedenen Materialeigenschaften werden heute kombiniert und zu untrennbaren, vielschichtigen Bauteilen verklebt.



Abb. 2 Lehmbausiedlung in Marokko



Abb. 3 Wohnsiedlung in Zürich, Aussendämmung mit geklebten Polystyrolplatten

Die gesamtheitlichen Zusammenhänge lassen sich anhand eines Kreislaufschemas über die vier Stationen Produktion, Erstellung/Bau, Betrieb/Unterhalt und Rückbau/Abbruch eindrücklich darstellen. Bei allen Stationen entstehen Wechselwirkungen zur Erde/Umwelt und den Menschen. Beispielsweise entstehen durch den Abbau von Rohstoffen Abfälle und Schadstoffe.

Die Aufgabe des heutigen Bauens besteht darin, auf jeder Stufe die Wechselwirkungen aufzuzeigen, die Folgen für Mensch und Umwelt abzuschätzen und den Kreislauf so ressourcenschonend wie möglich zu gestalten.

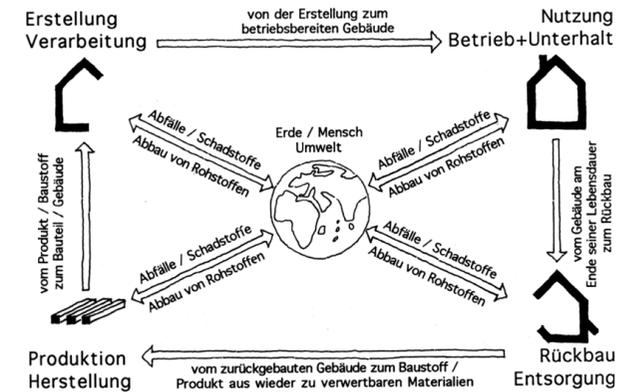


Abb. 4 Zusammenhänge im Kreislaufschema

### Rohstoffabbau:

Die Vorkommen vieler Rohstoffe sind begrenzt. Es gilt damit haushälterisch umzugehen und möglichst Baumaterialien aus gut verfügbaren (einheimischen) oder erneuerbaren Rohstoffen zu verwenden.

### Produktion:

Es sollten Produkte von Herstellern verwendet werden, welche ihre Produkte umweltschonend herstellen. Aufschluss darüber geben der SIA-Deklarationsraster und die Positivliste des SIB (Schweiz. Institut für Baubiologie).



Abb. 5 Der Wald, mehr als ein Rohstofflieferant

### Verarbeitung:

Bei der Verarbeitung sind Lösungsmittlemissionen (v.a. durch Kleber und Farben) und arbeitshygienisch kritische Stoffe wie lungengängige Fasern (v.a. durch Wärmedämmmaterialien) von besonderer Wichtigkeit.

### Nutzung:

Für das objektive Wohlbefinden und die Gesundheit ist es wichtig, dass keine schädlichen Stoffe aus den Materialien austreten. Baubiologische Materialien beeinflussen die Befindlichkeit der Bewohner und Bewohnerinnen nachweisbar positiv.

### Unterhalt:

Wichtigstes Kriterium ist die Langlebigkeit eines Baustoffes oder einer Konstruktion. Bauteile mit einer kürzeren Lebensdauer müssen repariert oder entfernt werden können, ohne dass die langlebigen Bauteile beeinträchtigt werden.

### Rückbau:

Fast jedes Bauwerk wird eines Tages wieder zurückgebaut werden. Es ist darum wichtig, dass sich die einzelnen Bauteile möglichst einfach wieder in ihre Ausgangsstoffe zerlegen lassen und entweder wiederverwendet, deponiert oder unschädlich vernichtet werden können.

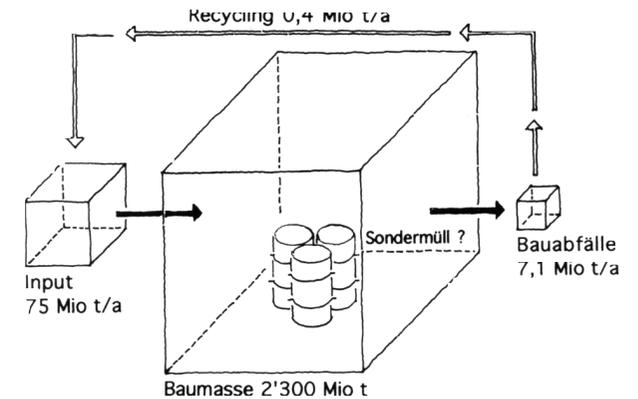


Abb. 6 Materialmengen im Bauwerk Schweiz  
Ein Vergleich aus der Natur zeigt die Grössenordnung der jährlich 7 Mio. Tonnen z.T. giftigen Bauabfälle: Sämtliche Bäume der Schweiz lassen jährlich etwa 10 mal weniger (ca. 70'000 Tonnen) Laub und Nadeln fallen (die natürlich im Gegensatz zu Bauabfällen erwünscht sind) !

### Recycling:

Ideal ist es, wenn Abfälle wieder für den ursprünglichen Zweck aufbereitet (recycelt) werden können, wie dies bei Flaschenglas praktiziert wird. Bei vielen Arten von Abfällen, auch bei Bauabfällen, ist dies nicht möglich.

- Recycling ist nie hundertprozentig machbar.
- Recycling ist meistens ein Downcycling.
- Recycling braucht Energie.

Es gibt heute für einige Anwendungsgebiete Produkte aus recyceltem Material, beispielsweise für Dämmstoffe, Mauersteine und Schutzfolien.

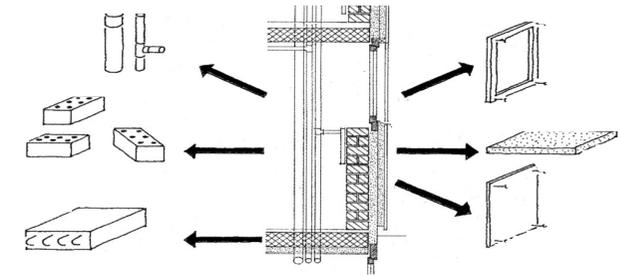


Abb. 7 Denkmodell für den Rückbau

### Entsorgung:

Es gilt bereits bei der Projektierung, die Frage eines allfälligen Rückbaus zu bedenken: Wie erfolgt die Trennung von Gebäude- bzw. Bauteilen in ihre Komponenten, und sind diese wiederverwertbar oder endlagerfähig?

Der SIA-Baustoffdeklarationsraster D 093 gibt Auskunft über die Fragen der Wiederverwertbarkeit, der unschädlichen Vernichtbarkeit durch Verbrennung sowie der Deponierbarkeit in einer Inertstoffdeponie (Inertstoff = anorganisches und unschädliches Material).

## 4.2 Graue Energie, Betriebsenergie

### Die Betriebsenergie

Die Betriebsenergie gibt die Energiemenge an, für:

- das Beheizen eines Gebäudes,
- das Aufbereiten des Warmwassers,
- Licht und Geräte.

### Die graue Energie

Die graue Energie umfasst die Primärenergie aus nicht erneuerbaren, fossilen Energieträgern, wie Kohle, Erdöl und Erdgas, und den elektrischen Strom, welche für die Herstellung von Produkten benötigt werden. Es sind dies alle

- Herstellungsprozesse,
- Verarbeitungsprozesse,
- Transporte.

vom Rohstoffabbau bis zum fertigen Bauwerk, ebenso bei der späteren Entsorgung des Baumaterials bzw. beim Rückbau des ganzen Gebäudes.

### Was sagt die graue Energie aus?

Die graue Energie eines Produktes ist ein Indikator für die Menge des Treibhausgases Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) sowie der Luftschadstoffe Stickstoff- ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeldioxyd ( $\text{SO}_2$ ). Sie sind für den sauren Regen und die Verschlechterung der Luftqualität verantwortlich.

Diese Gase entstehen bei der Verbrennung von nicht erneuerbaren Energieträgern. Je tiefer die graue Energie eines Produktes ist, umso weniger wird die Luft belastet, und umso weniger wird der Treibhauseffekt angekurbelt.

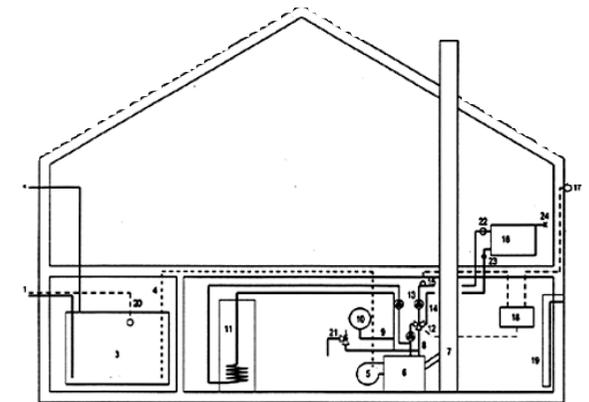


Abb.8 Ölzentralheizung

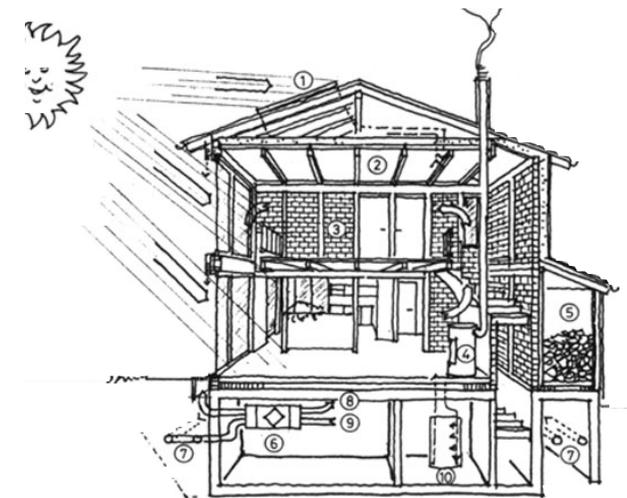


Abb.9 Holzheizung mit Kollektoren



Abb.10 Kalksandsteinherstellung im Autoklav

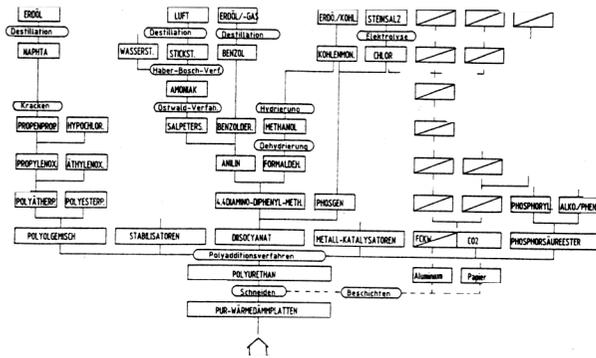


Abb.12 Herstellungprozesskette PUR

### Kunststoffe

Produkte, die aus den Rohstoffen Erdöl oder Kohle hergestellt werden, gelten als Bestandteile der grauen Energie. Dazu gehören alle organisch-künstlichen Produkte wie z.B. die Kunststoffe. Da diese zudem eine aufwendige energiereiche Herstellung brauchen, weisen sie eine hohe graue Energie auf.

### Holz

Produkte aus erneuerbaren Rohstoffen oder Energieträgern, wie z.B. Holz, gelten als CO<sub>2</sub>-neutral, weil sie gleichviel CO<sub>2</sub> für ihr Wachstum aufnehmen, wie sie später beim Verbrennen oder Vermodern an die Umwelt wieder abgeben. Graue Energie fällt nur beim Transport und bei der Verarbeitung an.

