

# BIM und SIMulation

Dr. Sven Moosberger



# BIM und SIMulation

Dr. Sven Moosberger, EQUA Solutions AG

[sven.moosberger@equa.ch](mailto:sven.moosberger@equa.ch)

1. Simulation
2. Dank BIM und SIM: Interoperabilität
  - a) im Planungsprozess
  - b) über den Planungsprozess hinaus



# Zwei Bedeutungen von «simulieren»

- vortäuschen



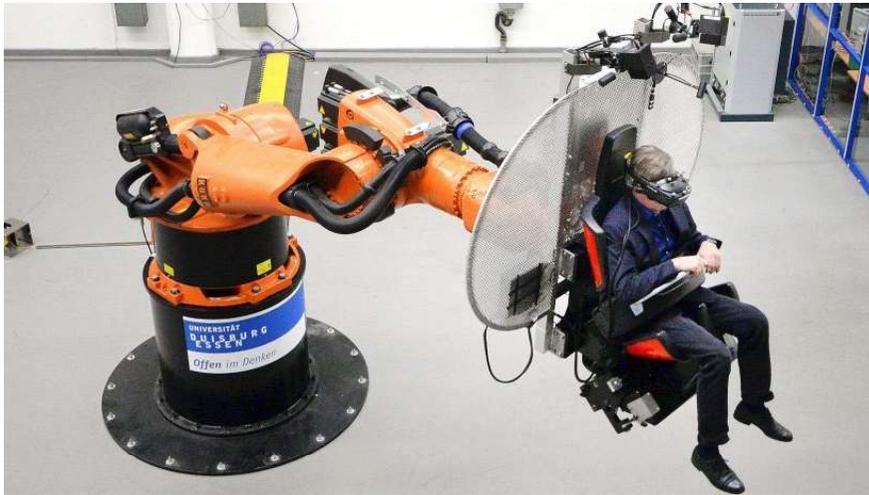
- wirklichkeitsgetreu nachahmen



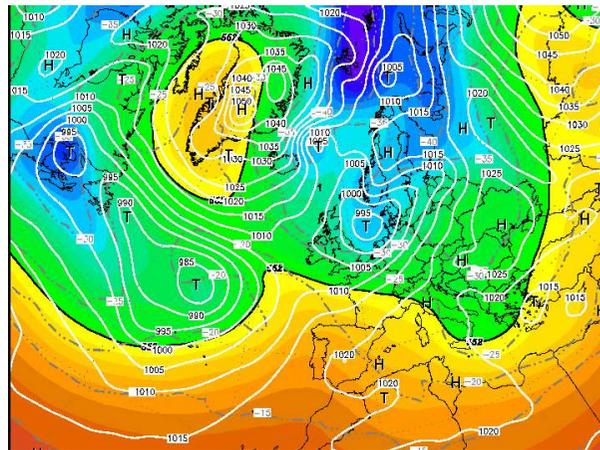
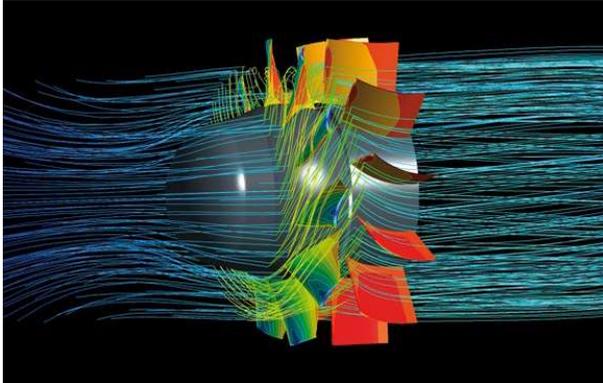
= «so tun als ob»

# Was ist "Simulation"?

- Vorgehensweise zur Analyse von **komplexen Systemen**
- Komplexe Systeme sind in der Regel **dynamisch**
- Ein **Modell** abstrahiert das reale System
- Der **Simulator** wendet das Modell an
- Bei der **Simulation** wird mit dem Simulator das Modell mit konkreten Werten (**parametrisiert**) laufen gelassen
- Eine Simulation ist ein **Experiment** mit dem Ziel, Erkenntnisse über das reale System zu gewinnen.



# Typische Simulationen



- Strömungssimulation
- Verkehrssimulation
- Fahrsimulation
- Wettersimulation
- Klimasimulation
- etc.
- Gebäudesimulation

# Was ist Gebäudesimulation?



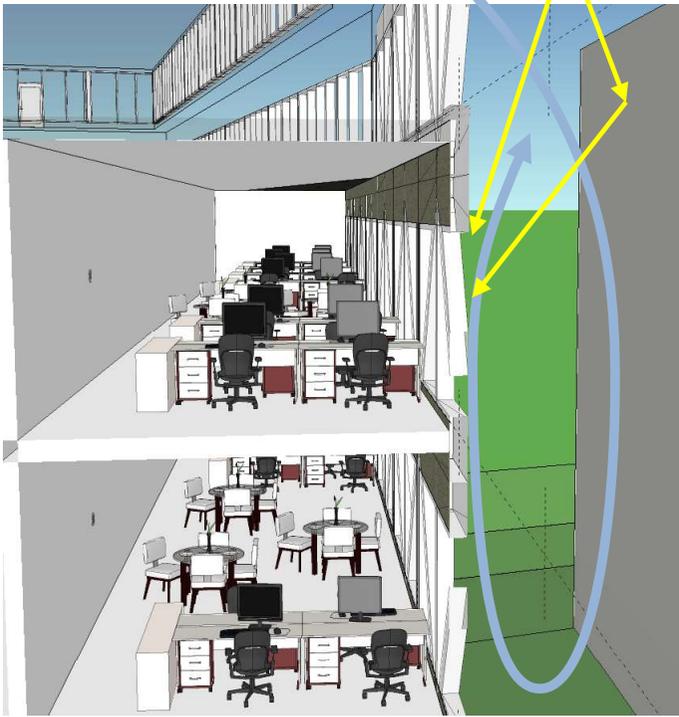
- Englisch «Building Performance Simulation» BPS
- Es geht um
  - Kosten (Energie, Investition, etc.)
  - Nutzen (Komfort, etc.)in Gebäuden
- Es geht um das System von
  - Gebäudehülle
  - Gebäudetechnik
  - Regelungstechnik
- Diese Systeme sind **komplex**
- Diese Systeme sind **dynamisch**

# Gebäudehülle

- Beschreibung der physikalischen Phänomene:

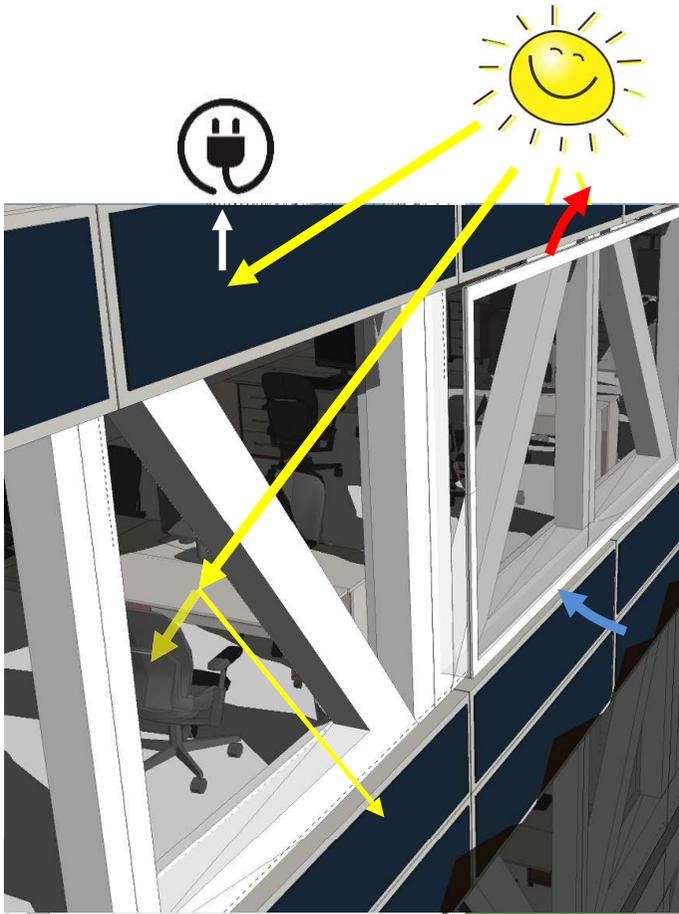


# Gebäudehülle



- Beschreibung der physikalischen Phänomene:
  - außerhalb der Gebäudehülle

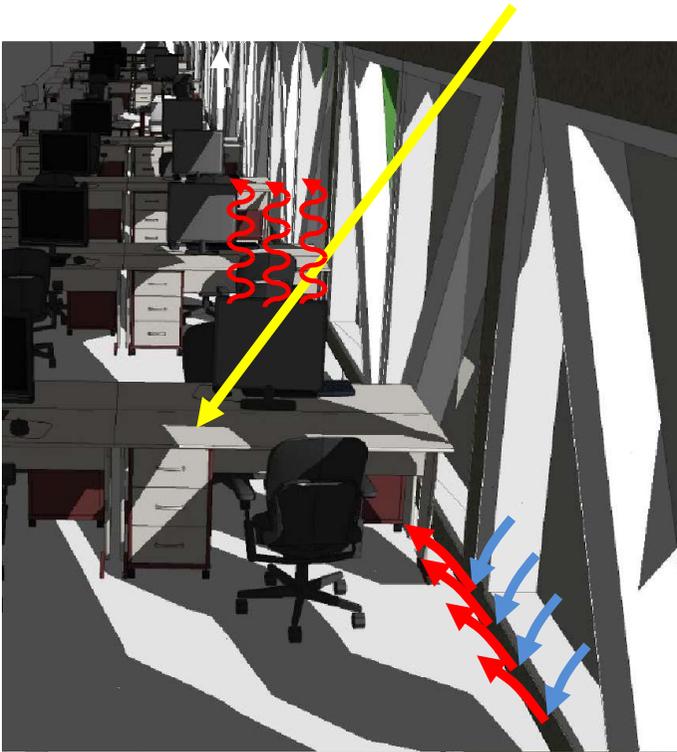
# Gebäudehülle



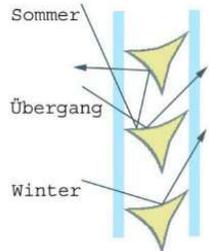
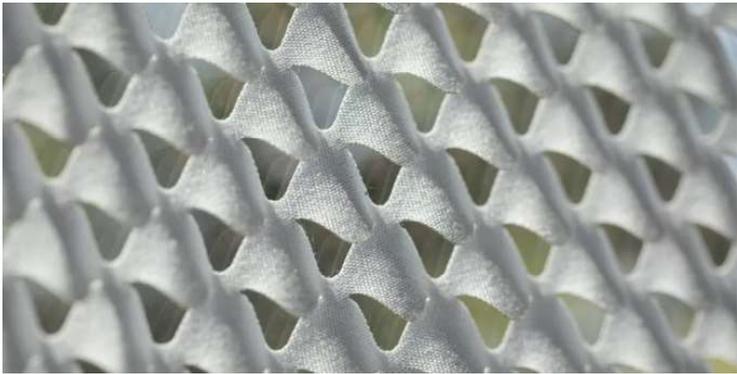
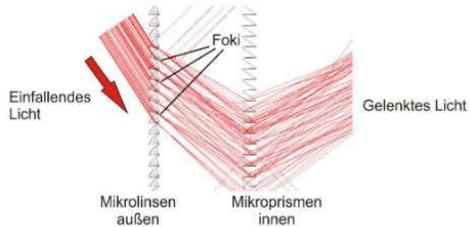
- Beschreibung der physikalischen Phänomene:
  - außerhalb der Gebäudehülle
  - an und in der Gebäudehülle

# Gebäudehülle

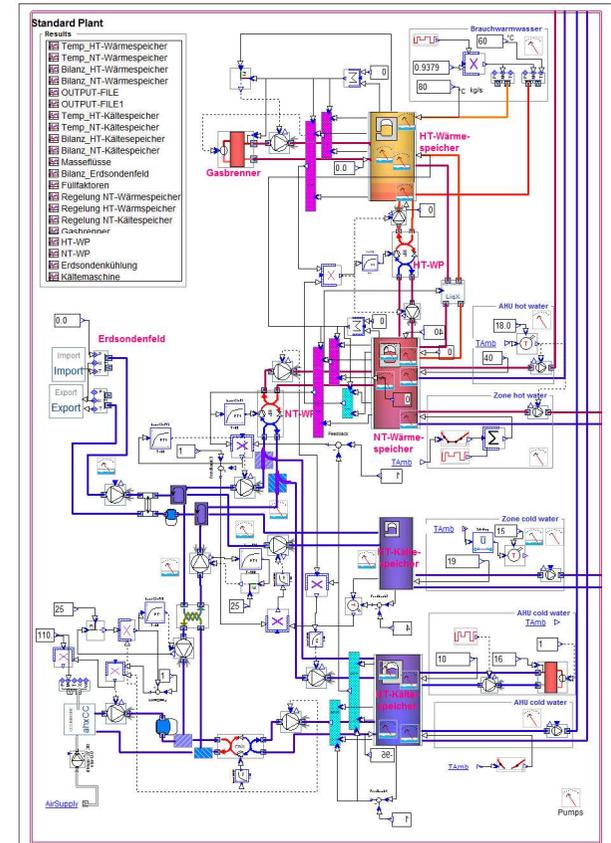
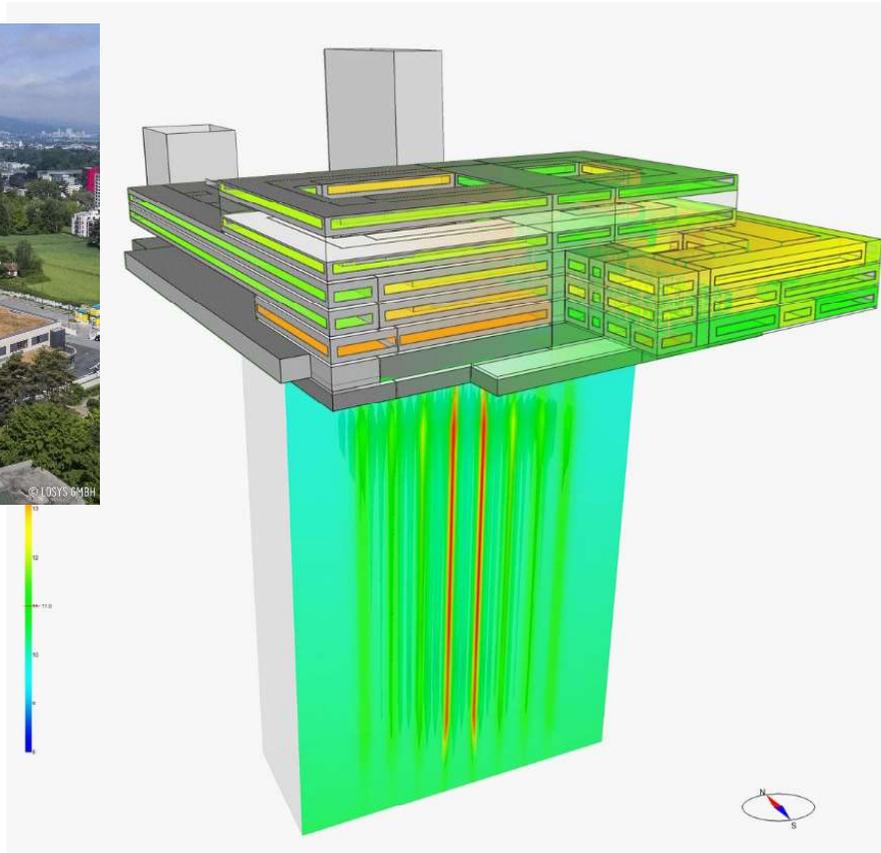
- Beschreibung der physikalischen Phänomene:
  - außerhalb der Gebäudehülle
  - an und in der Gebäudehülle
  - innerhalb der Gebäudehülle



