



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

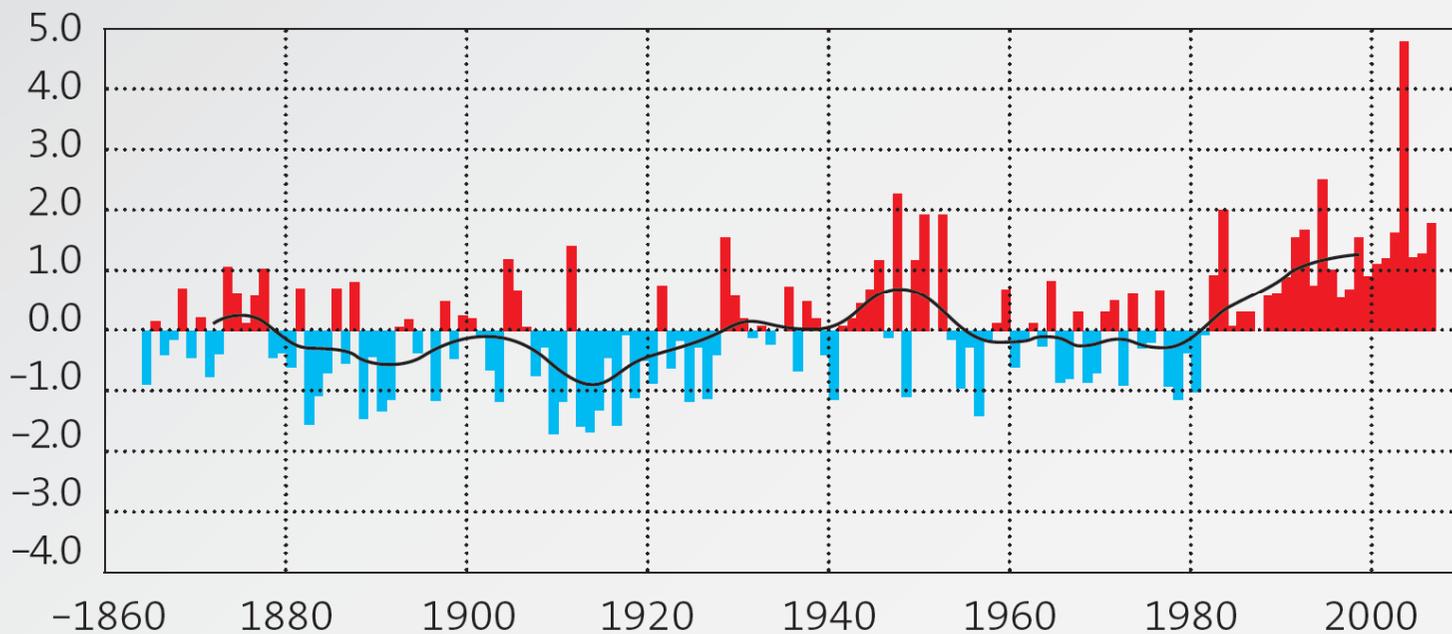
Inhaltsverzeichnis



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

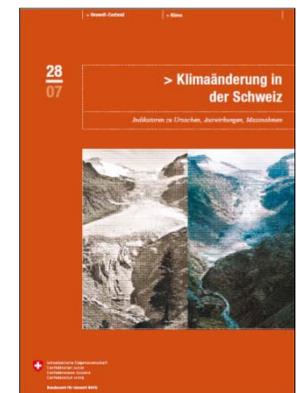
Klimatische Rahmenbedingungen

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

