


Sanierung mit aktivierter Bestandswand oder Heizkörpern

energytalk Sanieren für morgen: Bauprojekte mit Weitblick, 13.3.2024, Flughafen Graz

— Zukunft mit Energie —

Ing. Dr. Tobias Hatt, Energieinstitut Vorarlberg



 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

 **STADT**
der Zukunft

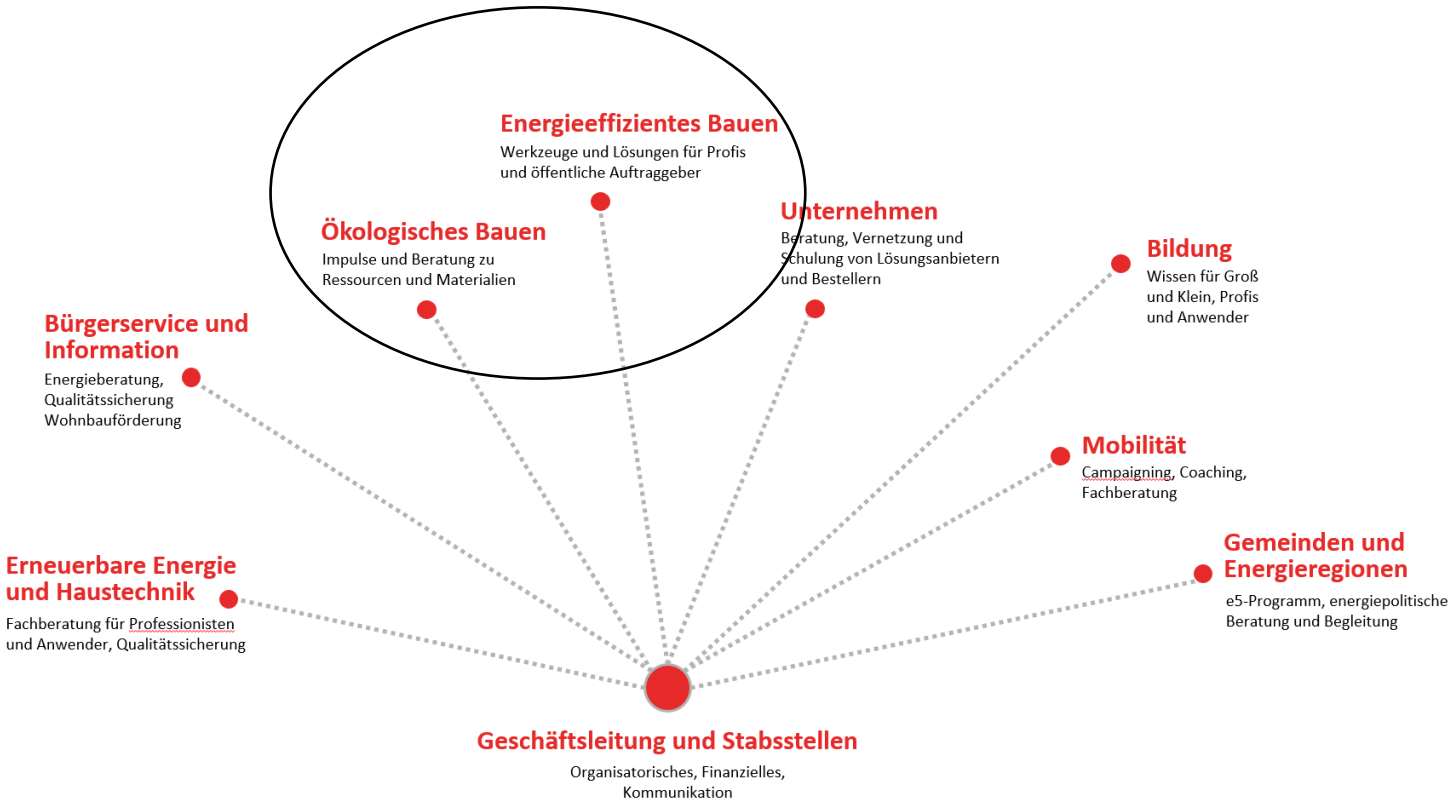
 **FFG**
Forschung wirkt.

 **Vorarlberg**
unser Land

 **Energieinstitut** Vorarlberg

Energieinstitut Vorarlberg

- Tobias Hatt
 - Lehre als Zimmermann
 - Studium Bauingenieurswesen (Dipl. Ing (FH). M.Eng.)
 - Promotion: Passivhäuser in Zentral-Süd Chile (Dr.)



Bauteilaktivierung in der Sanierung

Inhalt

1. Ausgangslage Beispiel Südtiroler Siedlung Bludenz
2. Thermische Bauteilaktivierung in der Sanierung/Theorie
3. Fotos der Baustelle
4. Vergleich mit Niedertemperaturheizkörpern
5. Ausblick

Rahmen des Projekts (SüdSan)

Gefördertes Forschungsprojekt SüdSan (Sanierung Südtiroler Siedlung)

- Inhalt: Nachhaltige Sanierung, Demonstrationsprojekt (2022-2024)
- Förderschiene/Programm: Energie der Zukunft, SdZ 8. Ausschreibung KP 2021, Abwicklung der Förderung durch FFG
- Projektpartner: Energieinstitut Vorarlberg (Konsortialführer), Alpenländische Gemeinnützige WohnbauGmbH, Johannes Kaufmann Architektur, Planungsteam E-Plus GmbH, AEE INTEC, Universität Innsbruck
- Projektbeteiligte: GU Rhomberg Bau, drexel reduziert, IWU, E. Rainer Büro für resiliente Raum- und Stadtplanung, Stadt Bludenz, Bundesdenkmalamt, sonstige Planer...
- Externer Berater Wandheizung: Towner3000 mit System CEPA

Zwei Pilotgebäude werden aktuell saniert

Danach werden sie messtechnisch überwacht

- Energetischer Standard der Sanierungen soll hoch sein (Klimazielfunktionstauglich)
- Gebäude mit 6 und 11 Wohnungen, Dachgeschoß wird erneuert (2 Wohnungen)
- Umstellung auf Wärmepumpe
- Süddächer vollflächig mit PV belegt



So wurden die Gebäude bis jetzt beheizt

Einzelne raumweise Beheizung

- Momentane Struktur der Beheizung zweier Gebäude (öfters je Raum unterschiedlich)
 - Elektrisch (Radiatoren 17%, Nachtspeicheröfen 6%, Infrarotpaneele 28%, Heizlüfter) Einzelöfen (Stückholz 28%, Pellet 11%, Kohle 11%)
 - Warmwasser elektrisch direkt mit E-Boilern



Thermische Bauteilaktivierung

Was ist das? Vorteile - Nachteile

- Die Thermische Bauteilaktivierung (TBA) nutzt die Gebäudemassen zur Temperaturregulierung zur Raumheizung oder Kühlung.
- Bei der Errichtung werden Rohrleitungen, meist Kunststoffrohre, aber auch Kapillarrohrmatten verlegt. Durch diese Rohre fließt Wasser als Heiz- bzw. Kühlmedium. (Nicht oberflächennah wie bei Fußbodenheizung)
- Vorteile: geringe Vorlauftemperaturen (hohe Effizienz Wärmepumpe), Wärmespeicherung (Netzentlastung), Kühlung möglich,
- Nachteile: Träges System (schwer Regelbar bei schnellen Änderungen), Flächen müssen „sichtbar“ bleiben (keine Akustikdecken etc.),