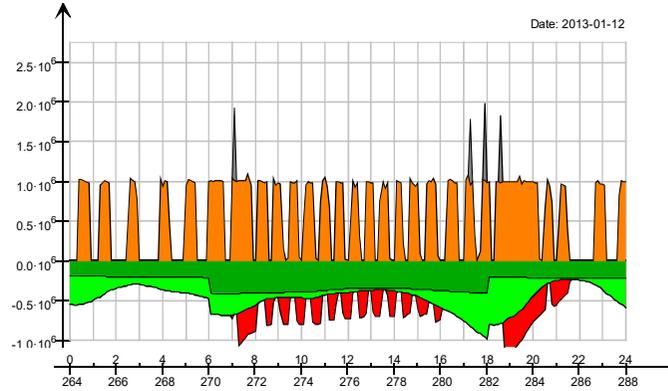
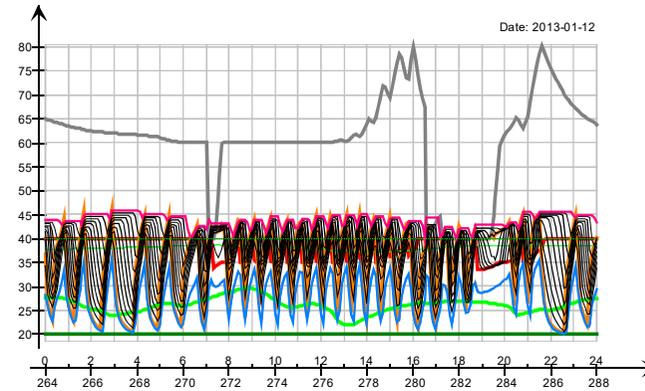
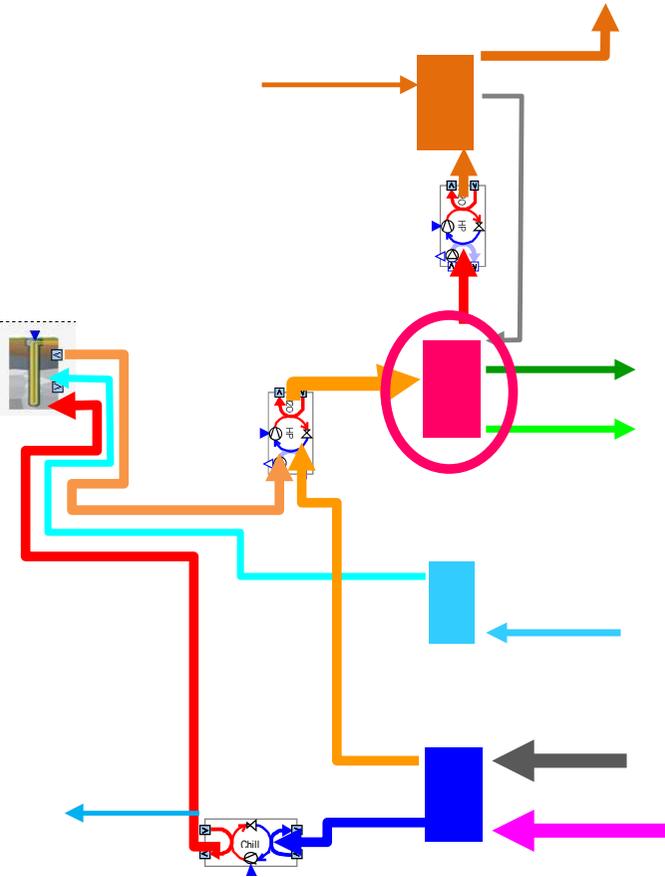
# Gebäudehülle



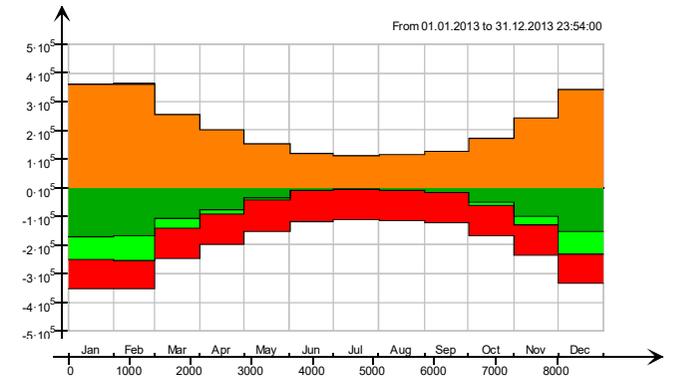
# Gebäudetechnik



# Niedertemp.-Wärmespeicher

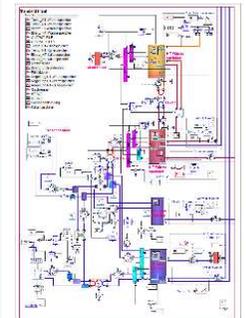
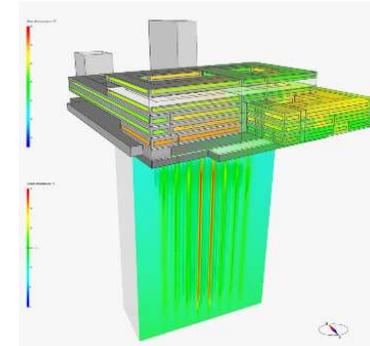


■ Wärme an Lüftungsgerät, W  
■ Wärme an Zonen, W  
■ Wärme an HT-Wärmepumpe, W  
■ Wärme von NT-Wärmepumpe, W  
■ Wärme von HT-Wärmespeicher, W

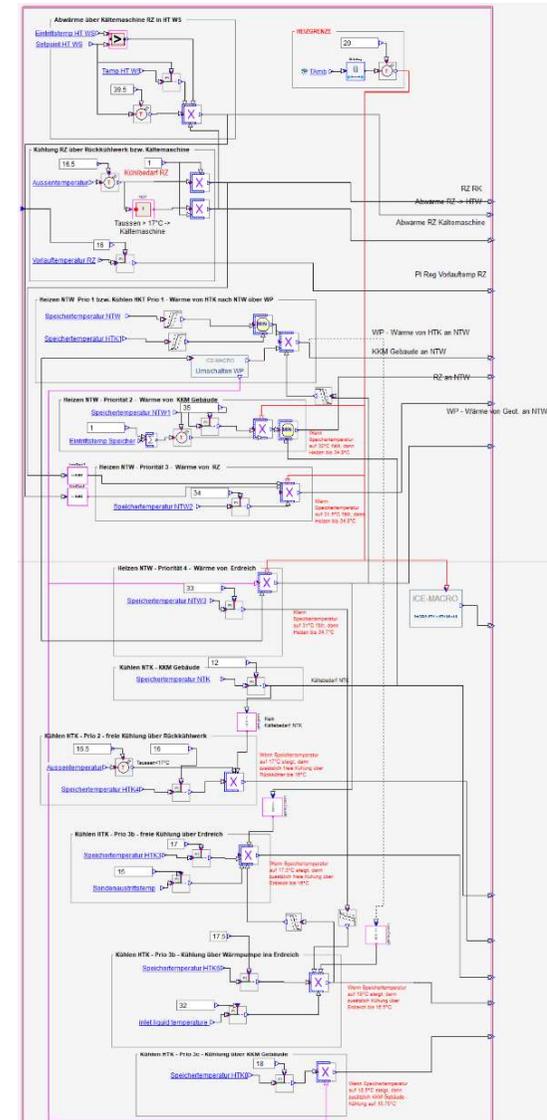


■ Wärme an Lüftungsgerät, W  
■ Wärme an Zonen, W  
■ Wärme an HT-Wärmepumpe, W  
■ Wärme von NT-Wärmepumpe, W  
■ Wärme von HT-Wärmespeicher, W