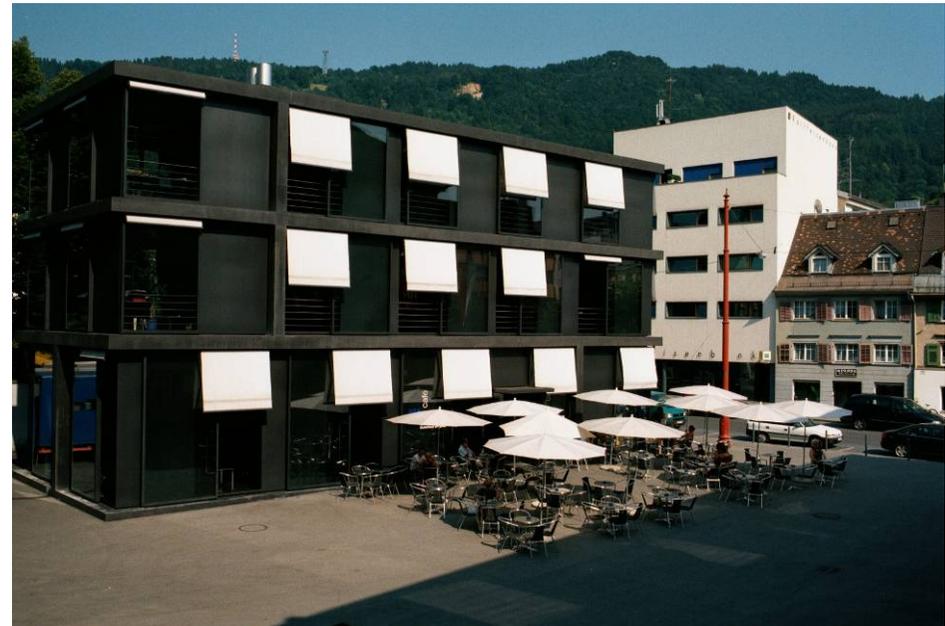




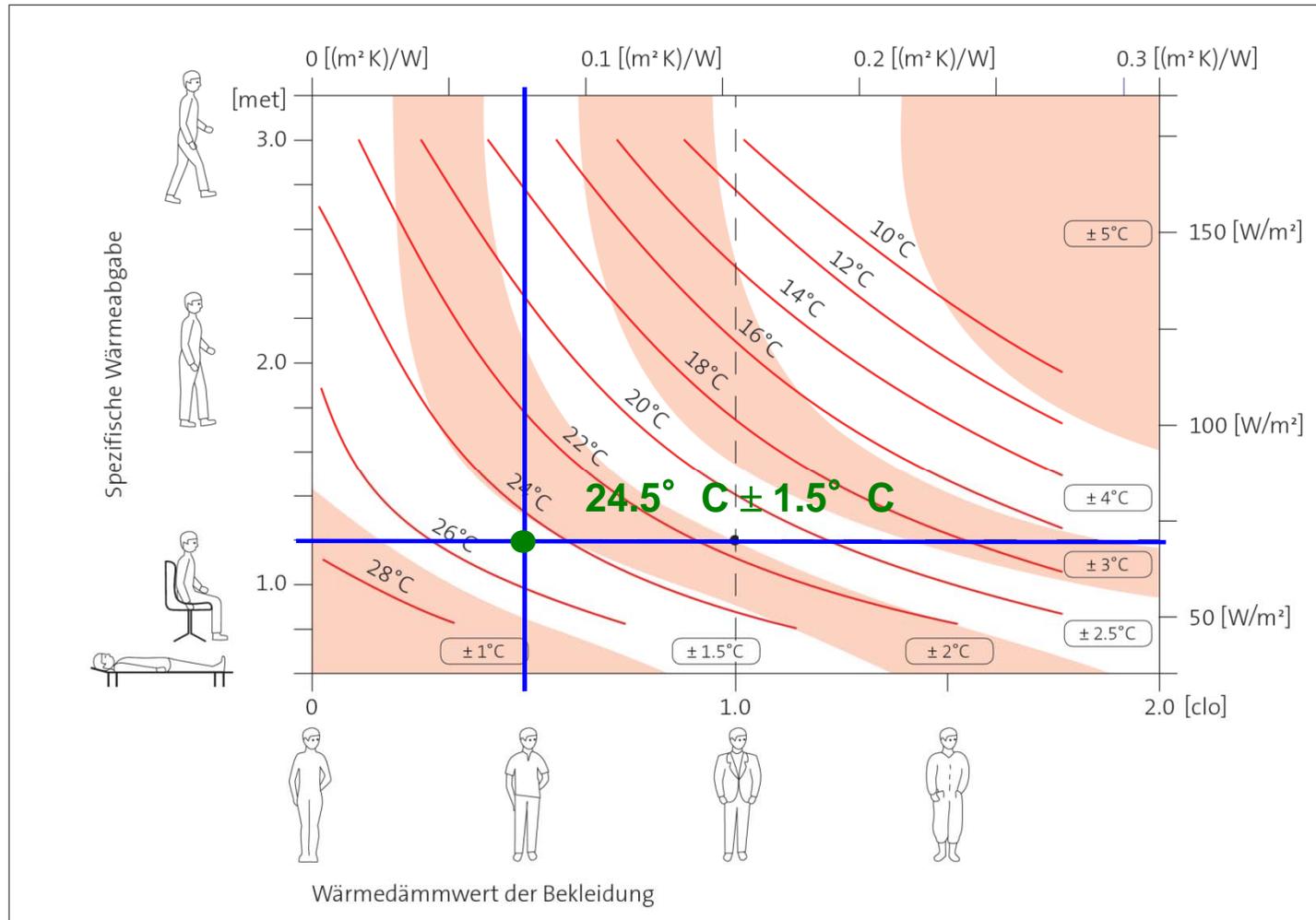
cpi

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

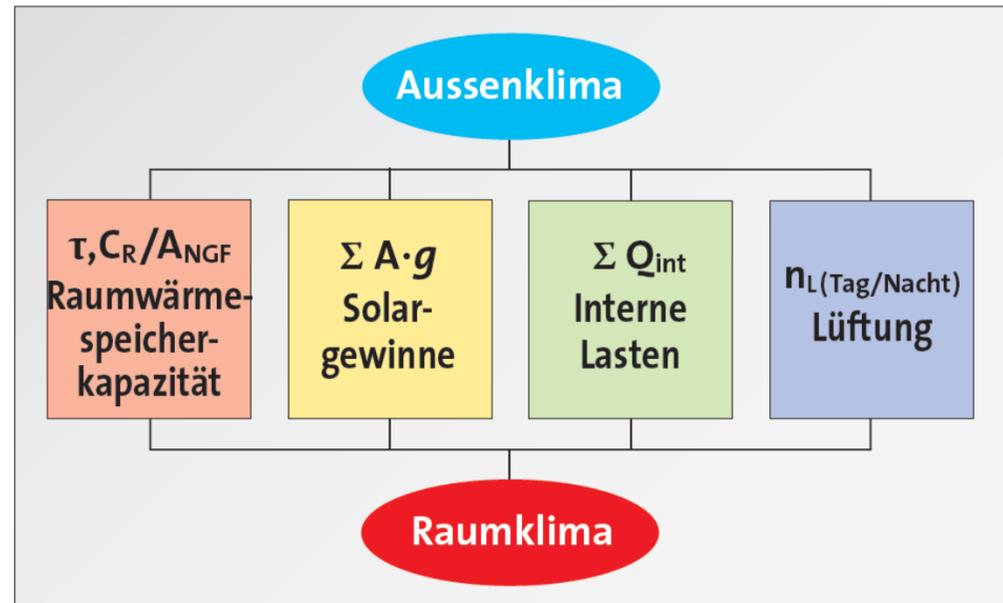
Inhalt

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

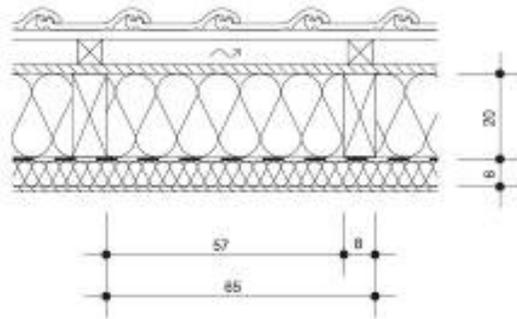
Dieser Bericht (inkl. Anhang) umfasst total 24 Seiten.

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

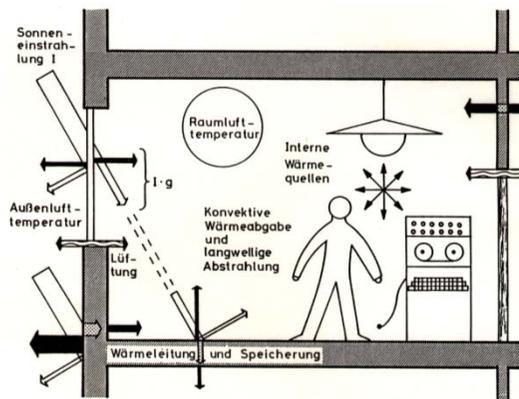


Einzelbauteil

- Flächenbezogene Wärmespeicherkapazität innen κ_i in $[\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{K})]$