Außenwand aktivieren in der Sanierung

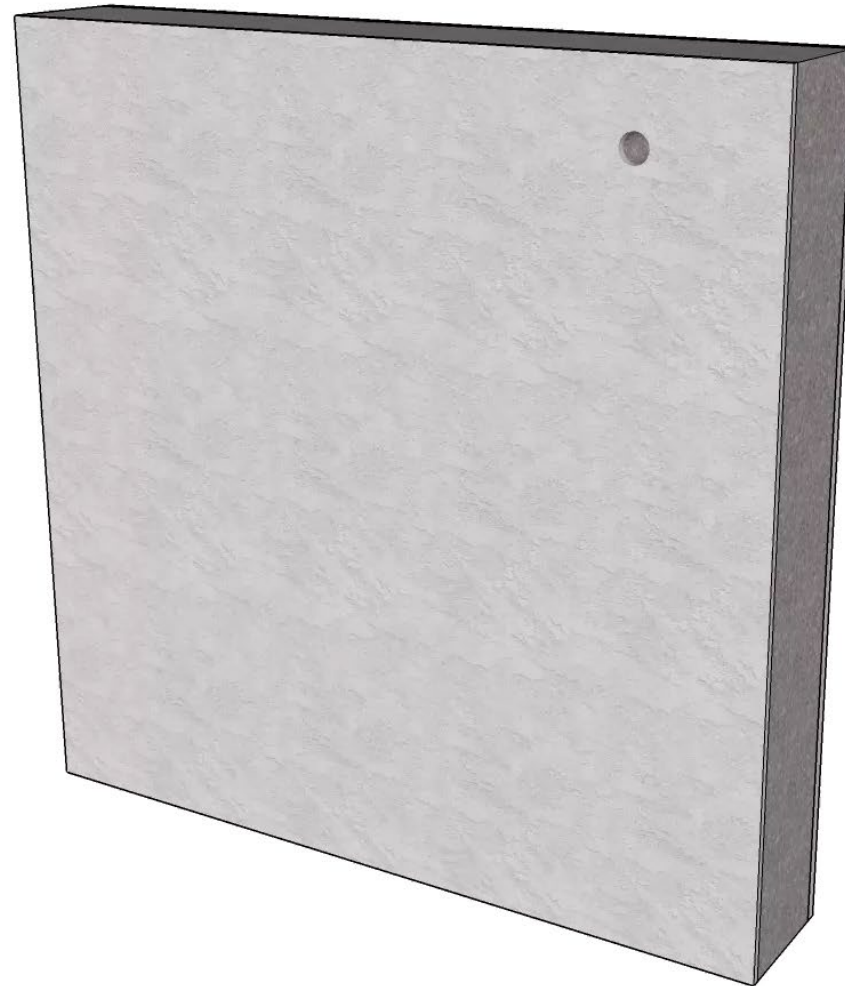
Keine Standardlösung, Forschungsprojekt zur Untersuchung

- Zwischendecken sind nachträglich und im bewohnten Zustand in der Praxis „nicht“ aktivierbar, da (ohne Dreck) nicht zugänglich.
 - Idee: Außenwände im Bestandsgebäude als Wärmeabgabefläche zu nutzen gelingt durch die thermische Aktivierung der Wände. Dadurch kein Eingriff in den Wohnungen.
 - Die Wärme muss in die Wand eingebracht und an den Raum abgegeben werden.
 - Niedriges Temperaturniveau vom Heizungswasser macht die Wärmepumpe effizienter.
- ➔ Keine/Wenig Erfahrung aus der Praxis vorhanden, nur Forschungsprojekte. Deshalb Berechnungen unter anderem mit **dynamischer Gebäude und Anlagensimulation** im Vorfeld um das System beurteilen zu können.

Wärmeübergang vom Heizungswasser zum Raum

Wandaufbau, eine Möglichkeit

1. Wasser zum Rohr
2. Rohr zur Wand
3. Durch die Wand
4. Wand zu Raum

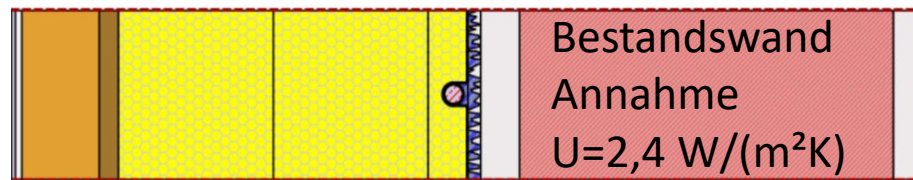


Betonhohlstein gefüllt 290 mm + Kalkzementputz 20-30 mm

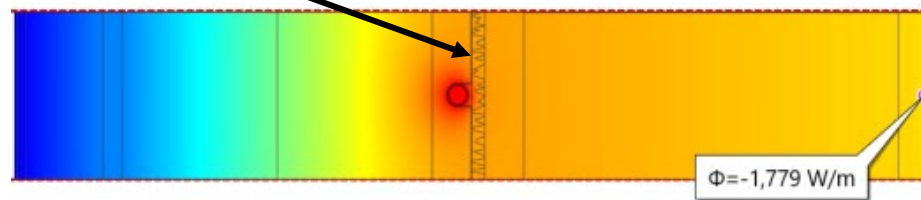
Durchbruch/Kernbohrung Lüftungsrohr

Wärmeübergang vom Heizungswasser zur Wand

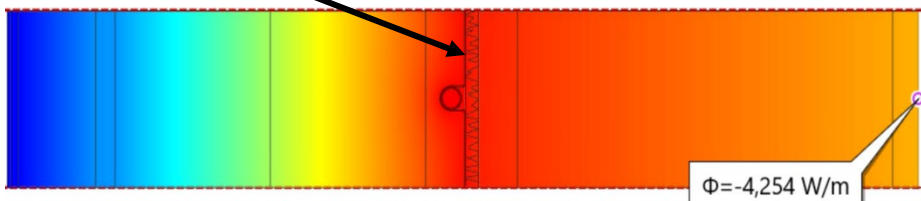
HTC-Wert (Heat transfer coefficient). Berechnungen AEE Intec.



Luftspalt ohne Wärmeleitblech



Wärmeleitblech auf rauhem Putz



- Variante oben: Wärmestrom vom Fluid zur rauhen Wand mit 1 cm Luftspalt **ohne** Wärmeleitbleche. Wärmeabgabe an den Raum: $14,2 \text{ W}/\text{m}^2$ (bei 10 m^2 Wand ca. 120 W)
- Variante unten: Wärmestrom vom Fluid zur rauhen Wand **mit** Wärmeleitblechen. Wärmeabgabe an den Raum: $34,0 \text{ W}/\text{m}^2$ (bei 10 m^2 Wand ca. 340 W)

➔ Wärmeleitbleche verbessern den Übergang wesentlich.
Die Ausführung erfolgt mit Wärmeleitblechen

U-Bestand $2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$; Fluidtemperatur $37,5^\circ\text{C}$; T_i 22°C ; T_a -10°C ;
30cm Überdämmung