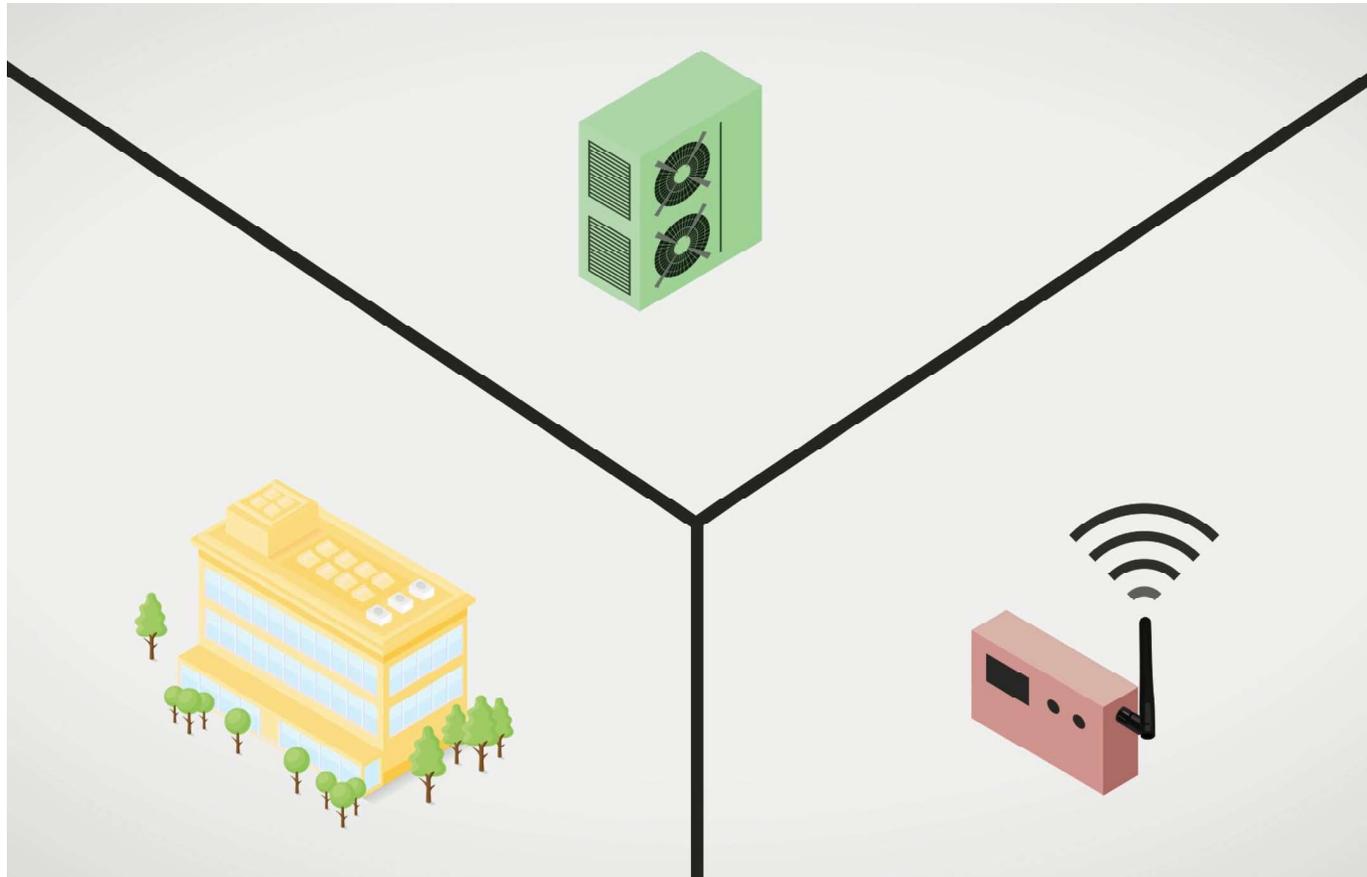
# Gebäudetechnik



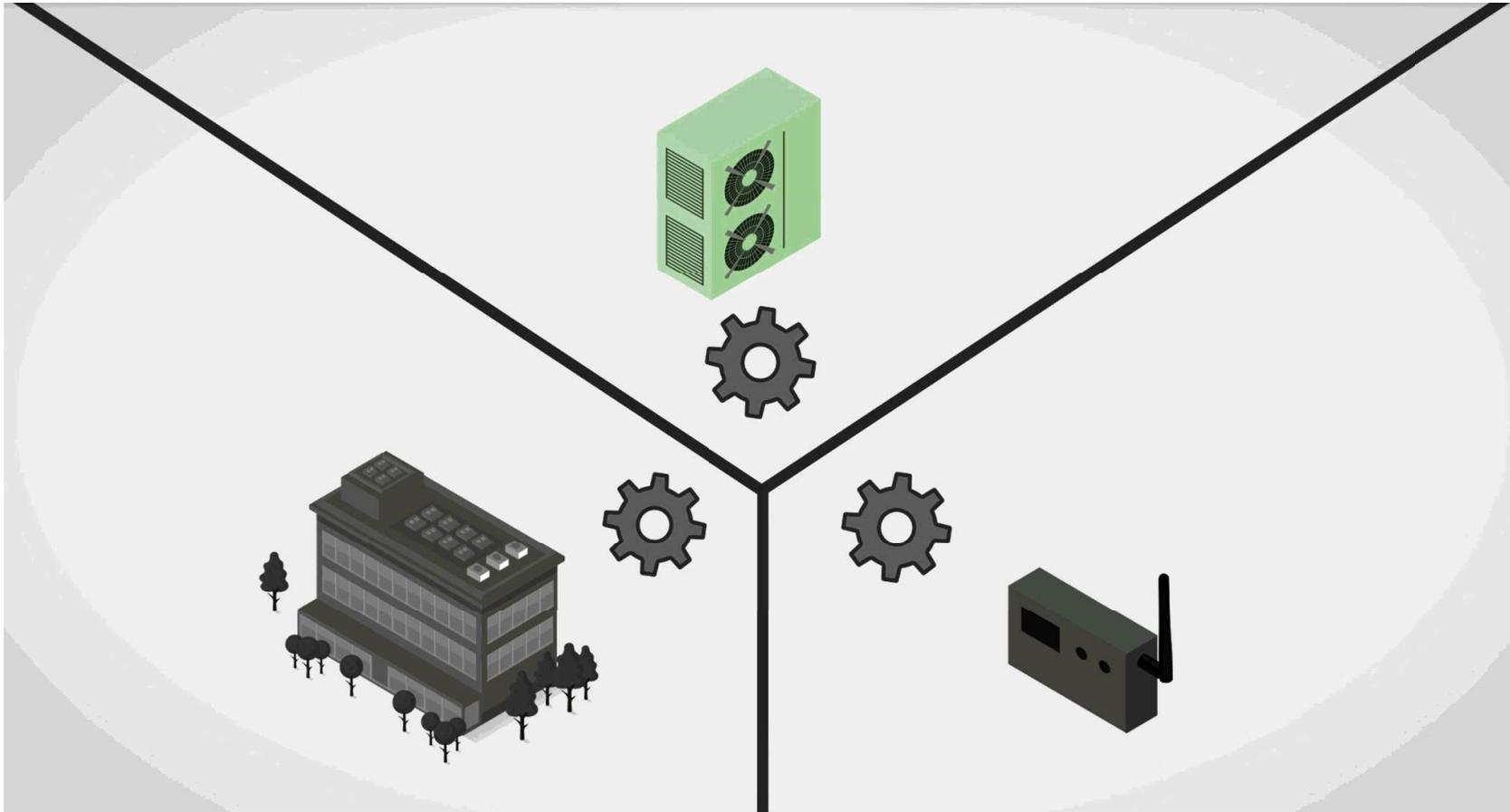
# Regelungstechnik



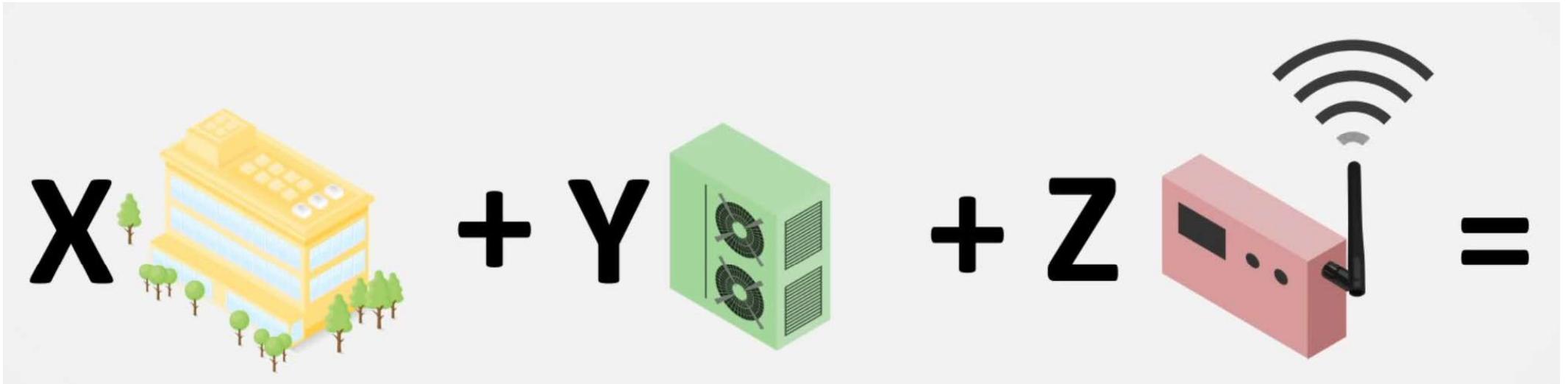
# Teile des Gebäudesystems



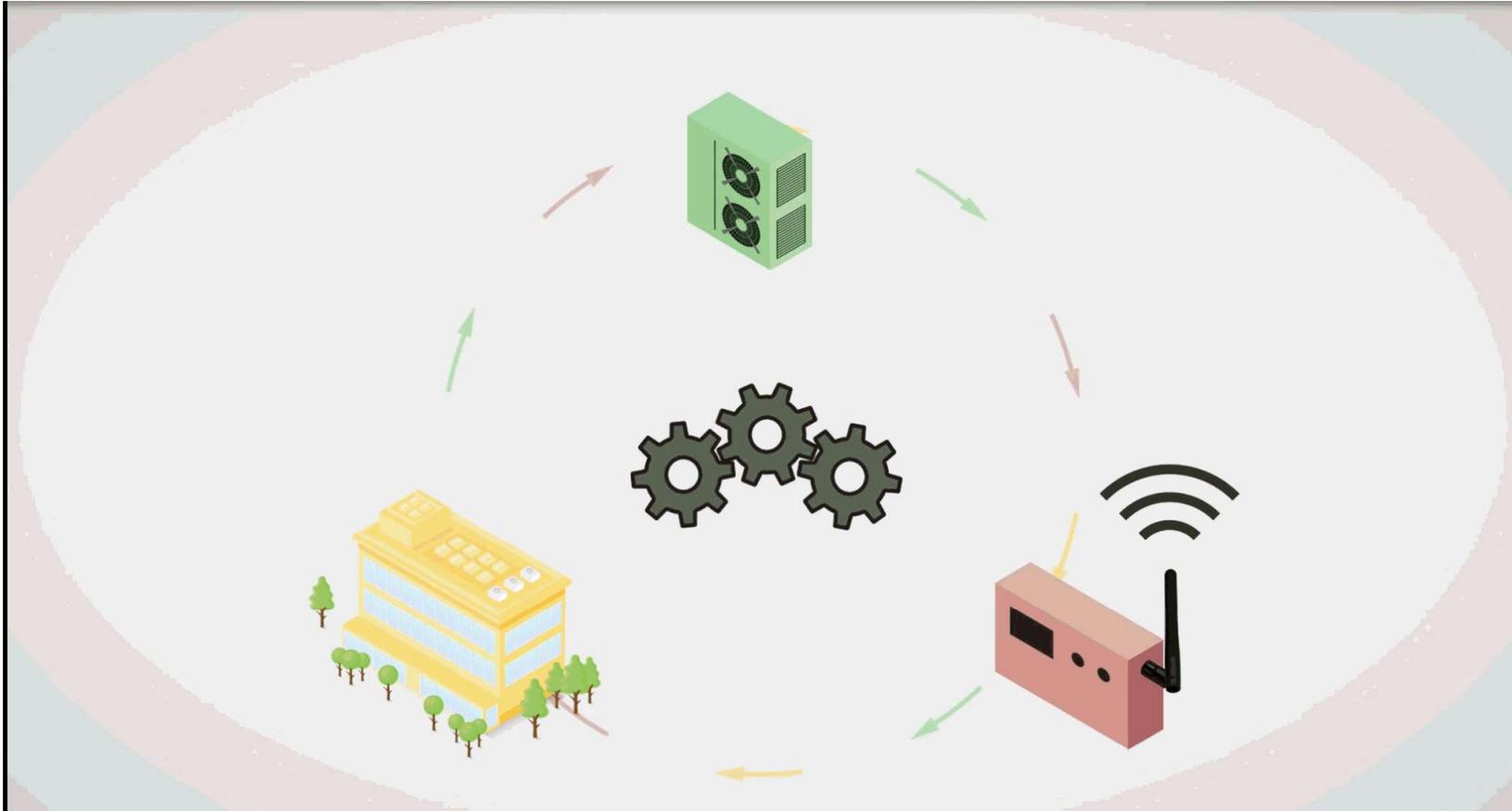
# Eine Oberfläche, verschiedene Modelle

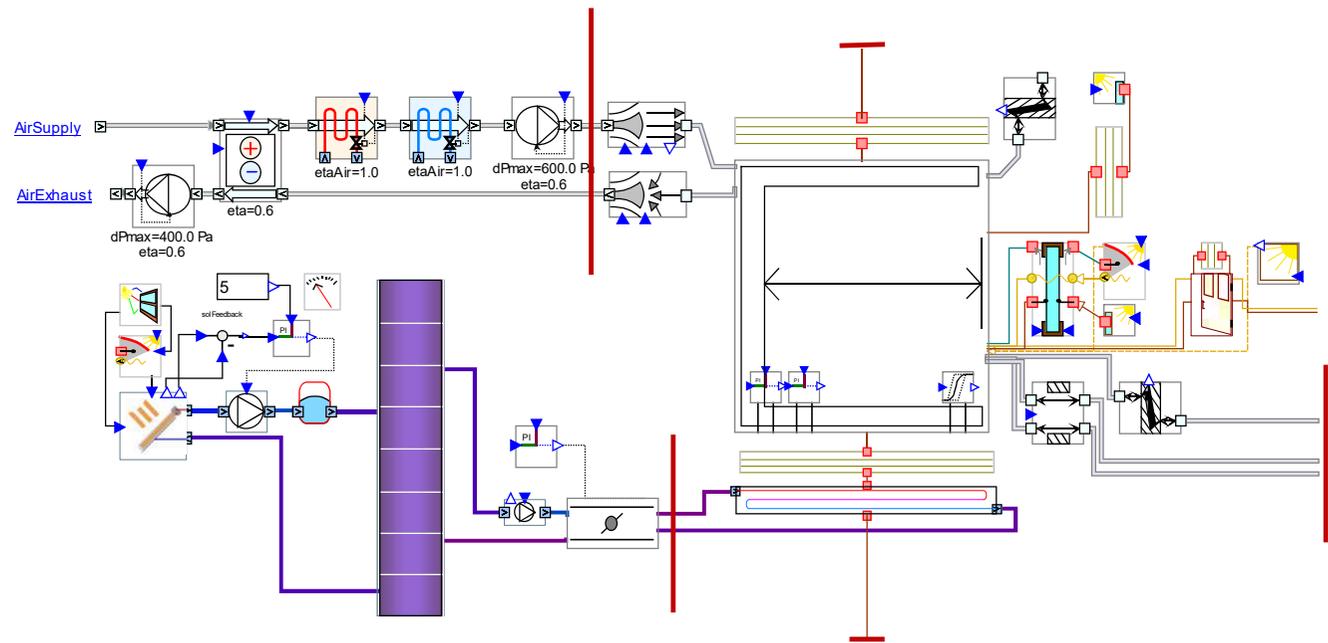


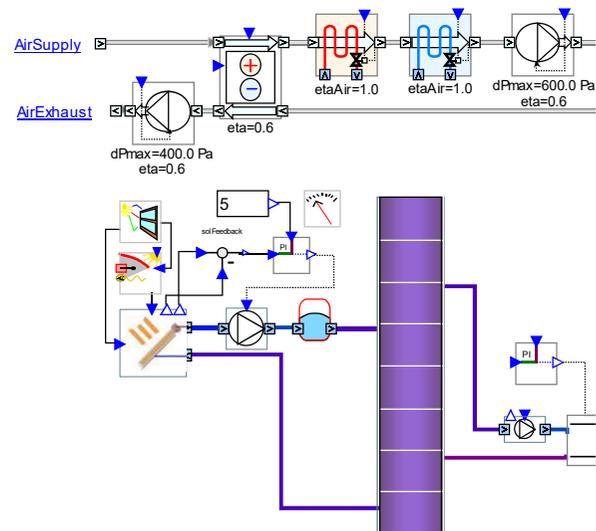
# Von den Gleichungen ...



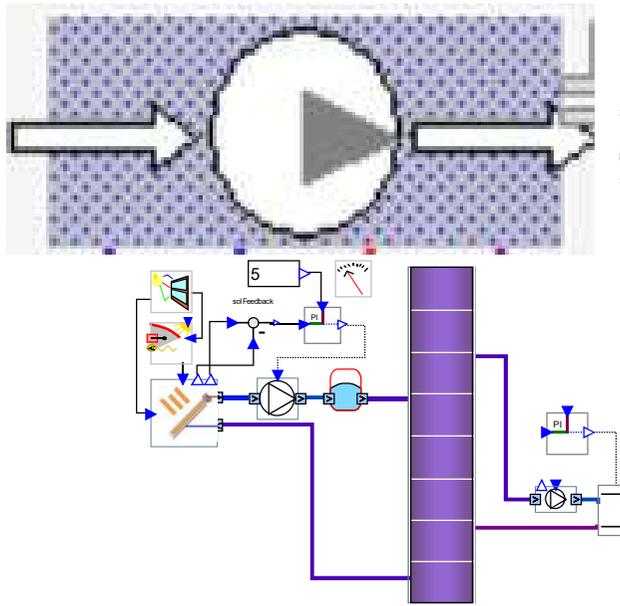
# ... zum Gleichungssystem!



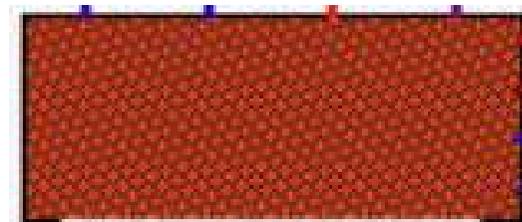
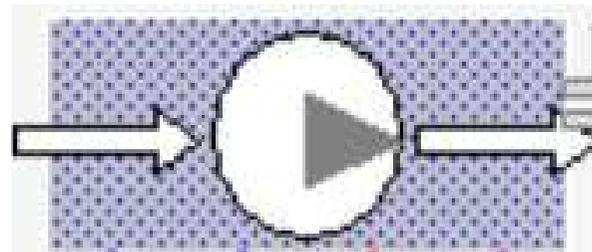




