Auswirkung der Wärmespeicherfähigkeit: «Holz» versus «Beton»

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Marco Ragonesi
Ragonesi · Strobel & Partner AG
CH-Luzern

Auswirkung der Wärmespeicherfähigkeit: «Holz» versus «Beton»

1. Erkenntnisse aus Untersuchung «Hegianwandweg»: Statische versus dynamische Betrachtung.

Aus Element 29 «Wärmeschutz im Hochbau» werden die folgenden Aussagen gemacht:
- Die thermischen Prozesse am Gebäude verhalten sich zeitabhängig, d.h. instationär.
- Gängige stationäre Bilanzmodelle auf der Basis der U-Werte (Norm SIA 380/1) sind deshalb nicht geeignet, Aussagen zu Heizlasten zu machen.
- Es sind deshalb dynamische Simulationsmodelle erforderlich.
- Die Vorteile des Massivbaus bezüglich energetischem Verhalten und Komfort lassen sich nur mit dynamischen Simulationsmodellen quantifizieren.

Ist eine solch indirekte Diskreditierung der Holzbauweise gerechtfertigt ?
Am Beispiel eines Mehrfamilienhauses der Überbauung Hegianwandweg wird der Einfluss von differenten Bauweisen detailliert untersucht:
- Einfluss der Bauweise «leicht» (Aussenwände Holzrahmenbau), «mittel» (Massivholzbau) und «schwer» (Massivbau).
- Einfluss des Energiestandards von der Mindestanforderung «MuKEn» bis zum Standard MINERGIE-P.
- Beurteilung der Energieflüsse statonär, mit Berechnung gemäss Norm SIA 380/1 und mittels dynamischer Simulation (Mehrzonenmodell mit IDA ICE).

So wie es sein muss ist es auch: Das einfache stationäre Bilanzmodell SIA 380/1 weist einen Heizwärmebedarf aus, der generell leicht höher ist, als der über die dynamische Simulation ermittelte.
Der Vergleich der verschiedenen Bauweisen und Standards führt zu folgenden Erkenntnissen:
- Bei korrekter Zuordnung der Bauweise «leicht» bis «schwer» in SIA 380/1 sind die rechnerisch ausgewiesenen Differenzen beim Heizwärmebedarf, unabhängig von der Bauweise, mit etwa 5% beim Standard «MuKEn» und etwa 3 % beim Standard «MINERGIE-P» identisch.
- Wenn man bei der dynamischen Simulation die Raumtemperatur von 20 °C nicht als unteren Schwellenwert sondern als Durchschnittswert definiert, kann die Abweichung zwischen 380/1 und Simulation auch gegen 10 % gehen.
- Vorteilhaft zeigt sich, wenn die mit «leicht» in SIA 380/1 diskriminierte Holzbauweise mittels dynamischer Gebäudesimulation gerechnet wird und so die effektiv höher vorhandene Speicherfähigkeit zu einem um 11 % kleineren Heizwärmebedarf führt.
- Es ist somit nicht der Fall, dass nur der «schwere Massivbau» in SIA 380/1 falsch beurteilt wird und dessen Qualität bezüglich Wärmespeicherfähigkeit und Ausnutzung von solaren Gewinnen nur über die dynamische Gebäudesimulation korrekt gewürdigt werden kann. Auch die untersuchten Holzbaukonstruktionen weisen ihre Qualitäten bei differenzierter Betrachtung mittels dynamischer Gebäudesimulation auf!

2. Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

In letzter Zeit wurde intensiv über den Sinn eines immer besser werdenden Wärmeschutzes nachgedacht. Ist dieser Weg bis hin zu MINERGIE-P auch dann gerechtfertigt, wenn eine immer effizientere Wärmeerzeugung zur Verfügung steht? Bezüglich die Kriterien «Kosten», «Primärenergie», «Treibhauseffekt CO_2» und «Umweltbelastung UBP» wird für eine Aussenwand in Holzrahmenbauweise aufgezeigt, wie dick die optimale Wärmedämmschicht ist. Dies abhängig von der Energieerzeugung mit Gas, Holzschnitzel oder Erdsonden-Wärmepumpe.

