

HEAT4ALL

21.05.2019

Simulation-Based Analysis of Residential Heating Systems

GOAL & SCOPE

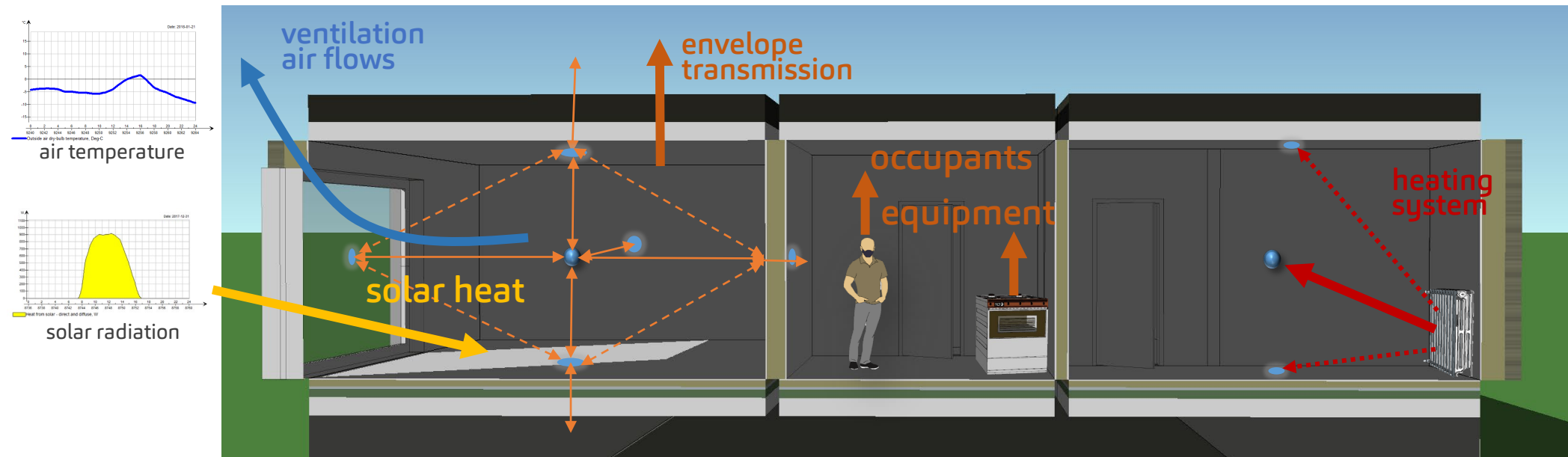


- Simulation-Based Analysis of Residential Heating Systems
 - compare HEAT4ALL-infrared heater to 3 water based residential heating systems
 - fancoil (district-heating)
 - radiator (district-heating)
 - floor heating (heat pump)
 - 2 parts:
 - energy analysis → thermal building simulation
 - economic analysis → economic comparison calculation

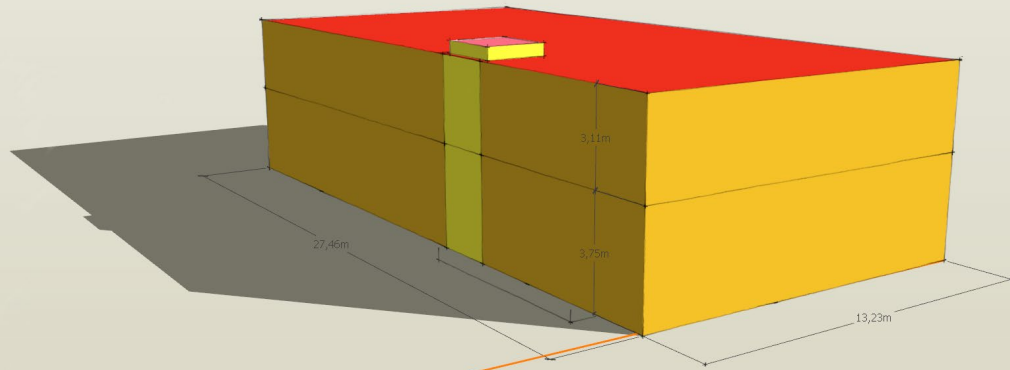
THERMAL BUILDING SIMULATION

THERMAL BUILDING SIMULATION

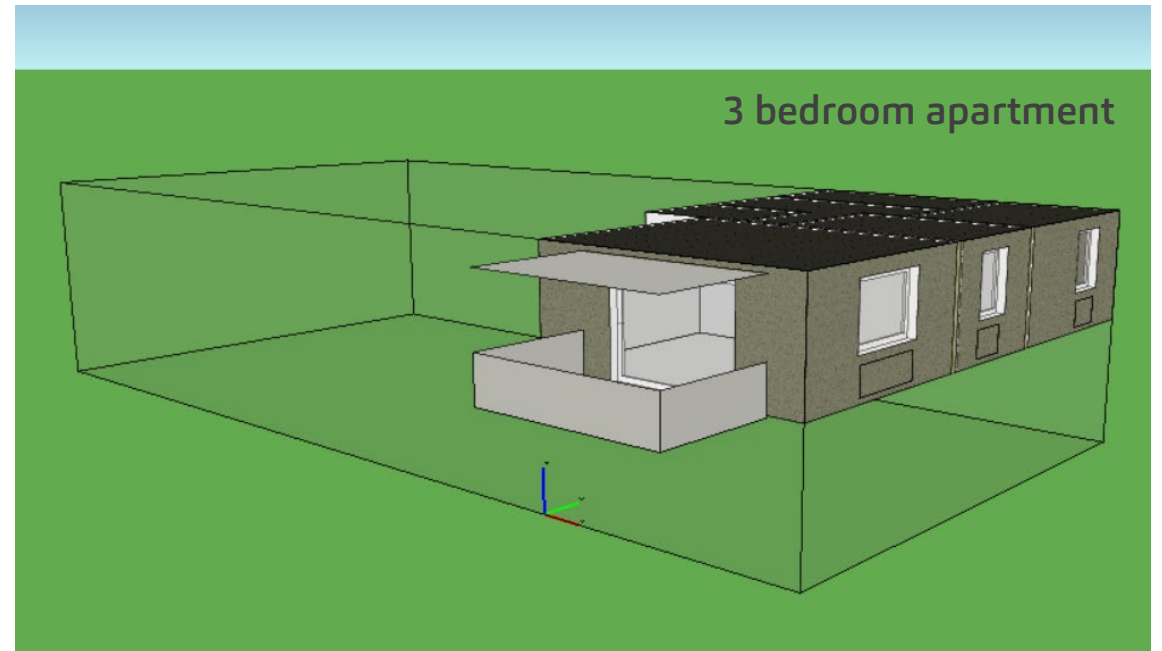
- simulate energy flows in buildings
 - building & systems: heating system, construction, geometry, orientation, windows, shading,.....
 - climate: solar radiation, air temperature, wind,...
 - usage & controlling: setpoints, schedules, controlling schemes,...



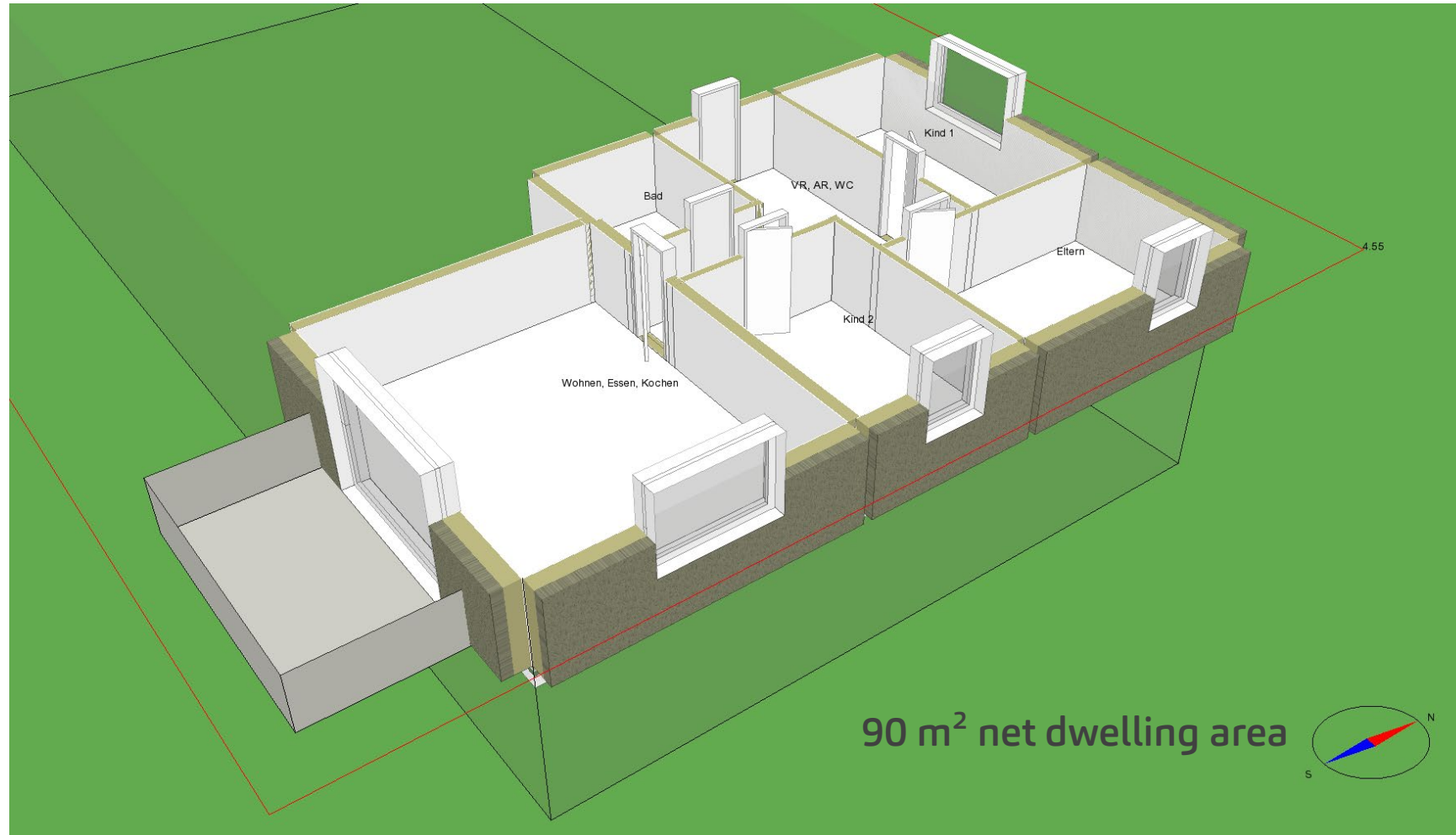
REFERENCE BUILDING



6 unit apartment building



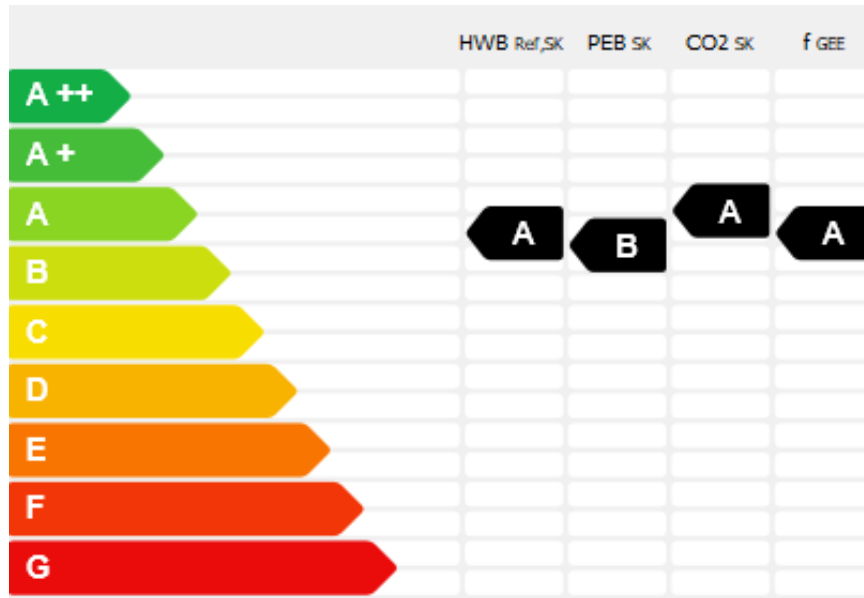
FLOOR PLAN



BUILDING ENERGY EFFICIENCY STANDARD



- OIB-RL-6/2015



HWB Ref

21,17 kWh/m²a < 41,92 kWh/m²a **erfüllt**

HWB

21,17 kWh/m²a

HEB

35,80 kWh/m²a < 29,23 kWh/m²a ohne Anforderungen
Nachweis über den fGEE

EEB

43,28 kWh/m²a < 45,65 kWh/m²a ohne Anforderungen
Nachweis über den fGEE

f GEE

0,850 < 0,85 **erfüllt**

erneuerbarer Anteil

Nutzung erneuerbarer Quellen **erfüllt ...**

CONSTRUCTION



Glass construction [Default] 3-fach Ug=0,6

Shading coefficients

Absolute value Single pane reference Double pane reference

g, Solar Heat Gain Coef (SHGC)

