



**cpi**

Weiterbildung für nachhaltiges Dämmen

Formation continue pour isoler durablement

Formazione continua per un isolamento sostenibile

## Wärmeschutz im Sommer

Einfluss des Bauens mit Lehm

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

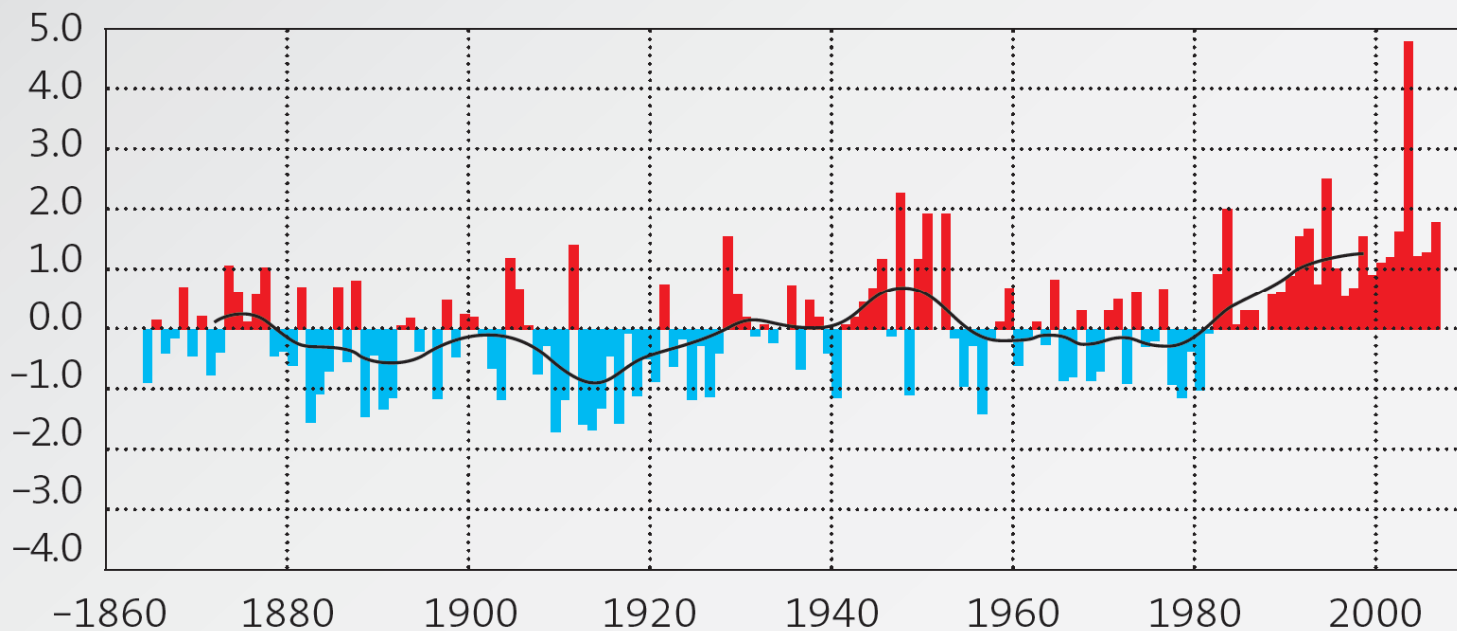
# Inhaltsverzeichnis



1. Rahmenbedingungen & Wohnkomfort
2. Innenraumtemperatur im Sommer: Einflussfaktoren
3. Planungsgrundsätze
4. Beispiel Risikobeurteilung
5. Einfluss Lehmbaukonstruktion
6. Zusammenfassung

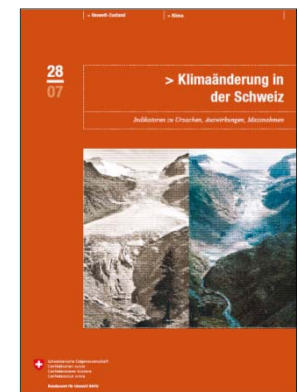
# Klimatische Rahmenbedingungen

Mittlere Abweichung der Sommertemperaturen in der Schweiz 1864–2007 von der WMO-Norm 1961–1990



Quelle: MeteoSchweiz

Abb. 1: Rot: wärmere Jahre als der  $\emptyset$  von 1961–1990; Blau: kühlere als  $\emptyset$  1961–1990