- Die kleinste Dicke ergibt sich bezüglich die Kosten, mit 16 cm bei Erdsonden-WP, gefolgt von 22 cm bei Holzschnitzelheizung und 28 cm bei Gasheizung.
- Die nicht monetären Kriterien führen zu Wärmedämmschichten von 32 cm Dicke und wesentlich mehr.
- Je effizienter die Energieerzeugung, desto weniger dick kann wärmegedämmt werden und je günstiger das Kapital, desto besser darf der Wärmeschutz sein. Wer aber zu wenig wärmedämmt macht sicher den grösseren Fehler als derjenige, der eine etwas zu dicke Wärmedämmschicht wählt!
- Wenn der Raumverlust durch dickere Wärmedämmschicht bzw. Wandkonstruktion berücksichtigt wird, resultiert garantiert nur der gesetzlich einzuhaltende Mindestwärmeschutz. In diesem Fall kann die schlanke Holzbauweise gegenüber anderen Wandkonstruktionen klare Vorteile ausspielen!

Auswirkung Speicherfähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise

Auswirkung Speicherfähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

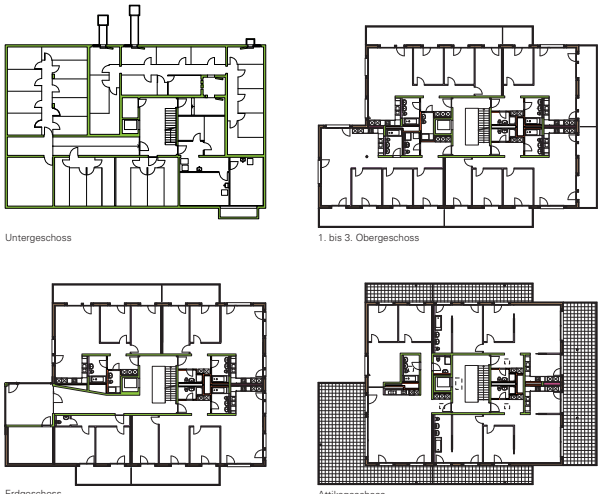
Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise

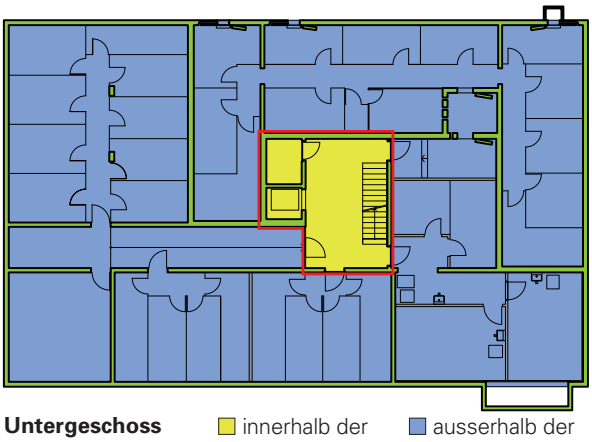


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise

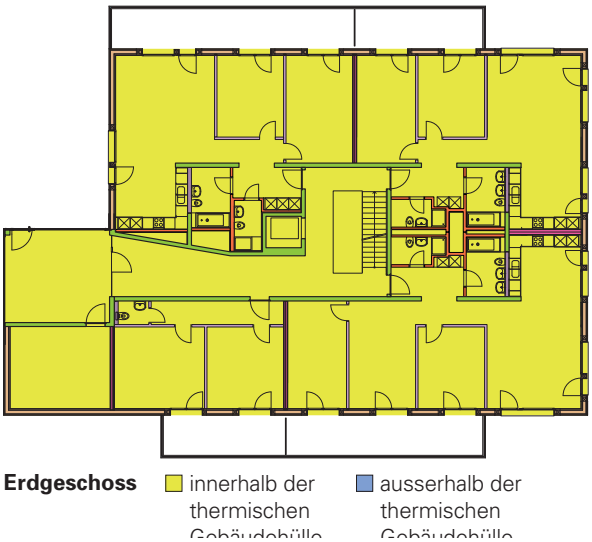


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise



Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Objektbeispiel: MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf

Korrekte Beurteilung der Bauweise ?