Abbildung: AEE Intec

Wärmedurchgang durch die Bestandswand

Hohlblocksteine aus Splittbeton



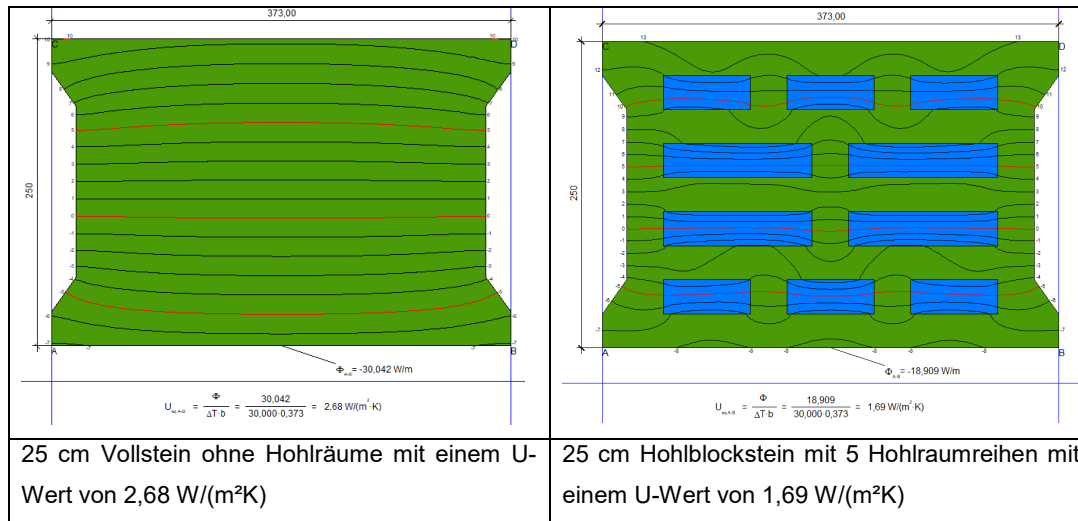
1956 Willi Amann, Maurer bei der Arbeit am Haus St. Antoniusstraße Nr. 20 (Fotosammlung Ursula Gießmann, Bludenz) aus [4]

energytalk | Hatt | Sanierung mit aktivierter Bestandswand

Wärmedurchgang durch die Bestandswand

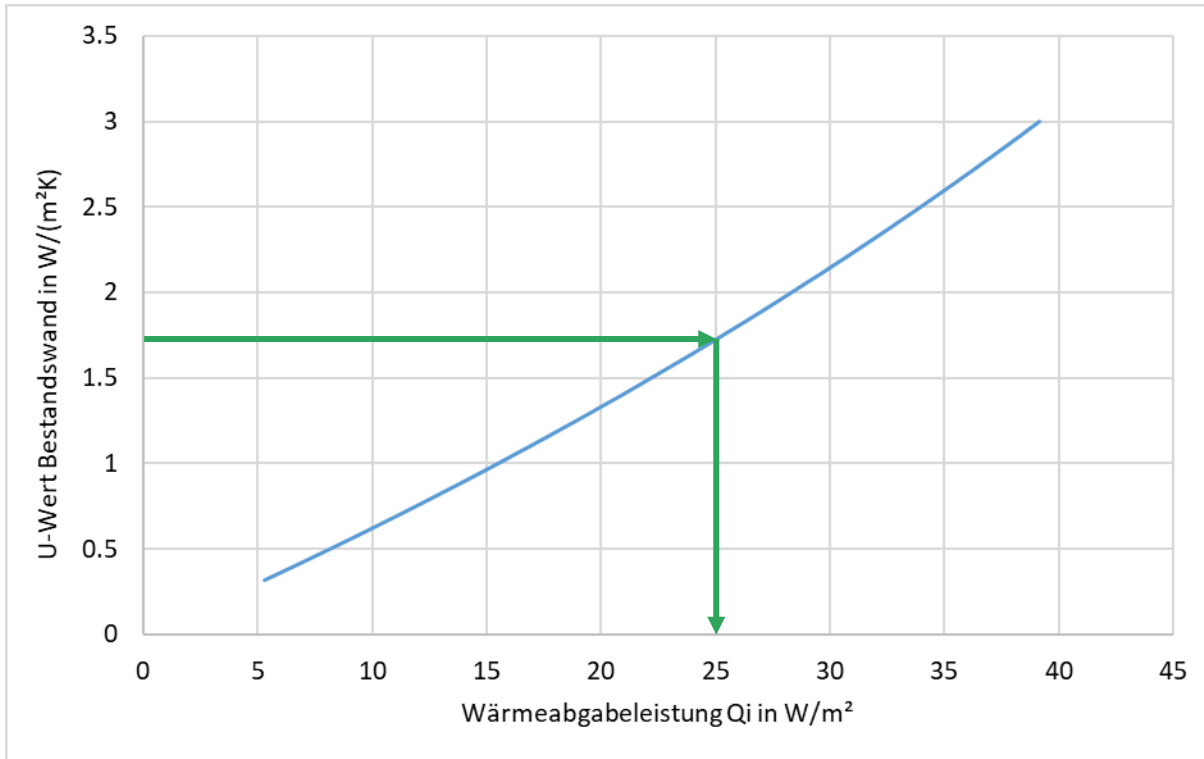
Hohlblocksteine aus Splittbeton

- Dichte Material ca. 2000-2300 kg/m³ ohne Hohlkammern. Lamda ca. 1,35 W/(mK)
- Wärmedurchgang hängt stark von der Form der Hohlkammern ab
- Nach Berechnung und Messung wird von einem **U-Wert von 1,7-1,8 W/(m²K)** ausgegangen.



Wärmedurchgang durch die Bestandswand

Warum ist das wichtig?



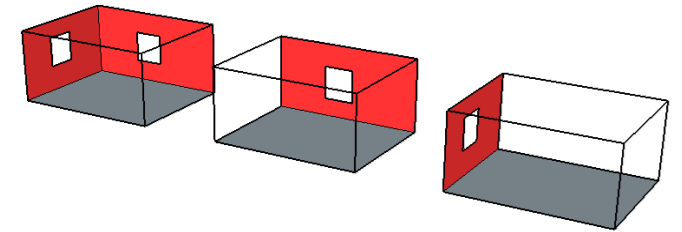
HTC 18,7 $W/(m^2K)$; Fluidtemperatur 37,5°C; T_i 22°C; T_a -10°C; 30cm Überdämmung
Parameterstudie mit IDA ICE

- Der Wärmedurchgang durch die Bestandswand beeinflusst die Wärmeabgabeleistung der Wandtemperierung an den Innenraum
- Sehr gut gedämmte Bestandswände verhindern den Wärmedurchgang, schlechte erleichtern diesen.
- Die Bestandswand somit einen Einfluss z.B. auf die Vorlauftemperaturen
- Auch Einbauschränke oder ähnliches „verbessern“ in der Praxis den U-Wert
- ➔ Bei einem U-Wert von 1,7 $W/(m^2K)$ ist die Wärmeabgabe an der Wand innen ca. 25 W/m^2

Verhältnis Heizfläche zur Raumgröße

Nicht analog zu Fußbodenheizung

- Bei der Fußbodenheizung nimmt die Wärmeabgabefläche (Fußboden) linear zur Raumgröße zu.
- Bei der Wandheizung hängt das Verhältnis Wärmeabgabefläche (Außenwand) zur Raumgröße von verschiedenen Faktoren ab
 - Anzahl Außenwänden (z.B. Eckräume)
 - Raumgeometrie
 - Raumhöhe
 - Fensterflächen
- Bei Zwischengeschoßen meist nicht problematisch, da Heizlast und Außenwandfläche korrelieren. Dachgeschoß und EG sind oft kritischer.



Heizflächen [m ²]:	19,6	11,0	8,6
Heizfläche/ Fußboden	1,0	0,6	0,4
Heizleistung: [W/m ² _{Boden}]	25	15	10

Fußboden 20 m²
Wandheizung 25 W/m²_{Wand}



Möblierung, Spülkästen etc.