### Recycling Produkte

Recycling-Produkte entlasten die Umwelt. Die graue Energie der wiederverwerteten Produkte ist gering.



Abb.11 Korrosion durch Luftschadstoffe

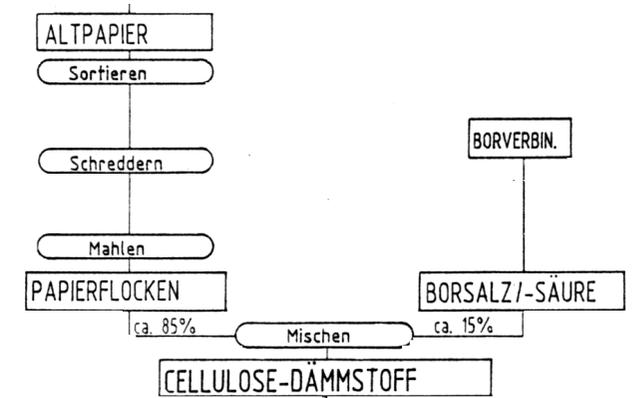


Abb.13 Herstellungprozesskette Cellulose

### 4.3 Wohngifte, Indoorschadstoffe

#### Definition

Viele organisch-synthetische und natürlich-organische Baumaterialien können Stoffe an die Innenraumluft abgeben (emittieren). Es handelt sich dabei um eine Vielzahl von chemischen Stoffen, die vor allem bei den erstgenannten Materialien je nach Konzentration gesundheitsschädigend auf die Benutzer von Gebäuden wirken können.

#### Formaldehyd

Formaldehyd ist ein Reizgas. Bereits kleine Mengen können bei Bewohnern und Bewohnerinnen Augen- und Schleimhautreizungen, Müdigkeit und chronische Kopfschmerzen hervorrufen.

Formaldehyd wird unter anderem in der Spanplattenverarbeitung verwendet. Es ist darauf zu achten, dass im Innenraum nur klassifizierte formaldehydarme Holzwerkstoffe Lignum CH 6.5 (= max. 6.5 mg freies Formaldehyd pro 100 g Spanplatte) eingebaut werden.

Der Innenraumgrenzwert darf  $0,13\text{mg}/\text{m}^3$  nicht überschreiten.

Weitere Formaldehydquellen: Tabakrauch, Textilien, Haushaltsreinigungsmittel, Klebstoffe, Farben, Schaumstoffe.

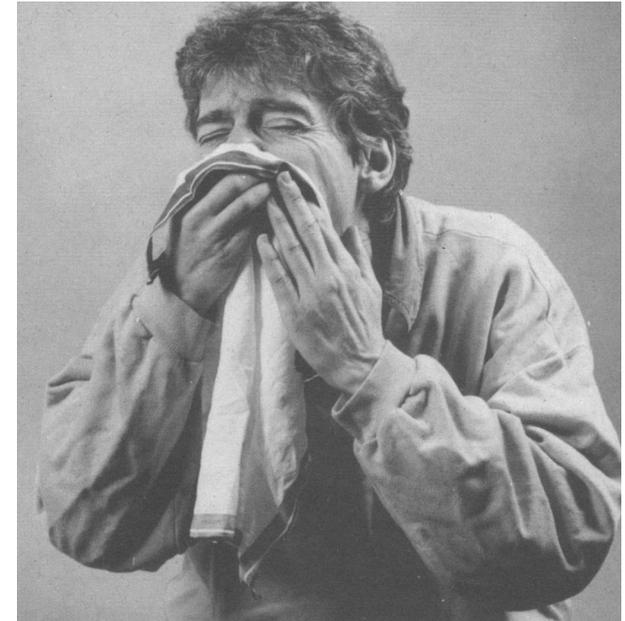


Abb. 14

### Lösemittel (Benzol, Toluol, Aceton, Dichlorethan, Trichlorethan, Trichlorethen, Xylen u.a.)

Lösemittel wie Nitroverdünner, Terpentinersatz usw. sind leicht flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC). Sie kommen in Farben, Lacken, Klebstoffen, Holzschutzmitteln u.a. vor. Kopfwahl, Übelkeit, langfristig gesehen Auswirkungen auf Nieren, Leber, Milz und das Nervensystem oder sogar Blutkrebs und Erbgutschädigungen können verursacht werden.

Es ist deshalb auf lösemittelhaltige Farben, Lacke, Holzschutzmittel, Abbeizmittel, Politurmittel, Klebstoffe und Teppichböden mit Synthetikschaumrücken zu verzichten.

Für die meisten Anwendungen sind heute qualitativ einwandfreie Alternativen verfügbar.

### Radon

Radon ist ein radioaktives Gas, das aus dem Boden stammt. Dabei ist die örtliche Geologie des Untergrundes massgebend. Radon kann Lungenkrebs verursachen. Das Bundesamt für Gesundheit BAG schätzt, dass jährlich 200 – 300 Personen in der Schweiz an radonbedingtem Lungenkrebs sterben. Die Strahlenschutzverordnung schreibt deshalb für Wohn- und Aufenthaltsräume sowie für Arbeitsräume Grenzwerte fest. Für Neu- und Umbauten sowie Sanierungen gilt ein Richtwert.

Hauptsächlich verantwortlich für den Transport des Radons aus dem Boden ins Hausinnere ist der sogenannte «Kamineffekt»: Warme Luft, die im Haus auf-

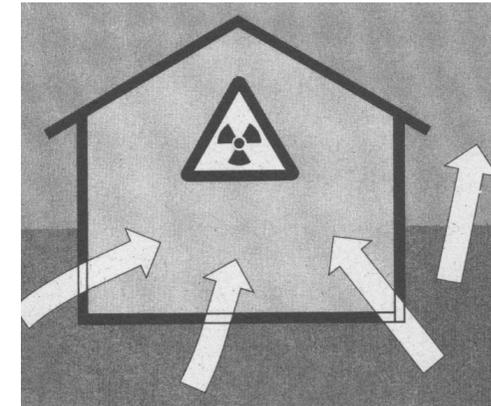
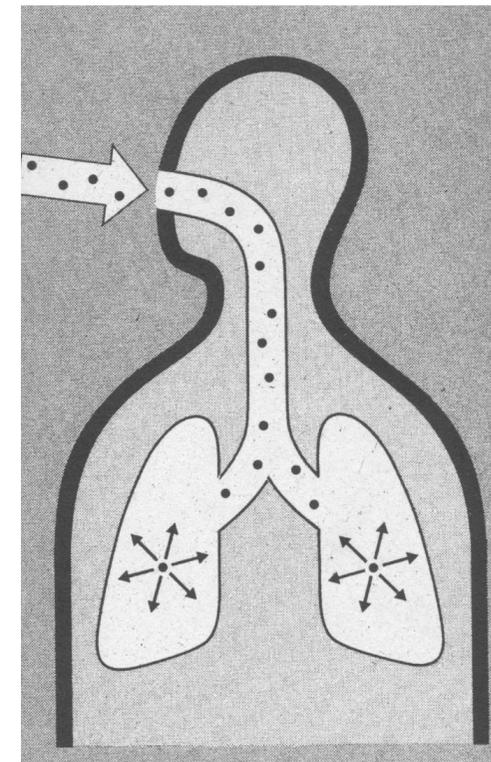


Abb. 15 Radon erzeugt Lungenkrebs



steigt, bewirkt im Keller und den untersten Stockwerken einen kaum spürbaren Unterdruck; dadurch entsteht eine Sogwirkung. Als Folge der Sogwirkung wird radonreiche Luft aus dem Untergrund durch undichte Kellerböden wie z. B. Naturböden, Löcher und Risse in Kellerböden gesaugt. Die Radonkonzentration nimmt innerhalb des Gebäudes nach oben ab.

Abdichten oder sogar Einbau von Lüftungsanlagen können die Belastung abbauen.

### **Mineralfasern**

Die bekannten Produkte aus Glas- resp. Steinwolle weisen keine Lösungsmittlemissionen auf. Es bestehen aber arbeitshygienische Risiken in Bezug auf lungengängige Fasern, die in Spuren bei beiden Produkten vorhanden sind. (siehe SIA- Deklarationsraster D 093).

### **Zellulosefasern**

Aus Zeitungspapier gewonnene, mit Borax und Borsäure behandelte Zellulosefasern werden als Wärmedämmstoff insbesondere in Hohlräume von Holzständerkonstruktionen geblasen. Aufgrund der Giftigkeit der Zuschlagstoffe bestehen auch hier arbeitshygienische Risiken. Bei sachgemässer Bauausführung (dichte Luftdichtigkeitsschicht) entsteht jedoch kein Risiko für die Bewohner.

### **Holzfasern, Holzspanplatten**

Es bestehen keine lungengängige Fasern. Je nach Produkt sind Lösungsmittlemissionen (Isocyanate) vorhanden, welche zu Allergien führen können.

### **Asbestfasern**

Der Einsatz von Asbestfaserprodukten ist aufgrund des erwiesenen Krebsrisikos (Asbestose, Lungenkrebs) verboten. Bei Abbruch oder Rückbau von bestehender Substanz mit Asbestanteilen (Dach- und Fassadenplatten, Fussbodenbeläge, Feuerschutzelemente) sind arbeitshygienische Sicherheitsmassnahmen unabdingbar und deshalb vorgeschrieben.

## 4.4 Lüften

Die Luft im Innenraum ist zusammen mit dem Trinkwasser, den Nahrungsmitteln und der Aussenluft ein für die Gesundheit des Menschen entscheidendes "Lebensmittel". Die grosse Schwierigkeit ist, aus Energiespargründen dichte Häuser zu bauen und gleichzeitig einen genügenden Luftwechsel und Wohnkomfort zu garantieren. Die Konzentration von Stoffen in der Innenraumluft nimmt mit sinkendem Luftwechsel exponentiell zu. Die kontrollierte mechanische Lüftung mit Wärmetauscher wird heute als Lösungsmöglichkeit, um beiden Ansprüchen zu genügen, betrachtet.

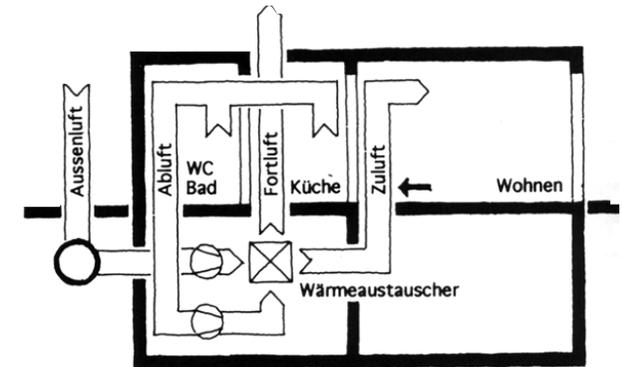


Abb.16 Kontrollierte mechanische Lüftung

### Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze)

Zu den wichtigsten Auslösern von Allergien zählen Milben und Schimmelpilze, welche in Neu- und Umbauten insbesondere wegen hohen Luftfeuchtigkeiten oft günstige Wachstumsbedingungen vorfinden. Klimaanlage, Luftbefeuchter, Teppiche, Haustiere und Pflanzen können das Vorkommen von Mikroorganismen begünstigen.

Ein ausreichender Luftwechsel wird benötigt, um geruchsbelastete Luft durch Frischluft zu ersetzen und die für das Wachstum von Milben und Schimmelpilzen nötigen hohen relativen Luftfeuchtigkeiten zu vermeiden.