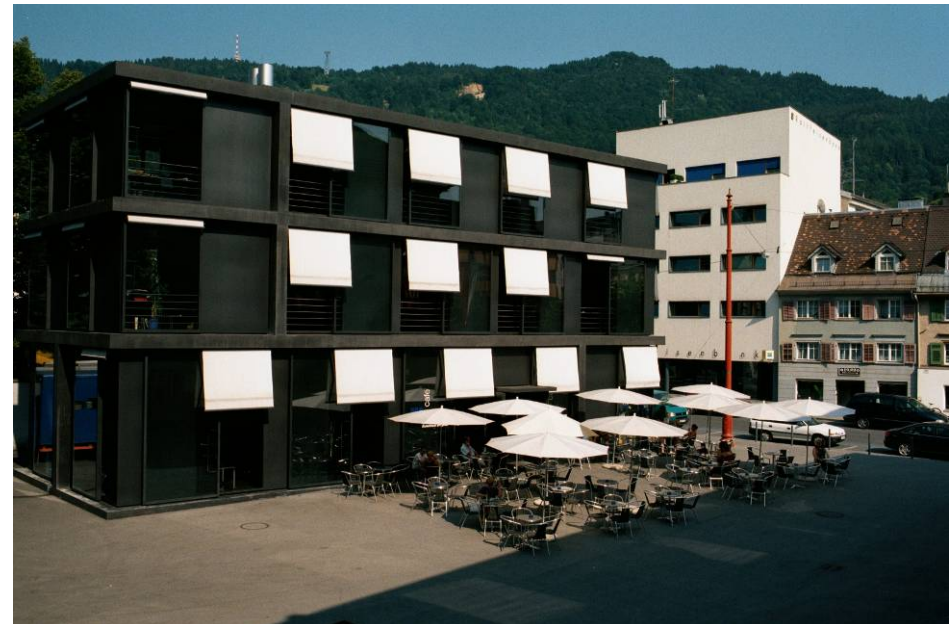




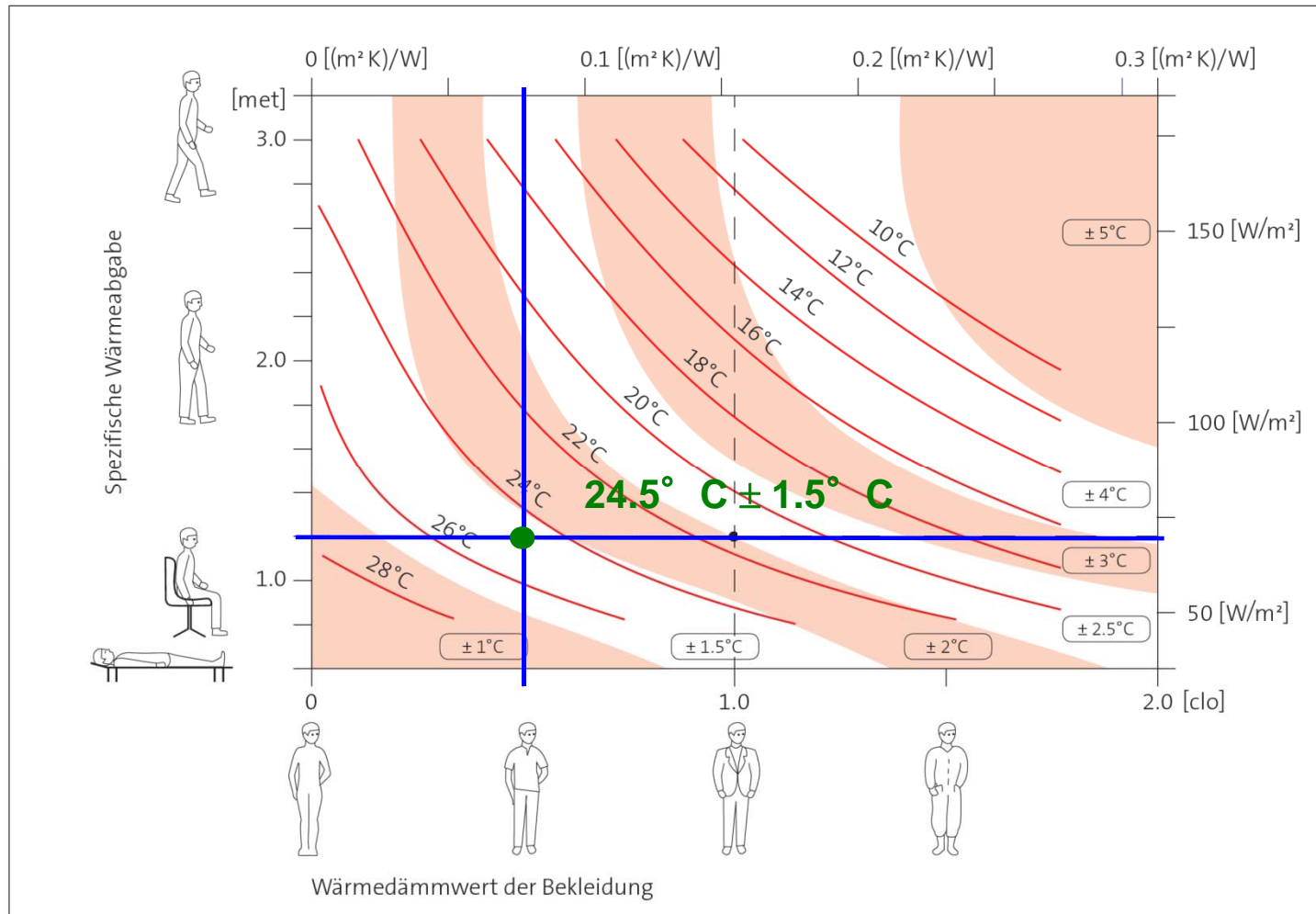
cpi

## Bau-Trends heute

- Dunkle Fassaden
- Hoher Glasflächenanteil
- Einsatz windempfindliche Markisen
- Keine Vordächer