Raum

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



Einflussfaktoren und -potenziale

Raumspitztemperaturbereiche / Einflusspotenziale der einzelnen Faktoren

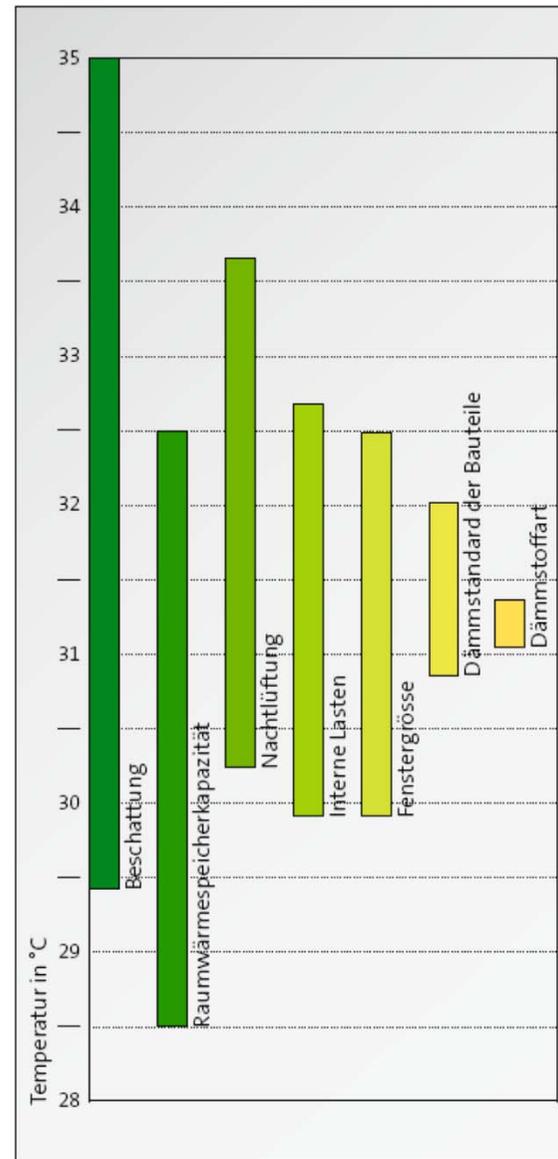