## 4.5 Vom Baustoff zur Konstruktion

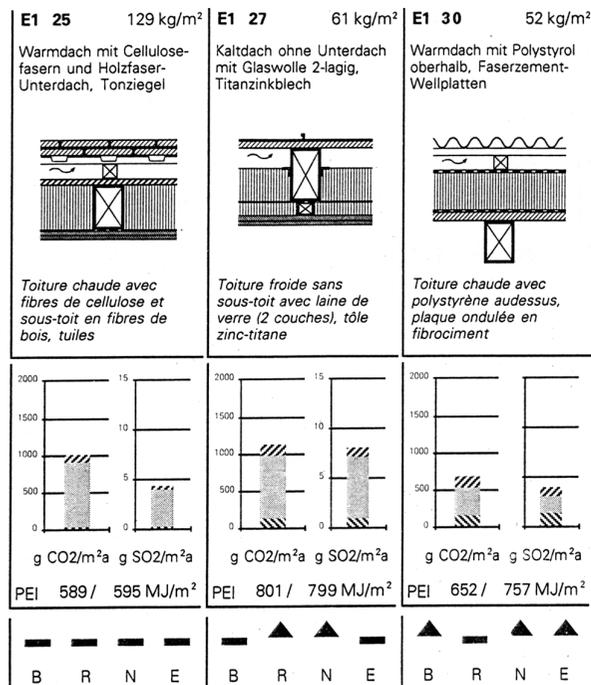


Abb. 17 Beispiel Beurteilung von Steildächern

Das Schwergewicht ökologischer Informationen lag bisher bei den Baustoffen. In der neuen SIA-Dokumentation D 0123 «Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten» werden diese Informationen zusammen mit Angaben zur Nutzungszeit in einem Beurteilungsraster für Baukonstruktionen verarbeitet.

Ziel ist es, eine umfassende Optimierung in Bezug auf Gesamtenergieverbrauch, Umweltbelastung und Baukosten für das ganze Gebäude zu erhalten.

Das Amt für Bundesbauten hat zur SIA Dokumentation D 0123 eine Kurzfassung, (erfa, info 5/95) herausgegeben.

### Konstruktion

Beurteilt wird 1m<sup>2</sup> des Regelquerschnittes mit den rohbaurelevanten Schichten. Verglichen werden Konstruktionen desselben Bauteils bei vergleichbaren Leistungen bezüglich Wärme und Schall.

### Index = Umwelteinwirkungen pro m<sup>2</sup> und Jahr

Beurteilt werden die beiden Leitgrößen Treibhauseffekt (g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a) und Versäuerung (g SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>). Im Stapelbalken sind die Anteile der einzelnen Baustoffkategorien ersichtlich. Die Primärenergie (MJ/m<sup>2</sup>) für die Herstellung der Baustoffe wird als Zusatzinformation angegeben.

### Profil

Das Profil umfasst baupraktische Gesichtspunkte für die Verarbeitungs- und Nutzungsphase sowie die Entsorgung.

▲ günstig

— mittel

▼ ungünstig

B = Bauprozess

R = Problematische Bestandteile

N = Nutzung

E = Entsorgung

### Fazit

Die Gesamtbeurteilung ergibt sich aus den eigenständigen Index- und Profilinformatoren.

## 5 Aufgaben, Lösungsvorschläge

### Lernauftrag 1: Material und Kreislaufdenken (Gruppenarbeit)

- Suchen Sie zu den Kriterien Rohstoffabbau, Produktion, Verarbeitung, Nutzung, Unterhalt, Rückbau, Recycling und Entsorgung Beispiele wichtiger Baustoffe in der Baupraxis.
- Erstellen Sie dazu eine kleine Dokumentation.

### Lernauftrag 2: Graue Energie (Einzelarbeit)

Hinweis: Tabelle «Graue Energie» Schweizer Energiefachbuch 1999 (vgl. 8. Vorlagen)

- Welches Material beinhaltet pro kg die grössere Menge an grauer Energie:
  - Backstein, Kalksandstein oder Beton ?
  - Polystyrol, Kork, Holzfasern oder Glasfasern ?
  - Tonziegel, Eternitschiefer oder Kupferblech ?
- Die Celluloseendämmung beinhaltet viel weniger graue Energie, als die Polyurethanschaumdämmung. Warum?

### Lernauftrag 3: Wohngifte (Gruppenarbeit)

- Untersuchen Sie Materialien anhand eines konkreten Objektes ( z.B. Schulzimmer ) auf ihre Giftigkeit und machen Sie Vorschläge für ungiftige Ersatzprodukte.

### Lernauftrag 4: Lüften (Einzelarbeit)

- Nennen Sie Wasserdampfquellen in einem Wohnhaus und schätzen Sie die täglich entstehende Wasserdampfmenge in einem 4-Personenhaushalt.

### Lernauftrag 5: Vom Baustoff zur Konstruktion (Gruppenarbeit mit Präsentation)

Ein Wohngebäude aus den 50er-Jahren soll wärmetechnisch saniert werden (Wandaufbau: 25 cm Backstein beidseitig verputzt). Die Bauträgerschaft wünscht eine ökologische Beurteilung von drei Sanierungsvorschlägen der Wandkonstruktion (U-Wert neu:  $0,3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ).

- Orientieren Sie sich im Bericht erfa 5/95 über mögliche Wandkonstruktionen, analysieren Sie diese und formulieren Sie für die Bauträgerschaft ein Fazit.

## 6 Weiterführende Literatur

### **Schonend Wohnen**

WWF Schweiz, Konsum/Umwelt, Postfach,  
8010 Zürich

### **Graue Energie von Baustoffen**

Tabellenwerk mit 550 Daten von Baustoffen  
Büro für Umweltchemie, Hottingerst. 52,  
8052 Zürich,  
Tel. 01 262 25 62 Fax 01 262 25 70

### **erfa info 5/95**

Hochbaukonstruktionen nach ökologischen Gesichtspunkten

### **erfa info 1/97**

Radon in Wohnhäusern  
Erfahrungsaustausch und Bauökologie  
Amt für Bundesbauten, Swisscom, SBB  
Tel. AFB: 031 322 82 08

### **Baubiologie:**

Sondernummer Swissbau 97  
Fachzeitschrift der Schweizerischen Interessengemeinschaft für Baubiologie/ Bauökologie

### **Luftpost**

Eine Publikation des Cercl'Air sowie der Lufthygiene-Fachstellen des Bundes, der Kantone und der Städte  
Die Luftreinhalteverordnung der Schweiz (LVR)  
Bezugsquelle: Kant. Amt für Umweltschutz

### **Radon eindämmen**

Merkblatt für Mieterinnen/Mieter und Hausbesitzende  
Institut für Baubiologie SIB, Militärstrasse 84,  
8004 Zürich  
Tel. 01 299 90 40, Fax 01 299 90 41  
E-mail [inst.baubiologie@swix.ch](mailto:inst.baubiologie@swix.ch)  
Homepage <http://www.swix.ch/inst.baubiologie>

### **SIB Positivliste**

Institut für Baubiologie SIB, Militärstrasse 84,  
8004 Zürich  
Tel. 01 299 90 40, Fax 01 299 90 41  
E-mail [inst.baubiologie@swix.ch](mailto:inst.baubiologie@swix.ch)  
Homepage <http://www.swix.ch/inst.baubiologie>

### **Radon**

Informationen zu einem strahlenden Thema  
Bundesamt für Gesundheit, Februar 1999  
Bezugsquelle: EDMZ, 3000 Bern, Art.-Nr. 311.341d  
Tel. 031 324 68 80, Fax 031 322 83 83

### **Luftqualität in Innenräumen**

Schriftenreihe Umwelt Nr. 287 (1997)  
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft,  
Dokumentationsdienst, 3003 Bern

### **Baubiologie, Bauökologie 98/99**

mit Materialempfehlungen  
GIBB- Genossenschaft Information Baubiologie  
St.Gallerstr. 28, 9230 Flawil  
Tel. 071 393 22 52, Fax 071 393 22 56  
E-mail: 101725.1004@compuserve.com  
Homepage: <http://www.gibbeco.org>

### **SIA D 0122**

Dokumentation Oekologische Aspekte des Bauens  
1995  
Hansruedi Preisig, Karl Viriden, Werner Dubach  
SIA - Postfach, 8039 Zürich  
Tel. 01 283 15 15, Fax 01 283 15 60

### **SIA D 0123**

Dokumentation Hochbaukonstruktionen nach  
ökologischen Gesichtspunkten 1995  
Intep AG und Peter Steiger, Zürich  
SIA - Postfach, 8039 Zürich  
Tel. 01 283 15 15, Fax 01 283 15 60

### **SIA D 0137**

Checklisten für energiegerechtes, ökologisches Pla-  
nen und Bauen, August 1996  
SIA - Postfach, 8039 Zürich  
Tel. 01 283 15 15, Fax 01 283 15 60

### **SIA D 093 - Deklarationsraster**

SIA - Postfach, 8039 Zürich  
Tel. 01 283 15 15, Fax 01 283 15 60

### **Bauökologie - Orientierungshilfe für die Zukunft**

Artikel Neue Zürcher Zeitung 29.11.95 von  
HR.Preisig

### **Baustoffökologie:**

Versuch einer Standortbestimmung  
Artikel SIA Heft Nr.47 vom 17.11.94 von A. Binz

### **Diane Öko-Bau / Energie 2000**

Dokumentation Aktionsprogramm Energie 2000

### **Öko-logische Baukompetenz**

Handbuch für die kostenbewusste Bauherrschaft von  
A-Z  
Hansruedi Preisig, Karl Viriden, Werner Dubach  
Werd Verlag, CRB, Zürcher Hochschule Winterthur  
1999

### **Ökologie im Bau**

Entscheidungshilfen zur Beurteilung und Auswahl  
von Baumaterialien  
Jutta Schwarz, Haupt Verlag, Bern  
4. Auflage 1998

### **Ökologisches Baustoff-Lexikon**

Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke  
Gerd Zwiener, C.F.Müller Verlag Gmbh, Heidelberg  
2. Auflage 1995

### **Baustoffkunde und Konstruktionslehre für Bauberufe**

Lehrmittel Berner Baufachlehrer  
P. Herzog Druck und Verlag, Solothurn  
Tel. 032 622 40 58, Fax 032 622 32 34  
[www.lehrmittelbau.ch](http://www.lehrmittelbau.ch)

### **Energie-Schlüsselgrösse unserer Zeit**

Handbuch für Lehrkräfte  
Walter Gille, Maja Messmer, Jürg Nipkow,  
Bernhard Liechti, Sauerländer, Aarau, 1999  
Schülerheft  
Maja Messmer, Walter Gille,  
Sauerländer, Aarau, 1997  
Bezug: Walter Gille, Zürichbergstr. 46a,  
8644 Zürich  
Tel. 01 251 49 55

## 7 Bild- und Textnachweis

Abb. 1, 5

### **Holzbauland Graubünden**

Gebäudeversicherung Kanton Graubünden 1997  
Hofgrabenstr. 5, 7001 Chur, 081 257 39 08

Abb. 2

### **Lehmarchitektur**

Die Zukunft einer vergessenen Bautradition  
Prestel Verlag, München 1982

Abb. 3,4,6,7,10,16

### **Ökologische Aspekte des Bauens 1995**

SIA D 0122  
H-R. Preisig, K.Viriden, W. Dubach

Abb. 8

### **Konstruktionslehre Hochbau**

Lehrmittel Berner Baufachlehrer  
7.Auflage  
P. Herzog Druck und Verlag, Solothurn  
Tel. 032 622 40 58, Fax 032 622 32 34  
www.lehrmittelbau.ch