Rechnerische Beurteilung:
- **Statische Methode «Norm SIA 380/1»**
- **Dynamische Methode**

Beispiel «Hegianwandweg»:
- **Thermische Gebäudehülle**
- **Konstruktionsvarianten**
- **Rechnerische Beurteilung**
- **Vergleich der Resultate**

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

2. Internationales Forum Holzbau Beaune 12 10

Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf

Korrekte Beurteilung der Bauweise ?

Aus element 29:

- **Die thermischen Prozesse am Gebäude verhalten sich naturgemäss zeitabhängig, d.h. instationär.**
- **Gängige stationäre Bilanzmodelle auf der Basis der U-Werte (Norm SIA 380/1) sind deshalb nicht geeignet, Aussagen zu den Heizlasten zu machen.**
- **… sind deshalb dynamische Simulationsmodelle erforderlich …**
- **Vorteile der massiven Bauweise bezüglich Komfort und Nutzung solarer Energiegewinne sowie die Wirkung des Wärmespeicherverhaltens lassen sich nur mit dynamischen Modellen realitätsnah aufzeigen.**

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

2. Internationales Forum Holzbau Beaune 12 11

Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf

Korrekte Beurteilung der Bauweise ?

Aus element 29:

- **Referenzberechnung «Massivbau»: Der mittels dynamischer Berechnung ermittelte Heizwärmebedarf fällt um etwa 10 % niedriger aus als nach Norm SIA 380/1 ermittelt.**
- **Die dynamische Gebäudesimulation ermöglicht eine ralistische Einschätzung der erzielbaren Energiegewinne …**
- **Vorteile des Massivbaus bezüglich energetischem Verhalten lassen sich somit quantifizieren.**

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

2. Internationales Forum Holzbau Beaune 12 12

Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf

Korrekte Beurteilung der Bauweise ?

Aus element 29:

- **Referenzberechnung «Massivbau»: Der mittels dynamischer Berechnung ermittelte Heizwärmebedarf fällt um etwa 10 % niedriger aus als nach Norm SIA 380/1 ermittelt.**
- **Die dynamische Gebäudesimulation ermöglicht eine ralistische Einschätzung der erzielbaren Energiegewinne …**
- **Vorteile des Massivbaus bezüglich energetischem Verhalten lassen sich somit quantifizieren.**

Diskreditierung der Holzbauweise

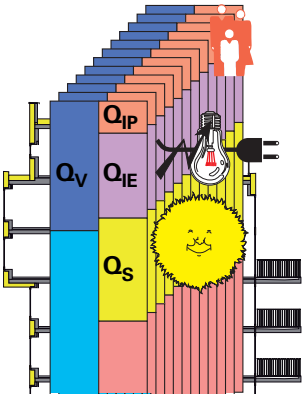
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf

Statische Methode «SIA 380/1»:
- Bilanz über 12 Perioden
- Monatsmittelwerte
- konstante Raumtemperatur
- U-Werte
- g-Werte
- Wärmebrücken



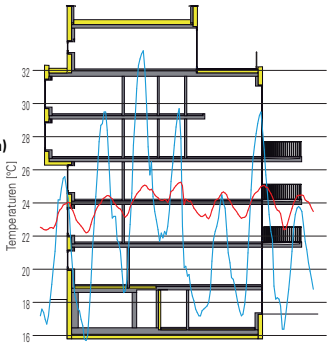
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

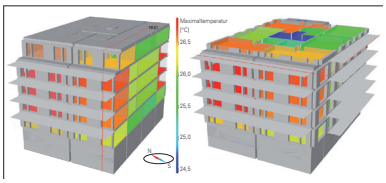
MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf

Dynamische Bilanzierung:
- Stundenmittelwerte (Klimabedingungen)
- Simulation über variable Zeitschritte (< 1 Sekunde bis max. 1 Stunde)
- Baukonstruktion bzw. Materialien (Baustoffkennwerte)
- g-Werte
- Wärmebrücken
- effektive Wärmespeicherfähigkeit