Leistungsminderung der Wandheizung



- Außenwand in den Bädern ist von innen stark zusätzlich verbaut
- Spülkasten gefüllt mit kaltem Wasser in Vorsatzschale
- Leitungen in Vorsatzschale
- Badewanne Stirnseite grenzt an Außenwand an
- Küchen teilweise verbaut durch Küchenzeile und Kühlschrank
- ➔ im Modell wird in den Bädern vereinfacht 1 cm EPS Dämmung ($0,035 \text{ W}/(\text{mK})$) innen vollflächig angesetzt

Baustellenbilder

Bauteilaktivierung Außenwand

Belegung mit System CEPA mit 12,5 cm Verlegeabstand und Wärmeleitblechen auf Putz



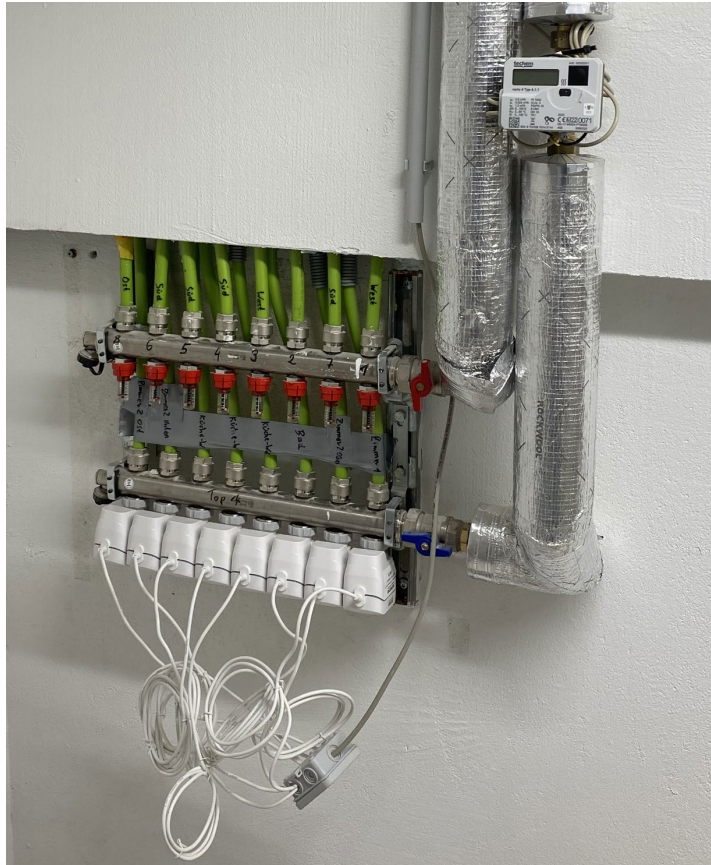
Baustellenbilder

Holzkonstruktion und Dämmung



Baustellenbilder

Heizkreisverteiler Wandheizung

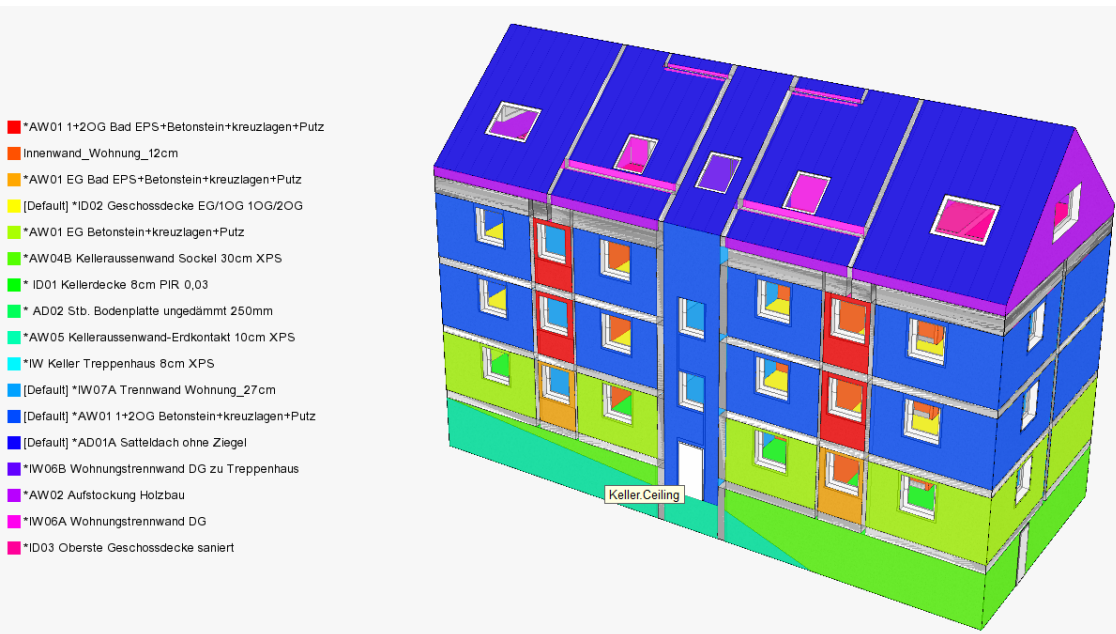


- Jeder Raum hat einen eigenen Heizkreis und Einzelraumregelung. Der Durchfluss wird pro Kreis mit hydraulischem Abgleich getrennt eingestellt.

Modelle für Gebäude- und Anlagensimulation

Sankt-Antonius Straße 12a

- Dynamische Gebäude und Anlagensimulation mit den vorher bestimmten Randbedingungen zu Verlegung, Wärmeleitblechen, U-Werten und Dämmniveau



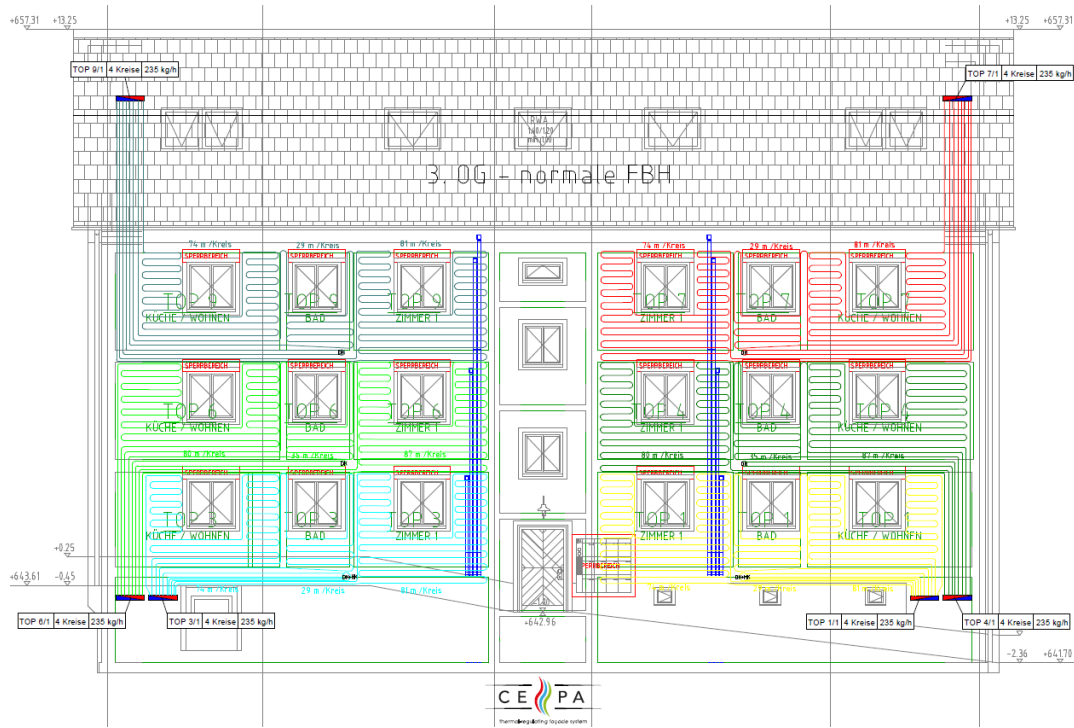
- 3D (BIM) Modell vom Gebäude 12a (großes Gebäude) als Grundlage, Stand Werkplanung 30.3.2023
- Jede Wohnung raumweise zониert (1 Zone = 1 Raum)
- Gebäude und Anlagensimulation in IDA ICE (V5)
 - Gebäude wird detailliert abgebildet
 - Anlage, mit Fokus auf das Wärmeabgabesystem wird auch detailliert abgebildet