T, Solar transmittance

Tvis, Visible transmittance

Description

Glazing U-value W/(m2*K)

Internal emissivity 0-1

External emissivity 0-1

Roof Flachdach STB

Description

U-value W/(m2*K)

Thickness m

Layers

Floor top/Wall inside

- EPS-W20, 0.3 m
- Stahlbeton 2%, 0.2 m

Floor bottom/Wall outside

External wall AW HLZ+EPS1

Description

U-value W/(m2*K)

Thickness m

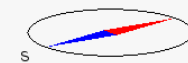
Layers

Floor top/Wall inside

- Innenputz, 0.015 m
- HLZ 25 poro, 0.25 m
- EPS-F_grau, 0.18 m

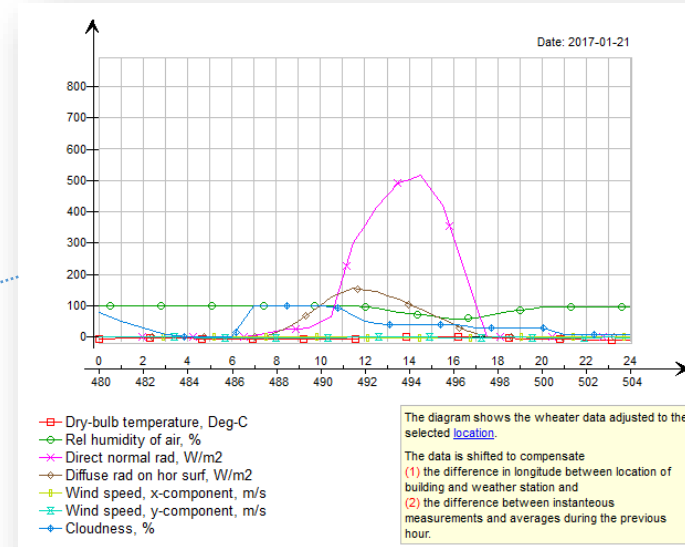
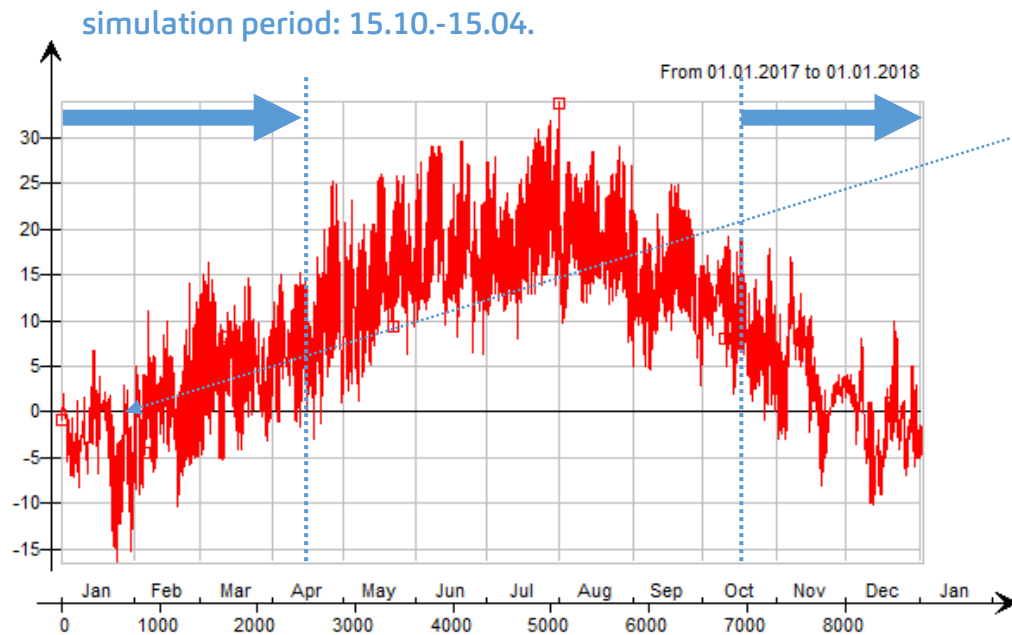
Floor bottom/Wall outside

- [Default] AW HLZ+EPS1
- [Default] Zwischendecke STB1
- [Default] Flachdach STB
- TW HLZ 20
- [Default] IW HLZ 12

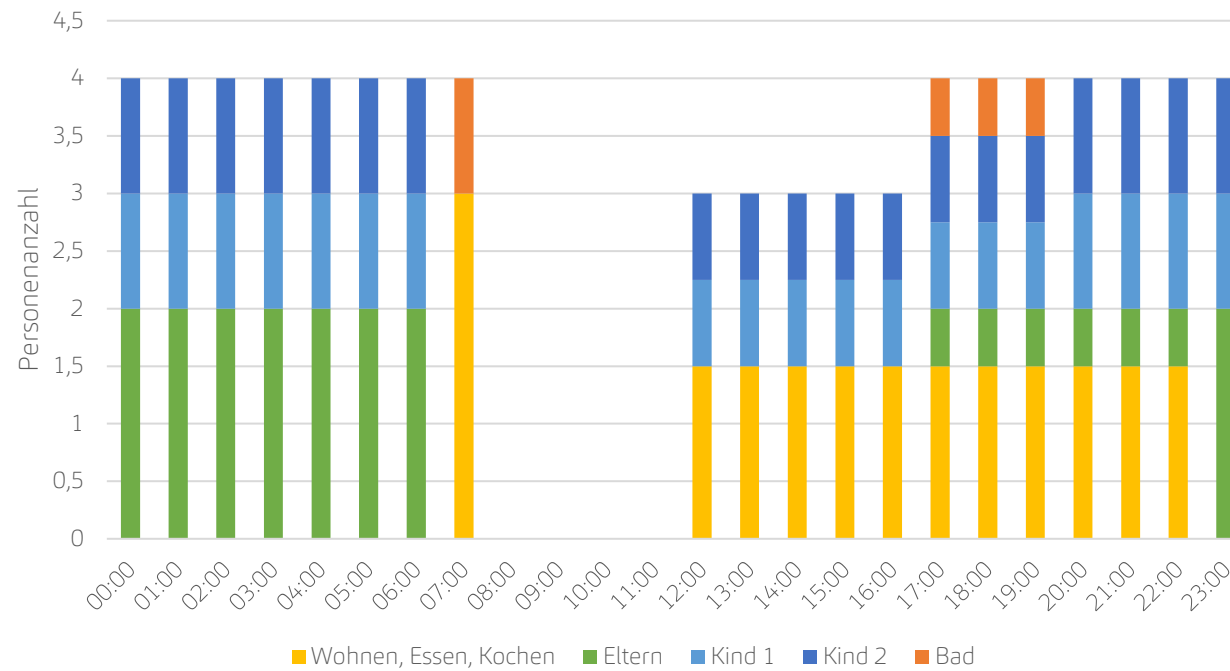


CLIMATE DATA

- location: Klagenfurt (AT)

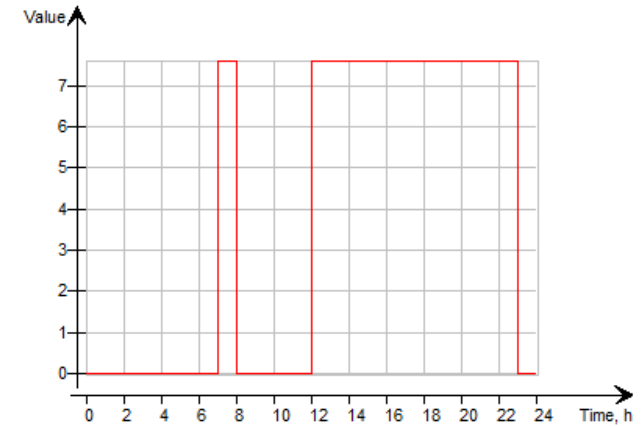
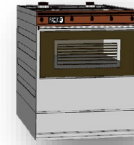