Abb.9

### **Niedrigenergiehäuser in ökologischer Bauweise**

Energie 2000 Öko-Bau  
EDMZ-Nr.: 805.212.28df  
Juni 1997

Abb 11,14

### **Luftpost**

Eine Publikation des Cercl'Air sowie der Lufthygiene-Fachstellen des Bundes, der Kantone und der Städte  
Die Luftreinhalteverordnung der Schweiz

Abb. 12,13

### **Wärmedämmstoffe - der Versuch einer ganzheitlichen Betrachtung**

Studentenarbeitsgruppe Nachdiplomstudium Energie 1988/89  
Ingenieurschule beider Basel, MuttENZ  
R. Graf, Postfach 30., 8714 Feldbach

Abb.15

### **erfa info 1/97**

Erfahrungsaustausch und Bauökologie  
Amt für Bundesbauten, Swisscom, SBB  
Tel. AFB: 031 322 82 08

Abb. 16

### **Ökologische Aspekte des Bauens 1995**

SIA D 0122  
HR. Preisig, K.Viriden, W. Dubach

Abb. 17

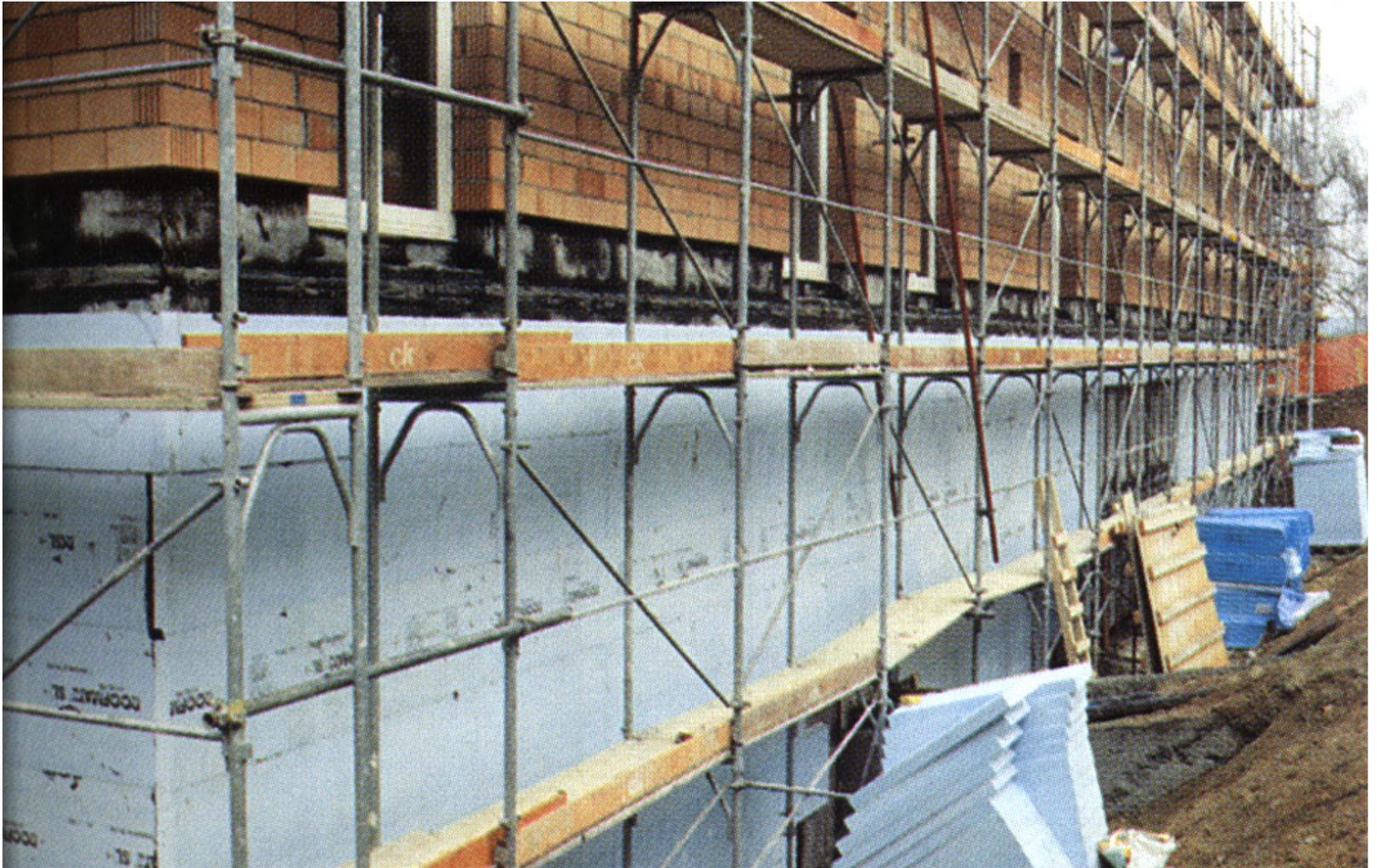
### **erfa info 5/95**

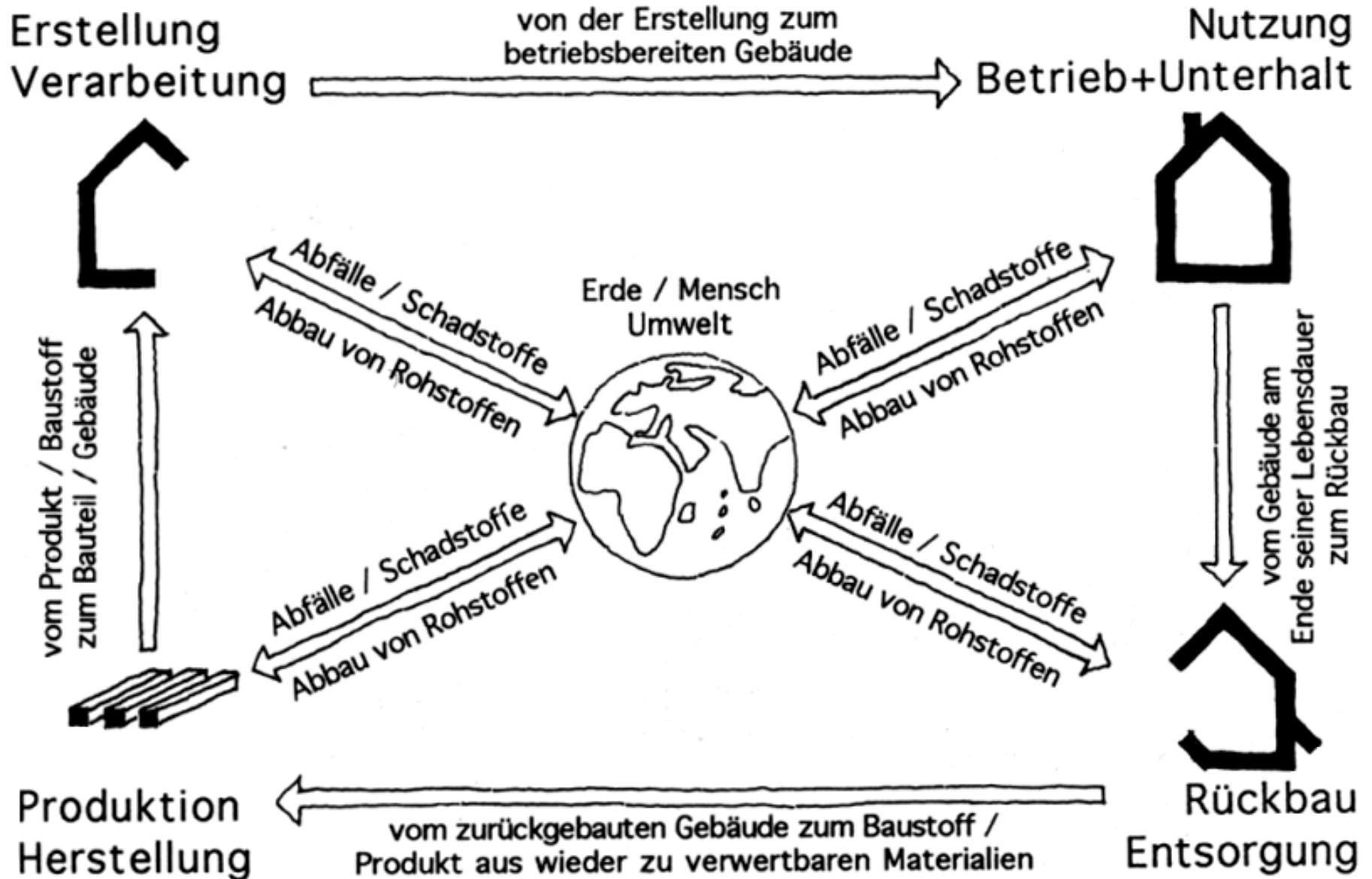
Erfahrungsaustausch und Bauökologie  
Amt für Bundesbauten, Swisscom, SBB  
Tel. AFB: 031 322 82 08