Abb. 19 a: Die einzelnen Faktoren und ihr Einflusspotenzial.

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

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

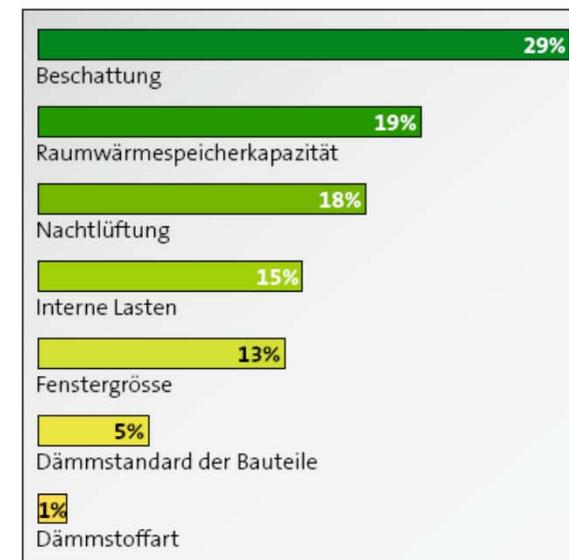
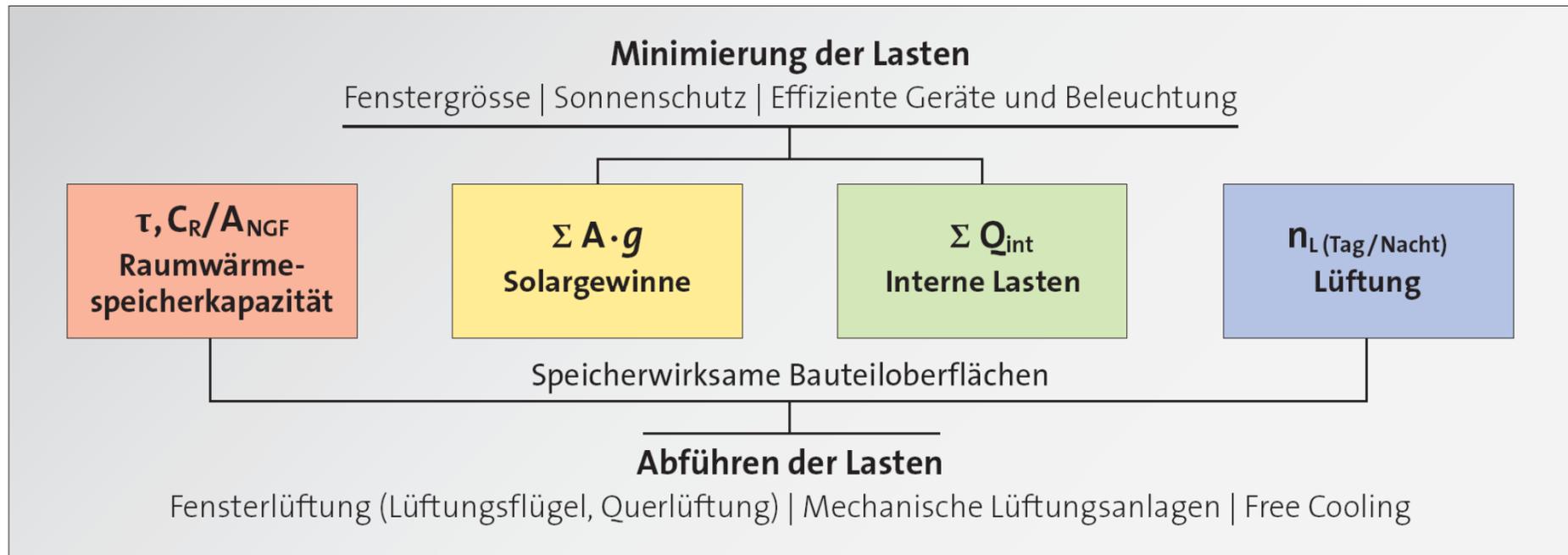