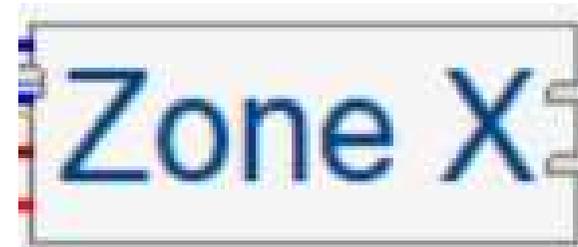
Zone X



Zone X



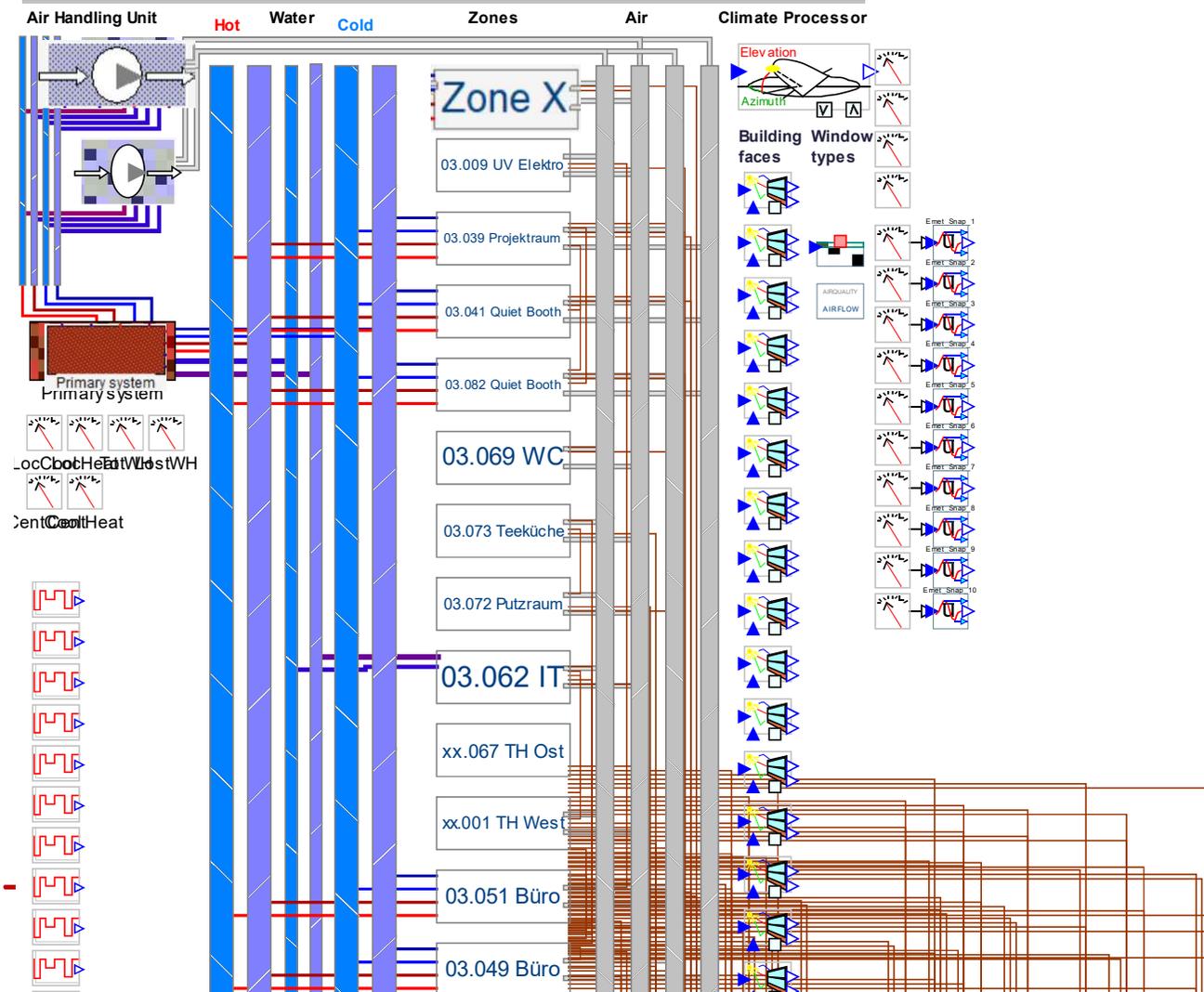
Primary system



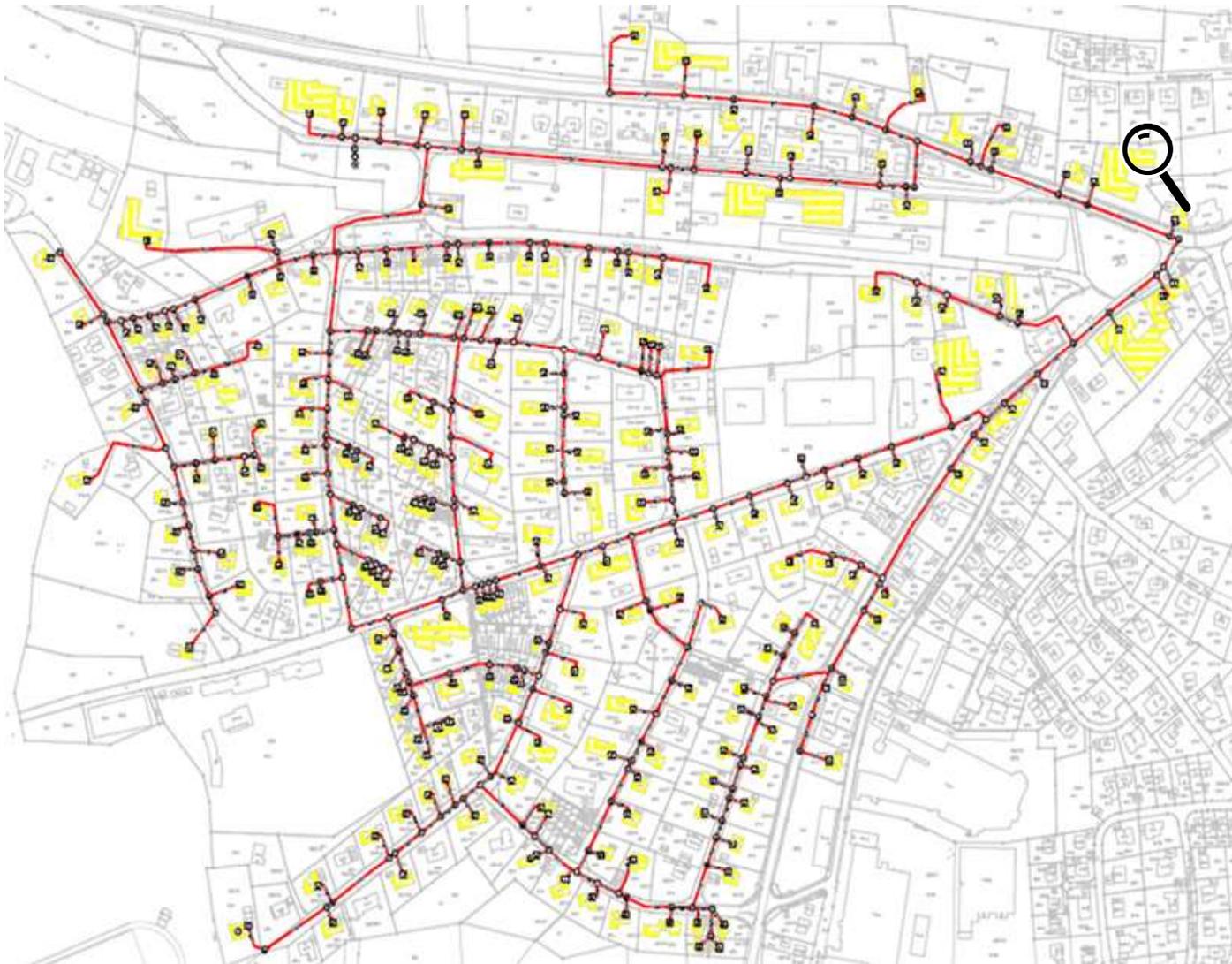
# Indoor Climate and Energy

Object:

Climate File







Drop arm awning

Drop arm awning Generic drop-arm awning

### Drop arm awning

Material  
Generic awning material

Temperature limit

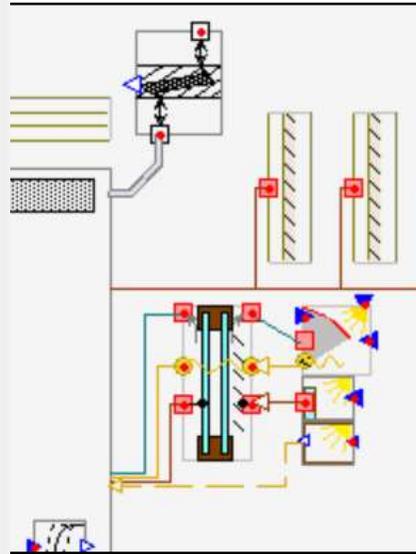
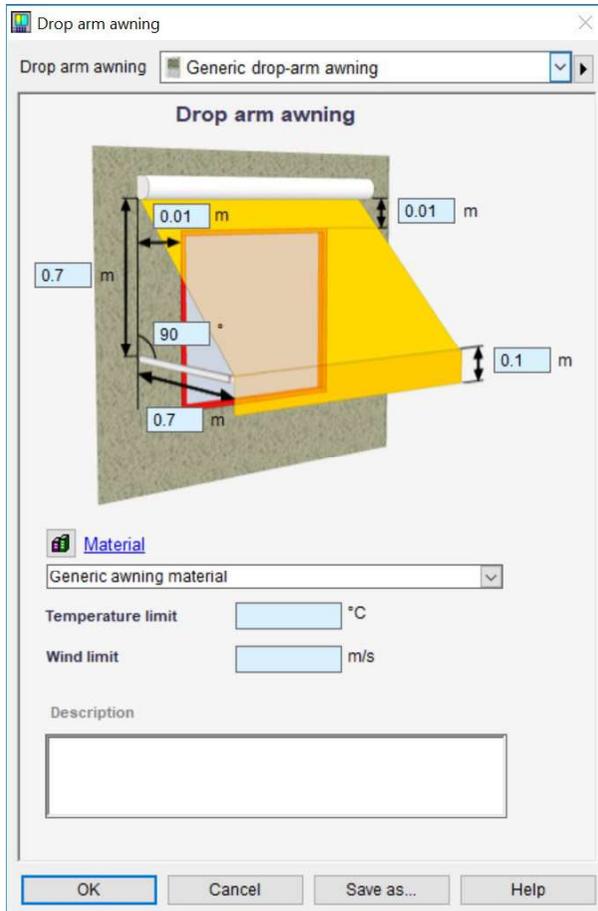
Wind limit

Description

OK Cancel

The image shows a software interface for configuring a drop arm awning. At the top, there's a window title 'Drop arm awning' and a dropdown menu set to 'Generic drop-arm awning'. Below this is a 3D perspective view of the awning, showing its dimensions: a height of 0.01 m, a depth of 0.01 m, a width of 0.7 m, a 90-degree angle, and a distance of 0.7 m from the wall to the start of the drop arm, which ends at a height of 0.1 m. Below the 3D view is a 'Material' section with a dropdown set to 'Generic awning material'. There are checkboxes for 'Temperature limit' and 'Wind limit', both currently unchecked. A 'Description' field is empty. At the bottom of this section are 'OK' and 'Cancel' buttons. To the right of these buttons is a detailed technical diagram of the awning's internal mechanism, showing a motor, gears, and various sensors or actuators connected by wires.

# Detailierungsgrad von Gebäudesimulation



model in building1.Zone

Name	Value	Start	Unit
NCTRL	4		ite..
NTIME	13		ite..
NFIX	17		ite..
NELEV	5		ite..
NSPEC	1		ite..
DIFFUSEMO...	2.0		di...
AWIND	1.8		m2
SLOPEFACE	90.0		Deg
AZIMUTFACE	180.0		Deg
HEIGHTABOV...	0.0		m
TRANSTMIN	6.161		h
TRANSTMNFI...	4.214		h
TSTEP	0.9732		h
ELEVMIN	9.82		Deg
ELEVSTEP	11.72		Deg
WLIMIT	8000.0		m/s
TLIMIT	-273.2		°C
RLIMIT	100.0		W...
DIFSHSKY	0.4066		di...
DIFSHSKYFX	1.0		di...
SPLITDIR[1:1]	{1.0}		di...
SPLITDIFF[1:1]	{1.0}		di...
TRANSFIX[1:5...	{{0.0 0.0 ...		di...
TRANSTOT[1:...	{{0.0 0.0 ...		di...

