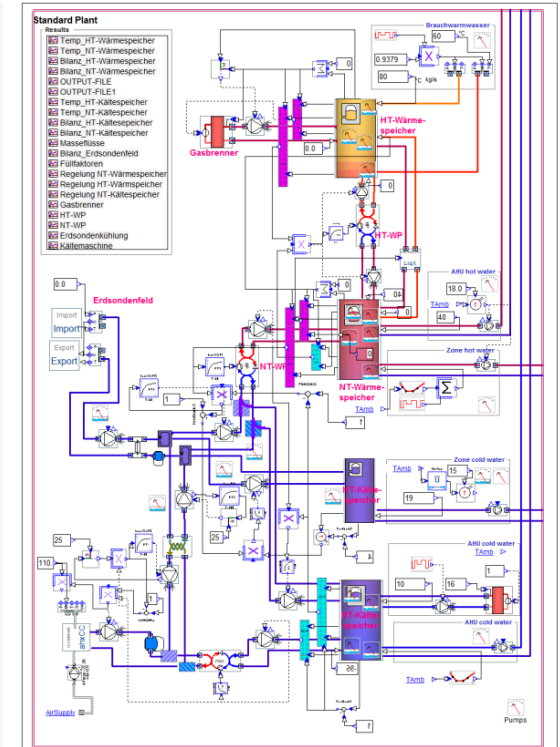


Simulation grosser Modelle

EQUA Fachtag Gebäudesimulation

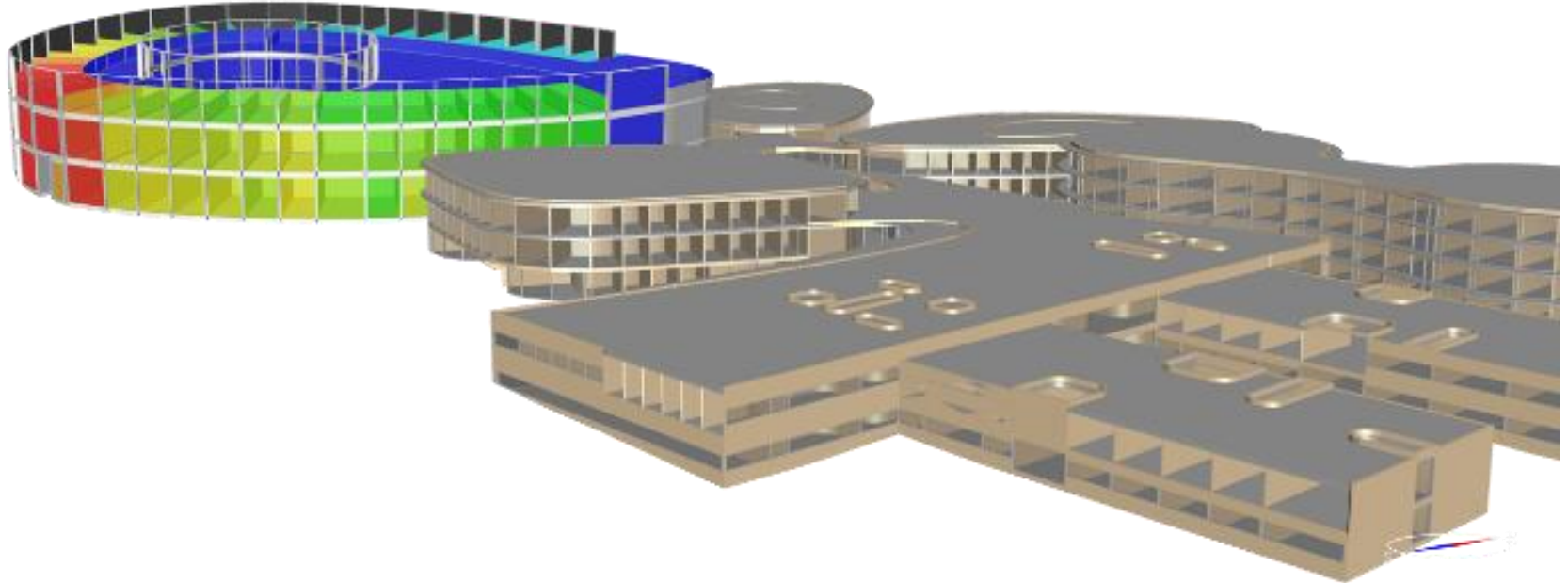
06.04.2016

1. Grosses Bauvorhaben