OCCUPANCY SCHEDULE



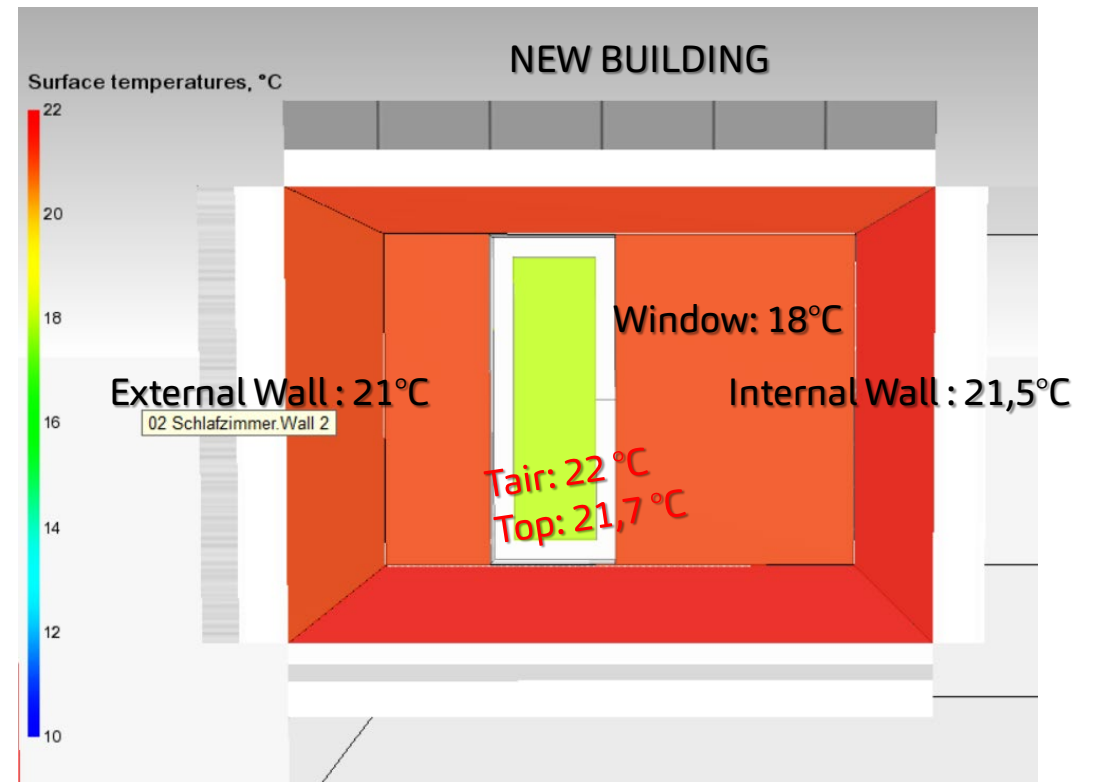
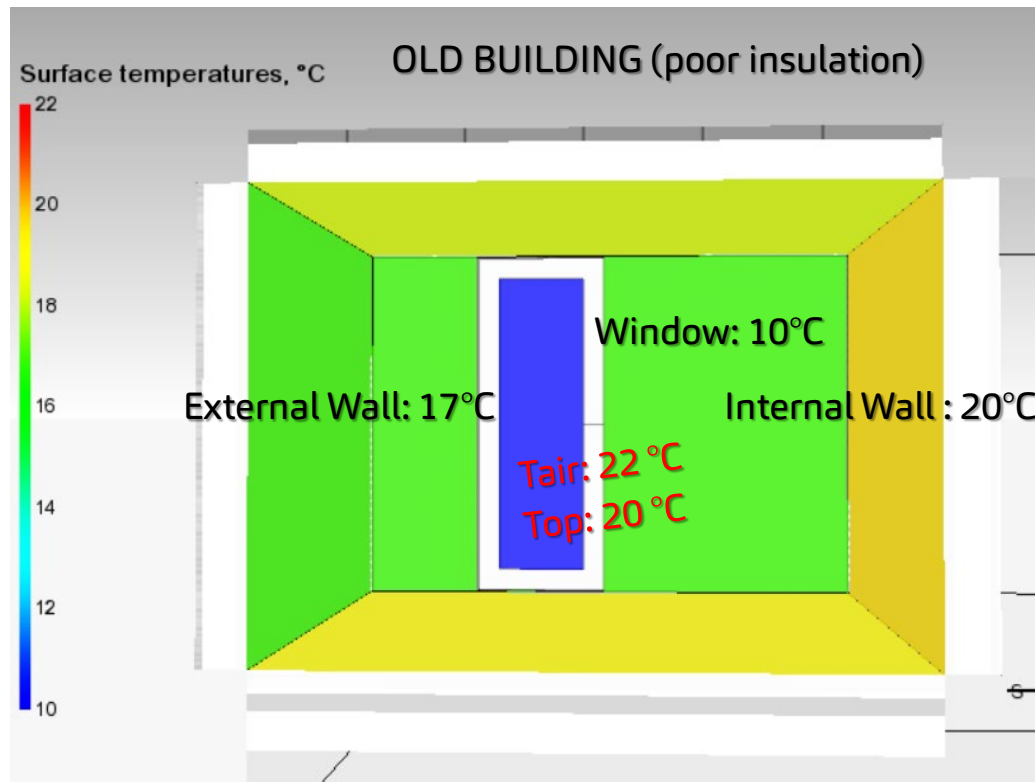
INTERNAL HEAT GAINS

- equipment & lighting
 - spec. heat rate acc.to ÖN B 8110-5:
 - $3,75 \text{ W/m}^2$
 - assumptions:
 - uniformly distributed during occupancy-hours
 - uniformly distributed throughout rooms
 - utilization factor 75 %
- occupants
 - heat emission calculated as a function of:
 - activity (1.0 MET),
 - clothing ($0,75 \pm 0,25 \text{ CLO}$)
 - room temperatures

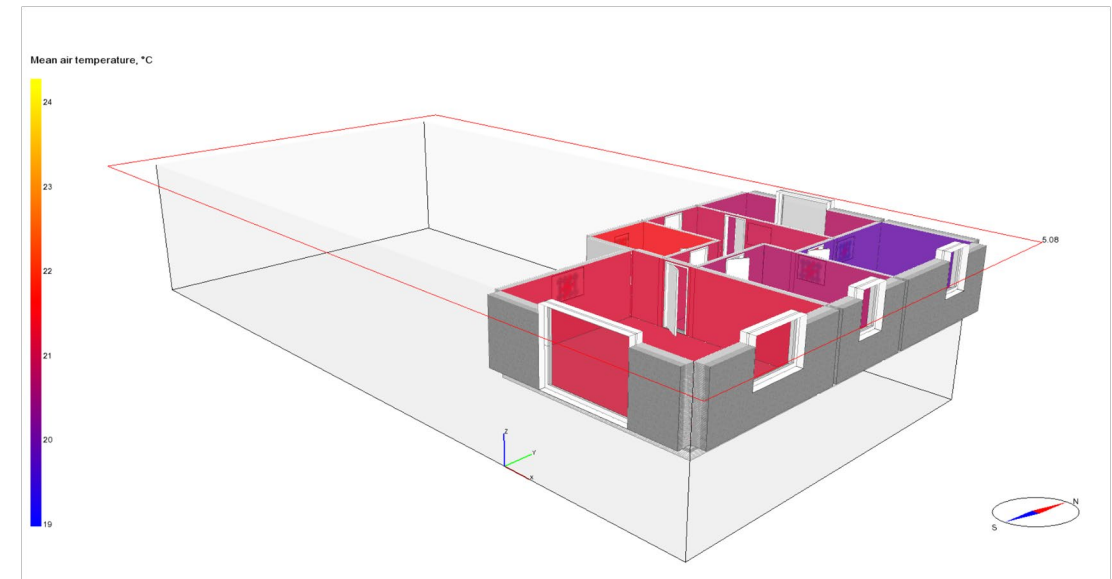
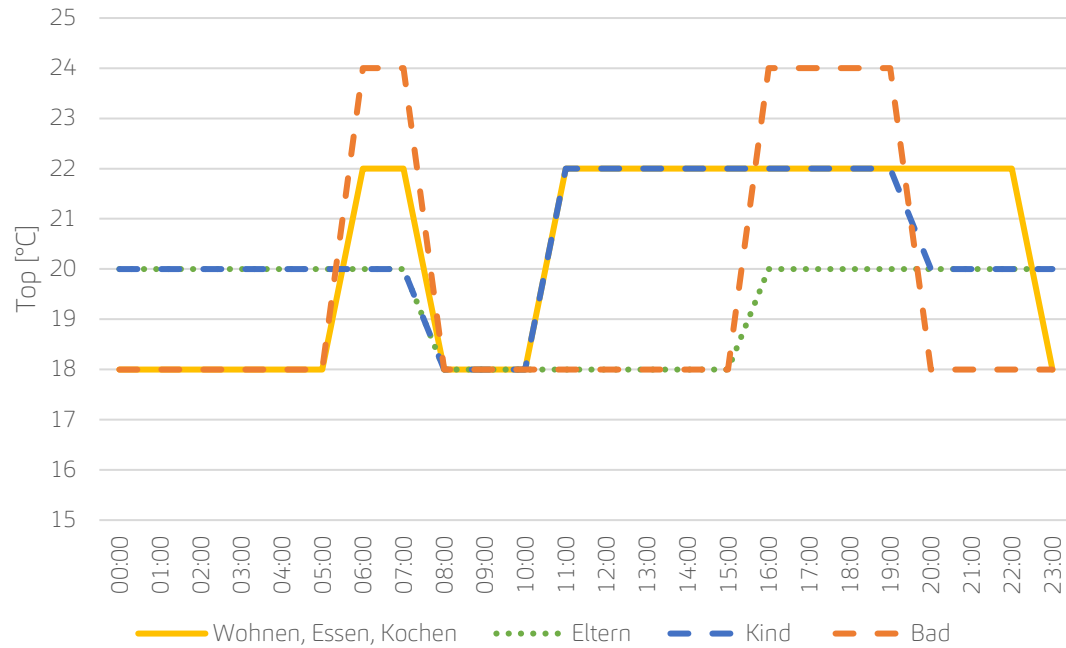


OPERATIVE TEMPERATURE CONTROL

- operative temperature (T_{op}) = average of the mean radiant and ambient air temperatures
- “effective temperature”

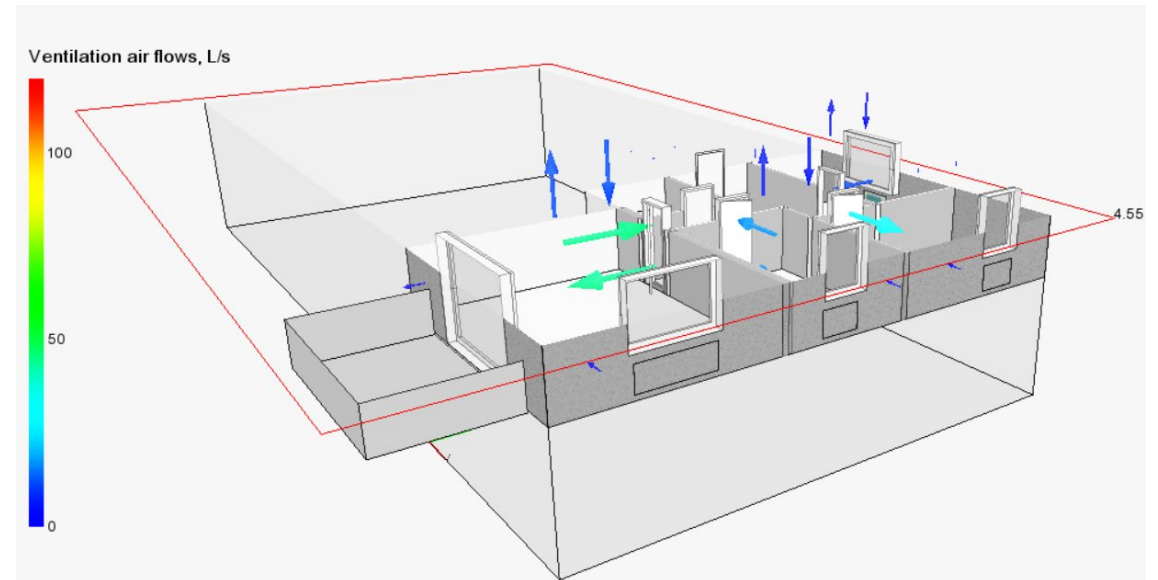


ZONE SETPOINTS



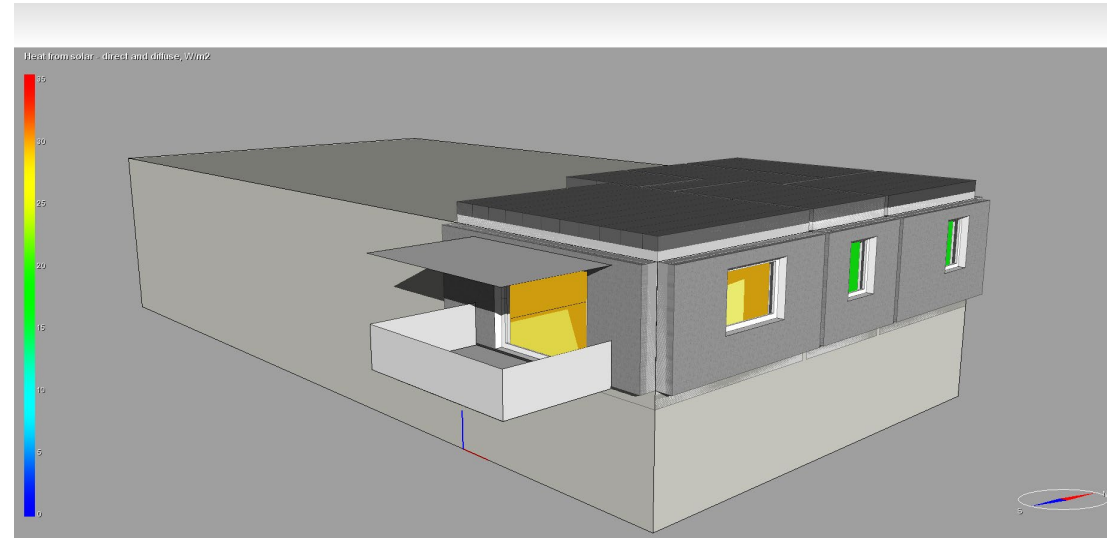
AIR CHANGE

- air change:
 - air change rate: 25 [m³/pers h]
 - supply-air-temperature = outside-air-temperature
 - return-air-temperature = room-air-temperature
- infiltration:
 - pressure-dependent (wind,...)
 - air-tightness:
 - n₅₀=3,00 (OIB min. requirement)