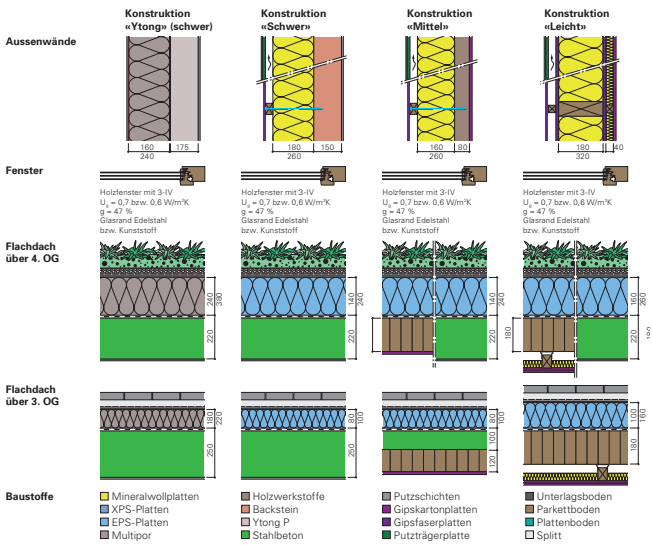


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Effizienz von unterschiedlichen Konstruktionen

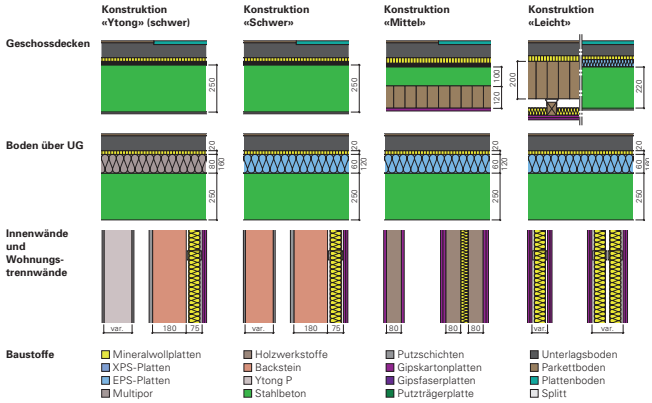


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Effizienz von unterschiedlichen Konstruktionen



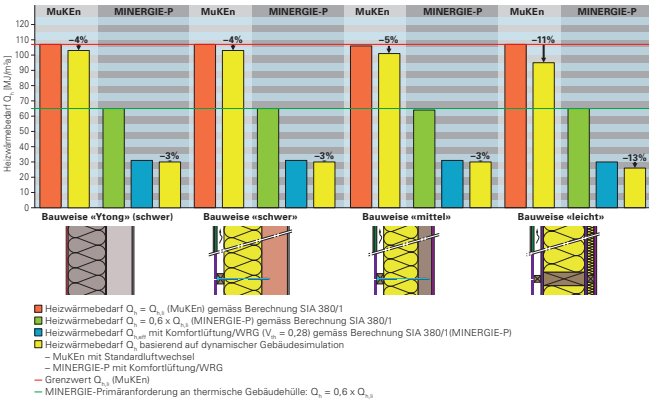
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Beurteilung Norm SIA 380/1 & mit Gebäudesimulation

Heizwärmebedarf im Vergleich



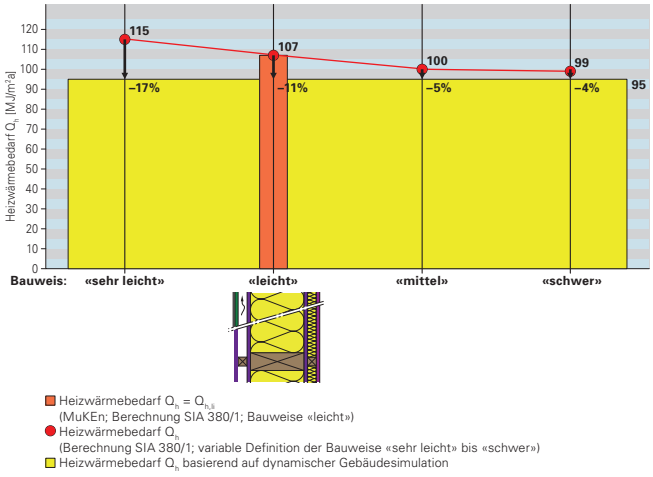
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Beurteilung Norm SIA 380/1 & mit Gebäudesimulation