Abb. 19 c: Prozentualer Anteil der Faktoren am Einflusspotenzial.

Planungsgrundsätze



Risikobeurteilung



Schritt 1: Solare Lasten abschätzen

Schritt 2: Interne Wärmelasten abschätzen

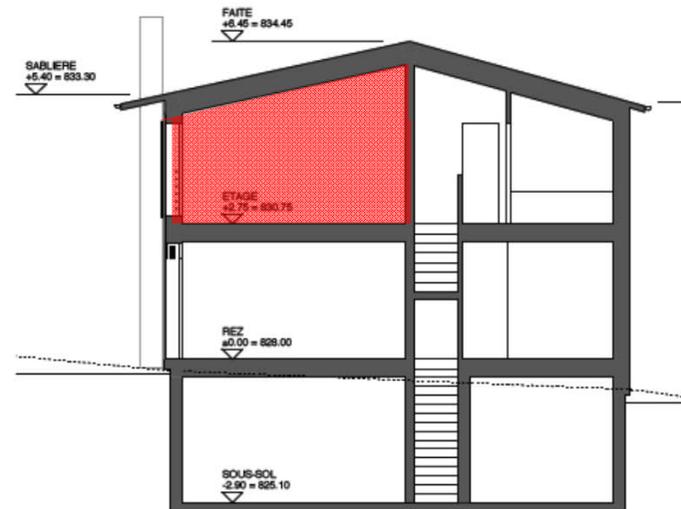
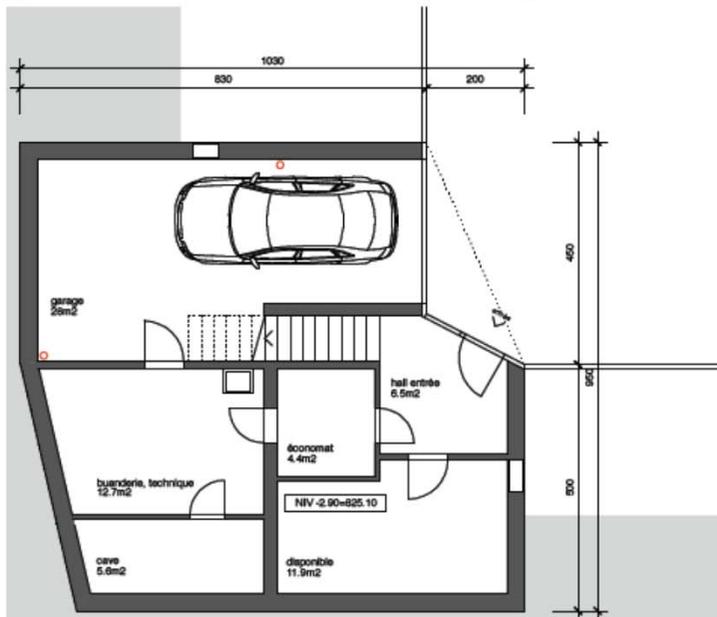
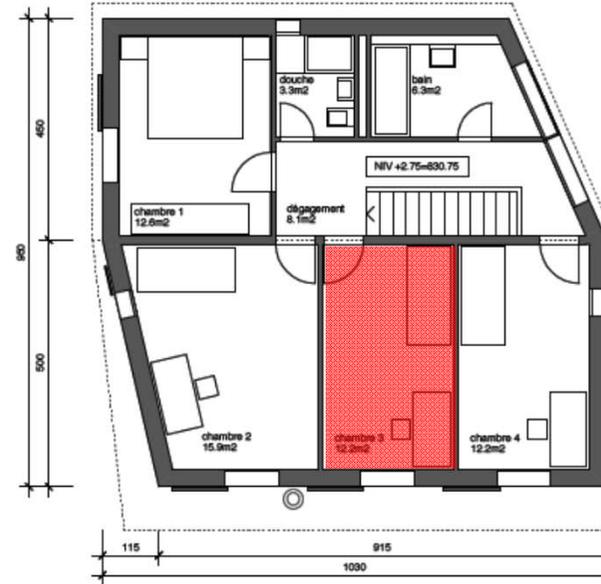
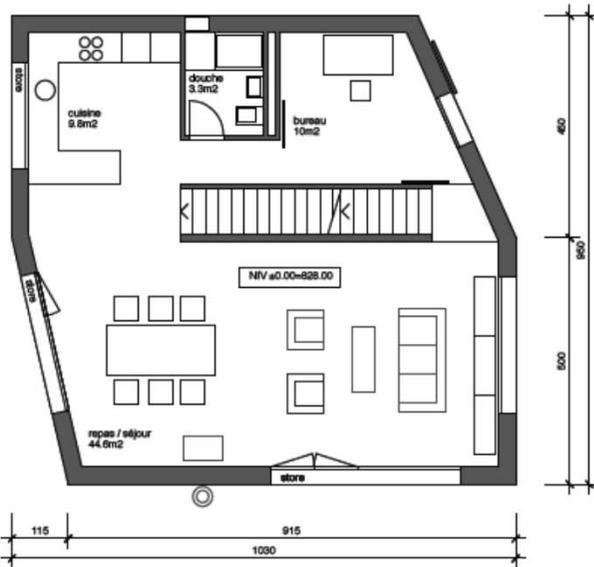
Schritt 3: Gesamte Wärmelast bestimmen