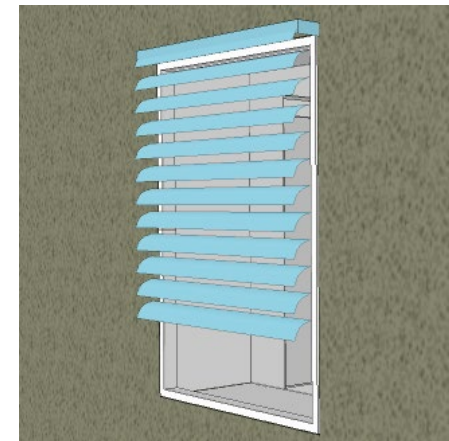


SHADING

- fixed-shading: balcony



- external blinds
 - activated to prevent overheating: $T < 25\text{ °C}$

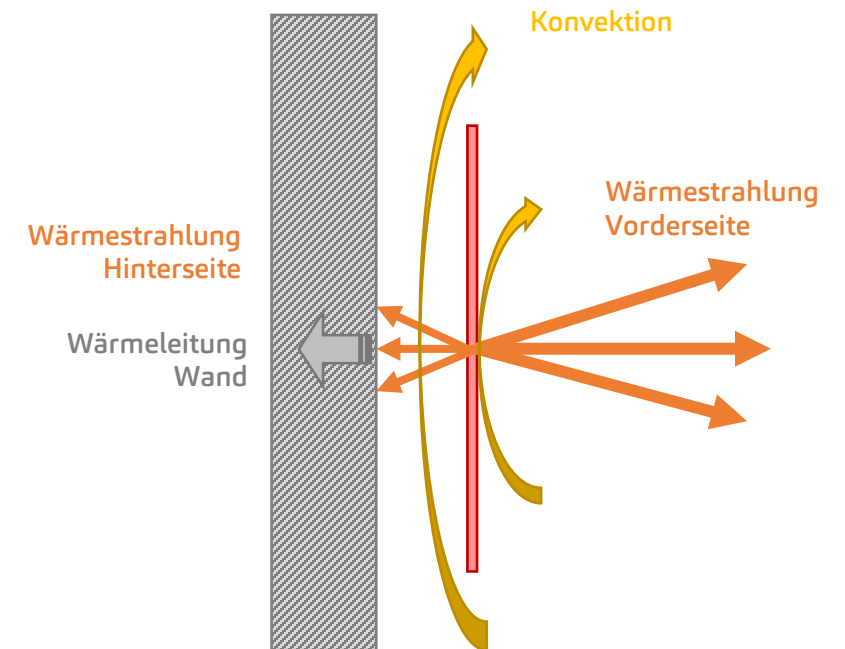


(1) HEAT4ALL – INFRARED HEATING

- calibration of simulation model with actual measurement data

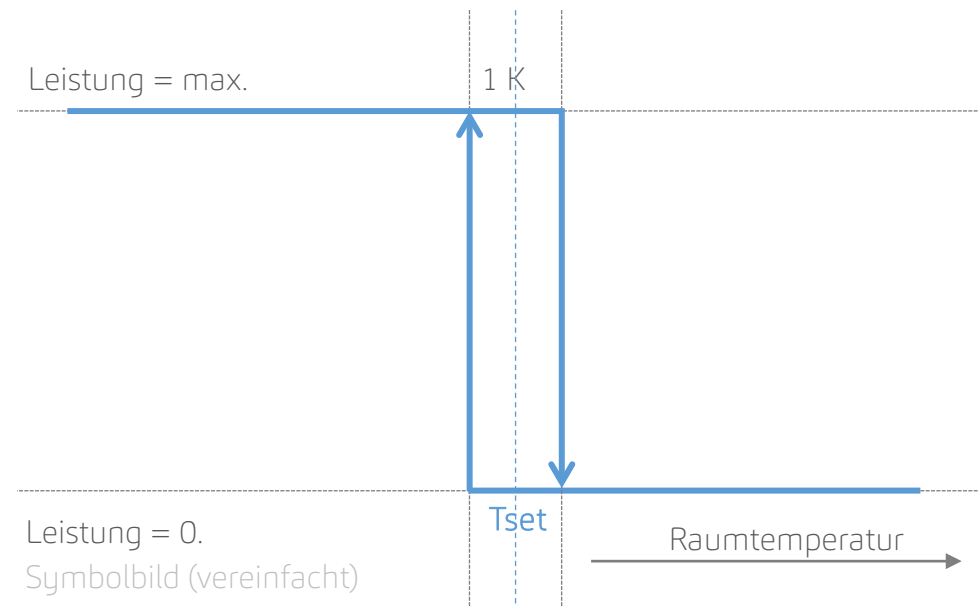


	Wärme- strahlung Vorderseite	Wärme- strahlung Hinterseite	Konvektion
Messung lt. Prüfbericht	55.2%	15.9%	29.0%
Simulation	55.2%	16.1%	28.8%



(1) HEAT4ALL – INFRARED HEATING

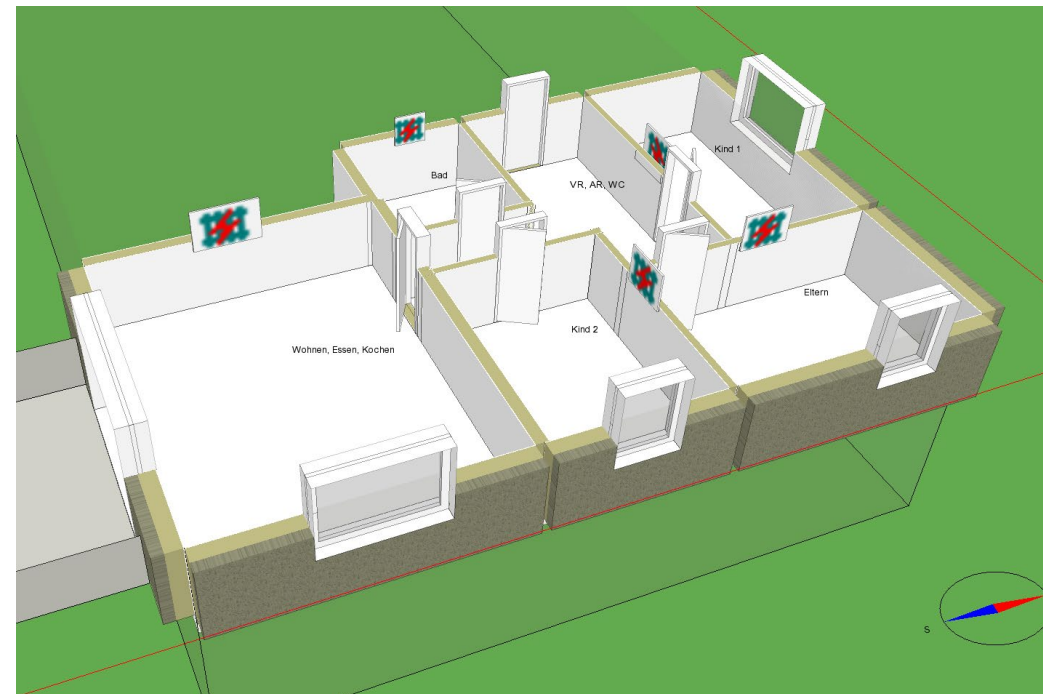
- controller
 - thermostat (on/off)
 - deadband: 1 K



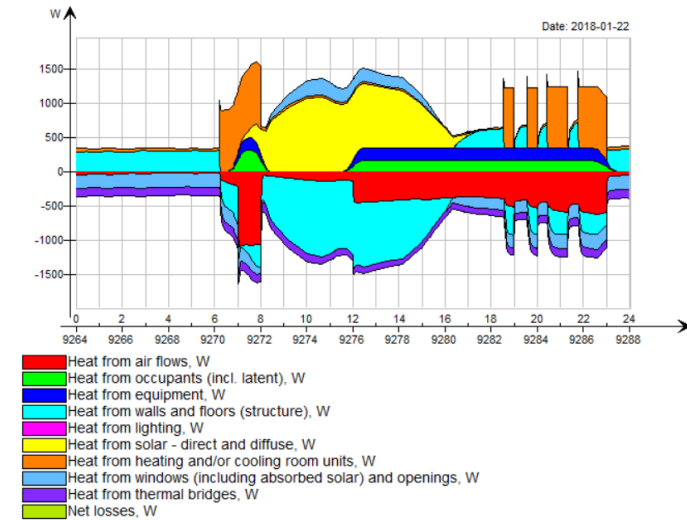
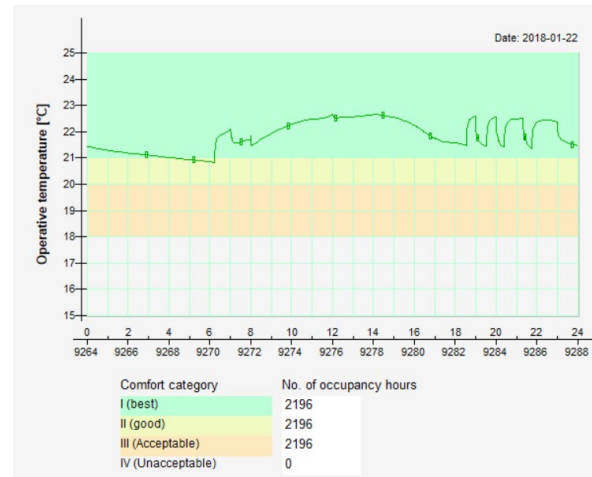
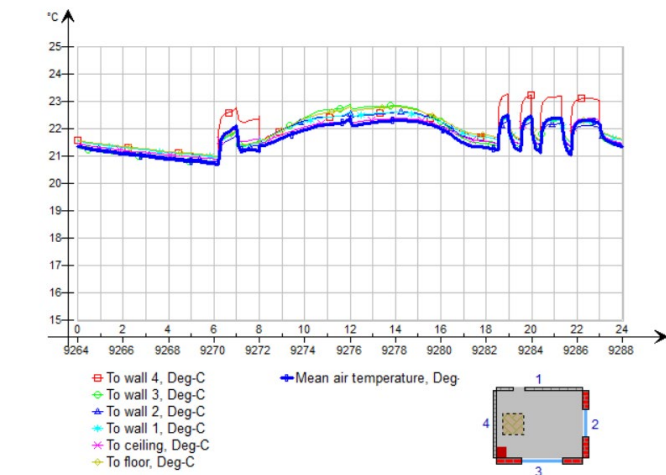
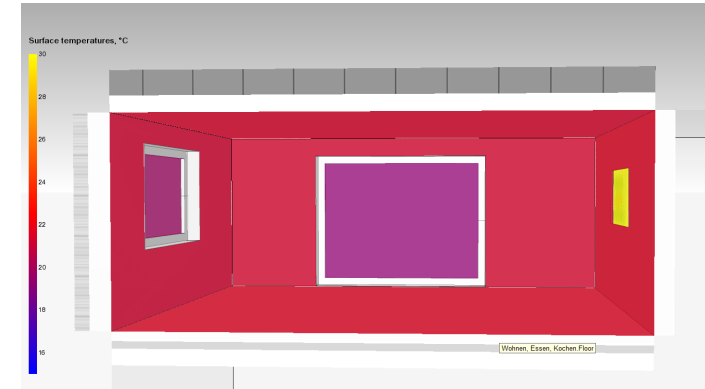
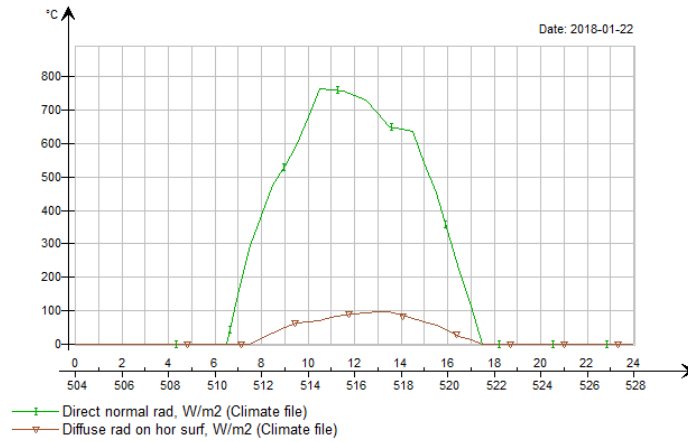
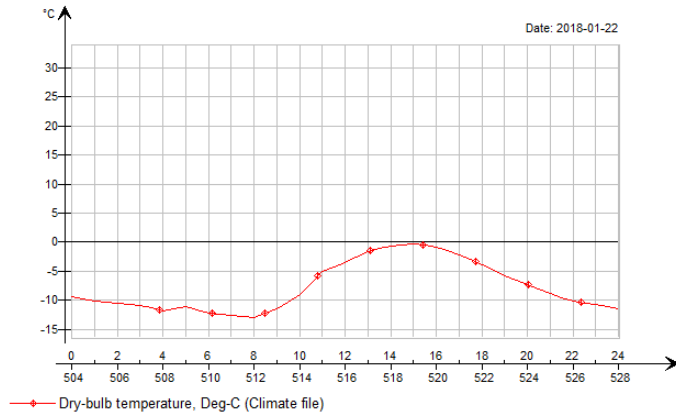
(1) HEAT4ALL – INFRARED HEATING