Heizwärmebedarf im Vergleich



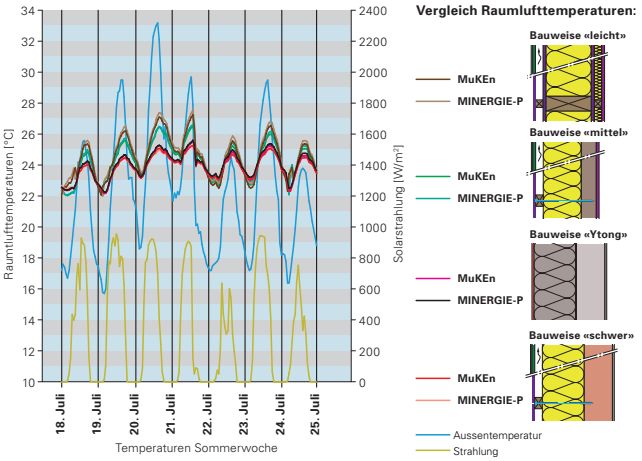
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Beurteilung mit Gebäudesimulation

Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche



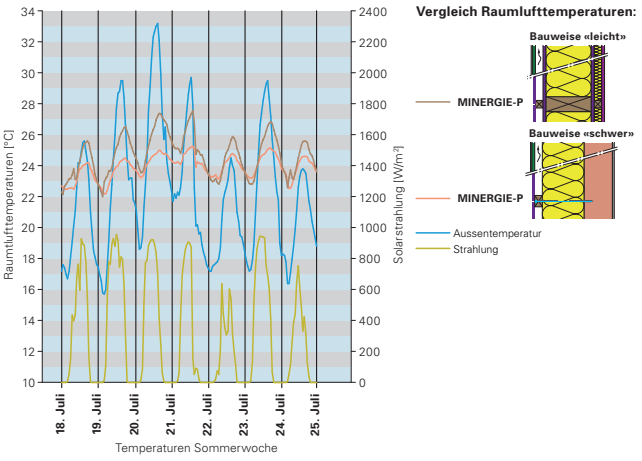
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Beurteilung mit Gebäudesimulation

Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche



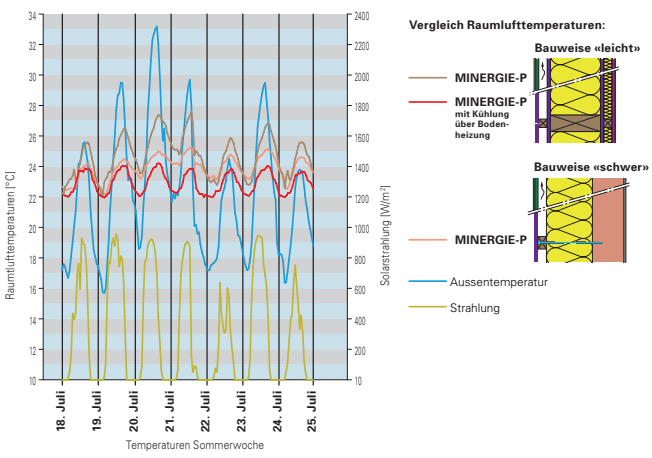
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Beurteilung mit Gebäudesimulation

Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche



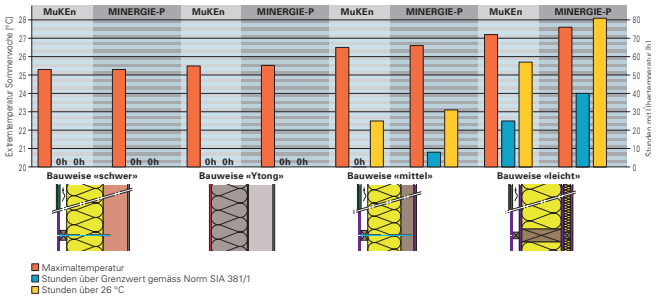
Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Beurteilung mit Gebäudesimulation

Maximaltemperatur und Stunden über Temperatur-Grenzwerten

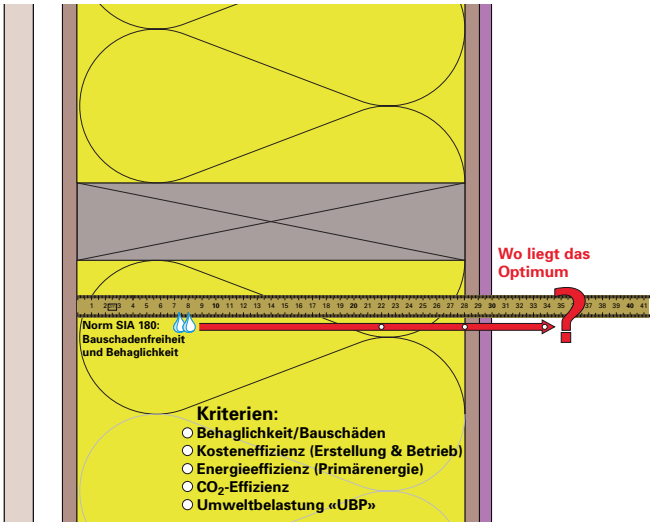


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

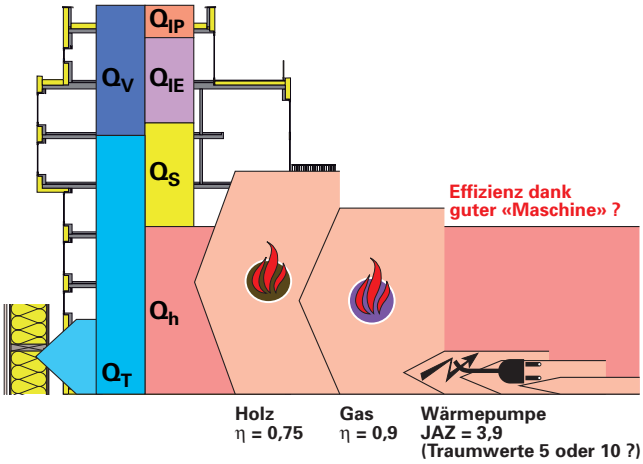


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Entscheidender Faktor: Energieerzeugung