EQUATIONS

```

TAmb_out := TAmb_in;

AzSun2Face := (Azimut_in+180) - AzimutFace;

CosIncFace := COS(Elev_in * deg2rad) * COS(AzSun2Face * deg2rad) * SIN(slopeFace * deg2rad)
+ SIN(Elev_in * deg2rad) * COS(slopeFace * deg2rad);

AngleIncFace := ACOS(CosIncFace) * rad2deg;

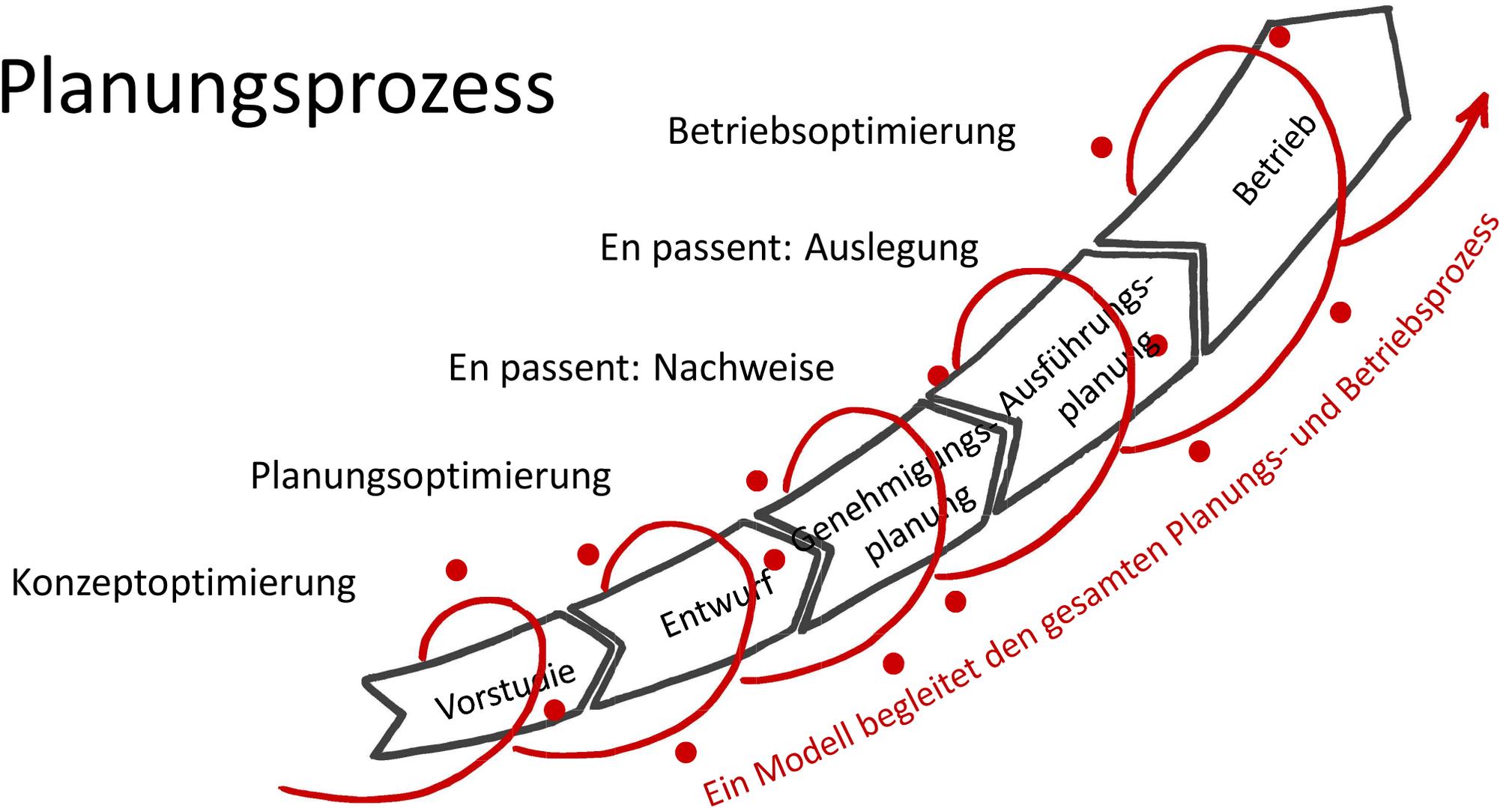
IDir_in:= IF AngleIncFace < 90 THEN
  IDirNorm * CosIncFace
ELSE
  0.0
END_IF;

IDifSkyIn := IF diffuseModel < 1.5 THEN
  /* ASHRAE/Kondratjev model */
  IDifHor * (1 + COS(slopeFace * deg2rad)) / 2
ELSE
  /* Perez model */
  Perez (HeightAboveSea, SlopeFace, Elev_in, AngleIncFace,
  IDifHor, IDirNorm)
END_IF;

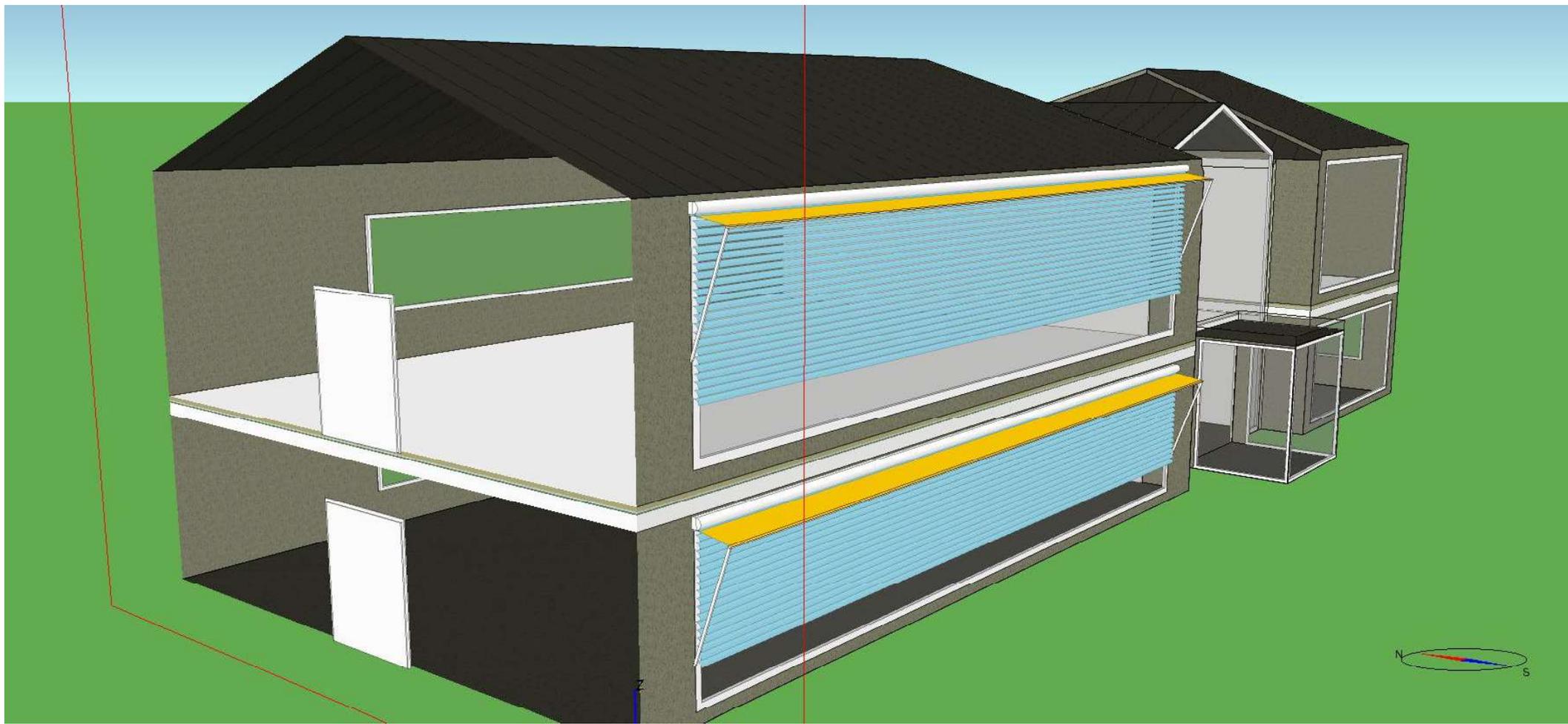
IDifGrdIn := IDifRefl * (1 - COS(slopeFace * deg2rad)) / 2;
/* row number in transparency table (depends in sun elevation) */
iElev := IF nElev==1 THEN 0 ELSE (ElevMax_in - elevMin) / elevStep END_IF;
/* First calculate with controlled shades off (if exist) */
/* If nCtrl=0, the parameters describing "Fixed shades" are non-reliable (for backward
IF nCtrl > 0 THEN
  IF nFix>0 THEN
    iTime := (solTime - transTminFix) / tStep;
    DirectShad := InterpolateShad(transFix[1,1], nFix, nElev, iTime, iElev, 0.0, 0.0)
  ELSE
    DirectShad := 0.0;
  END_IF;
IFix := IDir_in * DirectShad + IDifSkyIn * DifShSkyFx + IDifGrdIn;
ctrl := IF windVel>=wLimit OR TAmb_in<=tLimit OR IFix <= rLimit THEN 0

```

# Planungsprozess



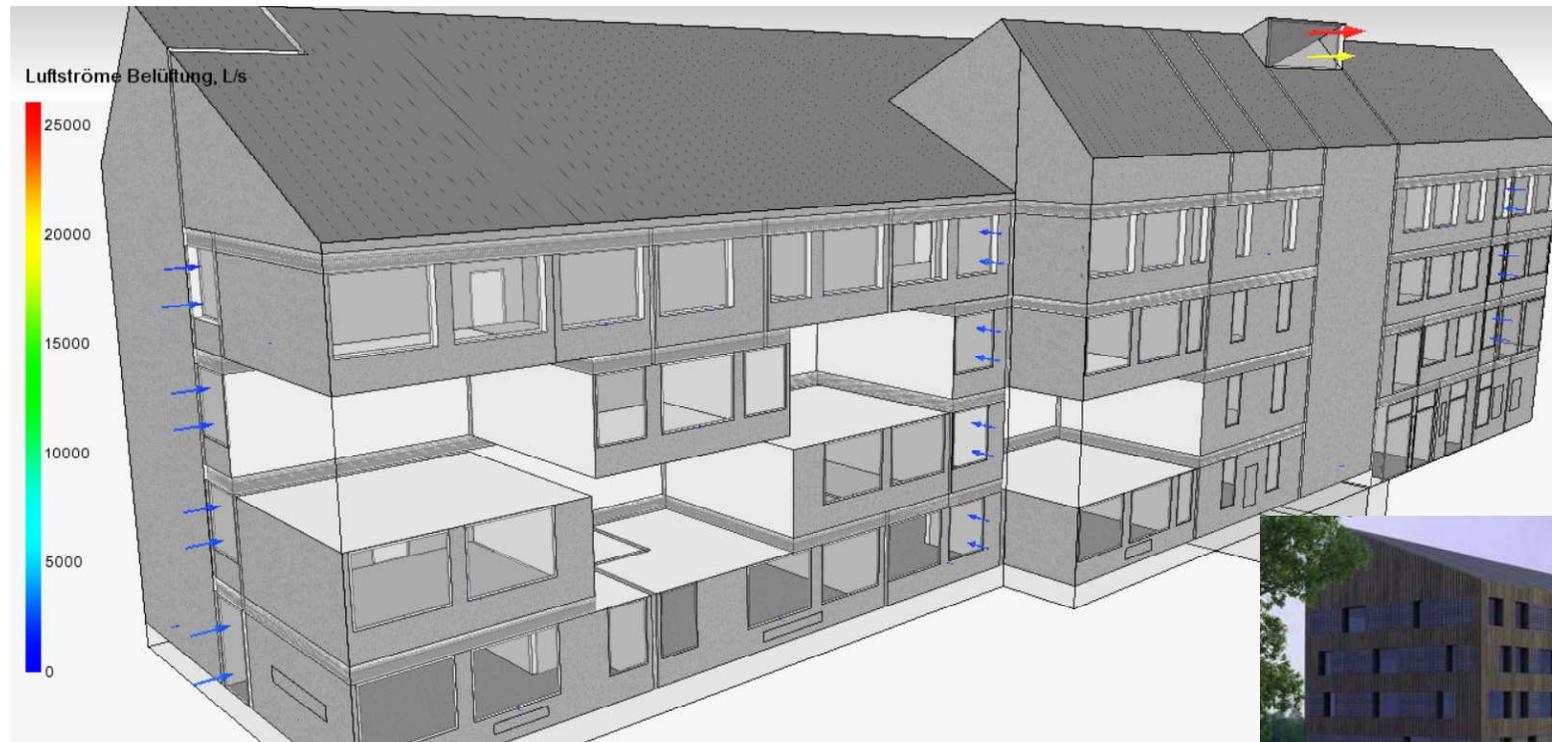
# Konzeptoptimierung



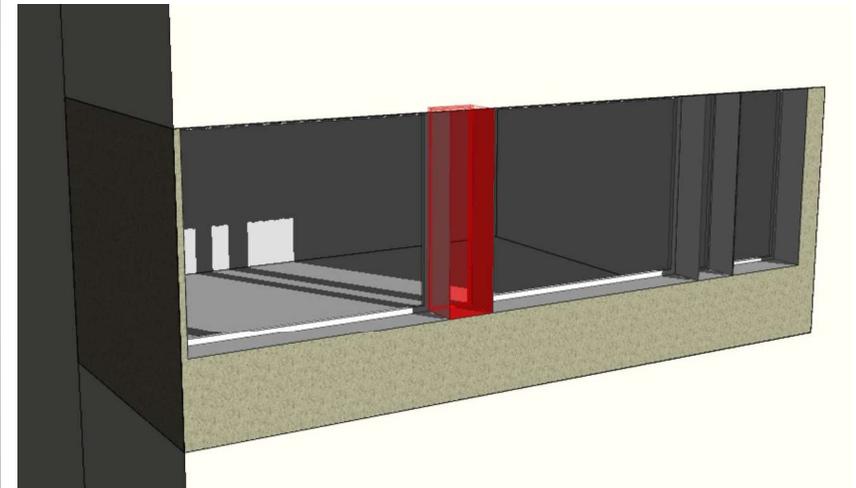
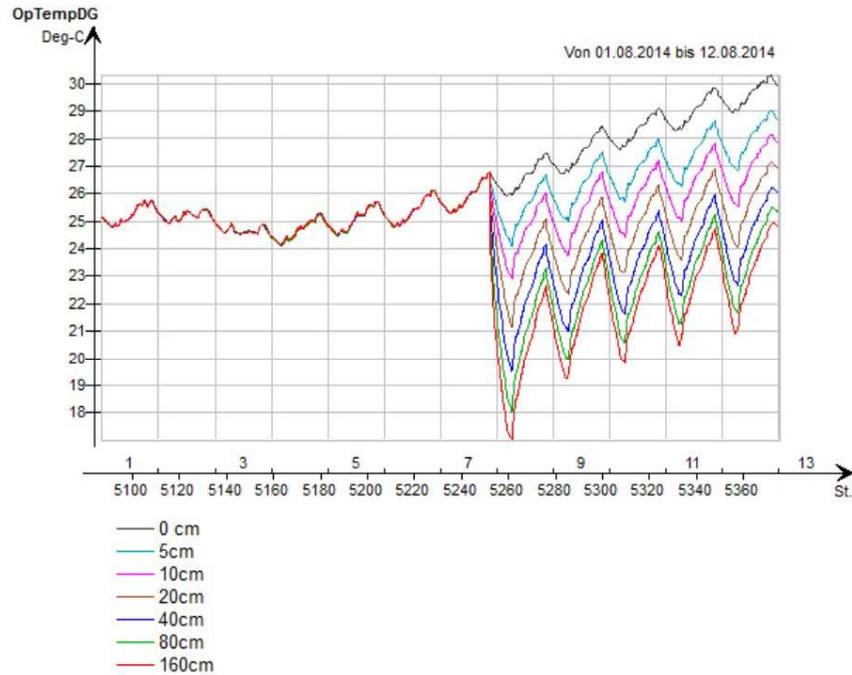
# Planungsoptimierung



# Planungsoptimierung



# Spaltbreite Nachtlüftung?



# Das Nebenprodukt «Nachweis»

Klimadaten

Station SIA 2028  Grenzwert Wind für Sonnenschutz  m/s  
Höhe Sensor  m über dem Dach

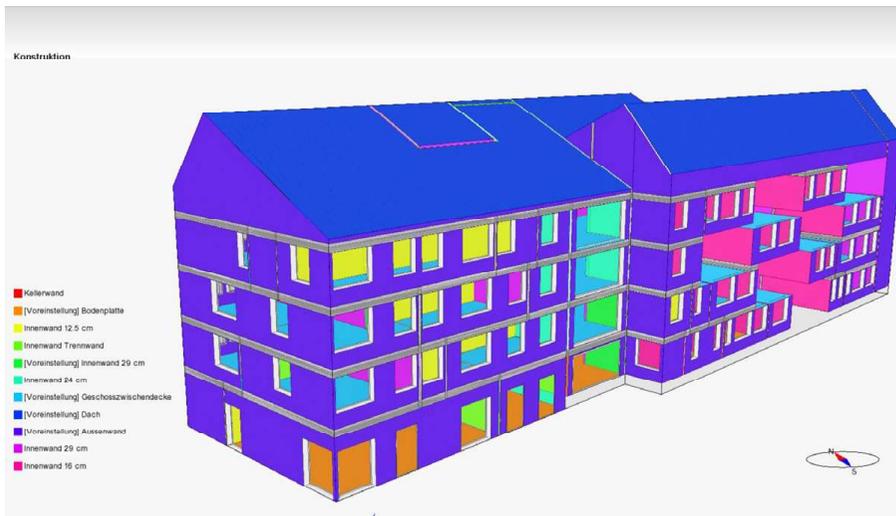
Sommerliche Überhitzung SIA 180 - C.1 Sollwert für Belüftungsregelung  °C

Zusätzliche Eingaben für SIA 180 – C.1

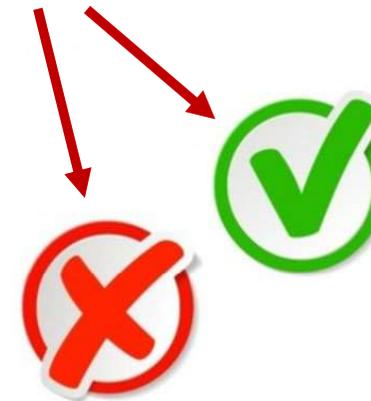
Vorschriften für das Nachweismodell:

- Wetterdaten
- Lüftung
- Keine Heizung/Kühlung
- Regelung Lüftung und Sonnenschutz

Geometrie + Konstruktionen



Nachweismodell

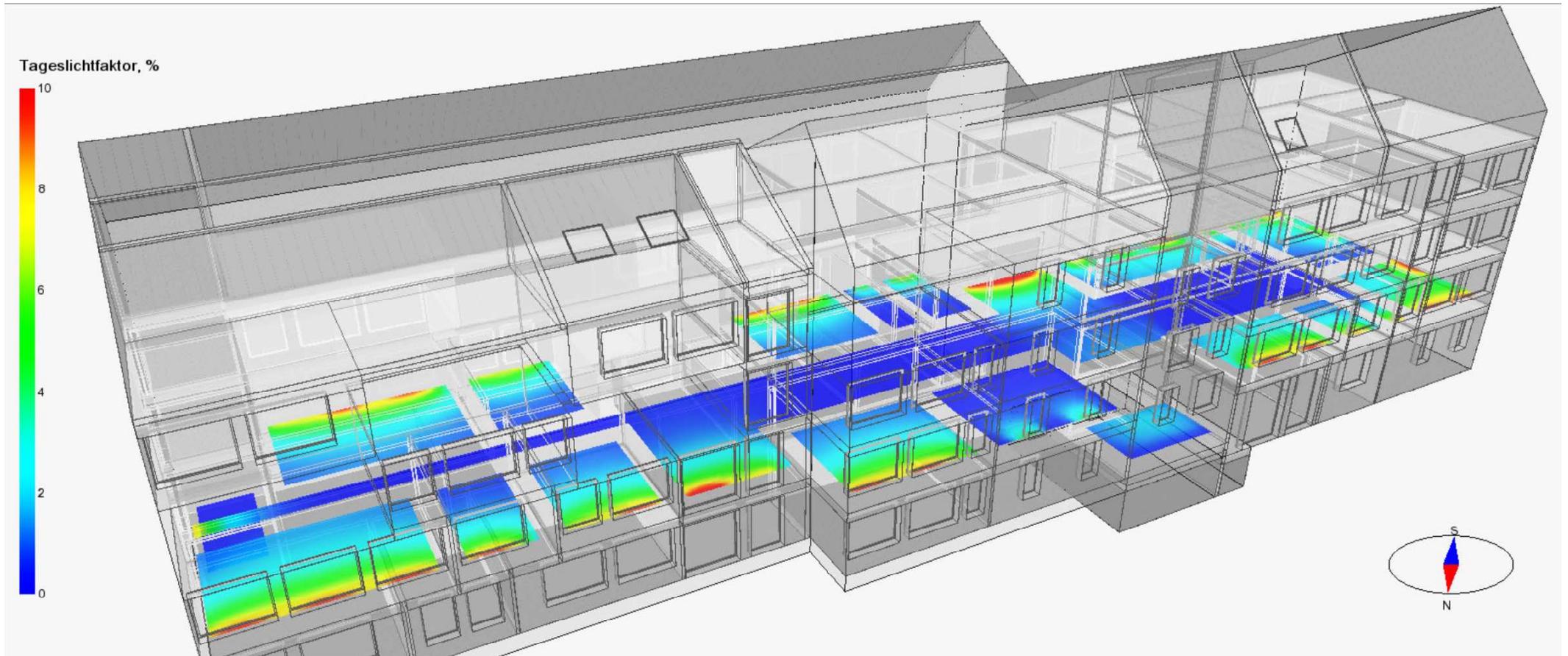


# Das Nebenprodukt «Nachweis»

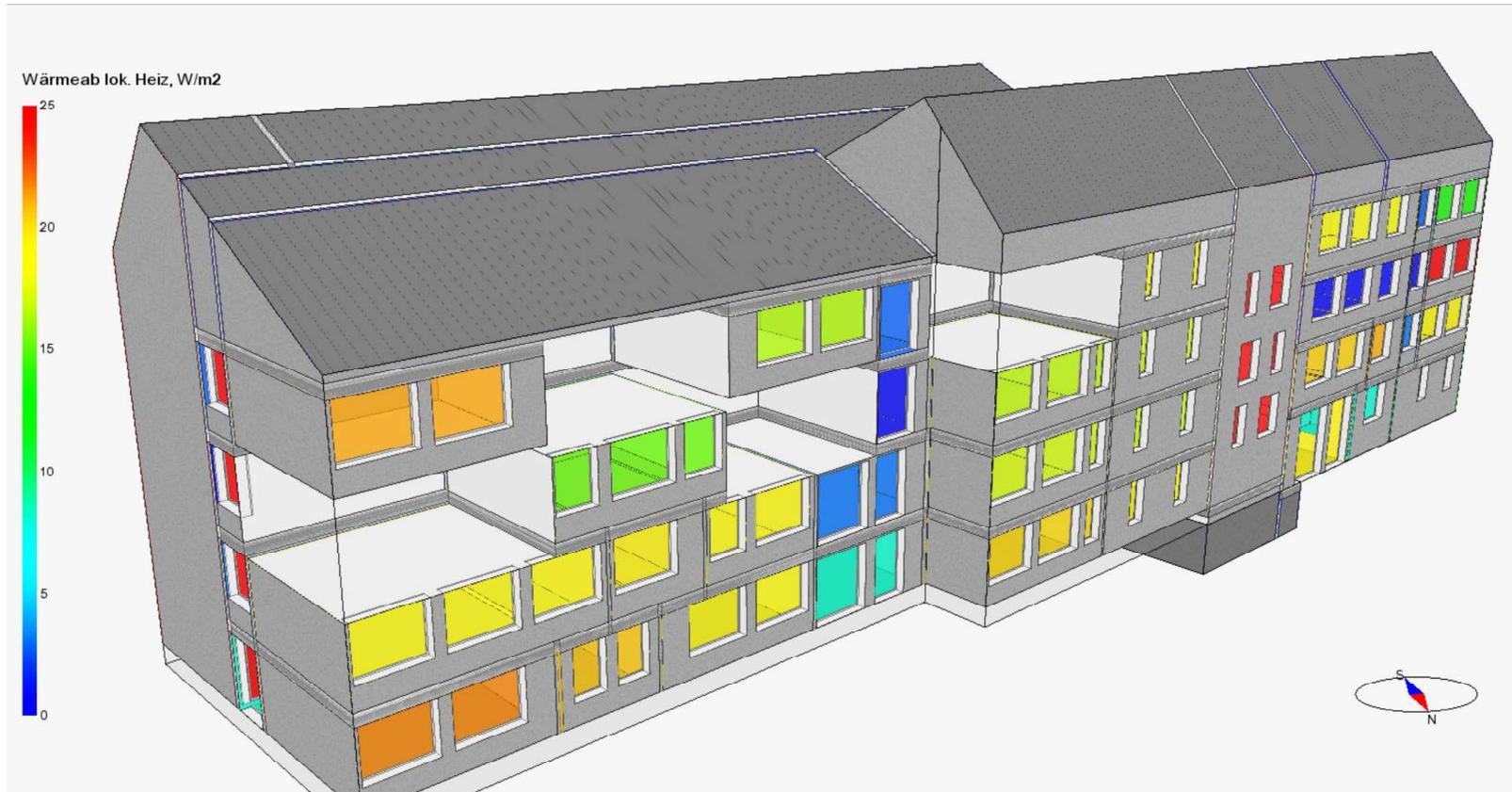
The screenshot displays the SHLux software interface. The main window shows a 3D model of a building with a color scale on the left indicating temperature values from 0 to 500. The title bar reads 'SHLux\_Mod04a: R:\10\_Projekte\P18002\_IBN-Ettelbrück\Simulationen\Modelle\SHLux\_Mod04a.idm'. The menu bar includes 'Allgemein', 'SIA', 'Schema', 'Geschossplan', '3D', 'Simulation', 'Tageslicht', 'CFD', 'Gliederung', 'Zusammenfassung', and 'Details'. The main panel is titled '4108-2 Übertemp gradstd, h.Deg-C'. A settings panel is open, showing 'Grundeinstellungen' with 'Nutzungstyp' set to 'Nicht-Wohngebäude' and 'Sommerklimaerregion' set to 'Region B'. The 'Passive Kühlung' section includes options for 'Ideales Kühlelement', 'Kühlen Bauteil', and 'Adiabates Kühlelement'. The 'Modellerzeugung/Simulation' section has buttons for 'Simuliere DIN4108-2 Modell' and 'Erzeuge DIN4108-2 Modell'. A table below the settings panel lists building components with their properties.

Name	Gruppe	Nutzungstyp	Nachtlüftung	Lüftungsrate für Nachtlüftung [1/h]	Regelung Sonnenschutz	Ideales Kühlelement	Kühlen Bauteil	Adiabates Kühlelement
03.402_Range...	Neben...	Nicht-Wohngebäude	Keine	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.112-113_2xL...	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Kein Sonnenschutz	Nein	Nein	N/A
03.121_Prepar...	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.110_PetitGr...	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Nicht-automatisch	Nein	Nein	N/A
03.120_Prepar...	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.111_LaboSc...	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	Keine	N/A	Benutzerdefiniert	Nein	Nein	N/A
03.101_SalleD...	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.30x_Sanitär	WC, S...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.00x_CouloirA	Verkeh...	Nicht-Wohngebäude	Keine	N/A	Nicht-automatisch	Nein	Nein	N/A
03.403_Range...	Neben...	Nicht-Wohngebäude	Keine	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.201_Bureau...	Admini...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Automatisch	Nein	Nein	N/A
03.114_SalleD...	Neben...	Nicht-Wohngebäude	über Fenster geschossübergreifend	N/A	Benutzerdefiniert	Nein	Nein	N/A
03.404_Range...	Neben...	Nicht-Wohngebäude	Keine	N/A	Nicht-automatisch	Nein	Nein	N/A
03.203_Cabine	Schulb...	Nicht-Wohngebäude	Keine	N/A	Nicht-automatisch	Nein	Nein	N/A

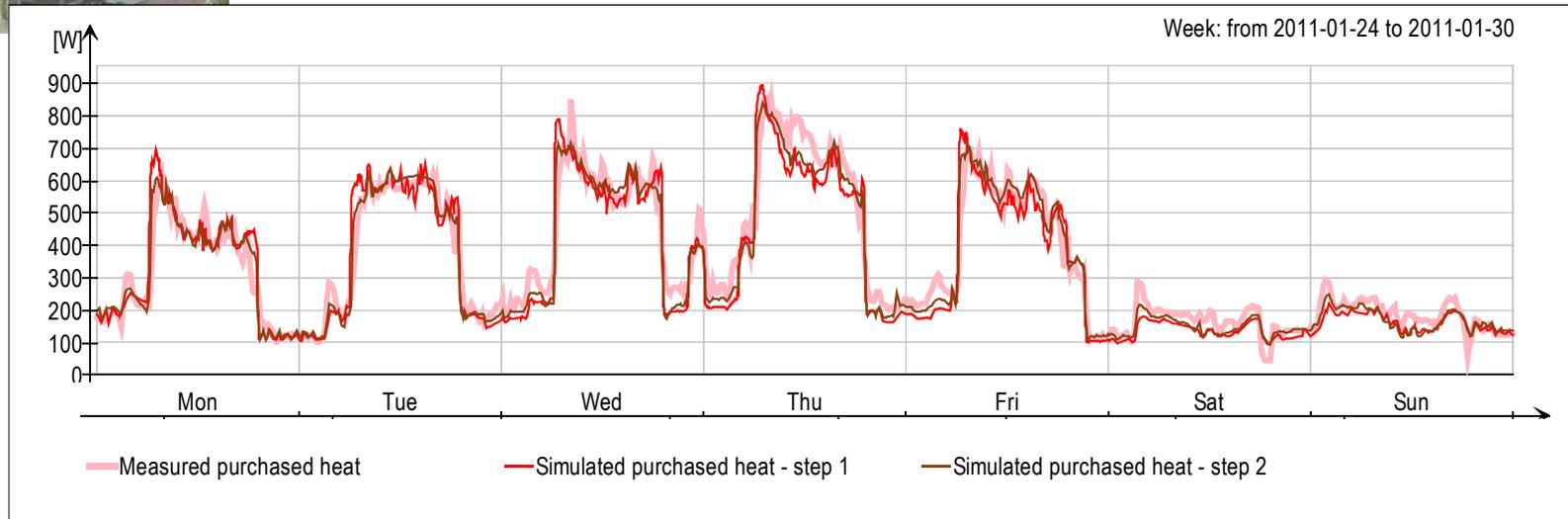
# Tageslichtbewertungen



# Das Nebenprodukt «Auslegung»



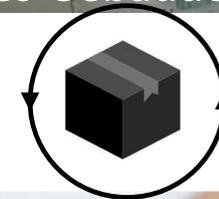
# Betriebsoptimierung



# Heute üblich:



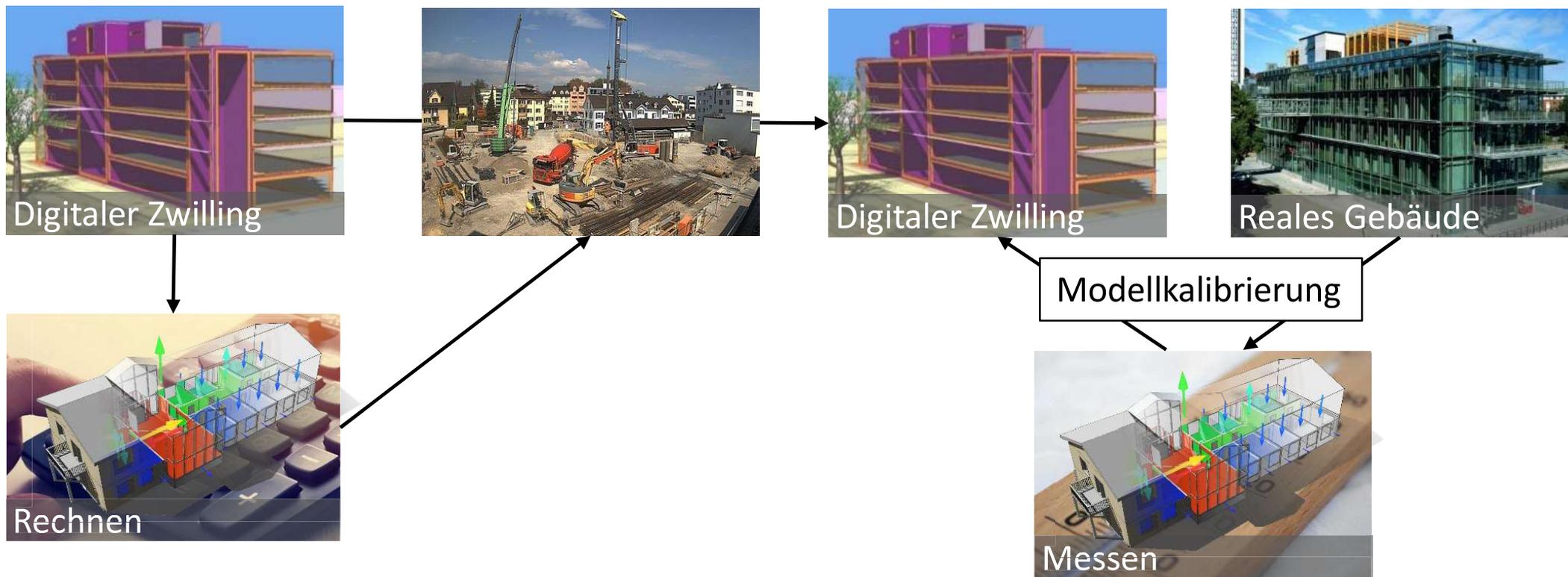
# Heute möglich:



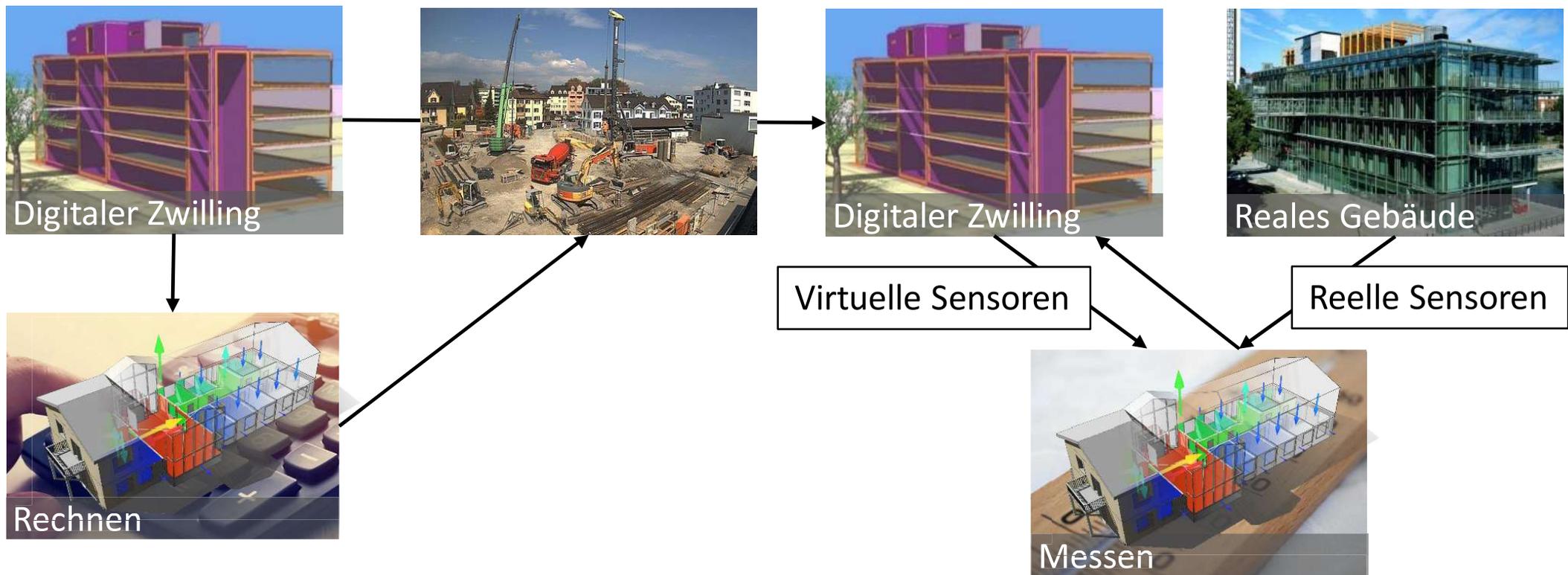
Gebäudemonitoring



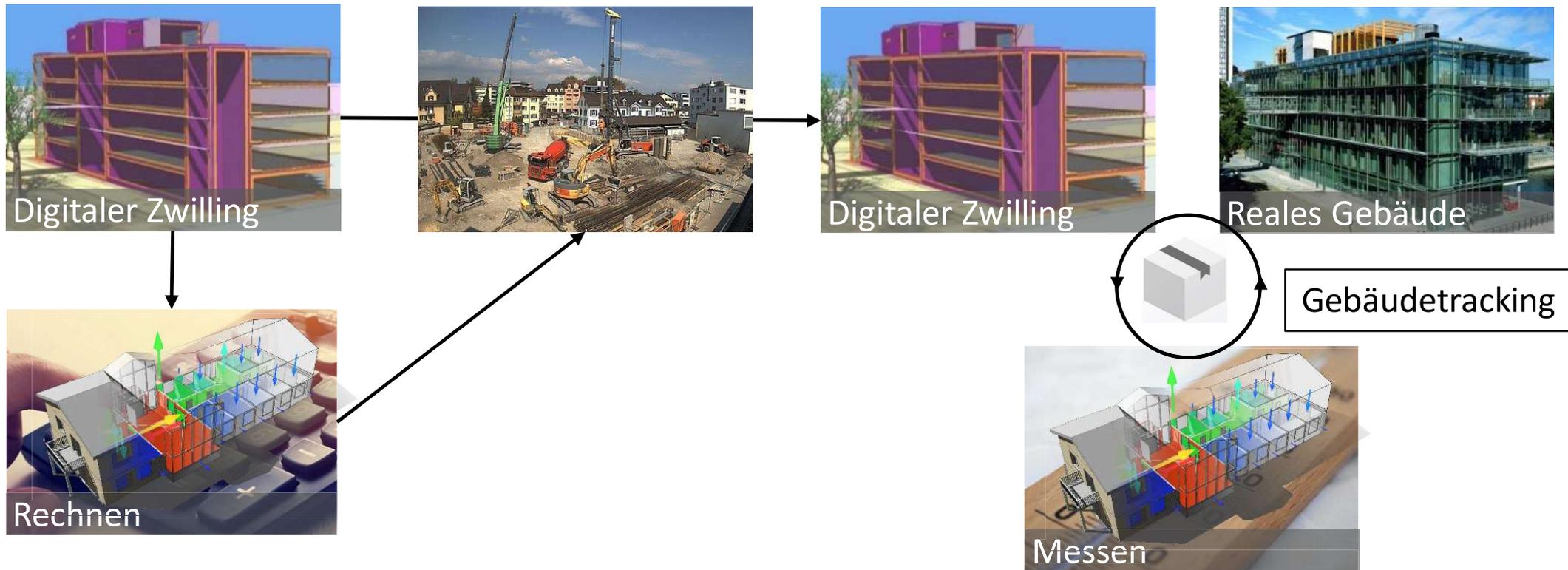
# Morgen möglich (Step 1):

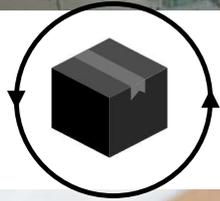


# Morgen möglich (Step 2):

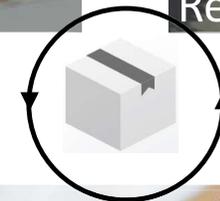


# Morgen möglich (Step 3):



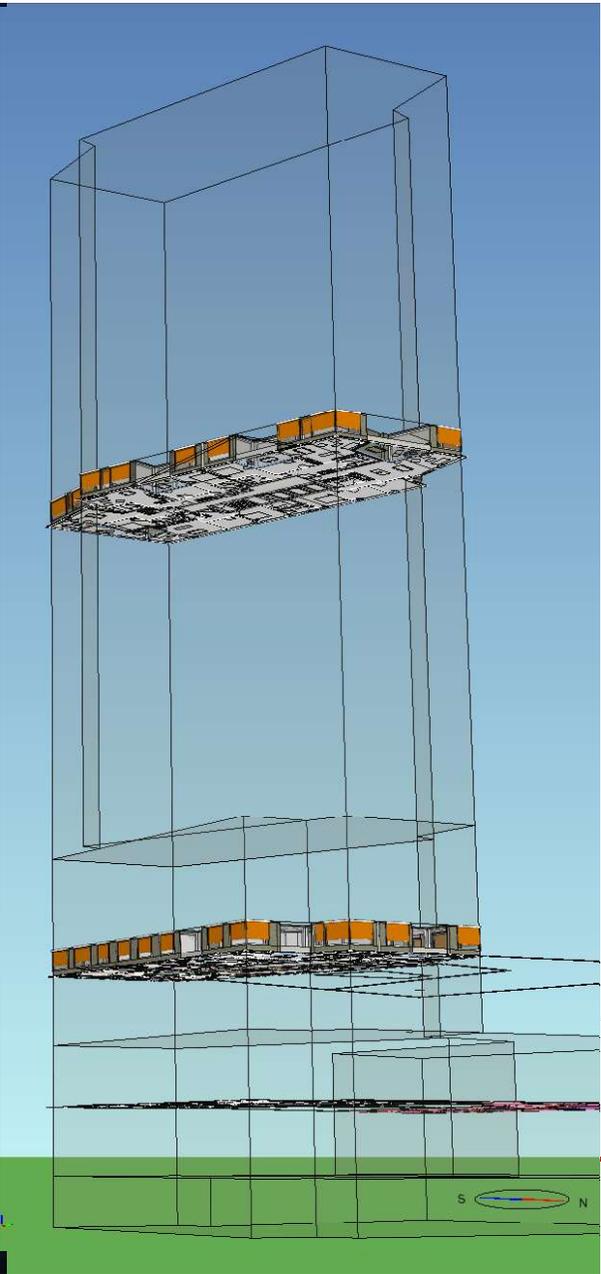


Gebäudemonitoring



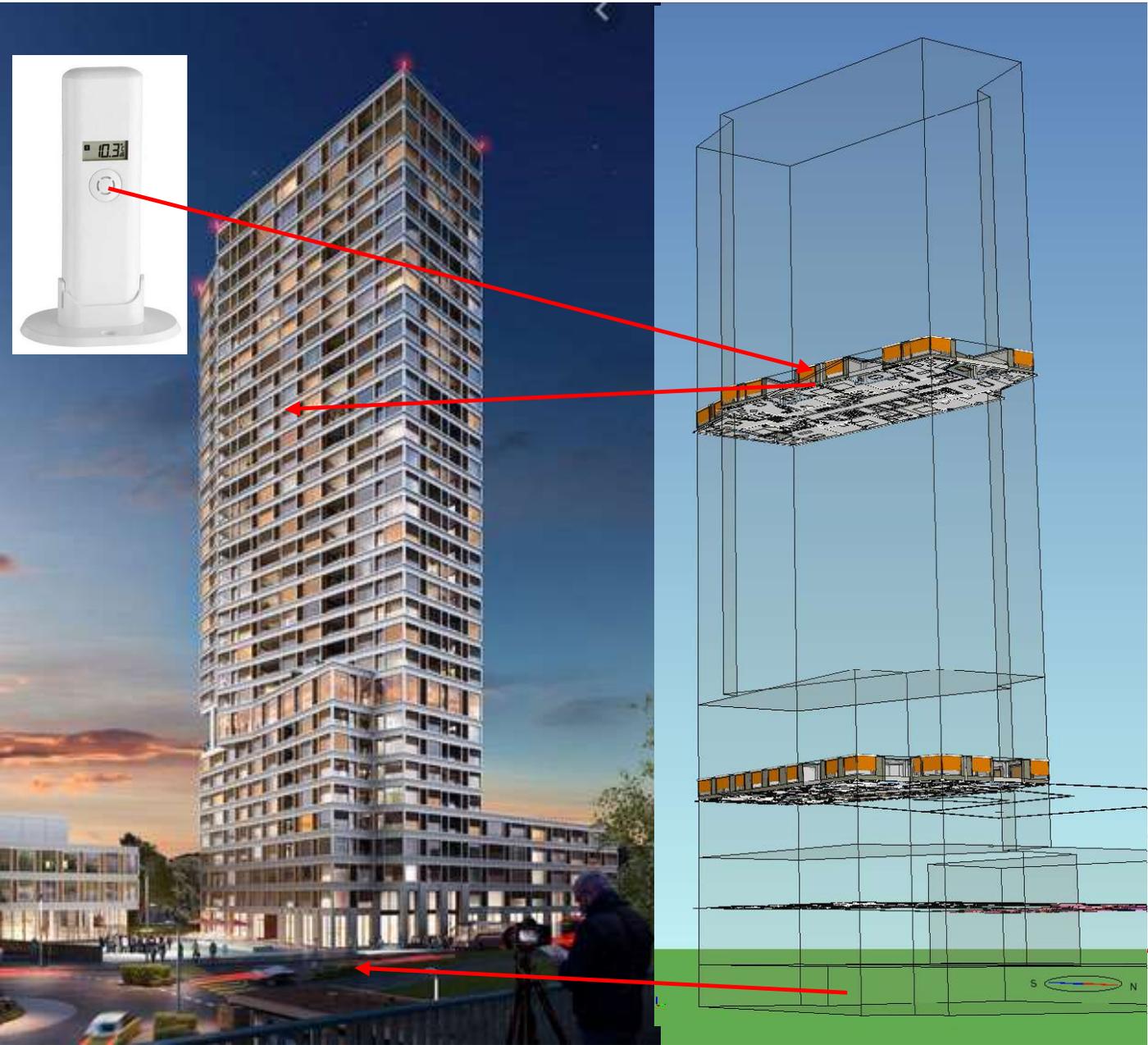
Gebäudetracking







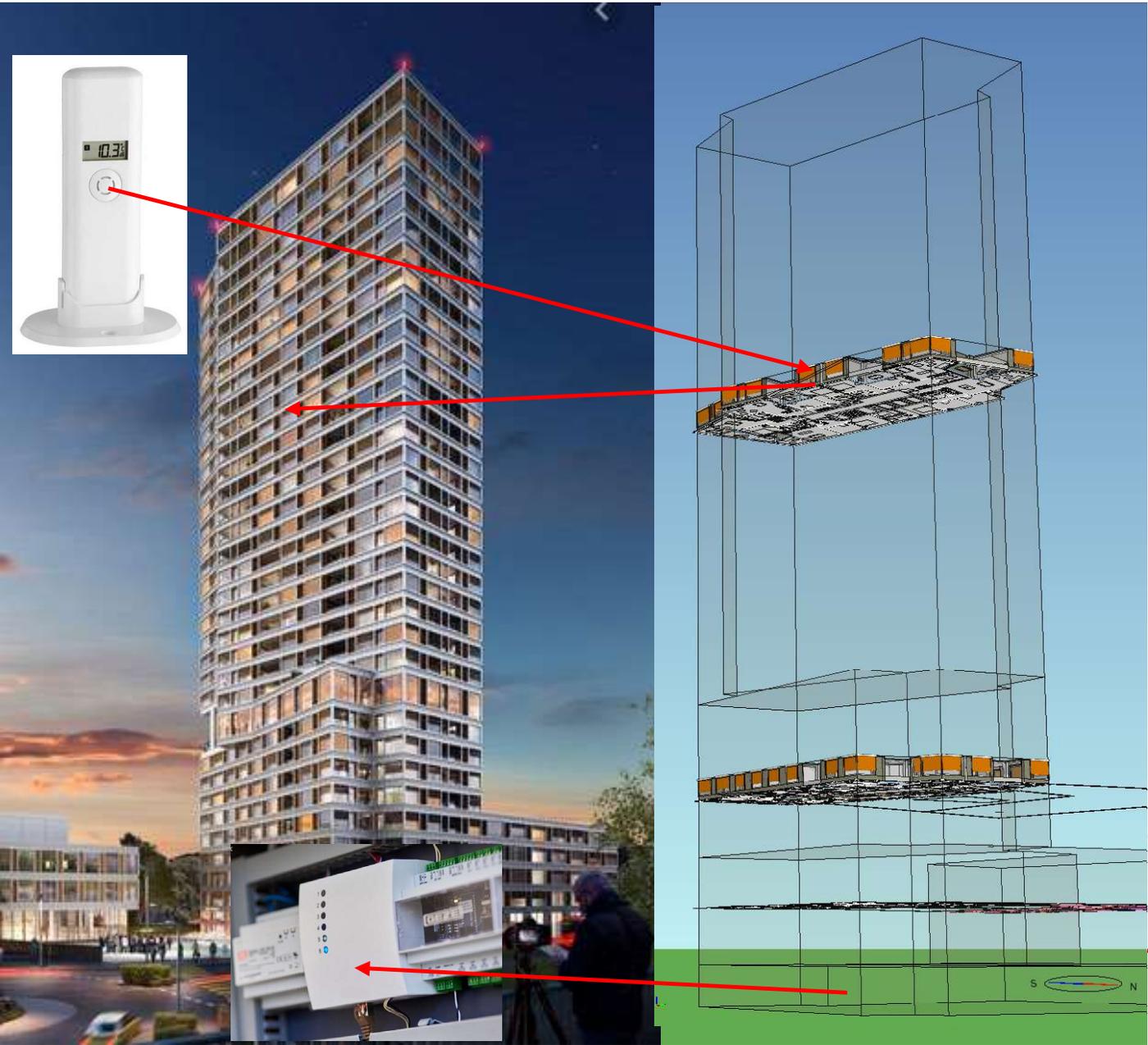
Reelle Sensoren  
(z.B. Lufttemperatur)