# Thermischer Komfort nach SIA 180



# EMPA-Studie: Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Überlandstr. 129, CH-8600 Dübendorf



Saint-Gobain Isover SA  
Rte de Payerne 1  
CH-1522 Lucens

Bericht-Nr. 444'383d

## Sommerlicher Wärmeschutz von Dachräumen

Analyse der Einflussfaktoren auf das Raumklima

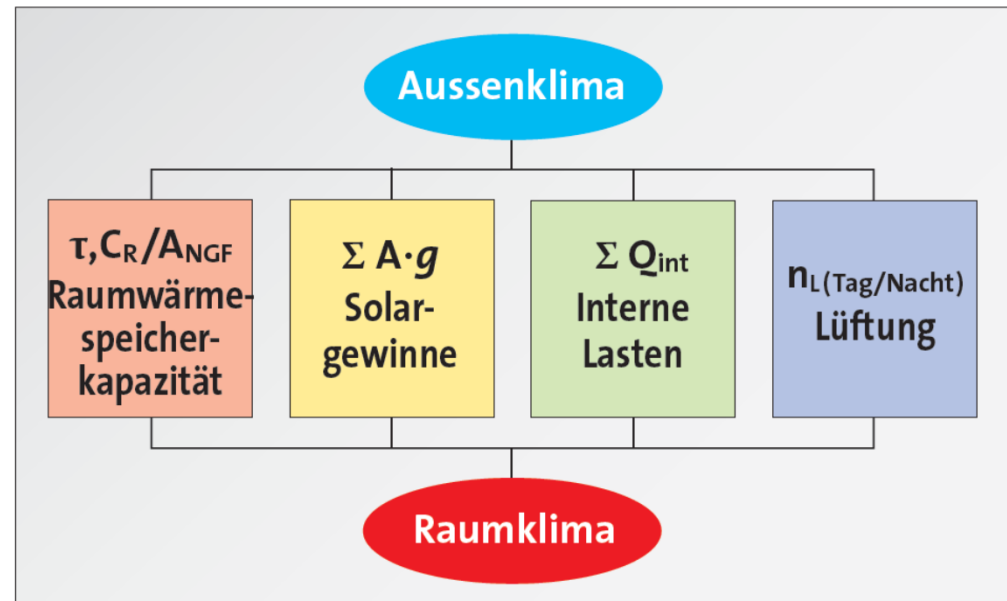
### Inhalt

1. Auftrag
  2. Ausgangslage, Problemstellung
  3. Angaben zum Objekt, Randbedingungen
  4. Rechenmodell HELIOS
  5. Ergebnisse
  6. Zusammenfassung
- Literaturhinweise  
Anhang

Dieser Bericht (inkl. Anhang) umfasst total 24 Seiten.

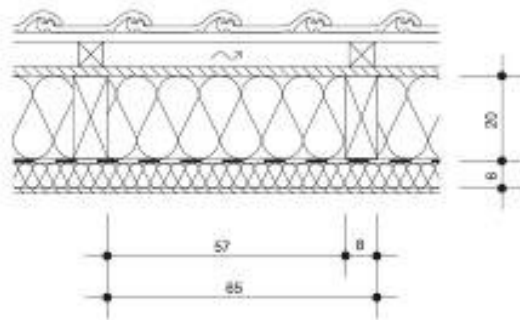
Dübendorf, 21. April 2008  
Abteilung Bautechnologien  
Th. Frank

Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der bloße Hinweis darauf sowie auszugswises Veröffentlichern bedürfen der Genehmigung der Empa (vgl. Merkblatt).





# Speicherkapazitäten

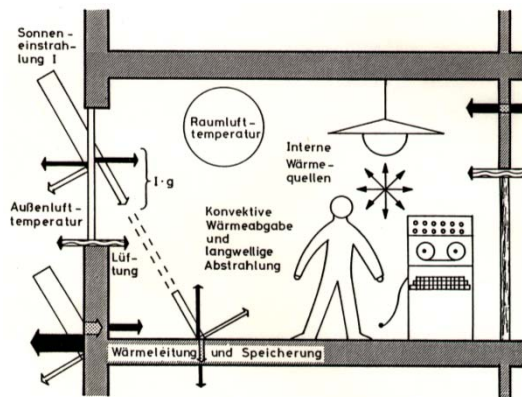


## Einzelbauteil

- Flächenbezogene Wärmespeicherkapazität innen  $\kappa_i$  in [Wh/(m<sup>2</sup> K)]

## Raum

- Dyn. Wärmespeicherkapazität des Raumes  $C_R = \sum A_i \kappa_i$  in [Wh/K]
- Wärmespeicherkapazität des Raumes bezogen auf die Nettogeschossfläche:  $C_R / A_{NGF}$  in [Wh/(m<sup>2</sup> K)]



# Einflussfaktoren und -potenziale

Raumspitztemperaturbereiche / Einflusspotenziale der einzelnen Faktoren

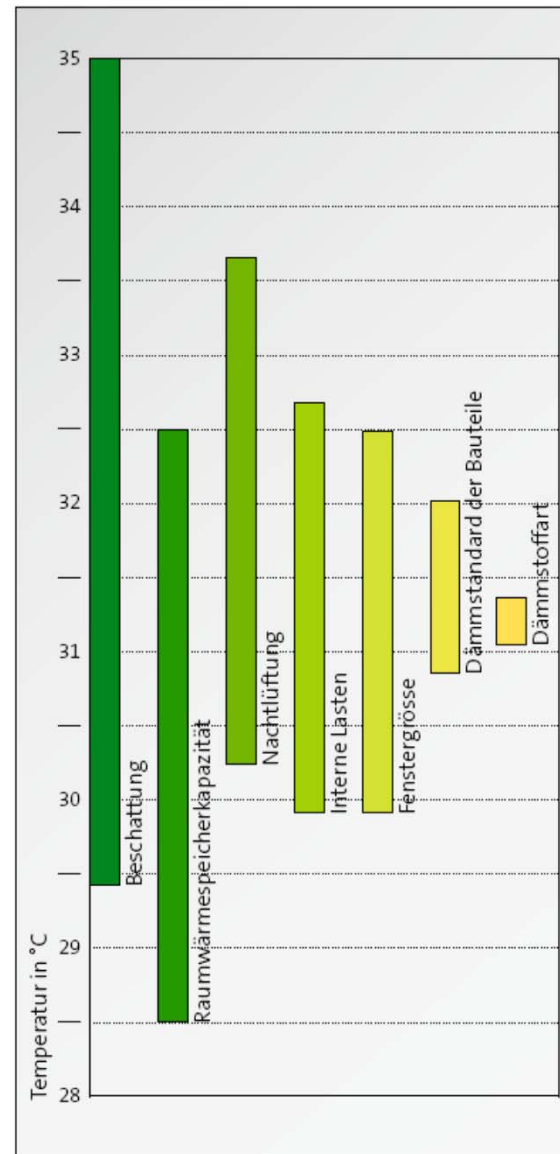


Abb. 19 a: Die einzelnen Faktoren und ihr Einflusspotenzial.