- design power & positioning of panels

	[W]
Wohnen	1200
Eltern	600
Kind1	600
Kind2	600
Bad	350



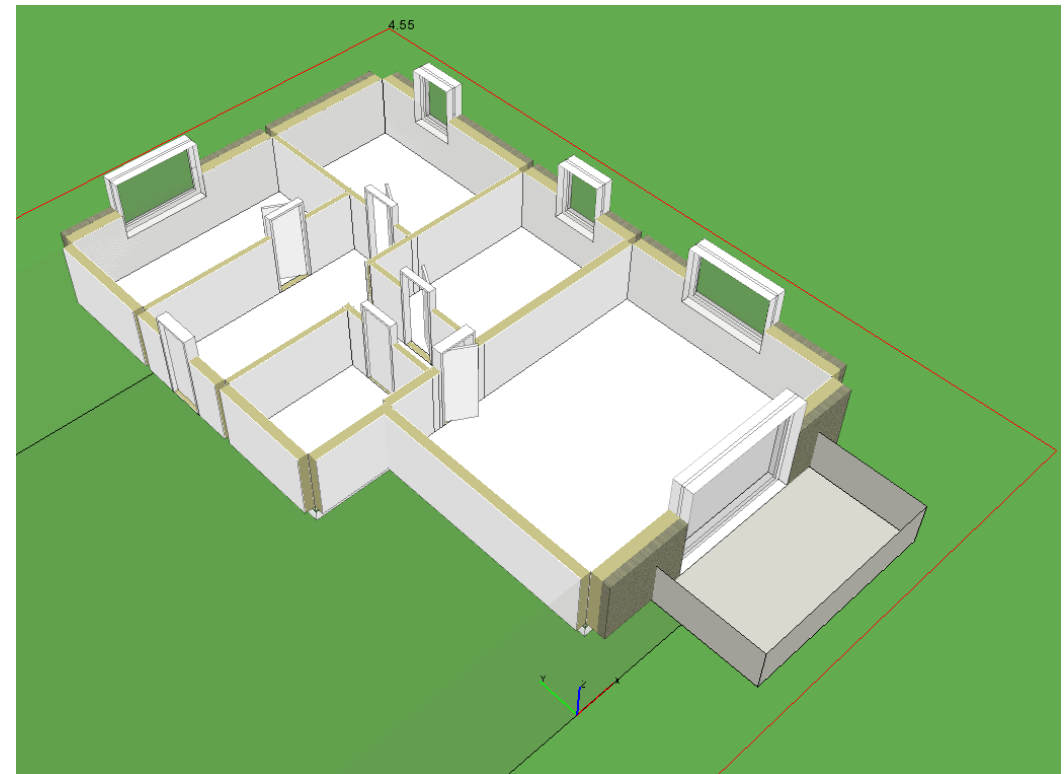
(1) HEAT4ALL – INFRARED HEATING



(2) FANCOIL & DISTRICT-HEATING

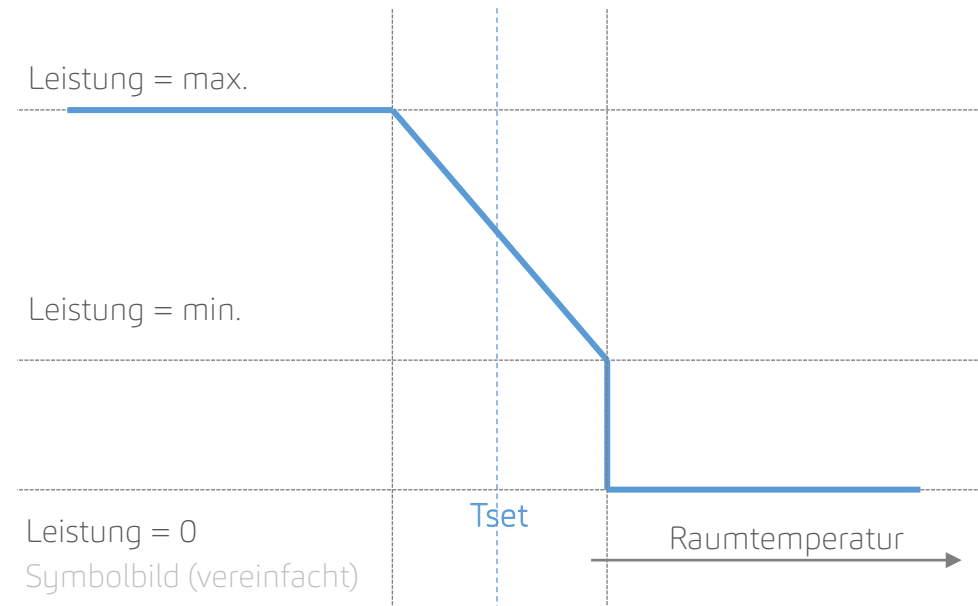
- design power
 - $T_v/T_r = 45/40\text{ °C}$

	[W]
Wohnen	1120
Eltern	695
Kind1	695
Kind2	695
Bad	695



(2) FANCOIL & DISTRICT-HEATING

- controller
 - proportional controller (fan; min. $\sim 0,33 \times$ max.)



(2) FANCOIL & DISTRICT-HEATING

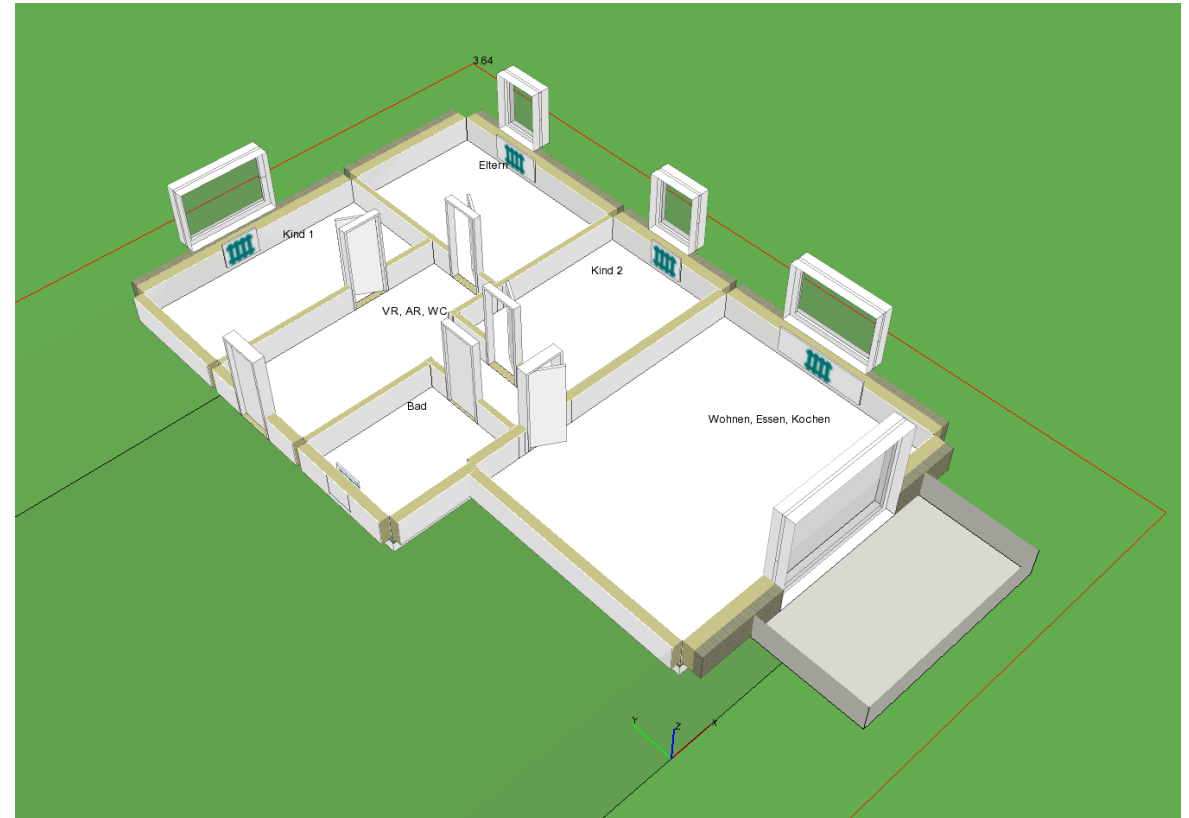
- heat losses
 - transfer station (district-heating): ~2%
 - distribution: ~9 %

	Leitungslänge	spez. Wärmeverluste	Faktor für Einbauten	Leitwert	Temperatur
Leitungsverluste (Gebäude)	[m]	[W/mK]	(Pumpe, Armaturen, ..)	[W/K]	Rohrleitung [°C]
Verteilleitungen	40	0.24	1.40	13	45
Steigleitungen	70	0.24	1.20	20	45