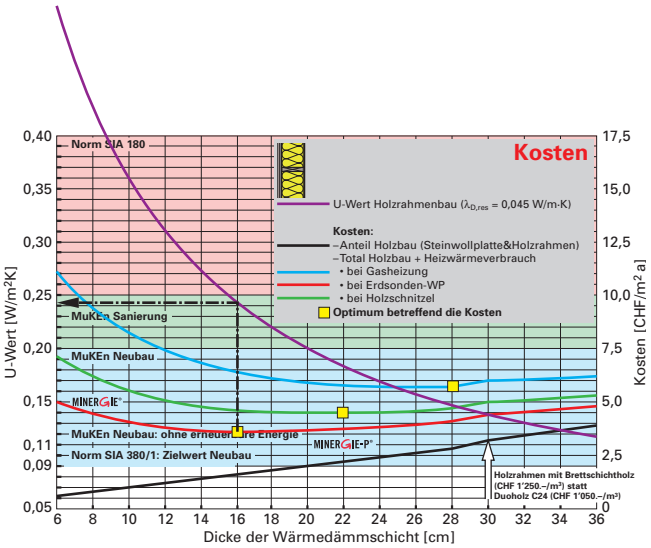


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Kosten-Effizienz

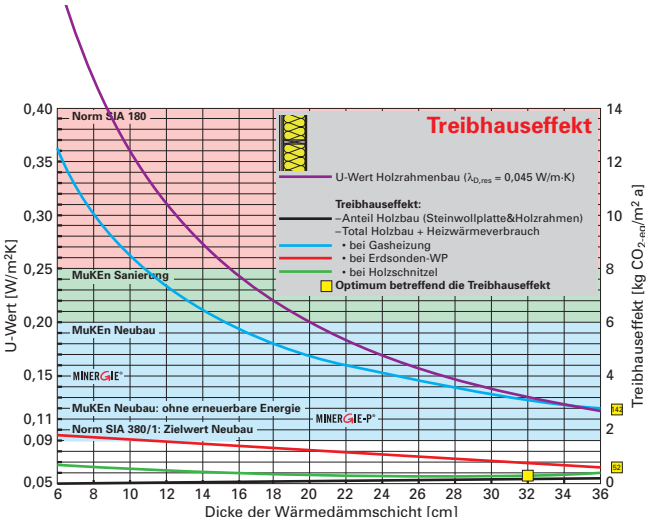


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Treibhausgase-Effizienz

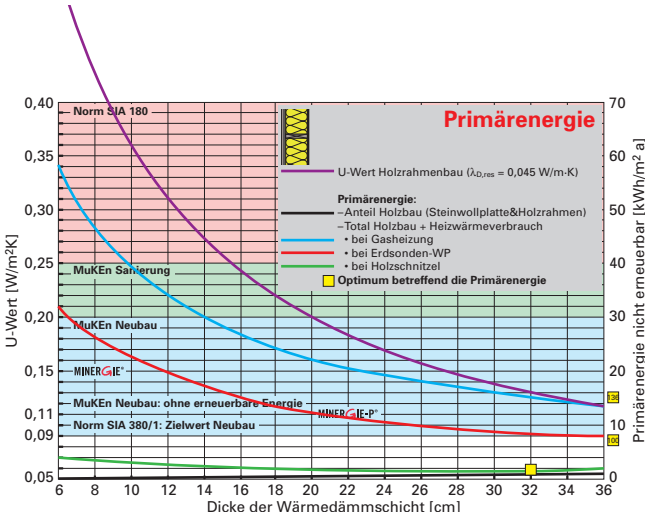


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Primärenergie-Effizienz

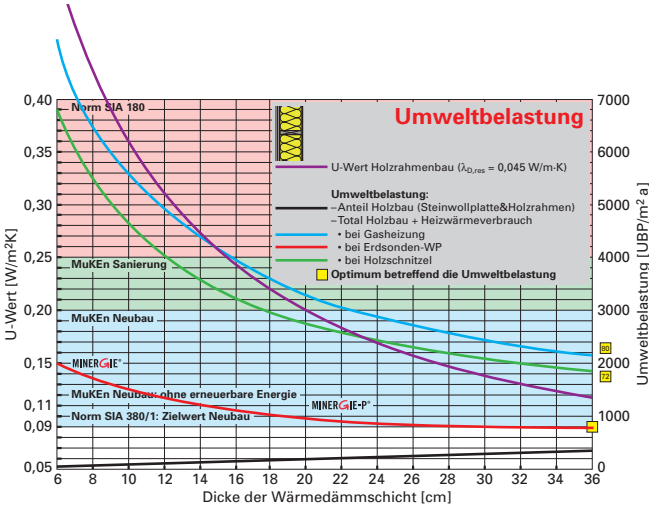


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Umweltbelastungs-Effizienz

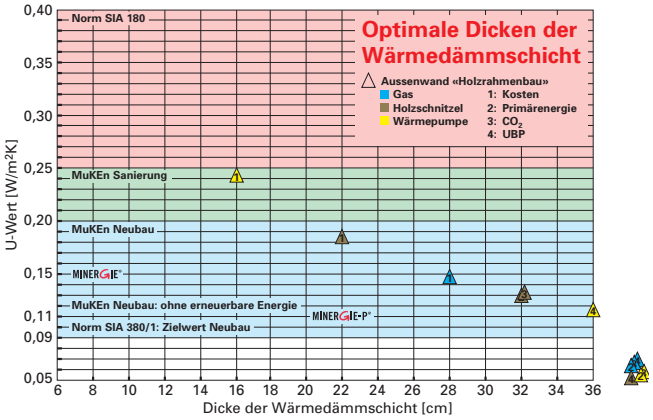


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Gesamtbetrachtung «Effizienz»