Wandbelegung des Gebäudes

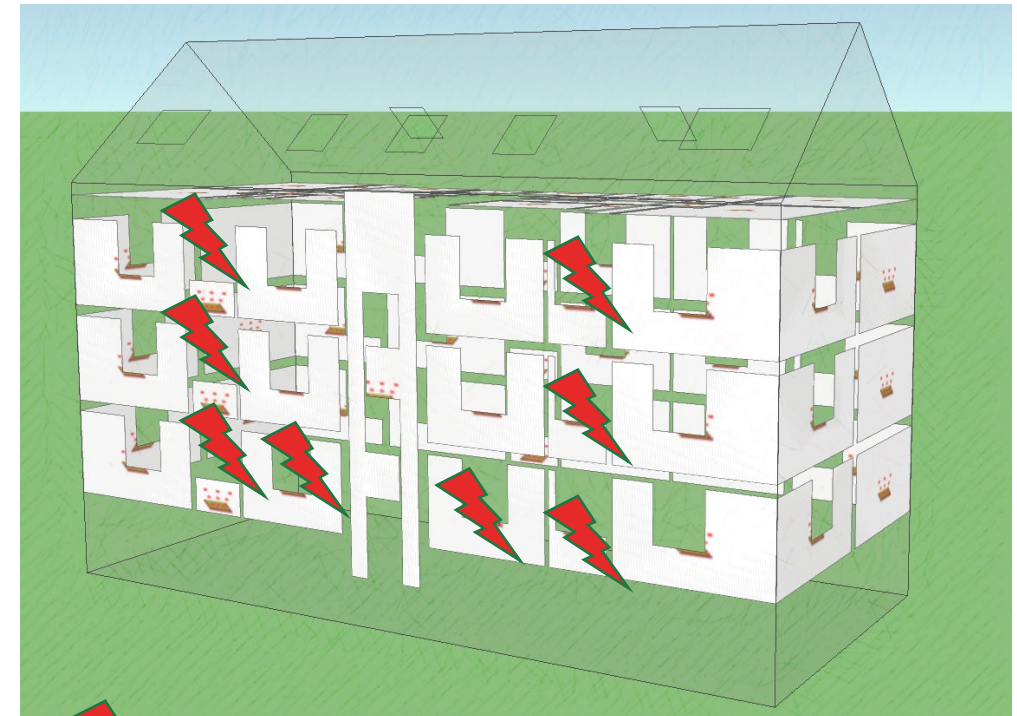
Heizschlangen + Zusatzheizelemente

- In den Bädern und im EG in zwei Zimmern sind Zusatzheizelemente vorgesehen

Plan (CEPA)



Modell (EIV)



Zusatzheizung 300W

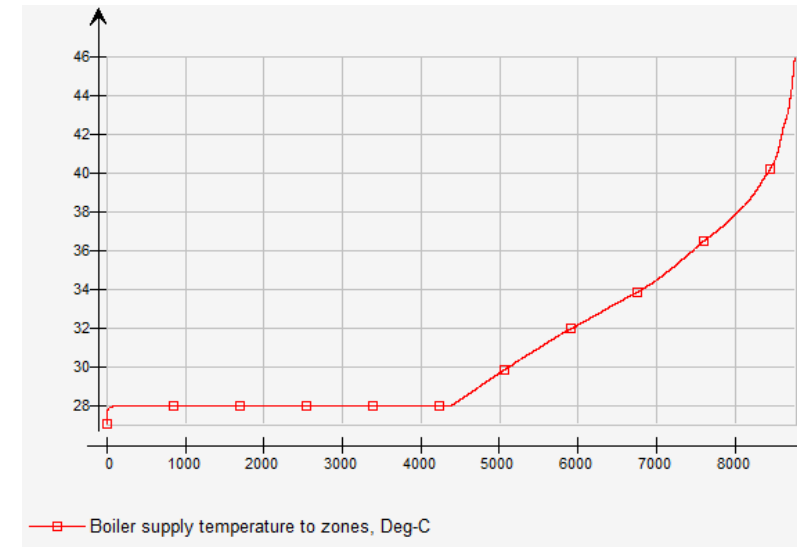


Energieinstitut Vorarlberg

Temperaturen und Zusatzheizelemente

In fast allen Räumen ist die Wandheizung alleiniges Heizelement

- Raumtemperatur soll 22,5°C; Bäder während Nutzung 24°C
- Vorlauftemperatur nach Außenlufttemperatur geregelt.
- Im Mittel ca. 32-33°C im Winter (46°C bei -10°C, 28°C bei +10°C)
- Vorlauftemperatur hängt zudem von der Regelung, der zulässigen Trägheit des Systems und des akzeptierten Komfortbereich ab.
- In den Bädern und im EG in zwei Zimmern sind Infrarotpaneele als Zusatzheizelemente vorgesehen. In den Bädern mit Taster und Zeitschaltuhr auf 15-20 Minuten begrenzt.