## 8. Vorlagen

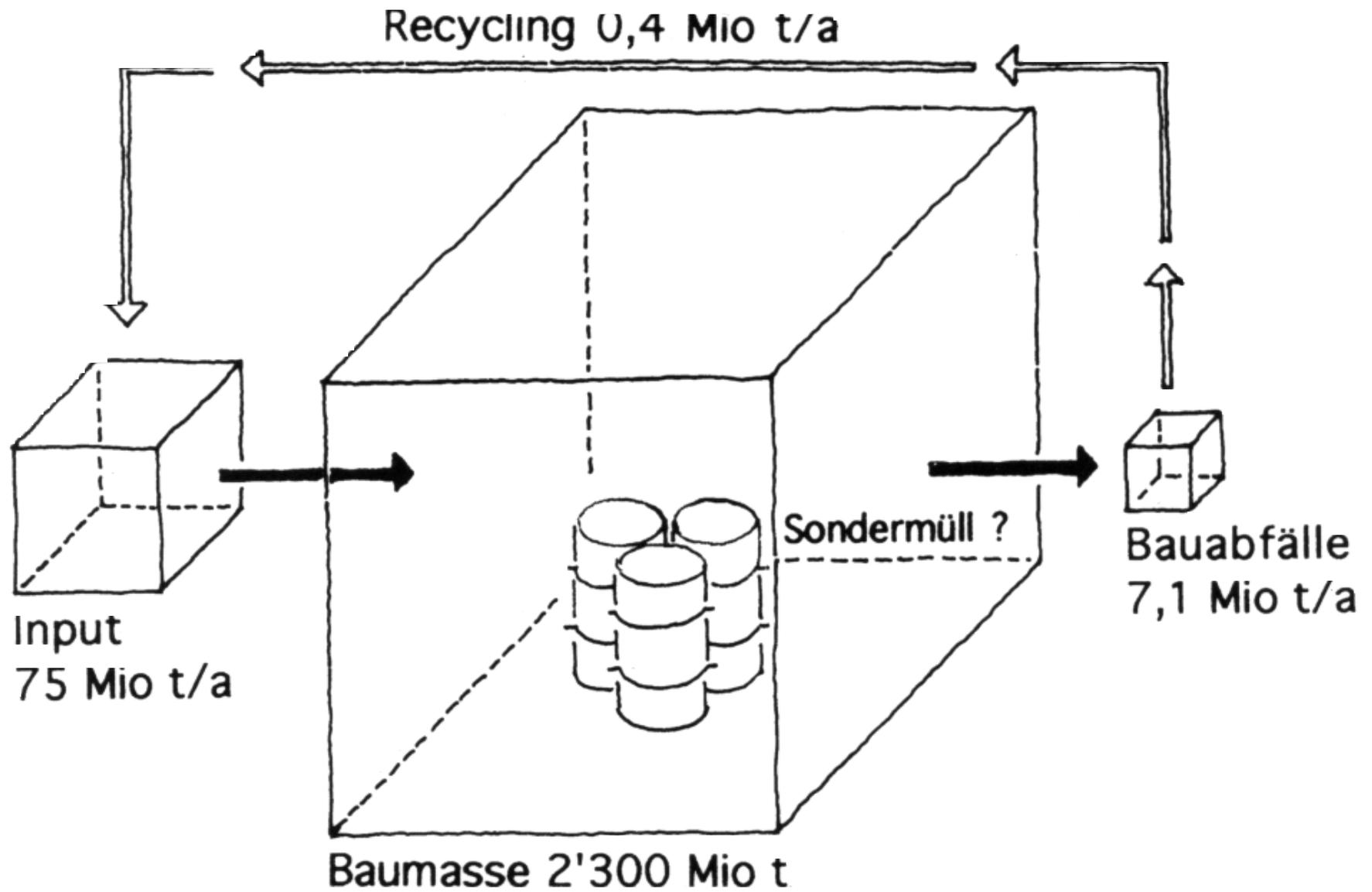


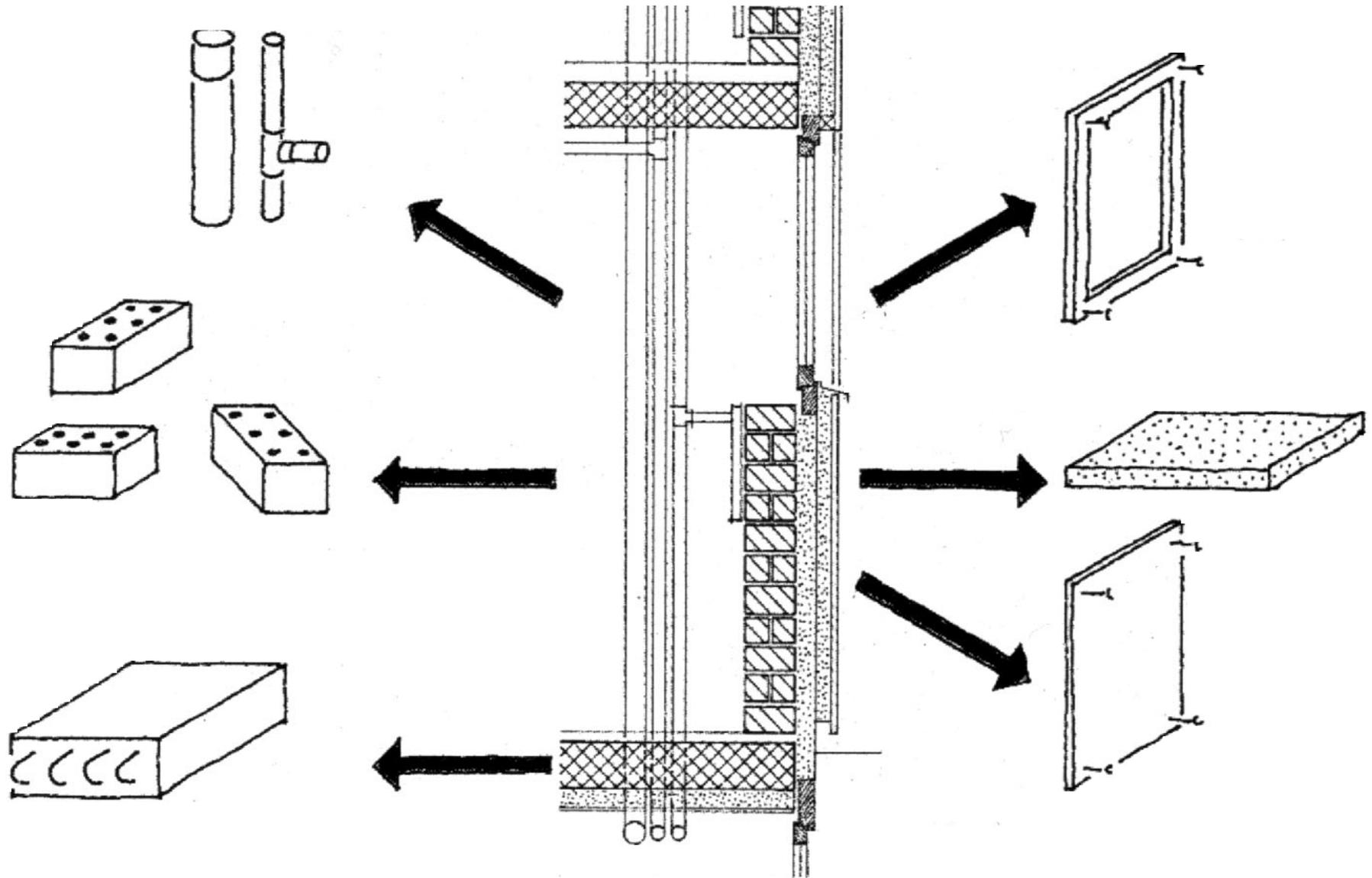


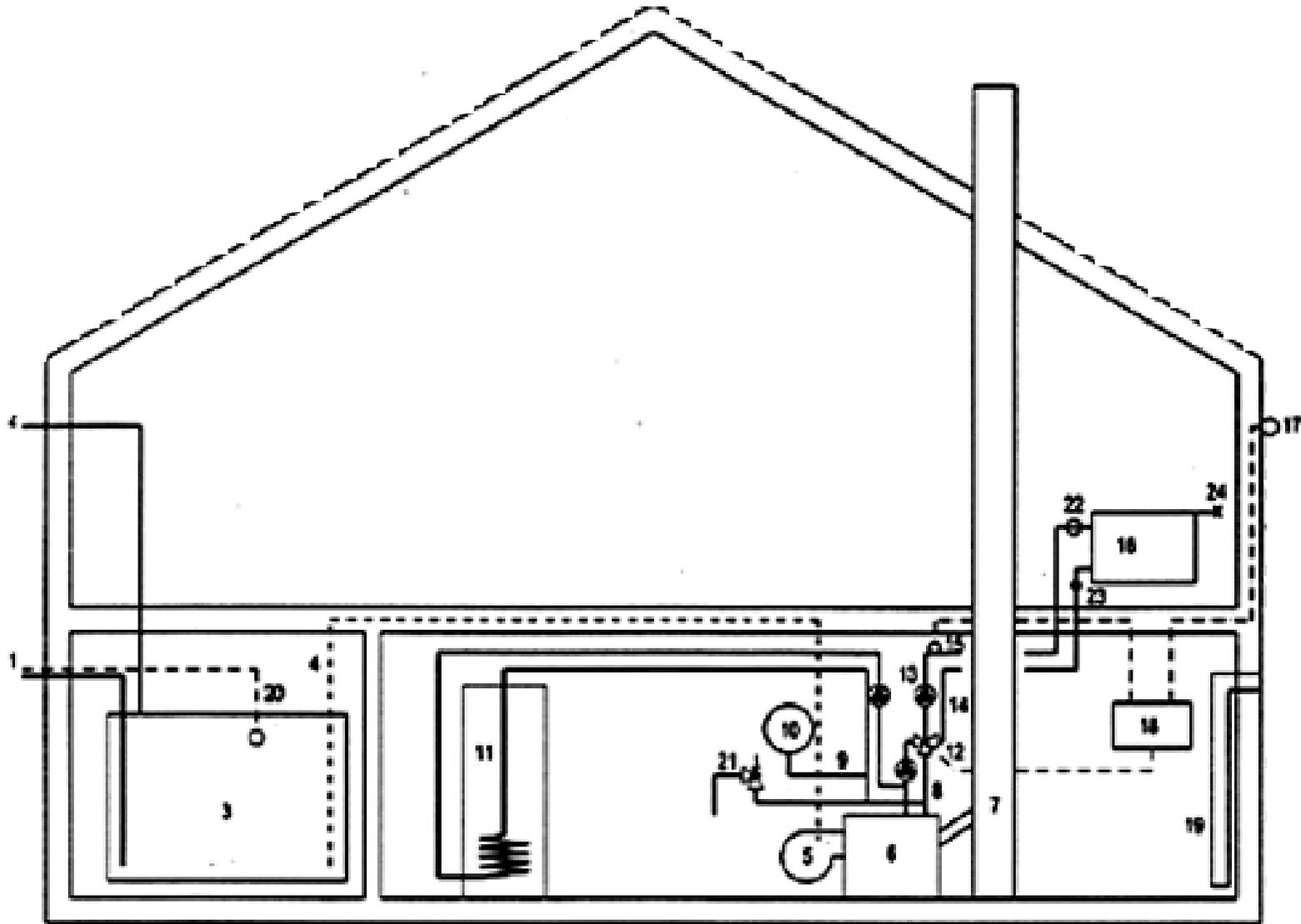


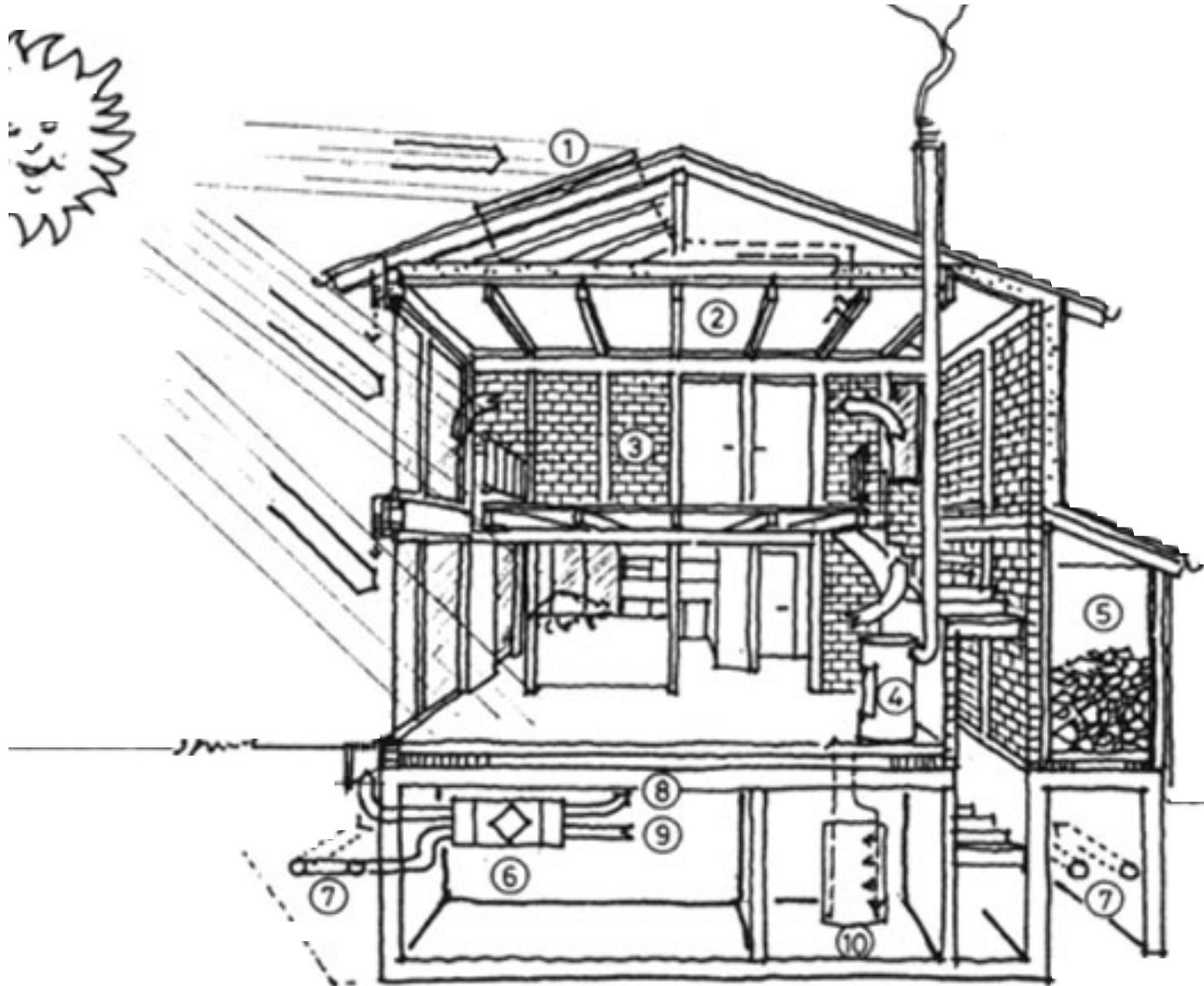