Wohnung Nordost

Reelle Sensoren  
(z.B. Lufttemperatur)

Virtuelle Sensoren  
(z.B. Bodentemperatur)

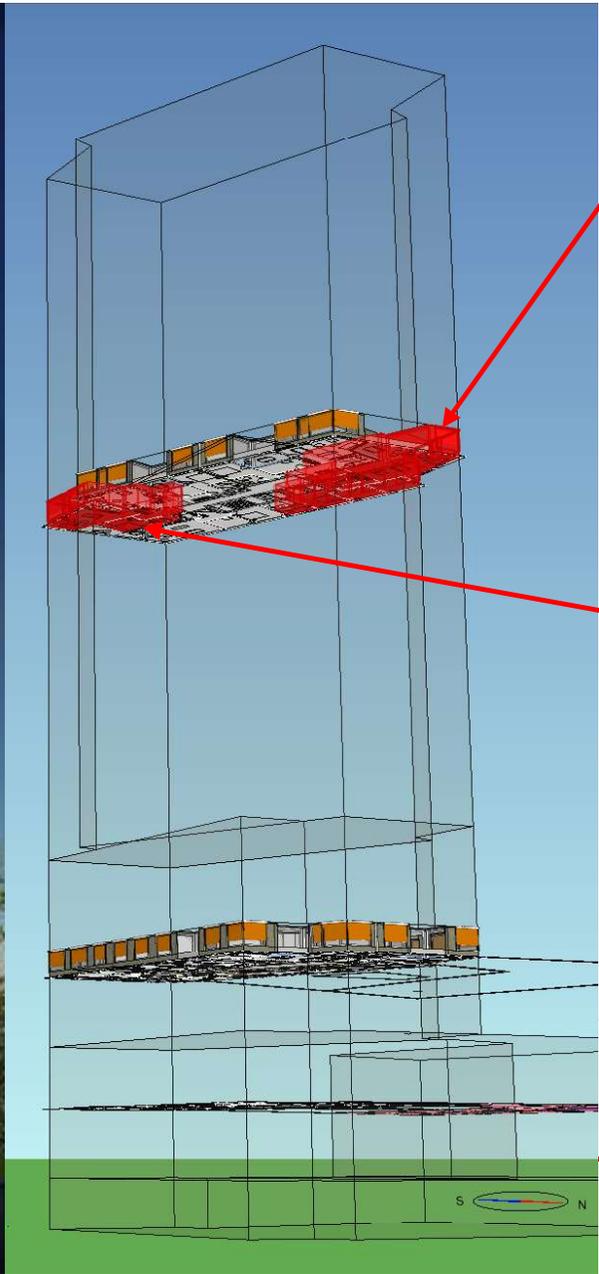


Wohnung Nordost

Reelle Sensoren  
(z.B. Lufttemperatur)

Virtuelle Sensoren  
(z.B. Bodentemperatur)

Optimierte Regelparameter  
(z.B. Vorlauftemperatur)



Wohnung Nordost

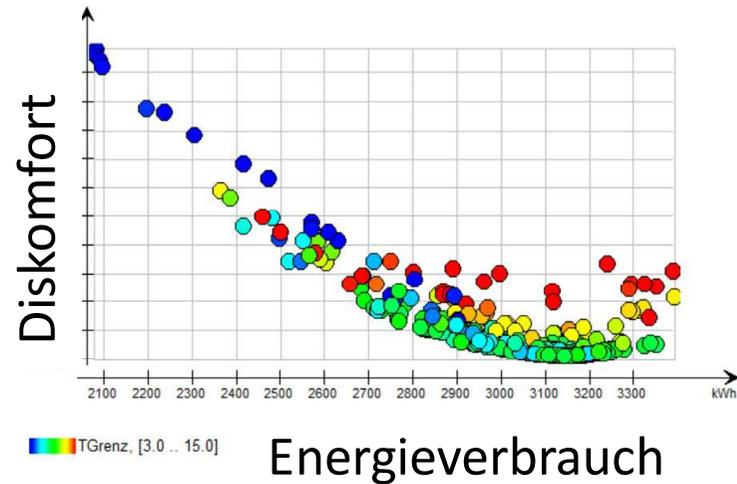


Wohnung Südwest

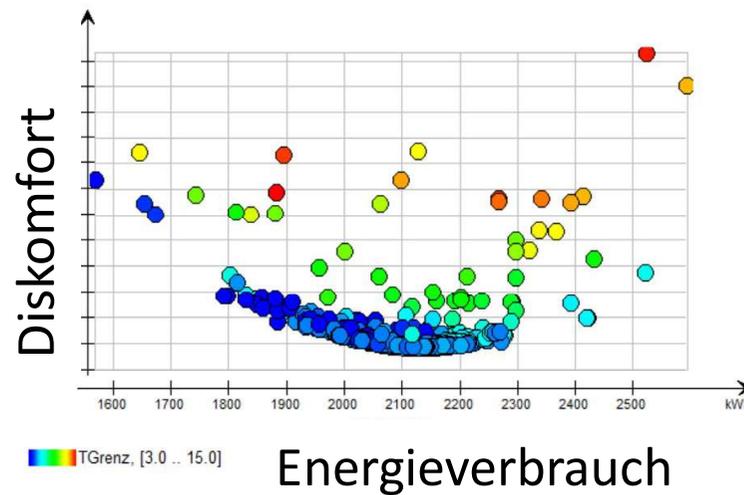


Heizgrenze:

- Nordost: 8.0 °C
- Südwest: 4.6 °C

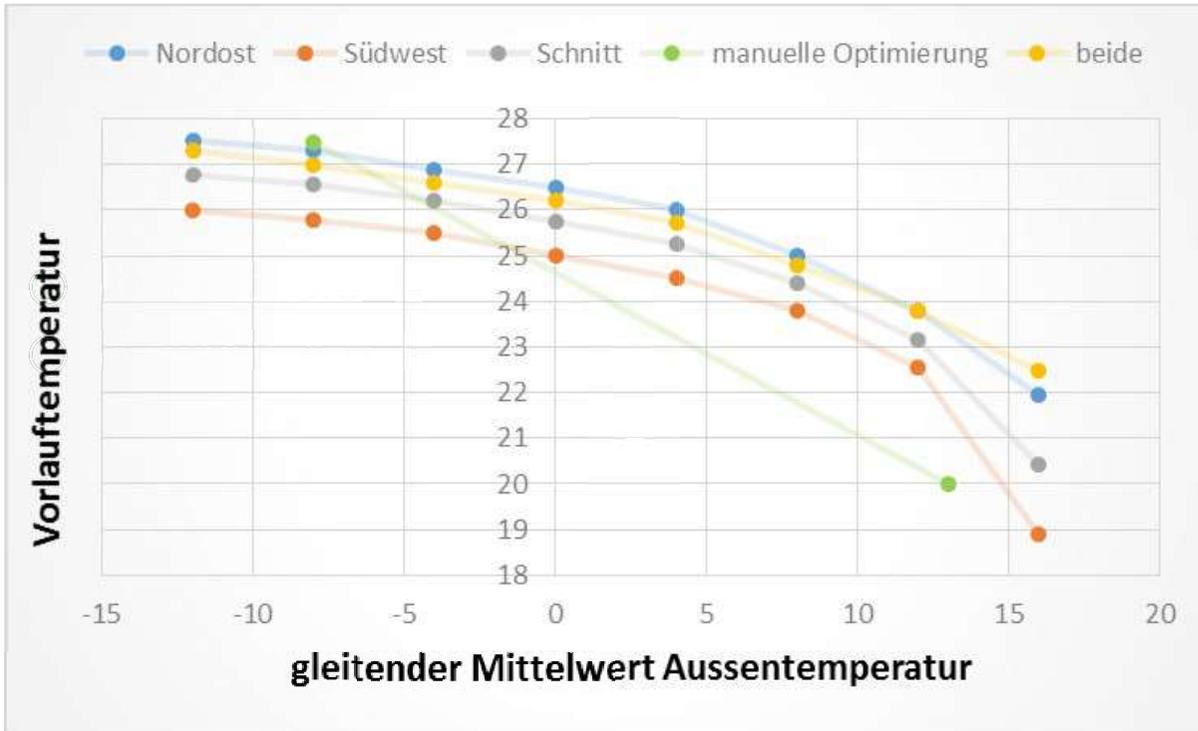


### Wohnung Nordost



### Wohnung Südwest





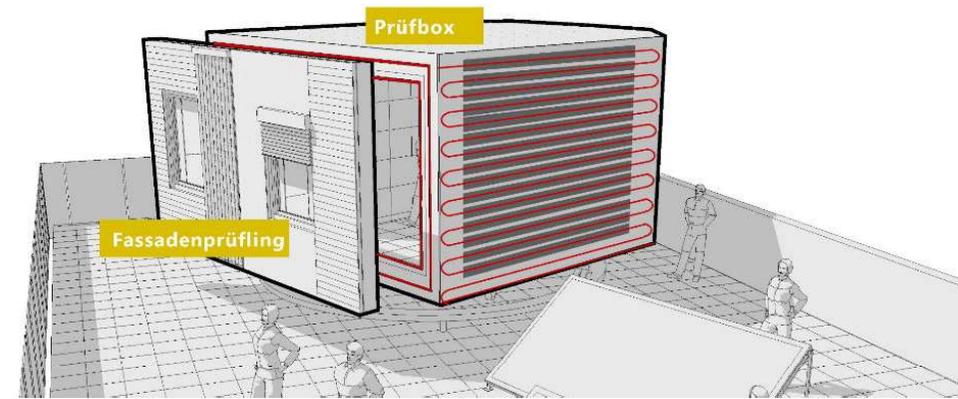
## Wohnung Nordost



## Wohnung Südwest

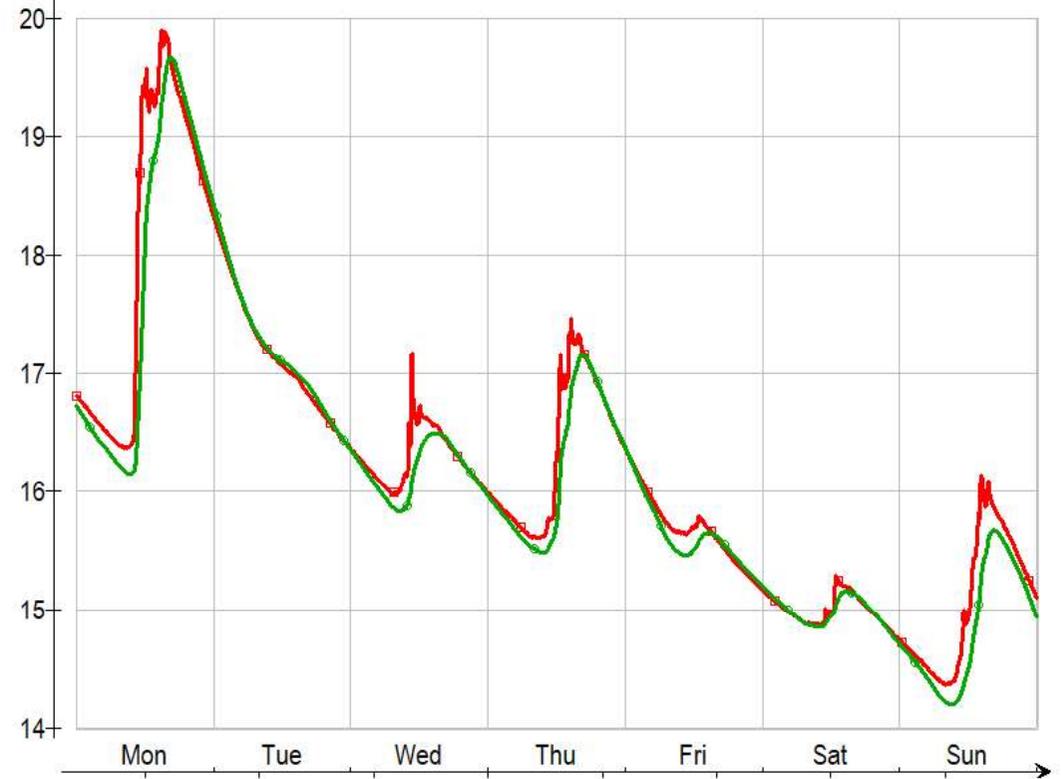


Massestromdichte  
 Nordost  $17 \text{ g}/(\text{s m}^2)$   
 Südwest  $2.5 \text{ g}/(\text{s m}^2)$   
 Energieverbrauch



Mittlere  
Raumluft-  
temperatur  
(°C)

Week: from 2019-11-04 to 2019-11-10



—■— Messung

—◆— Simulation



Quelle: Projekt Arrowhead Tools

**Live & Online.**

**Aktuelles Bauwissen aus erster Hand.**