Schritt 4: Raumwärmespeicherfähigkeit bestimmen

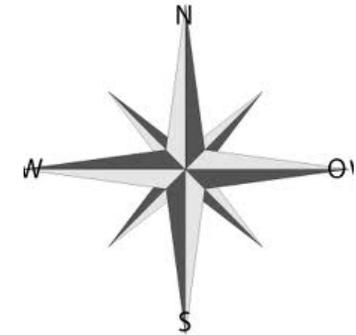
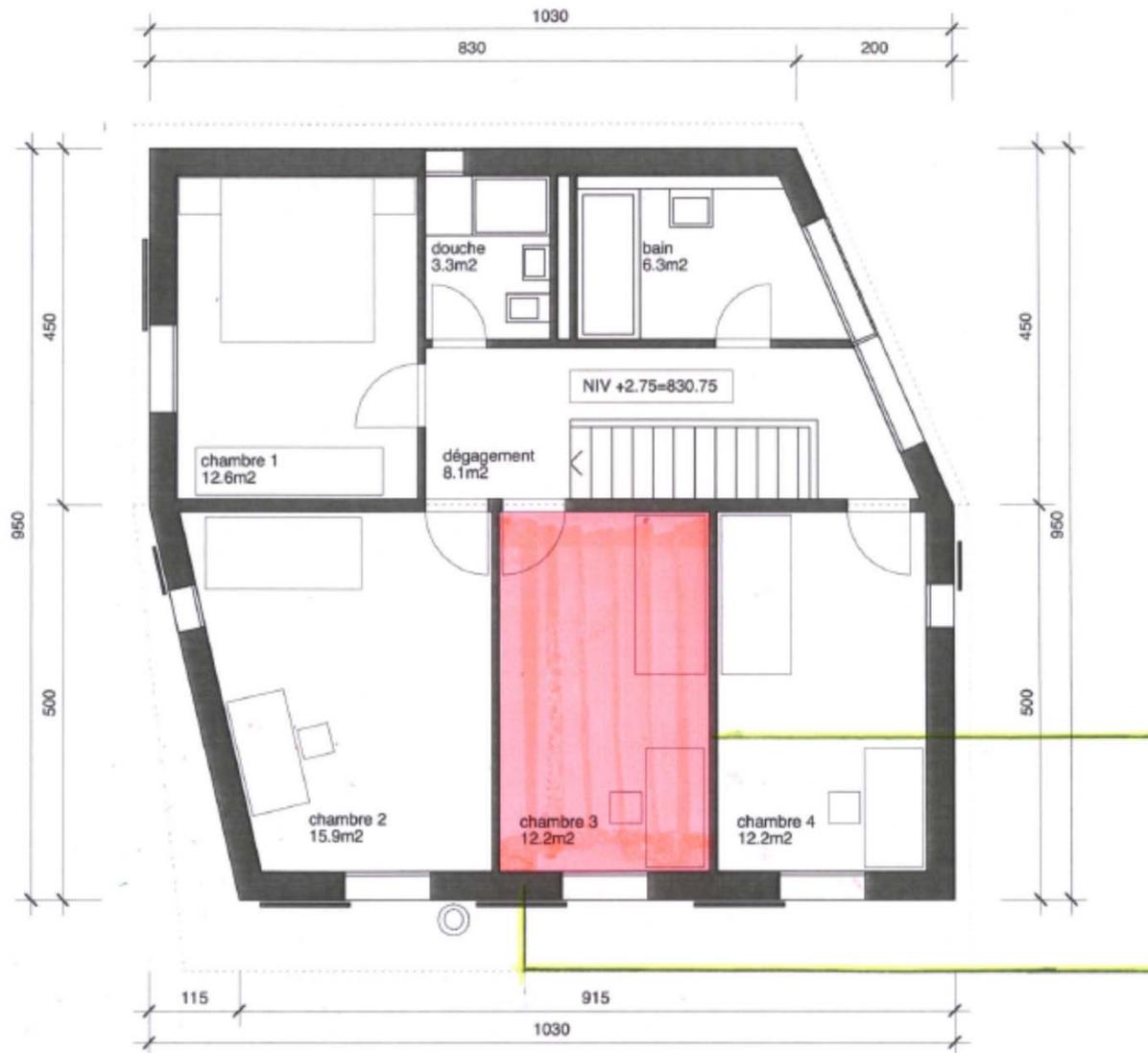
Schritt 5: Lüftungsmanagement festlegen

Schritt 6: Risikobeurteilung vornehmen

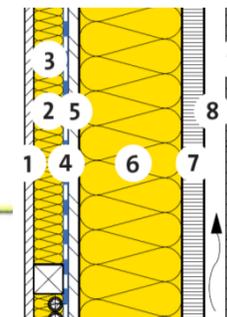
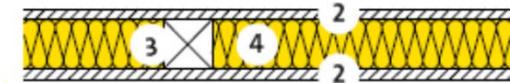
Berechnungsbeispiel