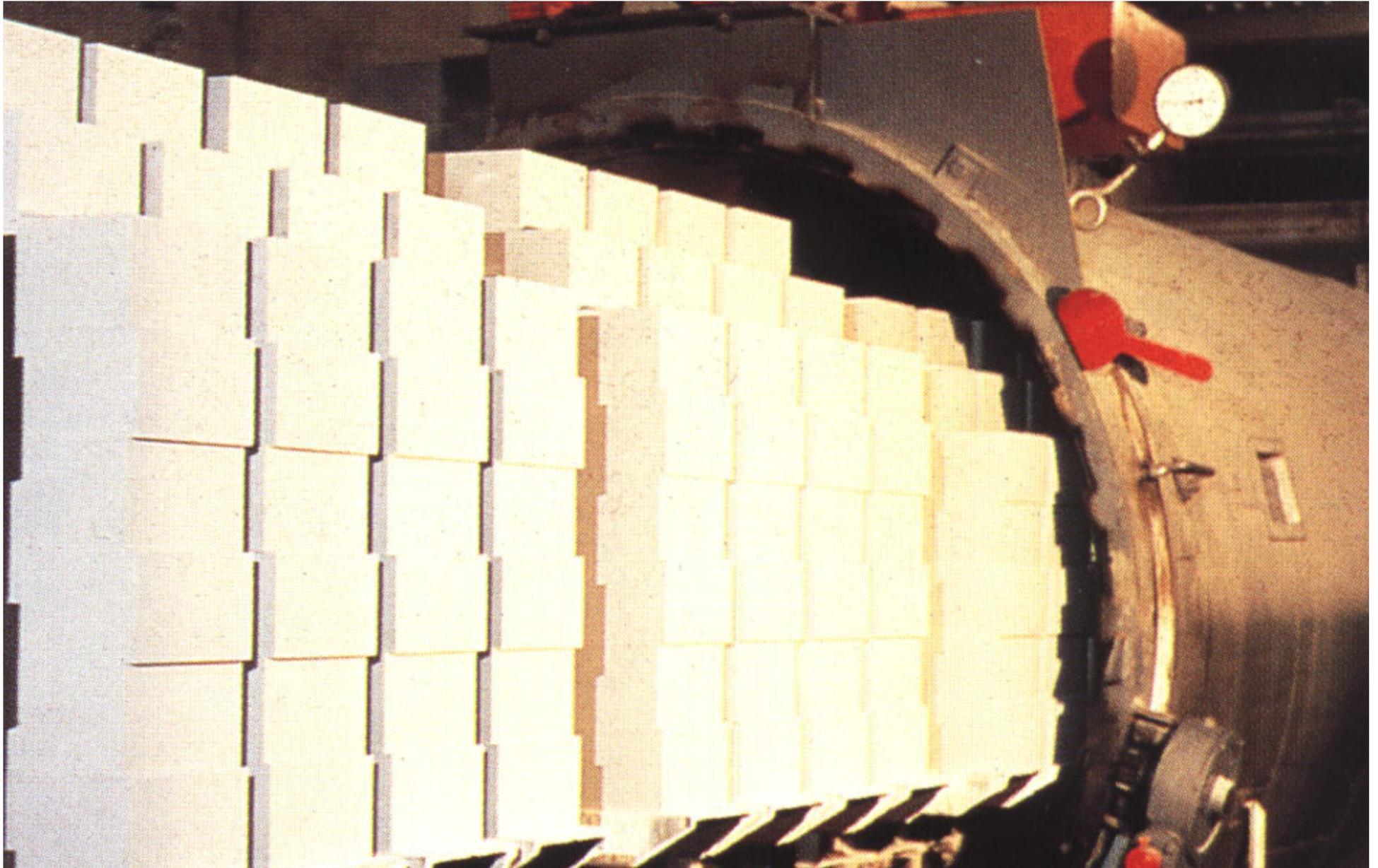




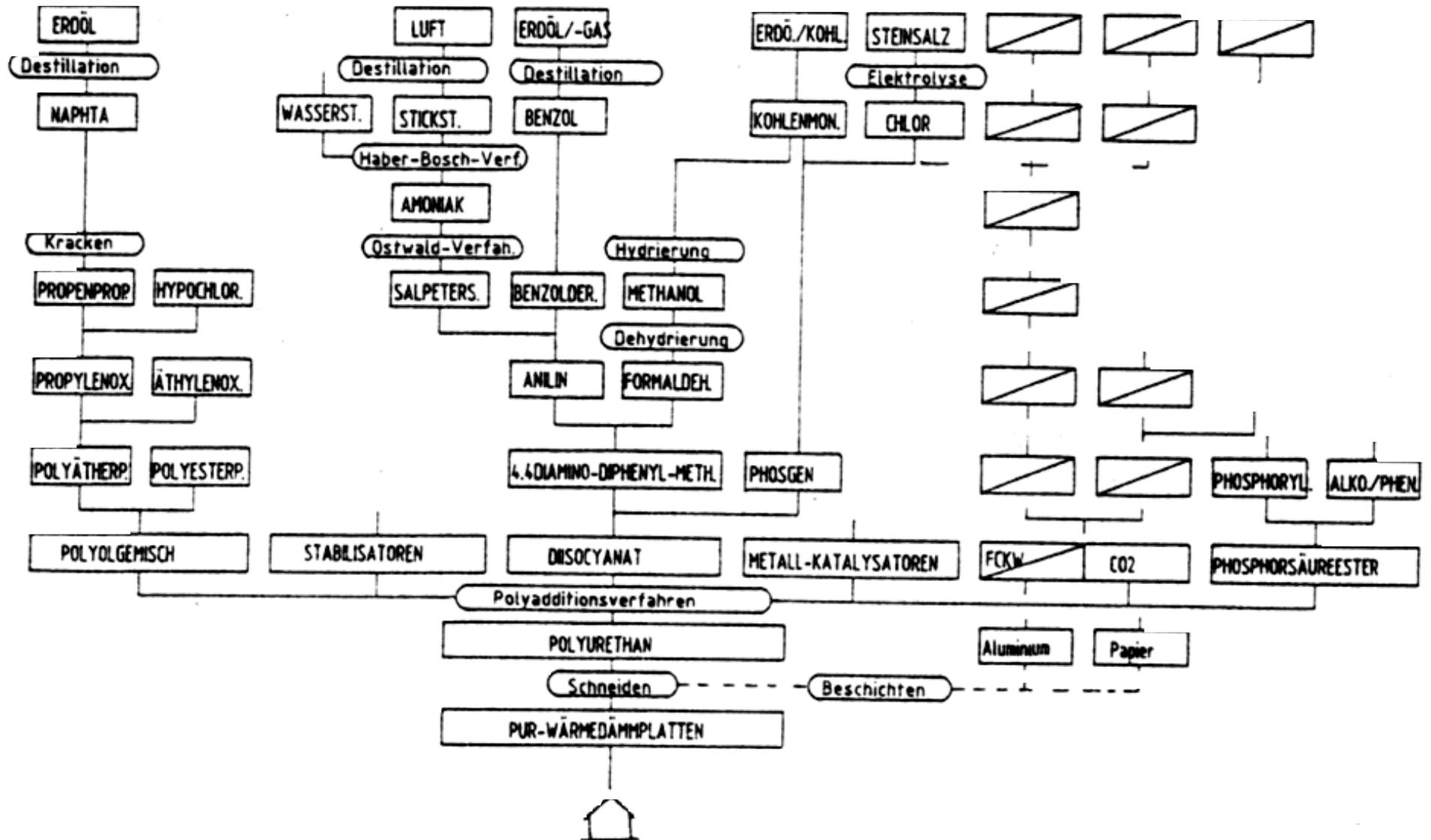


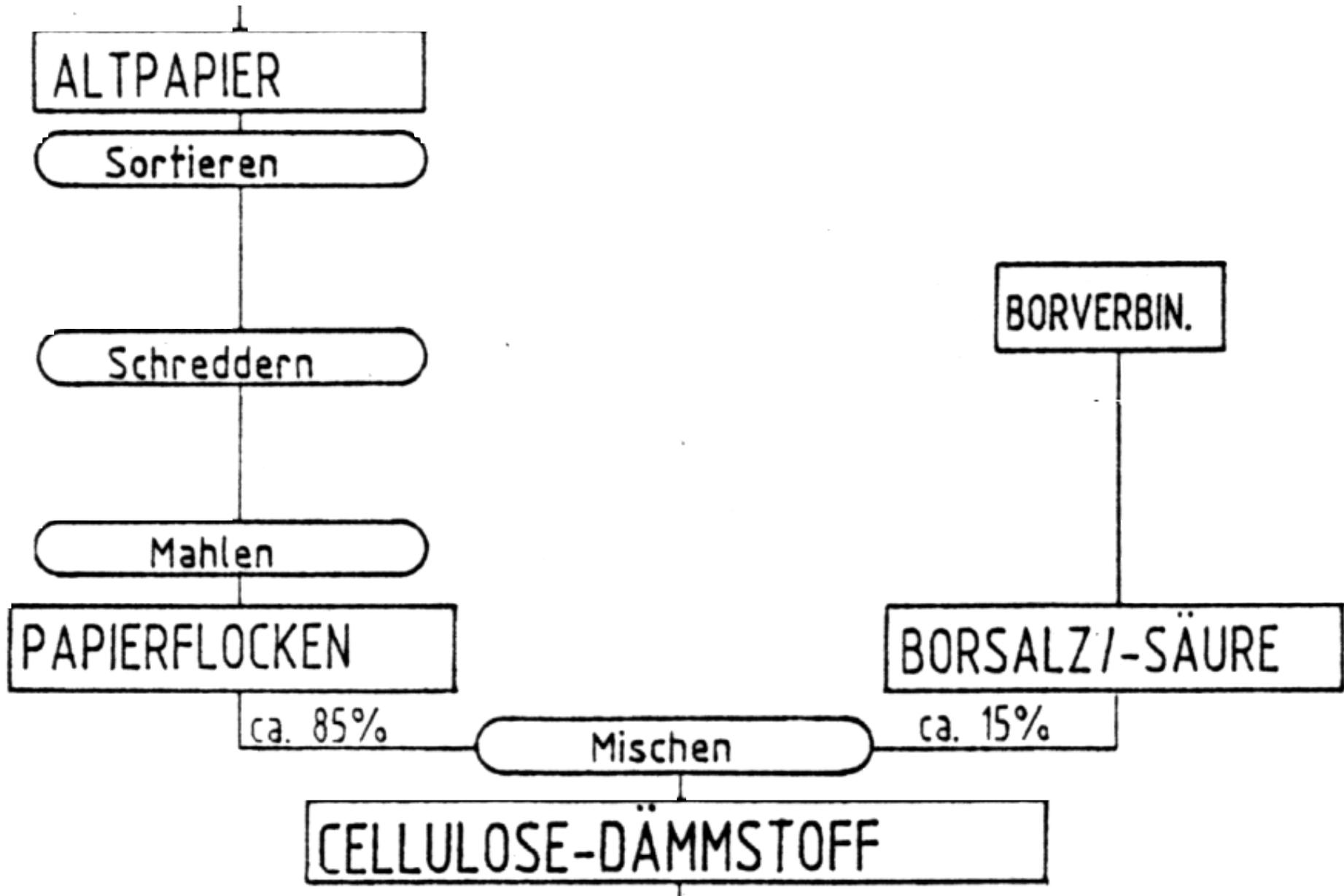




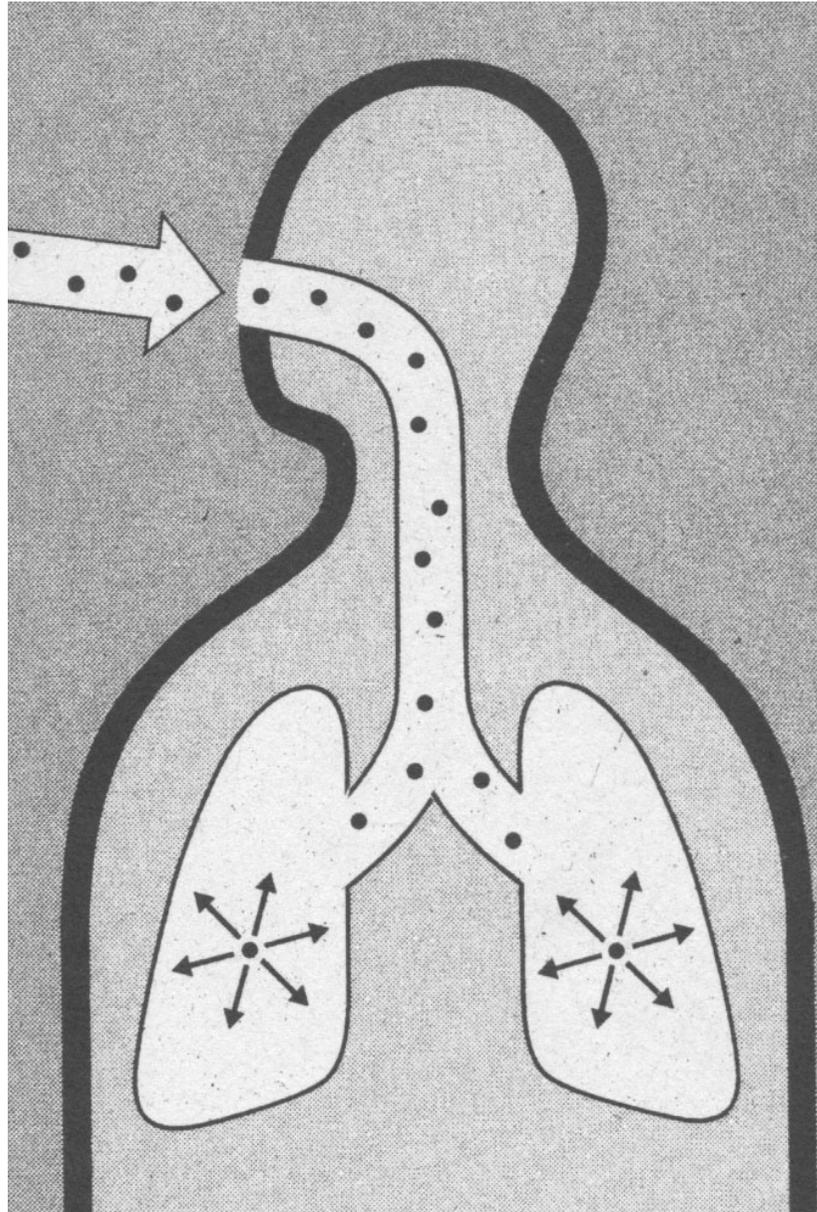
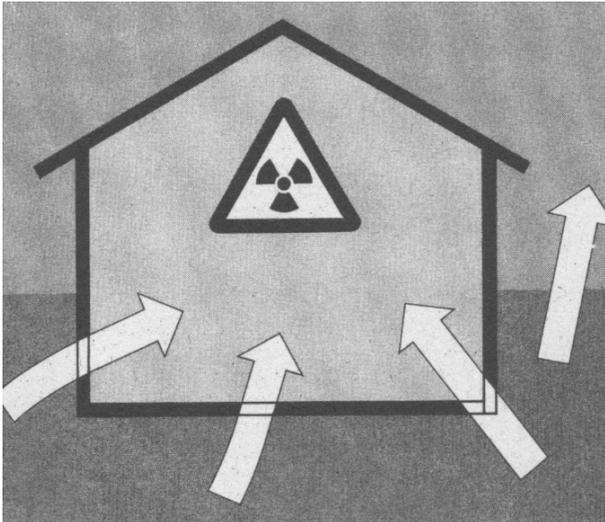