Einflussfaktor	Einflussbereich
Fenstergrösse	10–30% der NGF (Nettogeschossfläche)
Beschattung	Gesamtenergiedurchlassgrad $g = 0.12–0.60$
Interne Lasten	5–15 [W/m <sup>2</sup> ]
Nachtlüftung	Luftwechsel/Stunde: 0–3 LW [1/h]
Dämmstandard der Bauteile	U-Wert 0.30–0.10 [W/(m <sup>2</sup> K)]
Raumwärmespeicherkapazität	65–31 [Wh/(m <sup>2</sup> K)]
Dämmstoffart	Holzfaser – Hanf – Mineralwolle

Abb. 19 b: Die einzelnen Faktoren und deren Einflussbereiche.

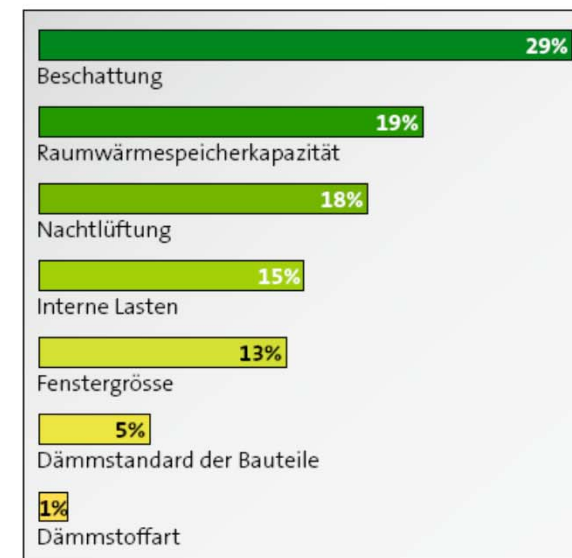
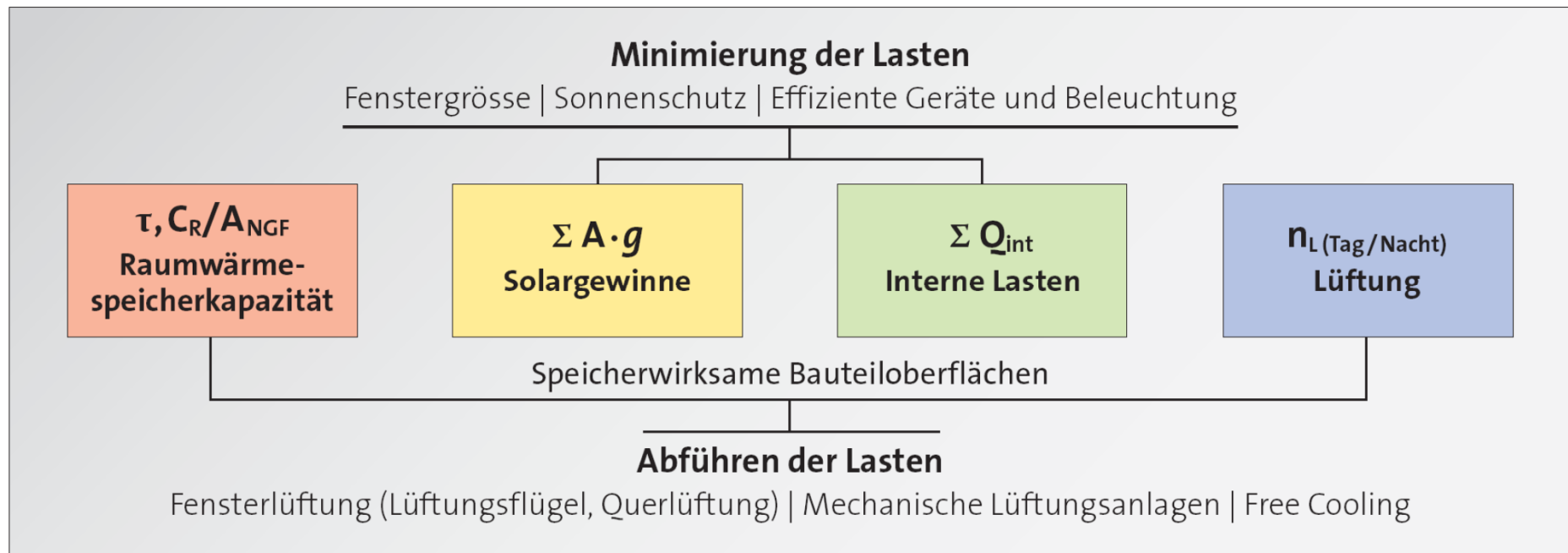


Abb. 19 c: Prozentualer Anteil der Faktoren am Einflusspotenzial.