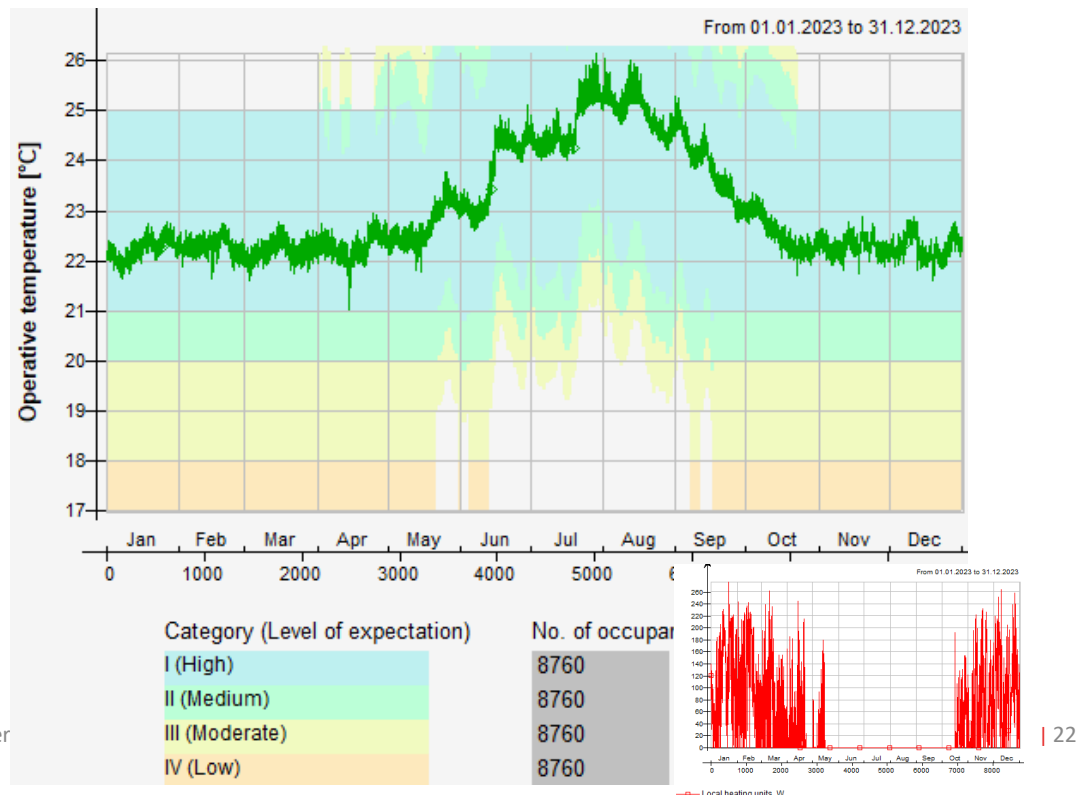


Ergebnisse Wandheizung

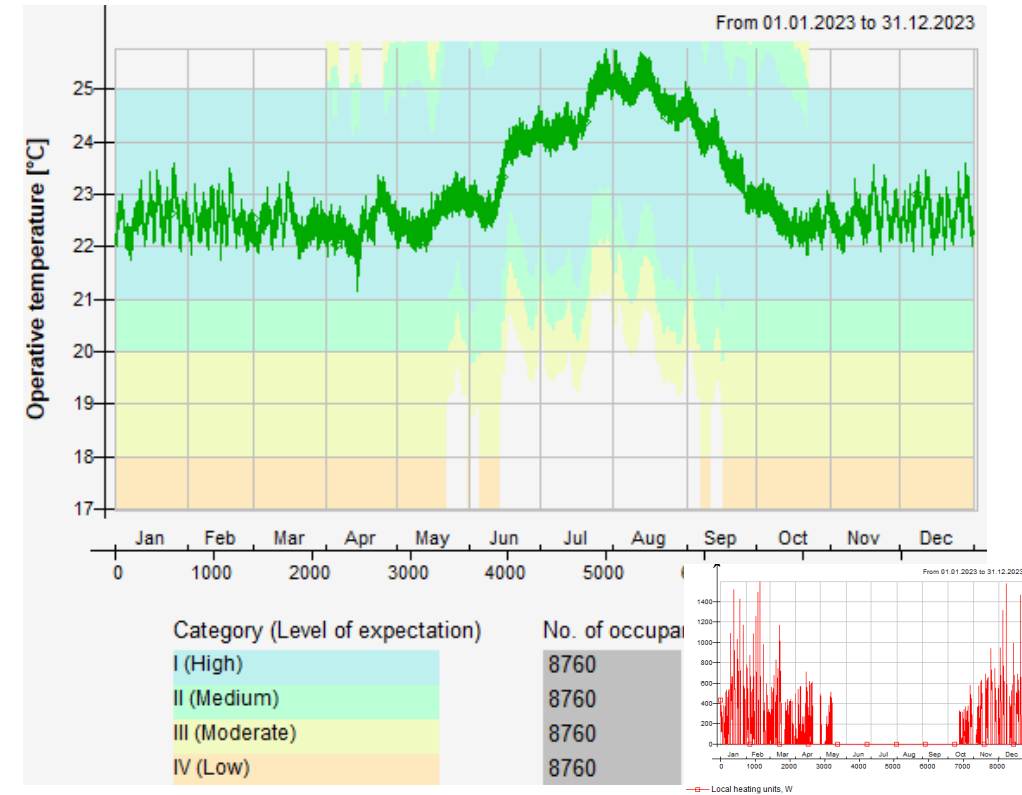
Temperaturen

- Durch die Einzelraumregelung pendeln sich die Temperaturen zwischen 21,5 und 22,5°C ein, wobei vor allem in den Südräumen ein leichtes Überschwingen bis über 23°C zu erkennen ist
- Die Temperaturen sind nicht so konstant wie bei einem sehr flinken Heizsystem (Heizkörper)

Top 6, 10G Zimmer 1, Nordost



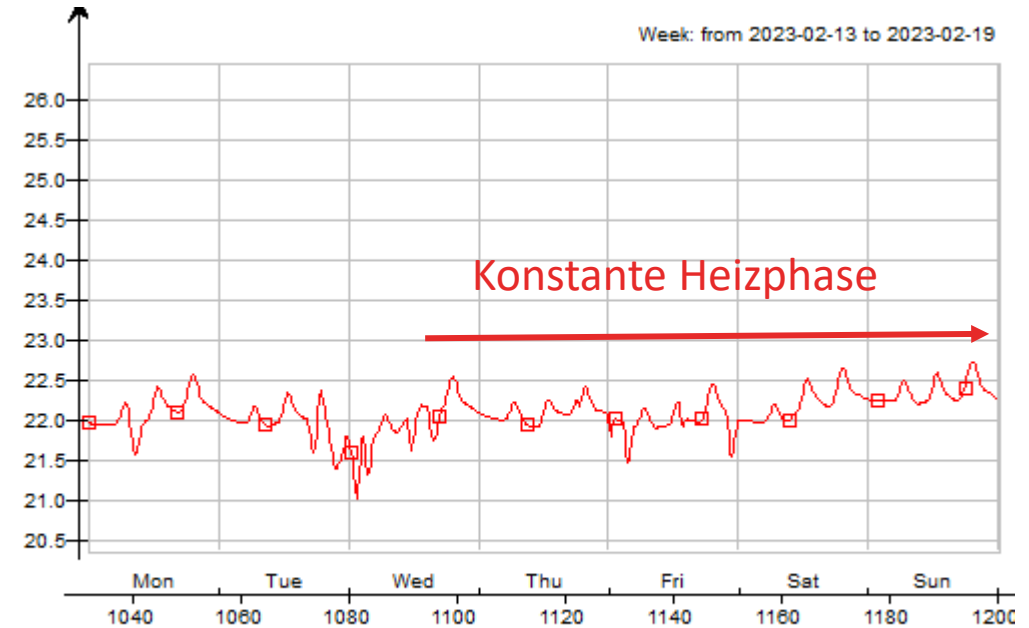
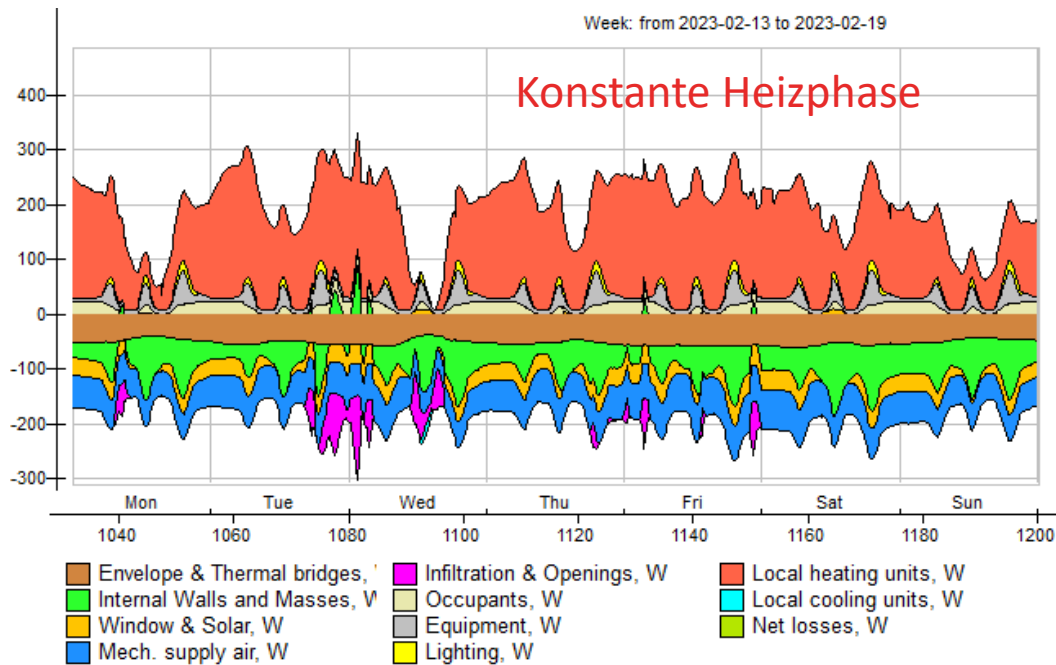
Top 3, EG Küche Südost