Berechnungsbeispiel

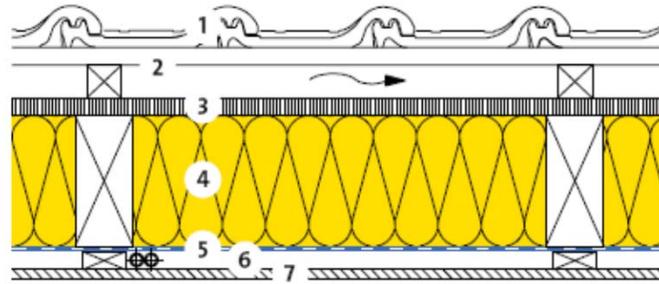


25-300: 12.5mm / 85mm



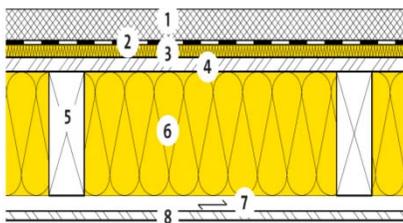
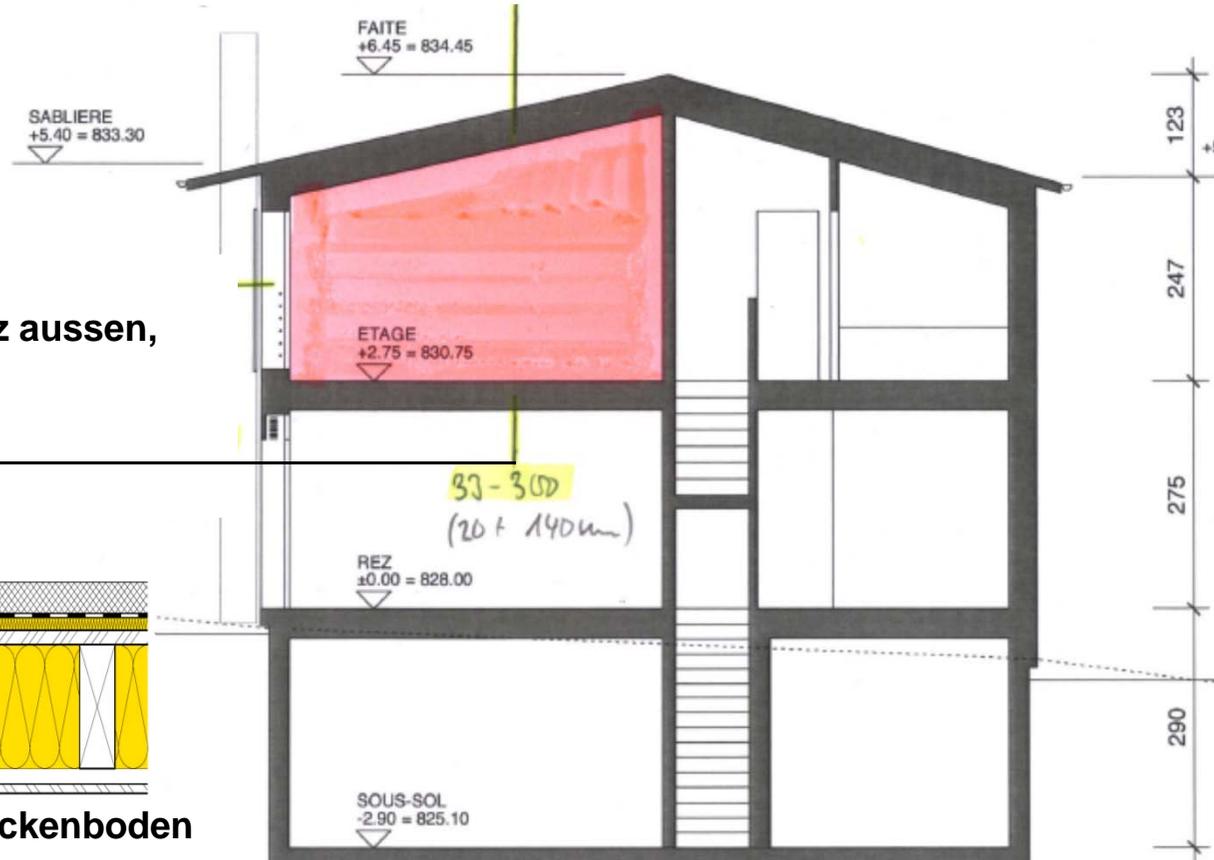
24-210: 40 + 200mm

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

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

Schritt 2: Interne Lasten abschätzen

Hohe interne Last im Wohnungsbau: **270 [Wh/(m²d)]**

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/(m²d)]
2. Interne Last: 270 [Wh/(m²d)]
3. Gesamte Last: 335 [Wh/(m²d)]
4. Raumspeicherkapazität:
31 [Wh/(m²d)]
5. Luftwechsel: 3-fach

Lüftungs- massnahmen	Raumwärme- speicherkapazität C_R/A_{NGF} [Wh/(m ² K)]	Tagessumme der Gesamtlasten $Q_{tot}/A_{NGF} = (Q_s + Q_i)/A_{NGF}$ [Wh/(m ² 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 κ_f eines Bauteils ist abhängig von

- der Rohdichte ρ
- 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 [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 ² K)]	[Wh/(m ² 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
Massivbau, Innenwände Lehm	15.9	58.3
Massivbau, Innenwände Beton	17.6	62.5

Schritt 6: Risikobeurteilung vornehmen



Teilresultate:

1. Solare Last: 65 [Wh/(m²d)]
2. Interne Last: 270 [Wh/(m²d)]
3. Gesamte Last: 335 [Wh/(m²d)]
4. Raumspeicherkapazität:
58 [Wh/(m²d)]
5. Luftwechsel: 3-fach

Lüftungs- massnahmen	Raumwärme- speicherkapazität C_R/A_{NGF} [Wh/(m ² K)]	Tagessumme der Gesamtlasten $Q_{tot}/A_{NGF} = (Q_s + Q_i)/A_{NGF}$ [Wh/(m ² 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.