(3) RADIATOR & DISTRICT-HEATING

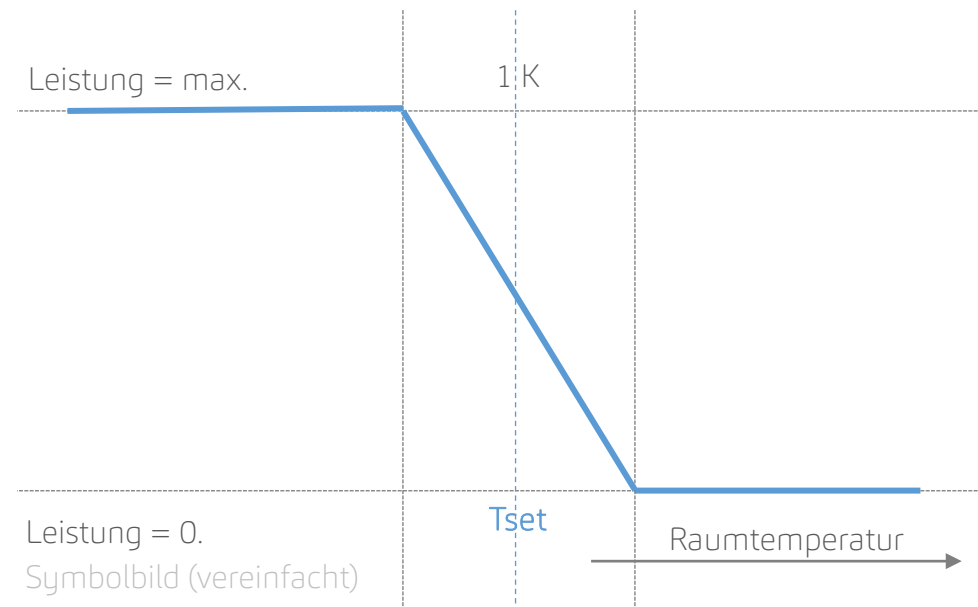
- design power & positioning of radiators
 - $T_v/T_r = 55/45\text{ °C}$

	[W]
Wohnen	1200
Eltern	600
Kind1	600
Kind2	600
Bad	535



(3) RADIATOR & DISTRICT-HEATING

- controller
 - proportional controller (thermostatic valve): 1K



(3) RADIATOR & DISTRICT-HEATING



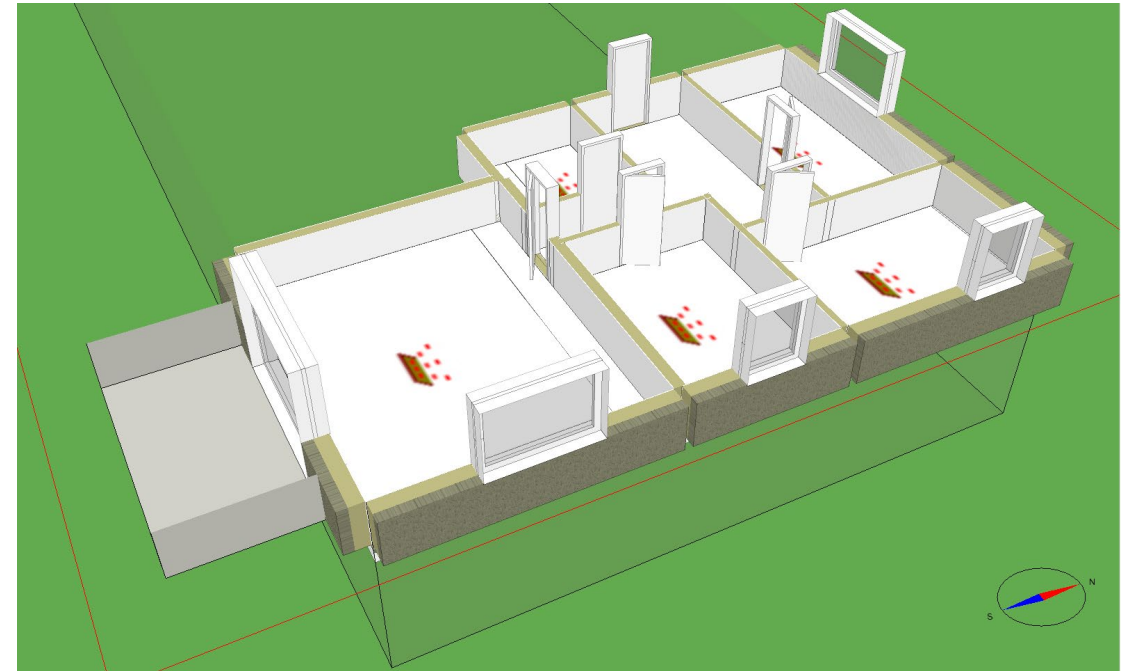
- heat losses
 - transfer station (district-heating): ~2%
 - distribution: ~11 %

	Leitungslänge	spez. Wärmeverluste	Faktor für Einbauten	Leitwert	Temperatur Rohrleitung
Leitungsverluste (Gebäude)	[m]	[W/mK]	(Pumpe, Armaturen,..)	[W/K]	[°C]
Verteilleitungen	40	0.24	1.40	13	55
Steigleitungen	70	0.24	1.20	20	55

(4) FLOOR HEATING & HEAT PUMP

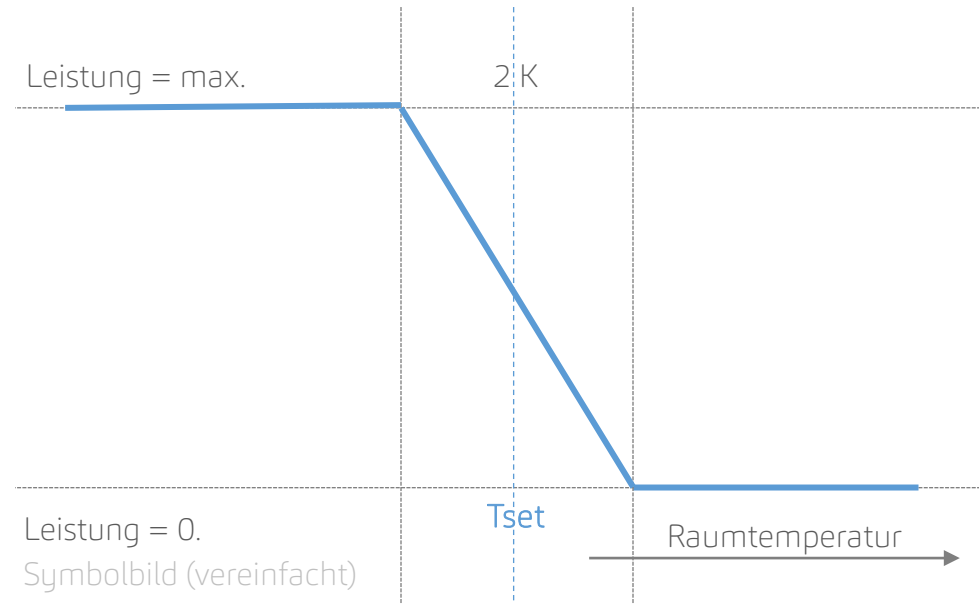
- design power & positioning of floor heating
 - $T_v/T_r = 40/30\text{ °C}$

	[W]
Wohnen	1126
Eltern	528
Kind1	505
Kind2	492
Bad	189



(4) FLOOR HEATING & HEAT PUMP

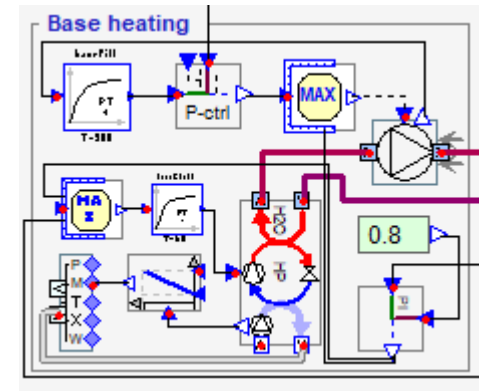
- controller
 - proportional controller (thermostatic valve): 2K
 - no temperature setback (slow-acting control system with high thermal mass)



(4) FLOOR HEATING & HEAT PUMP

- heat generation
 - air-to-water heat pump
 - model A2W_HP
 - COP = 3,62

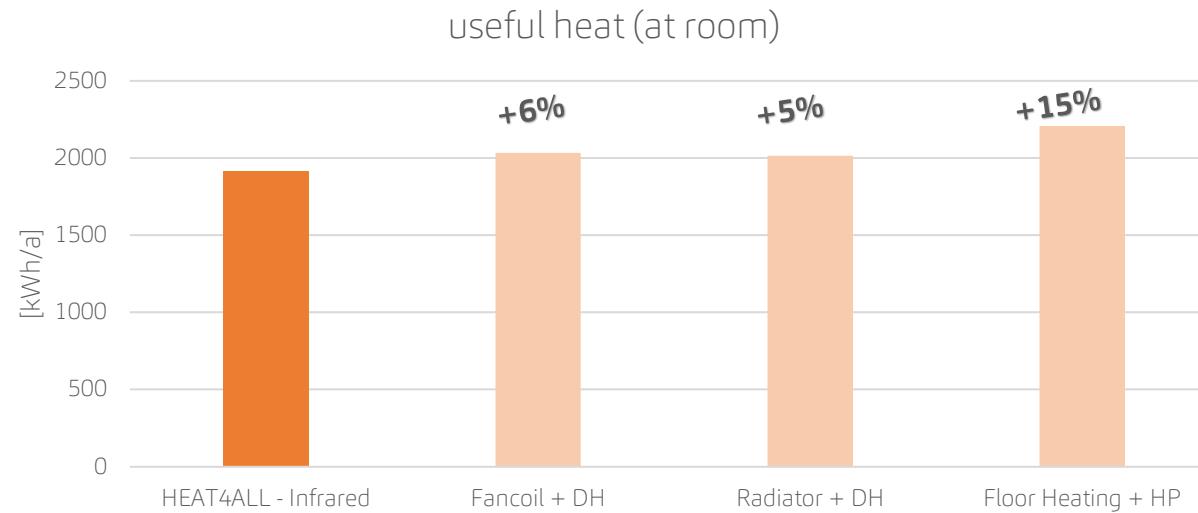
- heat losses
 - distribution: ~8 %



	Leitungslänge	spez. Wärmeverluste	Faktor für Einbauten	Leitwert	Temperatur
	[m]	[W/mK]	(Pumpe, Armaturen,..)	[W/K]	Rohrleitung [°C]
Leitungsverluste (Gebäude)					
Verteilleitungen	40	0.24	1.40	13	40
Steigleitungen	70	0.24	1.20	20	40