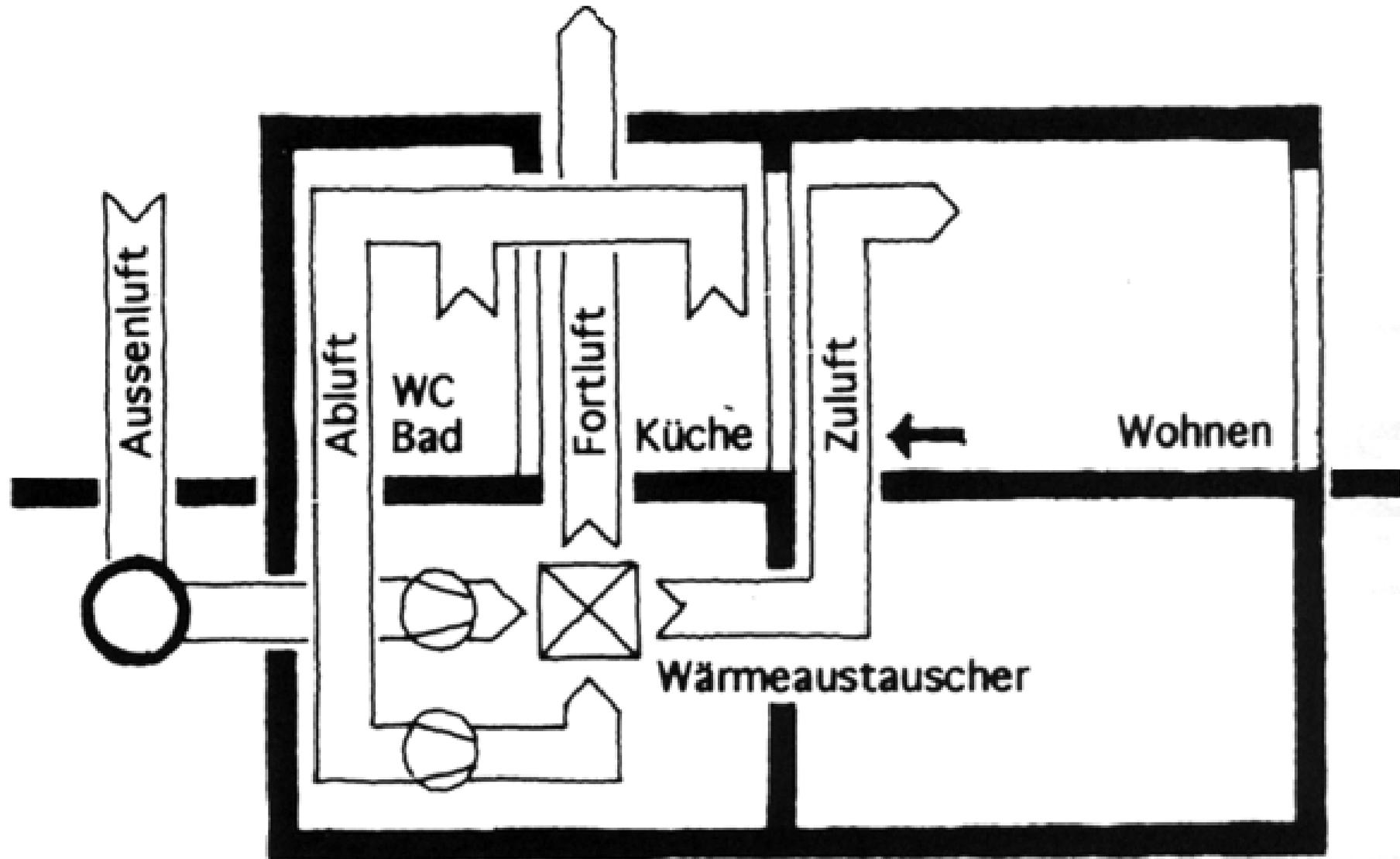












**Profil**

Das Profil umfasst baupraktische Gesichtspunkte für die Verarbeitungs- und Nutzungsphase sowie die Entsorgung.