# Planungsgrundsätze



# Risikobeurteilung



Schritt 1: Solare Lasten abschätzen

Schritt 2: Interne Wärmelasten abschätzen

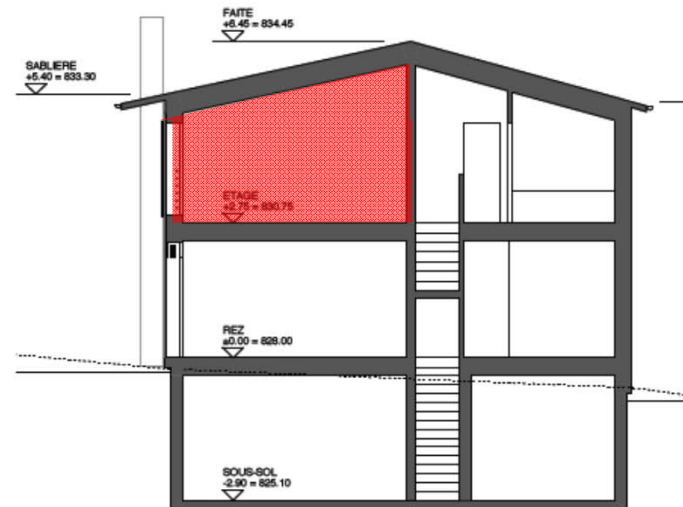
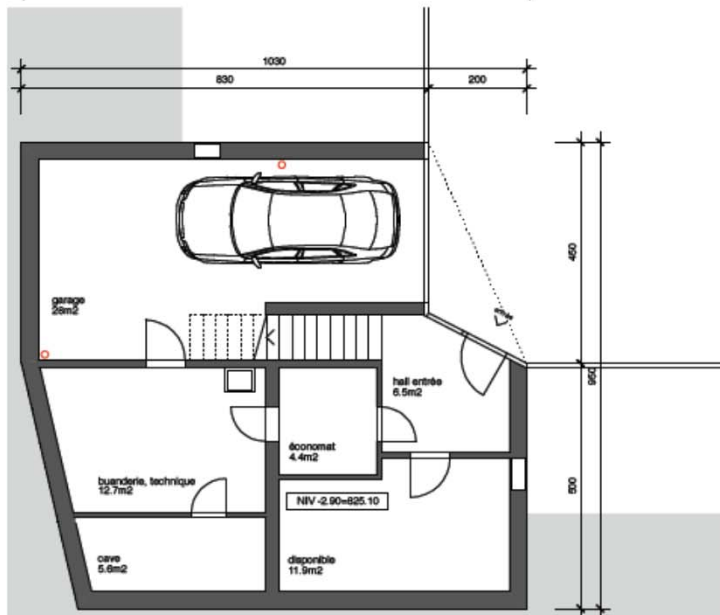
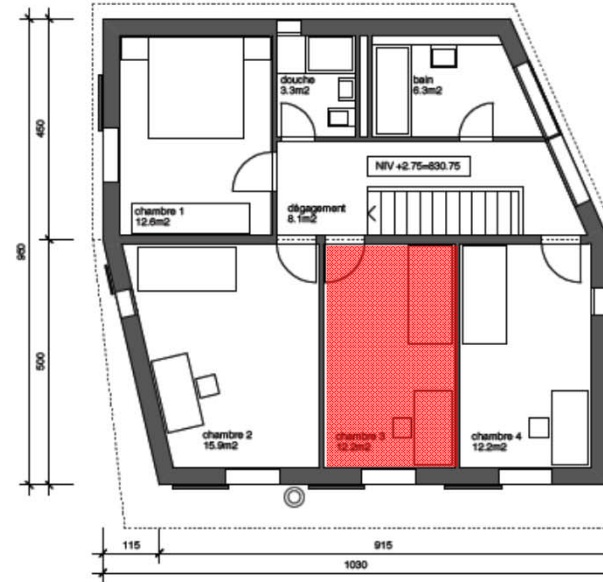
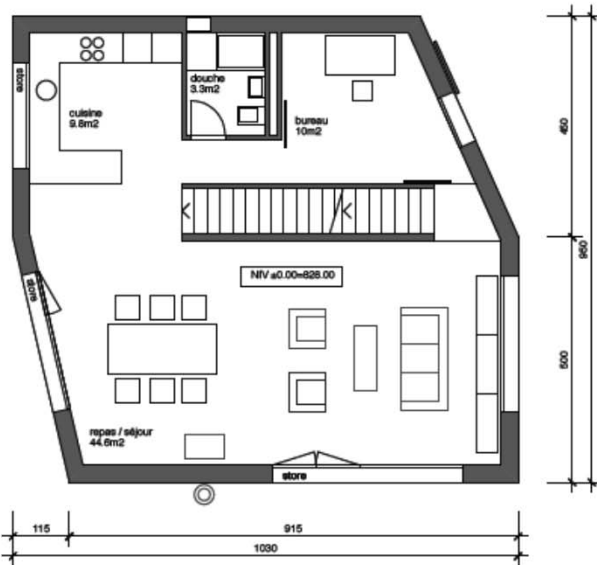
Schritt 3: Gesamte Wärmelast bestimmen