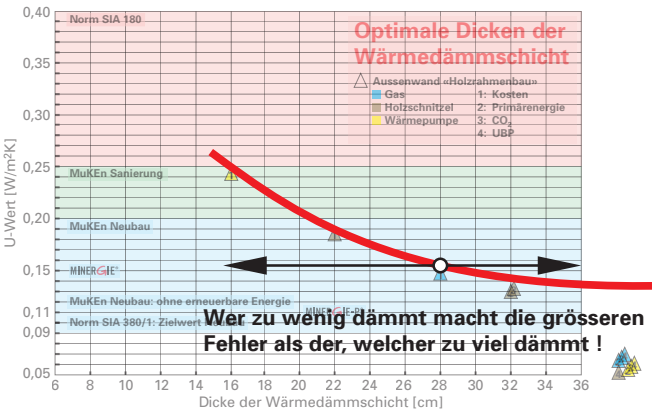


Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Schlussfolgerung 1



Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

2. Internationales Forum Holzbau Beaune 12 31

Schlussfolgerung 2

– Je effizienter die Energieerzeugung,
desto weniger dick kann wärmegedämmt werden:
• WP mit JAZ = 3,9: Kosteneffizient sind 16 cm
5: 14 cm
10: 10 cm

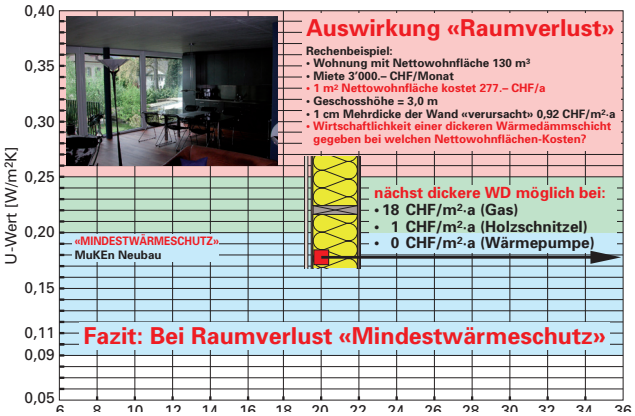
– Je günstiger das Kapital,
desto besser darf der Wärmeschutz sein:
• Kapitalzinssatz 1 %: Kosteneffizient sind 24 cm
3 %: 16 cm
6 %: 12 cm

Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

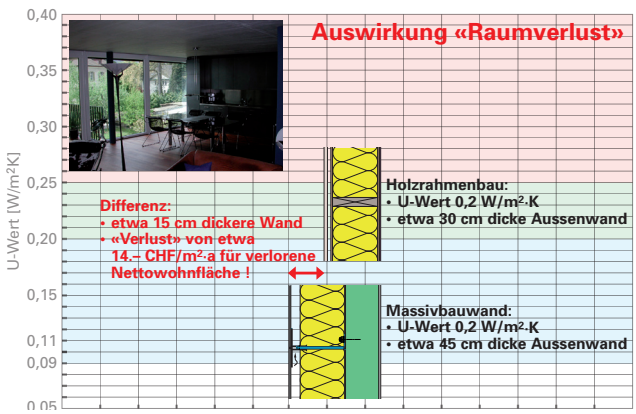
Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Schlussfolgerung 3



Auswirkung Speicher-fähigkeit «Holz» – «Beton»

MFH Hegianwandweg in Hybridbauweise
Energie-Effizienz bzw. Heizwärmebedarf
Rechnerische Beurteilung Heizwärmebedarf
Beurteilung unterschiedlicher Konstruktionen
Heizwärmebedarf im Vergleich
Temperaturverlauf in «kritischer» Sommerwoche

Optimaler Wärmeschutz mit Holzbau

Schlussfolgerung 3