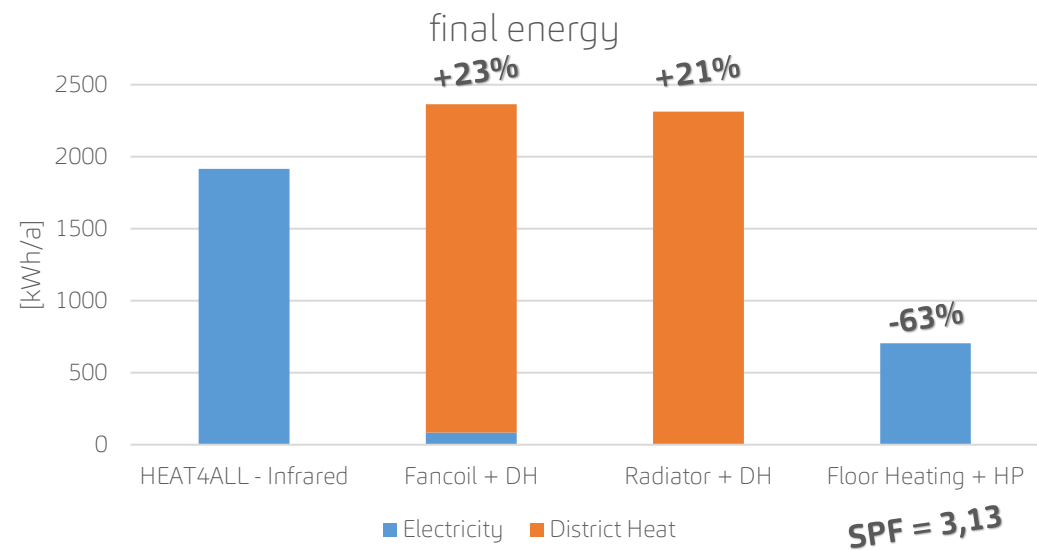
RESULTS – USEFUL HEAT

- heat delivered to the room



RESULTS – FINAL ENERGY

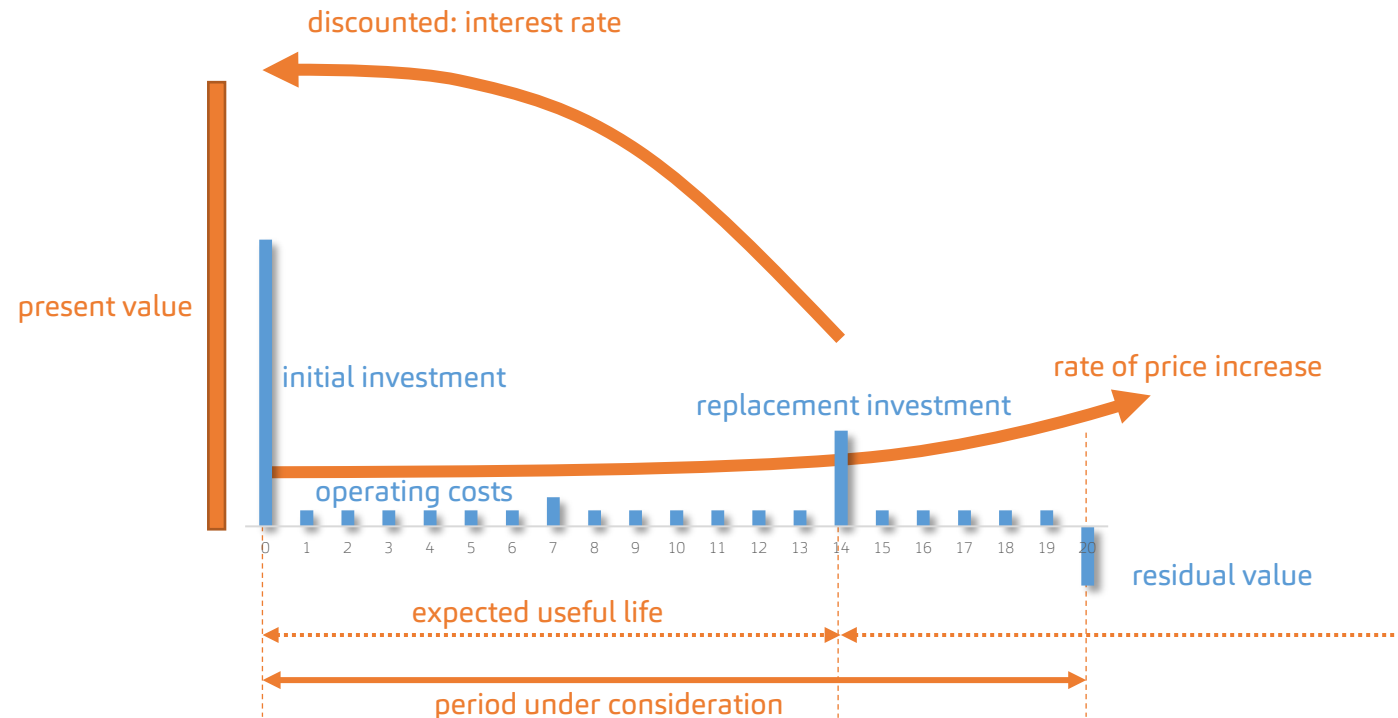
- energy purchased by the household



ECONOMIC ASSESSMENT

METHOD

- economic comparison calculation of energy systems based on dynamic calculation methods
 - ÖNORM M 7140
 - present value method
 - gross costs



CALCULATION ASSUMPTIONS



- period under consideration:
- interest rate:
- rate of price increase:

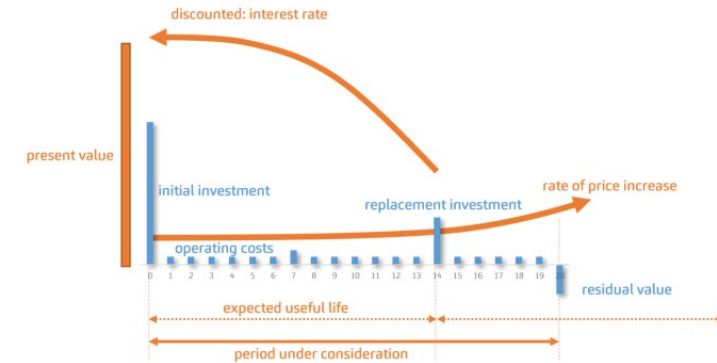
- expected useful life
 - building measures
 - pipe installation, electrical installation,...
 - various components of the heating system (pumps,...)
 - heat pump
 - electronic control systems

- service & maintenance costs
 - circulating pumps,...
 - heat pump
 - district heating substation
 - Fancoil

20 years
2,0 % p.a.
3,0 % p.a.

50 years
30 years
20 years
17 years
10 years

4 % of investment p.a.
4,5 % of investment p.a.
2 % of investment p.a.
1% of investment p.a.



ENERGY RATES



electricity

	Verbrauchs- gebunden	Betriebs- gebunden
	[€/kWh]	[€/a]
NETZ		
Netznutzung+Netzverlust	0.080 €	- €
Netznutzung	- €	37 €
Messpreis	- €	34 €
ENERGIE		
Grundpreis	- €	12 €
Arbeitspreis	0.067 €	- €
ABGABEN		
Elektrizitätsabgabe	0.018 €	- €
Ökostrom-Pauschale	- €	35 €
KWK-Pauschale	- €	2 €
Ökostromförderbeitrag	- €	33 €
Gebrauchsabgabe	- €	28 €
SUMME	0.165 €	180 €

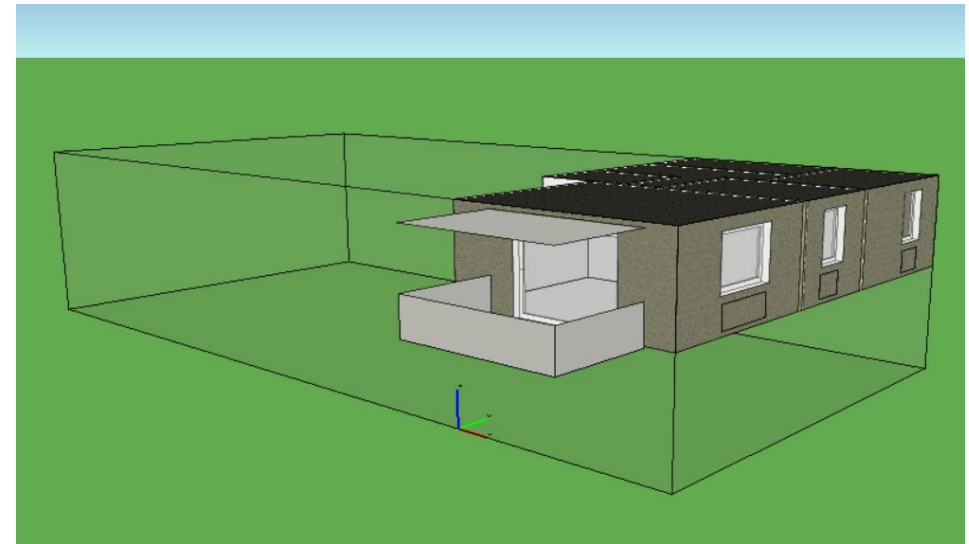
district heat

	Verbrauchs- gebunden	Betriebs- gebunden
	[€/kWh]	[€/a]
Arbeitspreis	0.090 €	
Jahresgrundpreis		114 €
Messpreis		16 €
SUMME	0.090 €	130 €

ALLOCATION OF COSTS

- building level → apartment level based on percentage of area

		Gebäude GESAMT	Wohnung TOP 06	Anteil
Wohnungen	[-]	6	1	17%
BGF	[m ²]	816	113	14%
NF	[m ²]	661	91	14%
Leistung Heizung lt. EA	[kW]	16	2.21	



HEAT4ALL-INFRARED HEATING



Systemkomponenten und Leistungen	Anfangsinvestitionen		Quelle	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-
	AI	€		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
			<i>j</i>	<i>N</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
			Jahr	a	%/a	
Infrarot-Heizungspaneele	2720		0	20	3%	
E-Installationen	1740		0	30	3%	
Steuerung, programmierbarer Thermostat	500		0	10	3%	
Förderung (Jahr 1-10)	- €				0%	
Förderung (Jahr 1)	- €				0%	
Summe der Anfangsinvestitionen	4960 €					
Energie, Brennstoffe, Hilfsstoffe und Zusatzkosten	Kosten im Rechenjahr		Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-	
	VKj	€/a				Rechenjahr
			<i>j</i>	<i>N</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
			Jahr	a	%/a	
Strom (verbrauchsgebunden)	316 €		1	20	3%	
Summe der jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten VK	316 €					
Betriebliche Aufwendungen	Kosten im Rechenjahr		Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-	
	BKj	€				Rechenjahr
			<i>j</i>	<i>N</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
			Jahr	a	%/a	
Strom (betriebsgebunden)	180 €		1	20	3%	
Summe der jährlichen betriebsgebundenen Kosten BK	180 €					

capital cost:

- initial investments
- replacement investments

consumption based cost:

- final energy consumption:
 - room heating
 - auxiliary energy (fans, pumps,...)

operational cost:

- service & maintenance costs
- fixed energy costs

FANCOIL & DISTRICT-HEATING



Systemkomponenten und Leistungen	Anfangsinvestitionen	Quelle	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-
	AI		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€		j	N	a
			Jahr	a	%/a
Fernwärmeanschluss	508 €		0	50	3%
Fernwärme-Übergabestation (inkl. Regelung)	789 €		0	30	3%
Primärseitige Verrohrung FW-Station	136 €		0	30	3%
Pumpen, Ausdehnungsgefäß, Armaturen	345 €		0	20	3%
Heizungsverrohrung inkl Wärmedämmung	419 €		0	30	3%
Elektroverkabelung für FW-Station, Pumpen, Außenfühler	141 €		0	30	3%
Inbetriebnahme	71 €		0	30	3%
Heizungsverrohrung in Wohnung	1 296 €		0	30	3%
Heizungs-UP-Verteilerschrank, inkl WMZ	936 €		0	20	3%
Stand Gebläsekonvektoren inkl. Regelventil und Raumthermostat	4 920 €		0	20	3%
Zentraler Raumregler	564 €		0	10	3%
Elektroverkabelung für Raumthermostate, Gebläsekonvektoren	810 €		0	30	3%
Förderung (Jahr 1-10)	- €				0%
Förderung (Jahr 1)	- €				0%
Summe der Anfangsinvestitionen	10 936 €				
Energie, Brennstoffe, Hilfsstoffe und Zusatzkosten	Kosten im Rechenjahr	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-	
	VKj		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€/a		j	N	a
			Jahr	a	%/a
Fernwärme (verbrauchsgebunden)	205 €		1	20	3%
Strom (verbrauchsgebunden)	14 €		1	20	3%
Summe der jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten VK	219 €				
Betriebliche Aufwendungen	Kosten im Rechenjahr	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-	
	BKj		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€		j	N	a
			Jahr	a	%/a
Strom (betriebsgebunden)	180 €		1	20	3%
Fernwärme (betriebsgebunden)	130 €		1	20	3%
Instandhaltung Fernwärme	30 €		1	20	3%
Instandhaltung Gebläsekonvektoren	49 €		1	20	3%
Summe der jährlichen betriebsgebundenen Kosten BK	389 €				