Schritt 4: Raumwärmespeicherfähigkeit bestimmen

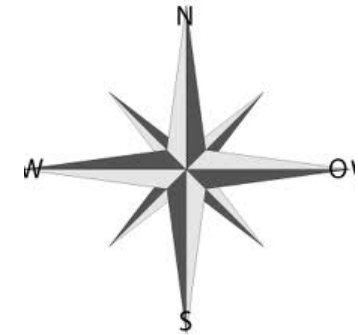
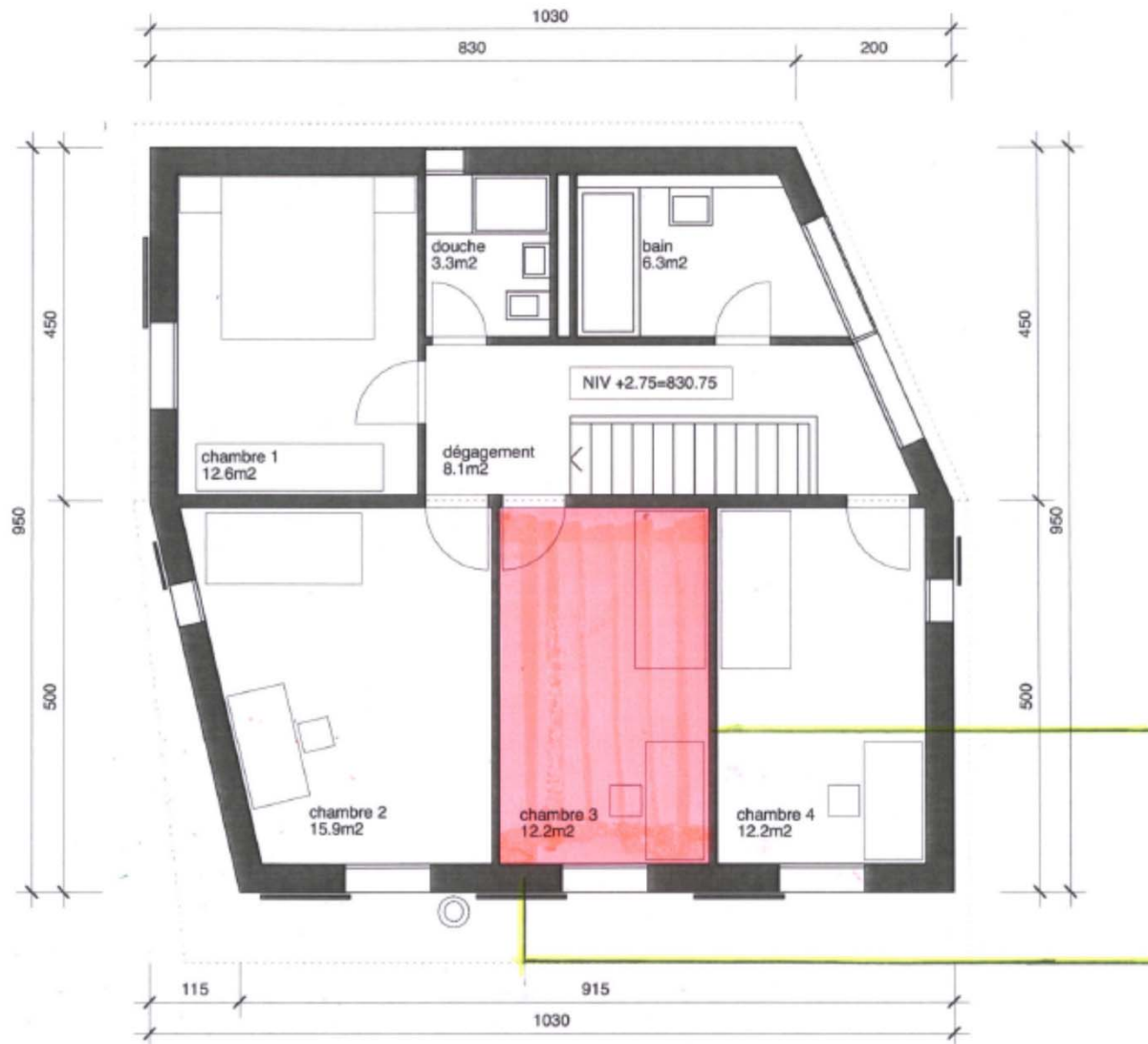
Schritt 5: Lüftungsmanagement festlegen

Schritt 6: Risikobeurteilung vornehmen

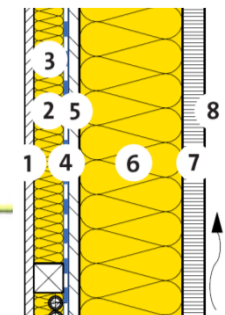
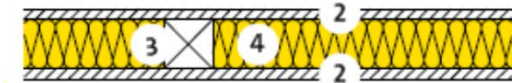
# Berechnungsbeispiel