▲ günstig

— mittel

▼ ungünstig

B = Bauprozess

R = Problematische Bestandteile

N = Nutzung

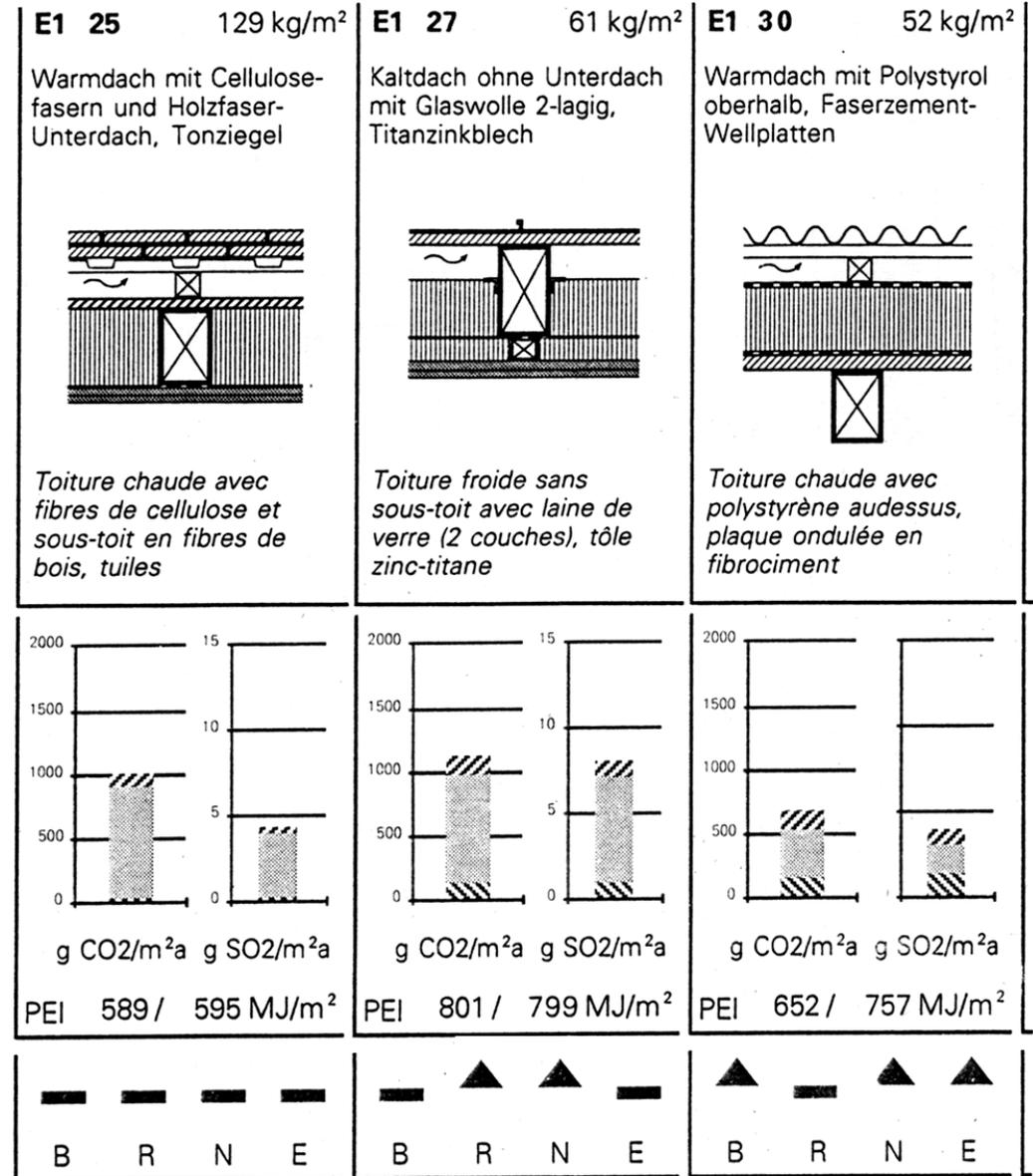
E = Entsorgung

 Massivbaustoffe

 Wärmedämmstoffe

 Verkleidungen

 Holzwerkstoffe



## Ökologische Merkmale und ihre Bewertung im Überblick

Ökologische Merkmale	Charakterisierung	Bewertung und Gewichtung
<i>Herstellung</i>		
<b>Lösemittelemissionen</b> Beschichten und Befestigen	Menge pro Funktionseinheit, LRV-Klassen	Ausschluss der LRV-Klasse 1; Minimierung und spez. Bewertung gegenüber Grauer Energie
<b>Graue Energie</b> , Harmonisierte Werte	in MJ pro Funktionseinheit	Minimierung und spez. Bewertung gegenüber anderen Kriterien
<i>Verarbeitung</i>		
<b>Arbeitshygienische Risiken</b>	Giftklasse und/oder R-Sätze, Menge und Art	keine Bewertung; Hinweis auf Schutzmassnahmen als Zusatzbedingungen im eco-devis
<b>Lösemittelemissionen</b>	Menge pro Funktionseinheit, LRV-Klassen	Ausschluss der LRV-Klasse 1; Minimierung und spez. Bewertung gegenüber Graue Energie
<i>Nutzung</i>		
<b>Ökologisch und toxikologisch relevante Bestandteile</b>	Menge, Giftklasse und/oder R-Sätze	Ausschluss für gew. R-Sätze, spez. Risikoabschätzung und Gewichtung gegenüber anderen Merkmalen
<b>Emittierbare Schadstoffe</b>	Lignum CH 6.5, GuT, Menge Schwermetalle pro Funktionseinheit	Standards als Zusatzbedingung im eco-devis, spez. Risikoabschätzung und Gewichtung der Schwermetalle gegenüber anderen Merkmalen
<i>Entsorgung</i>		
<b>Verwertung</b>	verwertbar oder nicht verwertbar	Minimalanforderungen an Entsorgung: (mindestens ein Kriterium erfüllt)
<b>Verbrennung</b> Schadstoffgehalte	Höchstwerte unter- oder überschritten	a) entweder verwertbar, b) Höchstwerte unterschritten oder
<b>Ablagerung auf Deponien</b>	Inertstoffdeponie, Reaktordeponie	c) Anforderung an Inertstoffdeponie erfüllt

## GRAUE ENERGIE

### Graue Energie von Baustoffen

Material	Spezifikation	Bezugsgrösse	Graue Energie (MJ)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Beton und Betonwaren</b>				
Magerbeton	PC 150	kg	0.30	2300
Normalbeton B 35/25	PC 250, FA 50 (Flugasche)	kg	0.63	2300
Stahlbeton B 25	2 Vol.-% Stahl	kg	2.70	2400
<b>Mauersteine</b>				
Backstein	Klinker-Mauerziegel	kg	3.10	2000
Backstein	Mauer	kg	1.90	-
Backstein	Mauer-Vollziegel	kg	2.60	1600
Bimsbeton	Bimsbetonsteine	kg	1.00	700
Gasboden	Gasbetonsteine	kg	3.10	550
Kalksandstein	-	kg	0.87	1400
Leichtbetonsteine	Blähton	kg	2.40	700
Poronbetonstein	Dicke 24 cm	kg	4.10	400
<b>Mineralische Bindemittel</b>				
Gips	Putzgips aus Naturgips	kg	1.40	-
Kalk	Branntkalk (Feinkalk)	kg	5.50	-
Zement	Portlandzement (PC)	kg	4.10	-
<b>Mörtel und Putze</b>				
Deckputz aussen/innen	Zement/Kalk-Basis (ca. 30%)	kg	2.80	1800
Dünnbettmörtel	-	m <sup>3</sup>	2020	-
Estrich als	-	-	-	-
Unterlagsboden	Zementbasis, PC 350	kg	1.10	2300
Kalkmörtel	Hydraulischer Kalk	kg	0.62	1800
Kunstharzputz	6% Bindemittel	kg	9.00	1300
Weissputz	Putzgips aus Naturgips	kg	1.90	1400
Zementmörtel	-	kg	0.48	2000
<b>Mineralische Werkstoffe</b>				
Backstein	Dachziegel	kg	2.70	1800
Blähton	-	kg	3.40	-
Gipsfaserplatte	-	kg	2.90	1150
Gipskartonplatte	-	kg	3.20	900
Gipsplatten	Vollgipsplatte für Wandbau	kg	1.70	1000
Glas (Flachglas)	0% Recyclat	kg	21.90	2600
Gussasphalt	Inkl. Verarbeitung	kg	7.60	-
Kalkstein	Gebrochen	kg	0.08	-
Kalkstein	Gemahlen	kg	0.65	-
Kunststeine	Mineralisch gebunden	kg	2.50	2300
Naturstein	-	kg	0.17	-
Perlit	-	kg	8.50	80
Sand	-	kg	0.42	-
Steinzeug	Rohre	kg	5.60	2100
<b>Holzwerkstoffe</b>				
<b>Bauholz</b>				
Bauholz	Träger, Kanthölzer, Bretter, Platten, natürlich getrocknet	kg	1.20	500
Fournierschichtholz	8% PF, wasserfest, 3 mm	kg	18.20	500
Spanplatten	Zementgebunden	kg	8.70	1230
<b>Wärmedämmstoffe</b>				
Glaswolle	Mittlere Dichte	kg	33.10	28
Harnstoff-Formaldehyd (UF)	Ortschaum	kg	40.00	12
Kork	Expandiert, Dämmplatten	kg	13.50	110
Polyisocyanurat (PIR)	Rohrisolationen	kg	110.00	-
Polystyrol (EPS)	Expandiert	kg	75.30	15
Polystyrol (XPS)	Extrudiert	kg	95.30	-
Polyurethan (PUR)	Schaumplatten	kg	100.00	30
Schaumglas	-	kg	46.00	128
Steinwolle	Mittlere Dichte	kg	12.30	56
Zellulosefasern	Isofloc, 80% Altpapier	kg	4.50	-
<b>Abdichtungen und Folien</b>				
Bitumendichtungsbahn	Polymerbitumen, 4 mm	m <sup>2</sup>	190.00	-
Polyolefin-Folie	Sarnafil T, 2 mm	m <sup>2</sup>	130.00	1000
PVC-Folie	Sarnafil Standard G, 1.8 mm	m <sup>2</sup>	130.00	1280
<b>Kunststoffe</b>				
Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS)	Unverarbeitet	kg	84.00	1060
Gummi	-	kg	30.20	-
Polyamid 66 (PA 66)	Unverarbeitet	kg	150.00	1140
Polyamid (Nylon)	-	kg	140.00	1400
Polycarbonat (PC)	Unverarbeitet	kg	110.00	1200

Material	Spezifikation	Bezugsgrösse	Graue Energie (MJ)	Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )
Polyethylen (HDPE)	Unverarbeitet	kg	81.00	960
Polyethylen (LDPE)	Unverarbeitet	kg	88.60	920
Polyethylenterephthalat	Unverarbeitet	kg	84.50	1370
Polypropylen (PP)	Unverarbeitet	kg	71.00	910
Polystyrol (PS)	Unverarbeitet	kg	100.00	1050
Polyurethan (PUR)	-	kg	94.70	1200
<b>Metalle</b>				
Aluminium	Folie, 0% Recyclat	kg	170.00	2690
Aluminium	Folie, 100% Recyclat	kg	15.60	2690
Baubronze	-	kg	66.00	8500
Gusseisen	-	kg	14.00	7200
Kupfer	50% Recyclat	kg	55.70	8900
Stahl	Betonstabstahl	kg	30.10	7850
Stahl	Blech fein, < 3 mm	kg	33.20	7850
Titan-Zink-Blech	99.9% Zink	kg	90.00	7200
Weissblech	50% Recyclat	kg	27.00	7800
Zink	-	kg	87.70	7200
Zink	0% Recyclat	kg	67.20	7280
<b>Rohrleitungen</b>				
ABS-Rohre	Verarbeitet, ohne Additive	kg	88.50	1060
Betonrohre	Nicht armiert	kg	1.30	2400
Gussrohre	Ohne Korrosionsschutz	kg	24.00	7200
PE-Rohre	Verarbeitet, ohne Additive	kg	86.50	960
PP-Rohre	Verarbeitet, ohne Additive	kg	84.50	910
PVC-Rohre	Verarbeitet, ohne Additive	kg	68.50	1400
Steinzeugrohre	-	kg	5.60	2100

Quelle: Graue Energie von Baustoffen, Büro für Umweltchemie, Zürich 1995

### Primärenergieverbrauch und kritisches Luftvolumen pro m<sup>3</sup> Holzhalbfabrikat

	Ernte	Trans- porte	Ein- schnitt	Trock- nung	Produkt- ion	Zu- satz- stoffe	Summe
Nadelschichtholz	470	30	12	80	370	-	492
Brettschichtholz	450	42	40	112	-**	1 336	150 1680
Spanplatte	650	39	34	-*	-**	1 173	708 1954
Faserplatte hart	900	75	82	-**	-**	3 407	208 3772
Faserplatte weich	300	24	26	-*	-**	1 036	260 1346
Kritisches Luftvolumen (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )							
Nadelschichtholz	470	1.6	0.7	0.6	3.7	-	6.6
Brettschichtholz	450	2.1	2.4	0.8	-**	10.0	0.4 15.7
Spanplatte	650	3.0	1.3	-*	-**	19.5	1.8 25.6
Faserplatte hart	900	5.7	3.3	-*	-**	16.1	0.5 25.6
Faserplatte weich	300	1.8	1.0	-*	-**	8.1	0.7 11.6

\* Die Belastungen beim Einschnitt sind dem Hauptprodukt (Schnittholz) zugeordnet.

\*\* Die Belastungen bei der Trocknung sind bei der Produktion miterfasst.

Quelle: Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 24, 1990

### Graue Energie von Haushaltgeräten

Gerät	graue Energie	Energieverbrauch/Jahr für Durchschnittsfamilie
Kühlschrank 220l	1400 kWh	450 kWh
Gefrierschrank	1500 kWh	450 kWh
Geschirrspüler	1000 kWh	400 kWh
Waschmaschine	1000 kWh	300 kWh
Tumbler	1000 kWh	300 kWh
Backofen	700 kWh	100 kWh

Quelle: Kompetent antworten auf Energiefragen, RAVEL 1994