RADIATOR & DISTRICT-HEATING



Systemkomponenten und Leistungen	Anfangsinvestitionen	Quelle	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-
	AI		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€		j	N	a
			Jahr	a	%/a
Fernwärmeanschluss	508 €		0	50	3%
Fernwärme-Übergabestation (inkl. Regelung)	789 €		0	30	3%
Primärseltige Verrohrung FW-Station	136 €		0	30	3%
Pumpen, Ausdehnungsgefäß, Armaturen	345 €		0	20	3%
Heizungsverrohrung inkl Wärmedämmung	419 €		0	30	3%
Elektroverkabelung für FW-Station, Pumpen, Außenfühler	141 €		0	30	3%
Inbetriebnahme	71 €		0	30	3%
Heizungsverrohrung in Wohnung	1.296 €		0	30	3%
Heizungs-UP-Verteilerschrank, inkl WMZ	936 €		0	20	3%
Heizkörper inkl. Thermostatkopf	2.460 €		0	20	3%
Zentraler Raumregler	564 €		0	10	3%
Elektroverkabelung für Raumregler	162 €		0	30	3%
Förderung (Jahr 1-10)	- €				0%
Förderung (Jahr 1)	- €				0%
Summe der Anfangsinvestitionen	7.828 €				
Energie, Brennstoffe, Hilfsstoffe und Zusatzkosten	Kosten im Rechenjahr		Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-
			Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	VKj		j	N	a
	€/a		Jahr	a	%/a
Fernwärme (verbrauchsgebunden)	208 €		1	20	3%
Strom (verbrauchsgebunden)	1 €		1	20	3%
Summe der jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten VK	208 €				
Betriebliche Aufwendungen	Kosten im Rechenjahr		Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-
			Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	BKj		j	N	a
	€		Jahr	a	%/a
Strom (betriebsgebunden)	180 €		1	20	3%
Fernwärme (betriebsgebunden)	130 €		1	20	3%
Instandhaltung Fernwärme	30 €		1	20	3%
Summe der jährlichen betriebsgebundenen Kosten BK	340 €				

FLOOR HEATING & HEAT PUMP



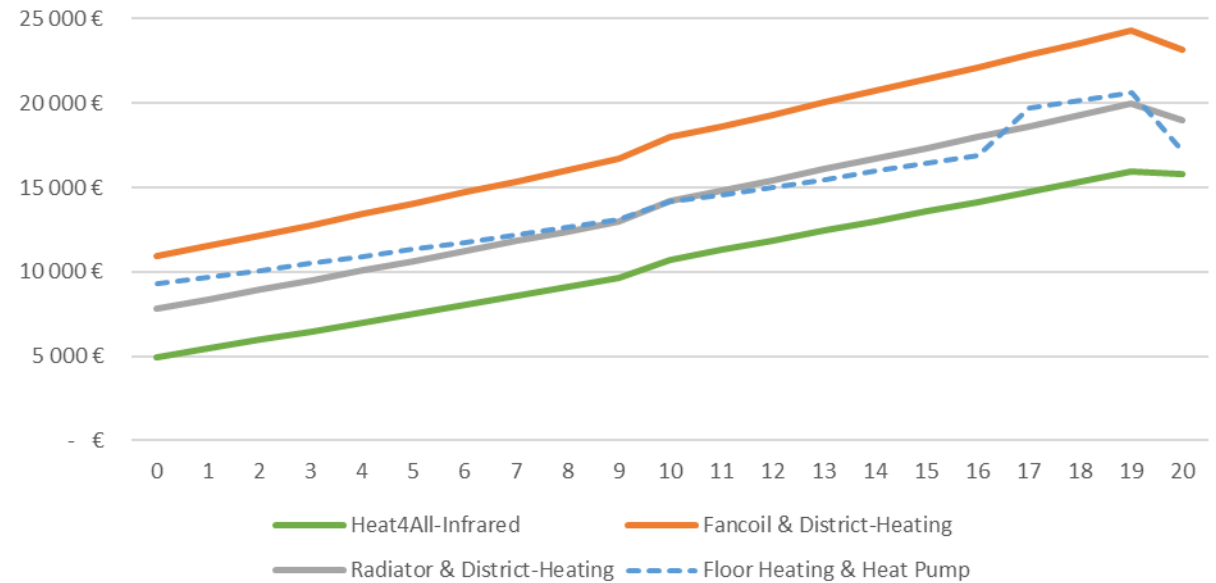
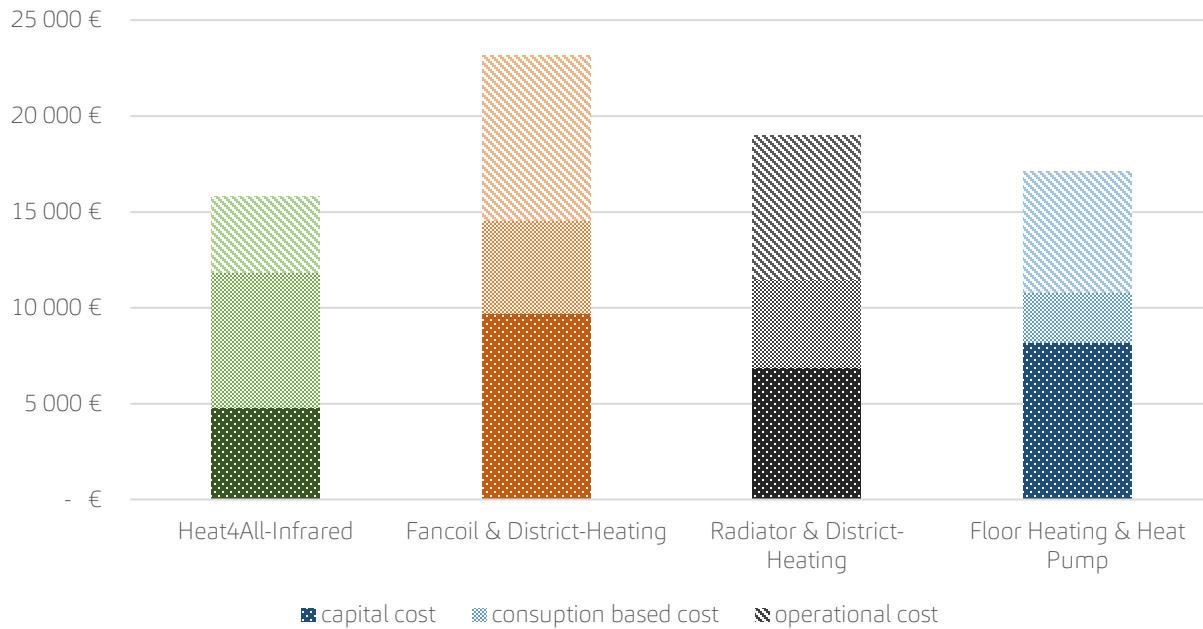
Systemkomponenten und Leistungen	Anfangsinvestitionen	Quelle	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-
	AI		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€		j	N	a
			Jahr	a	%/a
LW-Wärmepumpe 17kW Heizleistung inkl Pufferspeicher	1 877 €		0	17	3%
Pumpen, Ausdehnungsgefäß, Armaturen	531 €		0	20	3%
Heizungsverrohrung inkl Wärmedämmung	452 €		0	30	3%
Elektroverkabelung für WP, Pumpen, Außenfühler	385 €		0	30	3%
Inbetriebnahme	96 €		0	17	3%
Heizungsverrohrung in Wohnung	324 €		0	30	3%
Heizungs-UP-Verteilerschrank, inkl WMZ	1 176 €		0	20	3%
Fußbodenheizung inkl Einzelraumregelung	3 058 €		0	30	3%
Zentraler Raumregler	564 €		0	10	3%
Elektroverkabelung für Raumregler	810 €		0	30	3%
Förderung (Jahr 1-10)	- €				0%
Förderung (Jahr 1)	- €				0%
Summe der Anfangsinvestitionen	9 273 €				
Energie, Brennstoffe, Hilfsstoffe und Zusatzkosten	Kosten im Rechenjahr	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-	
	VKj		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€/a		j	N	a
			Jahr	a	%/a
Strom (verbrauchsgebunden)	116 €		1	20	3%
Summe der jährlichen verbrauchsgebundenen Kosten VK	116 €				
Betriebliche Aufwendungen	Kosten im Rechenjahr	Nutzung ab	Nutzungs-	Preis-	
	BKj		Rechenjahr	dauer	steigerungs-
	€		j	N	a
			Jahr	a	%/a
Strom (betriebsgebunden)	180 €		1	20	3%
Wartung Wärmepumpe	62 €		1	20	3%
Summe der jährlichen betriebsgebundenen Kosten BK	242 €				

RESULTS

period under consideration: 20 years



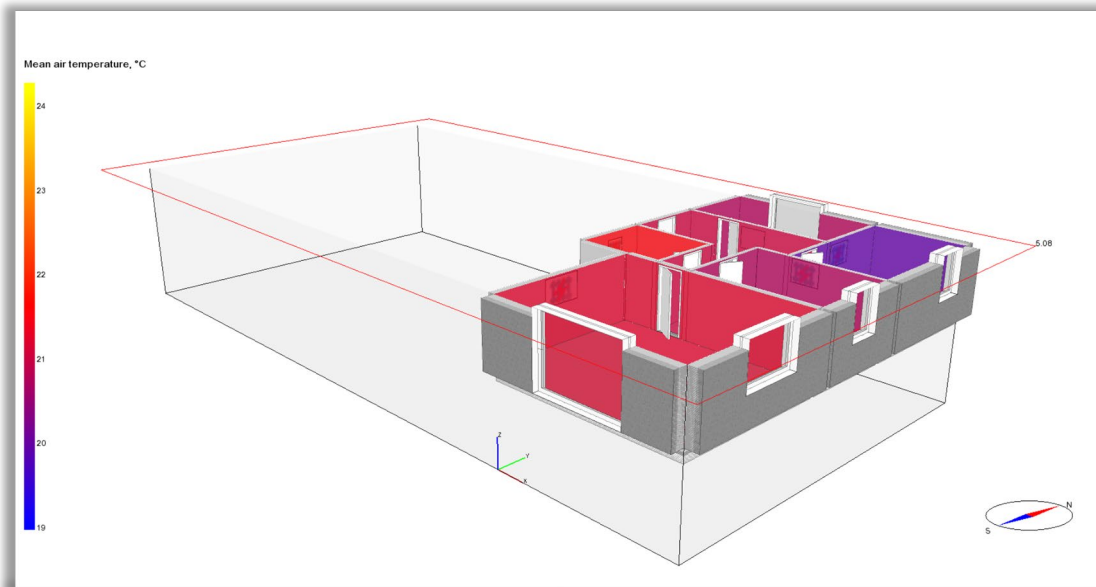
	Heat4All- Infrared	Fancoil & District- Heating	Radiator & District-Heating	Floor Heating & Heat Pump
capital cost	4 806 €	9 703 €	6 858 €	8 212 €
consumption based cost	7 016 €	4 861 €	4 625 €	2 581 €
operational cost	3 995 €	8 628 €	7 537 €	6 341 €
	15 817 €	23 193 €	19 019 €	17 133 €
rank	1	4	3	2
difference in cost	- €	7 376 €	3 203 €	1 317 €
	0%	47%	20%	8%



NOTE



Simulations and calculations in this study are based on idealised input-parameters, boundary conditions and assumptions. Deviating actual conditions (climate, user behavior, ventilation, shading, insulation, interest rates, actual costs,...) may cause significant deviation from the calculated results. Transferring the results of this study to differing situations requires careful consideration!



GENIO Bauphysik GmbH

Brauhausgasse 12
9500 Villach
www.genio.gmbh

Ing. Mag. Andreas Karitnig

+43 676 52 49 628
andreas.karitnig@genio.gmbh