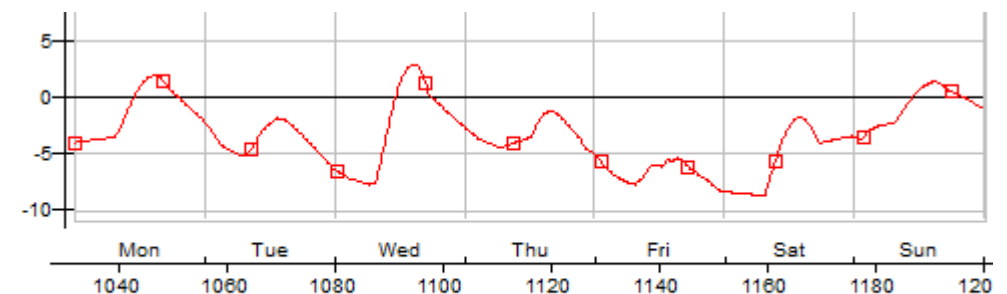
Ergebnisse Wandheizung

Temperaturen kalte Winterwoche Top 6, 10G Zimmer 1, Nordost

- In kalter Winterwoche konstanter Betrieb der Wandheizung
- Heizkurve (VL) „passt“ für Raumtemperatur von 22°C



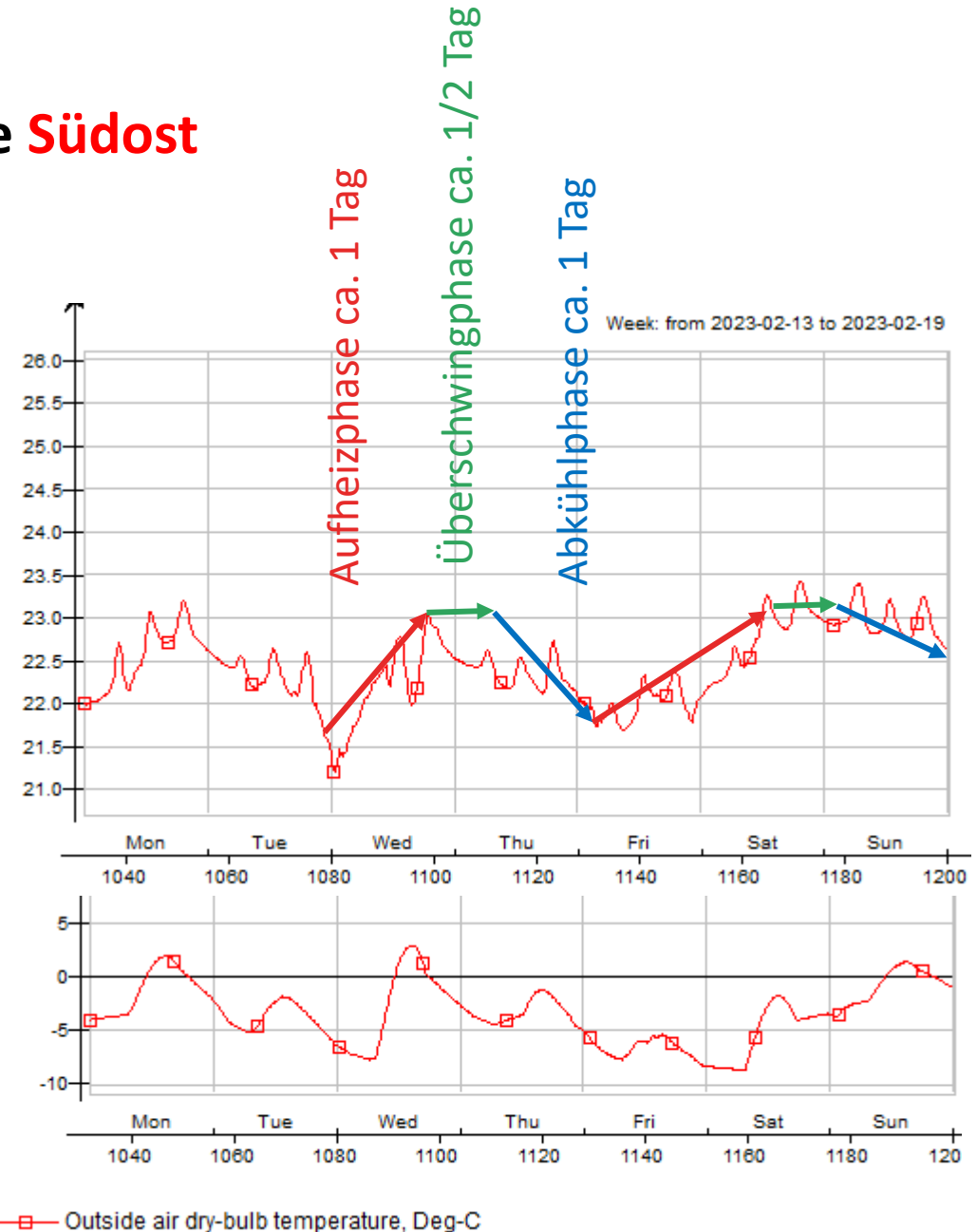
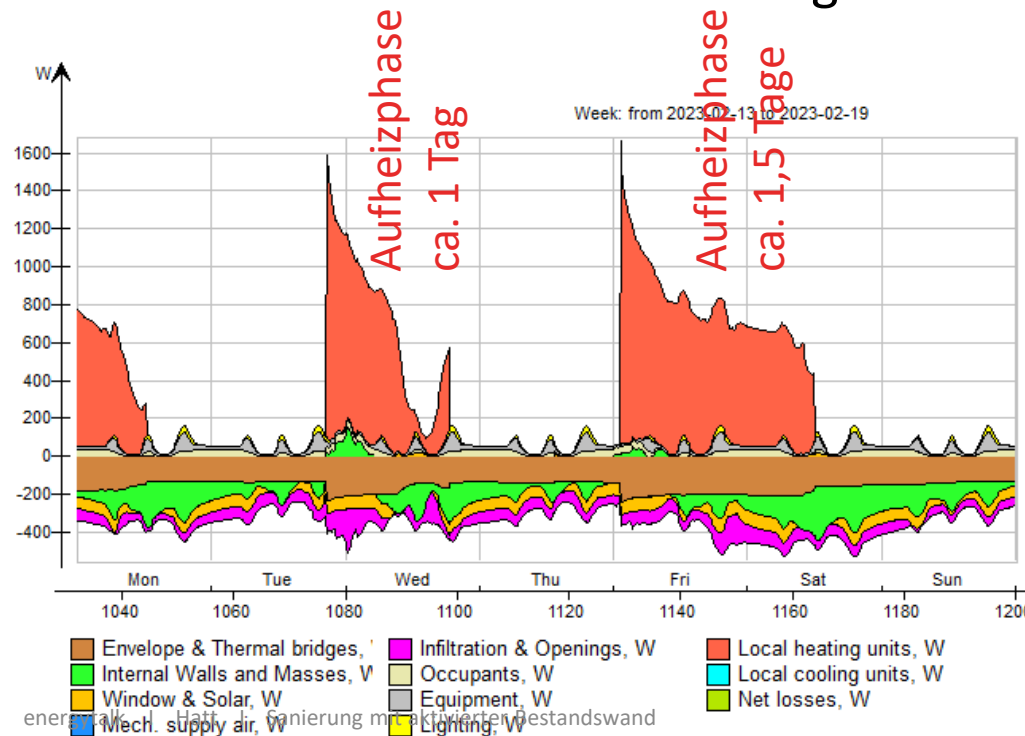
—□— Mean air temperature, degC