# Berechnungsbeispiel

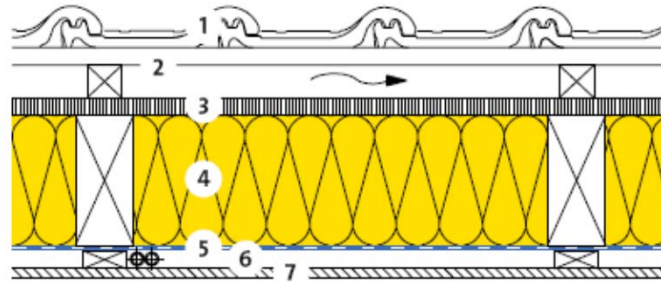


25-300: 12.5mm / 85mm



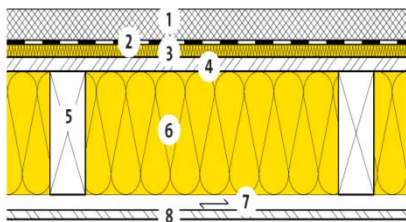
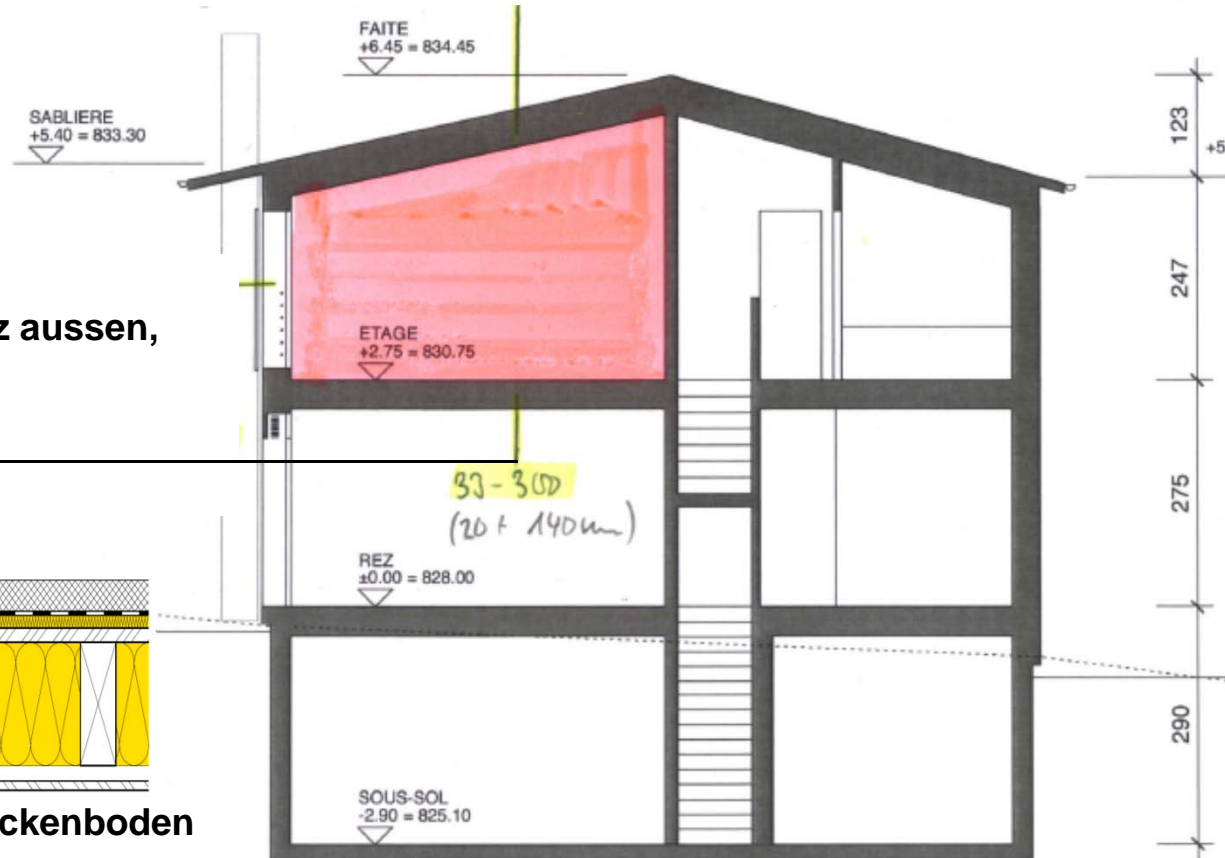
24-210: 40 + 200mm

# Praxis-Berechnungsbeispiel



11-200: 240mm

3-fach-Glas,  
Sonnenschutz aussen,  
Farbe: pastell



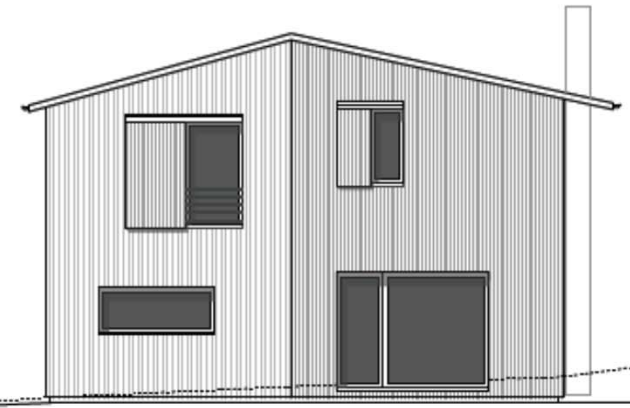
33-300 mit Trockenboden



# Berechnungsbeispiel



Fassade Süd



Fassade Ost

## Sonstige Rahmenbedingungen:

Hohe Interne Lasten

Dreifacher Luftwechsel in der Nacht

## Fragestellung:

Herrscht im rot markierten Kinderzimmer / Schlafzimmer unter hochsommerlichen Bedingungen ein **zumutbares** Raumklima?

14



Fassade Nord



Fassade West



## Schritt 1: Solare Lasten abschätzen

$$1.8 \text{ [m}^2\text{]} \times 4'000 \text{ [Wh/(m}^2\text{d)]} \times 0.11 / 12.15\text{m}^2 = \mathbf{65 \text{ [Wh/(m}^2\text{d)]}}$$

## Schritt 2: Interne Lasten abschätzen

Hohe interne Last im Wohnungsbau: **270 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]**

## Schritt 3: Gesamte Wärmelast bestimmen

$$\text{Gesamte Wärmelast: } 65 + 270 = \mathbf{335 \text{ [Wh/(m}^2\text{d)]}}$$

## Schritt 4: Raumwärmespeicherfähigkeiten bestimmen

cpi

Boden:	$12.15\text{m}^2 \times 11 \text{ [Wh/(m}^2\text{k)]}$	$= 133.7 \text{ [Wh/K]}$
Dach:	$12.7\text{m}^2 \times 5 \text{ [Wh/(m}^2\text{k)]}$	$= 63.5 \text{ [Wh/K]}$
Aussenwand:	$4.4\text{m}^2 \times 5 \text{ [Wh/(m}^2\text{k)]}$	$= 22.0 \text{ [Wh/K]}$
Innenwand:	$30.5\text{m}^2 \times 5 \text{ [Wh/(m}^2\text{k)]}$	$= 152.5 \text{ [Wh/K]}$
Innentüre:	$1.6\text{m}^2 \times 4 \text{ [Wh/(m}^2\text{k)]}$	$= 6.4 \text{ [Wh/K]}$

---

$\Sigma \quad 378 \text{ [Wh/K]}$

$$\rightarrow C_R / A_{\text{NGF}} = 478 \text{ [Wh/K]} / 12.15 \text{ [m}^2\text{]} = \mathbf{31 \text{ [Wh/(m}^2\text{K)]}}$$

# Schritt 6: Risikobeurteilung vornehmen



## Teilresultate:

1. Solare Last: 65 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
2. Interne Last: 270 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
3. Gesamte Last: 335 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
4. Raumspeicherkapazität: 31 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
5. Luftwechsel: 3-fach

Lüftungs- massnahmen	Raumwärme- speicherkapazität $C_R/A_{NGF}$ [Wh/(m <sup>2</sup> K)]	Tagessumme der Gesamtlasten $Q_{tot}/A_{NGF} = (Q_s+Q_i)/A_{NGF}$ [Wh/(m <sup>2</sup> d)]		
		150	250	350
		$\theta_{i,max}$		
Keine Nachtlüftung	30	~30°C	~32°C	~35°C
	50	~29°C	~31°C	~33°C
Nachtlüftung $n_{LN} \sim 1$ [1/h]	30	~29°C	~31°C	~33°C
	50	~28°C	~29°C	~31°C
Nachtlüftung $n_{LN} \sim 3$ [1/h]	30	~28°C	~30°C	~31°C
	50	~27°C	~28°C	~29°C

■ unzumutbar   
 ■ problematisch   
 ■ Grenzfall   
 ■ akzeptabel   
 ■ gut

## ...und mit Lehm?

Die flächenbezogene Speicherkapazität  $\kappa_f$  eines Bauteils ist abhängig von

- der Rohdichte  $\rho$
- der spezifischen Wärmekapazität  $c$
- der Eindringtiefe oder wirksamen Dicke  $d$

### **Lehm**

spezifischen Wärmekapazität  $c = 1000 \text{ [J/(kg K)]}$

Rohdichte  $\rho = 650\text{-}2200 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Wassergehalt = ? -> spezifische Wärmekapazität Wasser =  $4190 \text{ [J/(kg K)]}$ !

# Innenwandvarianten und deren Einfluss auf Wärmespeicherfähigkeit des Raumes

Konstruktionsaufbauten Innenwände	Flächenbezogene Wärmespeicherkapazität	Wärmespeicherkapazität des Raumes
	$K_i$	$C_R / A_{NGF}$
	[Wh/(m <sup>2</sup> K)]	[Wh/(m <sup>2</sup> K)]
Holzbau, Innenwände einlagig beplankt mit GFP	5.1	31.3
Holzbau, Innenwände zweilagig beplankt mit GFP	8.8	40.5
Massivbau, Innenwände Mauerwerk	12.0	48.5
<b>Massivbau, Innenwände Lehm</b>	<b>15.9</b>	<b>58.3</b>
Massivbau, Innenwände Beton	17.6	62.5

# Schritt 6: Risikobeurteilung vornehmen



## Teilresultate:

1. Solare Last: 65 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
2. Interne Last: 270 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
3. Gesamte Last: 335 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
4. Raumspeicherkapazität:  
58 [Wh/(m<sup>2</sup>d)]
5. Luftwechsel: 3-fach

Lüftungs- massnahmen	Raumwärme- speicherkapazität $C_R/A_{NGF}$ [Wh/(m <sup>2</sup> K)]	Tagessumme der Gesamtlasten $Q_{tot}/A_{NGF} = (Q_s + Q_i)/A_{NGF}$ [Wh/(m <sup>2</sup> d)]		
		150	250	350
		$\theta_{i,max}$		
Keine Nachtlüftung	30	~30°C	~32°C	~35°C
	50	~29°C	~31°C	~33°C
Nachtlüftung $n_{LN} \sim 1$ [1/h]	30	~29°C	~31°C	~33°C
	50	~28°C	~29°C	~31°C
Nachtlüftung $n_{LN} \sim 3$ [1/h]	30	~28°C	~30°C	~31°C
	50	~27°C	~28°C	~29°C

■ unzumutbar   
 ■ problematisch   
 ■ Grenzfall   
 ■ akzeptabel   
 ■ gut



# Zusammenfassung



- Der sommerliche Wärmeschutz **gewinnt** in Zukunft **an Bedeutung**
- Der wichtigste Planungsgrundsatz: „**minimieren sowie abführen der Wärmelasten**“ ermöglicht einen guten sommerlichen Wärmeschutz
- **Einflussfaktoren** nach deren Relevanz geordnet:
  1. Beschattungsmassnahmen
  2. Raumwärmespeicherkapazität
  3. Nachtlüftung
  4. Interne Lasten
  5. Fenstergrösse
- **Lehm** bietet in Bezug auf die Raumwärmespeicherkapazität sehr gute Eigenschaften und Vorteile!

Dämmung aus Recyclingglas.  
Isover – gelebte Ökologie.



Dämmung aus Recyclingglas.  
Isover – gelebte Ökologie.