Ergebnisse Wandheizung

Temperaturen kalte Winterwoche Top 3, EG Küche Südost

- Einzelraumregelung, Trägheit des Systems
- Keine schnelle Reaktion auf Nutzeränderungen möglich
- Zeitkonstanten von über einem Tag



Niedertemperaturheizkörper

Beispielhaft im Dachgeschoß



Gegenüberstellung Wandheizung/Heizkörper

Energiebedarfe

In kWh/(m ² _{EBF} a)	Aktivierung Bestandswand (Einzelraumregelung) + IR Paneele	Niedertemperatur Heizkörper (PI Regelung)
Nutzenergie Raumheizung	39,0 (34,5 ohne IR)	37,1
Verteil- und Speicherverluste	7,3	6,3
Strom Wärmepumpe	13,3	13,3
Strom IR Paneele	4,5	0,0
Strom Pumpen	1,5	1,0
Summe Strom Heizung	19,3	14,3

^[1] Bei 22,5° Raumtemperatur, IWQ und Personenanzahl eigene Ermittlung,

^[2] ohne zusätzliche Verluste der Wandheizung nach außen, diese sind im Strom WP mit Berücksichtigt

- Wandheizungsvariante mit Infrarotpaneelen hat rechnerisch 34% höheren Strombedarf gegenüber der Heizkörpervariante, aber immer noch **sehr niedrigen Bedarf** im Vergl. zu unsaniert.
- Angebotskosten* Wandheizung 163 €/m²_{WNF}; Niedertemperaturheizkörper 133 €/m²_{WNF}
- Im kleinen Gebäude wurde zum Vergleich die Lösung mit Heizkörpern umgesetzt.

*inkl. Verteilung; bei Wandheizung inkl. FBH DG, inkl. Infrarotpaneele ohne bauliche Mehrkosten Dämmung o.ä.

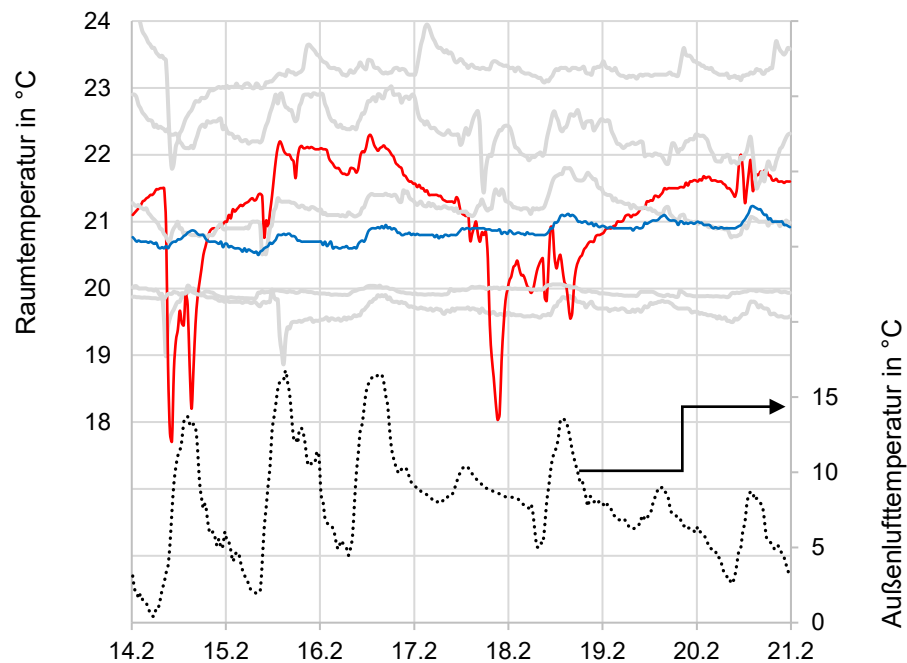
Gegenüberstellung Wandheizung/Heizkörper

Zu Kosten kann noch keine abschließende Aussage gemacht werden

Wandheizung	Niedertemperaturheizkörper
<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Kein Eingriff in den Wohnungen (bewohnt)- Kühlung möglich (mit Einzelraumregler)- Einspeichern von Überschussstrom mit WP- Mit vorgefertigter Fassade schneller Bauablauf- Kein Platzbedarf in den Wohnungen	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Einfaches, bewährtes System in der Bauausführung- Einzelraumregelung, damit individuell anpassbar- Robust gegenüber Änderungen in äußeren Einflüssen, z.B. Heizkurve erhöhen ohne dass andere Räume unnötig warm werden- Geringere Investitionskosten (laut Angeboten)
<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Schlechtere Regelbarkeit durch Trägheit (auch bei Einzelraumregler)- Höherer Strombedarf (in der Berechnung)- Bauliche Umsetzung komplex, da noch kein Standardprodukt- Großflächige Möblierung von Außenwänden eingeschränkt	<p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none">- Eingriff in den Wohnungen nötig- Kühlung nicht signifikant möglich (kleine Fläche)- Nutzerakzeptanz durch „kalte“ Oberflächentemperaturen vermutlich niedriger als bei Standardheizkörpern- Platzbedarf in den Wohnungen

Erste Monitoringergebnisse

Raumtemperaturen Wohnen 14-21 Februar 2024



- Regelung seit Mitte Februar 2024 aktiv.
- Räume zwischen 19-24°C (in grau), bei Lüften auch kälter. Die Raumthermostateinstellung (Solltemperatur) ist hierbei aber nicht bekannt.
- Südraum mit Einzelraumregelung(in rot), welcher die Regelcharakteristik mit der hohen Trägheit des Systems aus der Simulation qualitativ bestätigt.*
- Nordraum (in blau) bei dem die Regelung konstant „on“ ist.
- Im Vergleich zu den stark schwankenden Temperaturen vor der Sanierung sind die gemessenen Temperaturen nach der Sanierung deutlich uniformer.

*Die Ausschläge nach unten (18°C) sind durch Fensterlüftung bedingt und unabhängig vom Wärmeabgabesystem.

Fazit

Bauteilaktivierung in der Sanierung mittels Wandheizung

- Hauptvorteil der Wandheizung im Projekt SüdSan ist, dass in den bewohnten Wohnungen **weniger Eingriff** stattfindet als mit Heizkörpern. Somit ist der Bauablauf wesentlich einfacher zu koordinieren.
- Die Umsetzung auf der Baustelle war **erfolgreich**, aber durch den Prototypcharakter aufwändiger als gedacht.
- Wenn es gelingen würde, das System in vorgefertigte Fassadenelemente zu integrieren, wäre der Aufwand auf der Baustelle stark reduziert und das System hätte einen starken Wettbewerbsvorteil.
- **Im Vorfeld** Team zusammenstellen aus Planer, Systemhersteller, Installateur, (Lüftungsbauer) Zimmermann/Fassadenbauer. Schnittstellen und Verantwortlichkeiten klären, da noch kein Standardprodukt.
- Solange es noch keine ausreichende Praxiserfahrung gibt, würden wir empfehlen solche Systeme zu simulieren.
- Im Vorfeld **Analyse der Bestandswand** durchführen, da U-Wert hohen Einfluss auf die Wirksamkeit und Effizienz hat.
- Ergebnisse zu Nutzerzufriedenheit, Energieeffizienz und abgerechneten Kosten (Investitionskosten) gibt es 2024.

A close-up photograph of a hand holding a pen, writing on a document. The document features the logo of the Energieinstitut Vorarlberg, which consists of a green circle with a red center. The text 'Energieinstitut Vorarlberg' is printed on the document. The background is blurred, showing a desk and a computer monitor.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Bleiben Sie mit uns in Verbindung:
www.energieinstitut.at