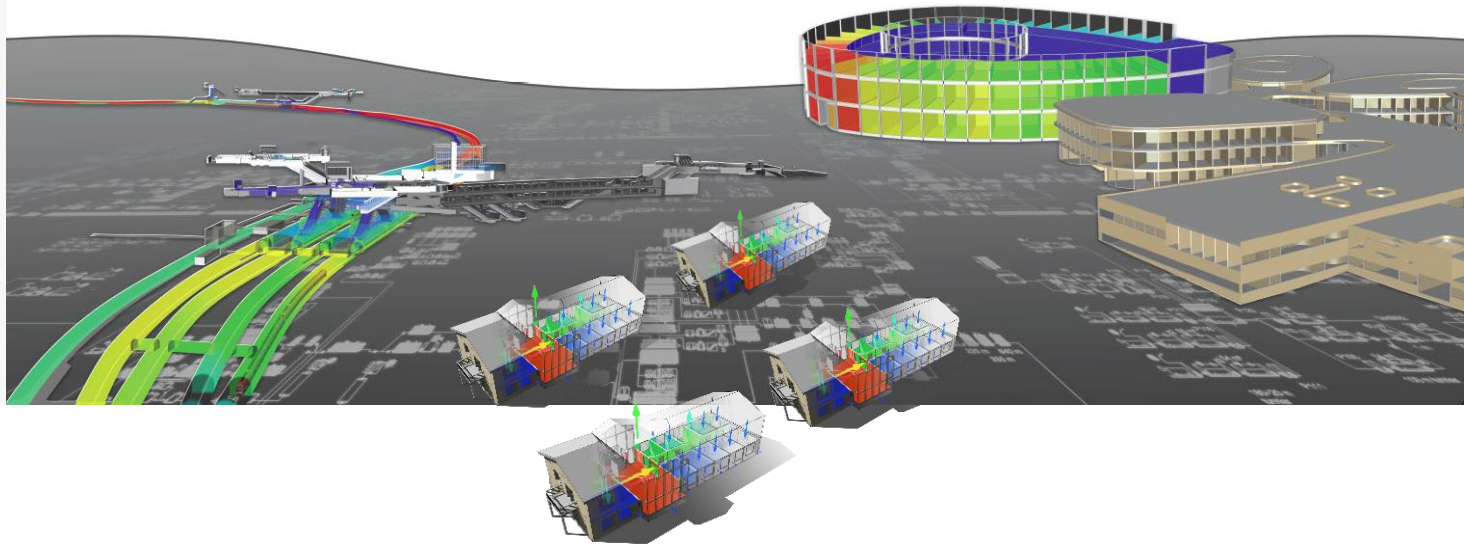
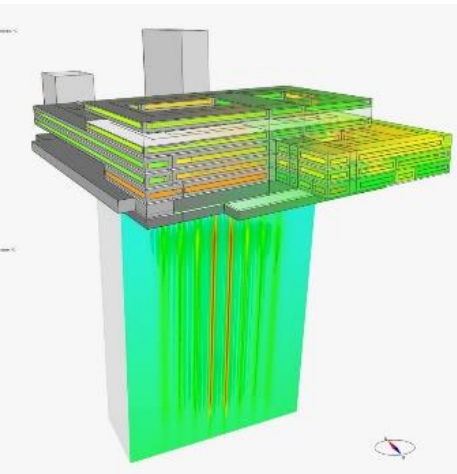
Lange Rechenzeiten ...

2. (Zu) detaillierte BIM-Modelle



Lange Rechenzeiten ...

3. Simulation von thermischen Arealnetzwerken



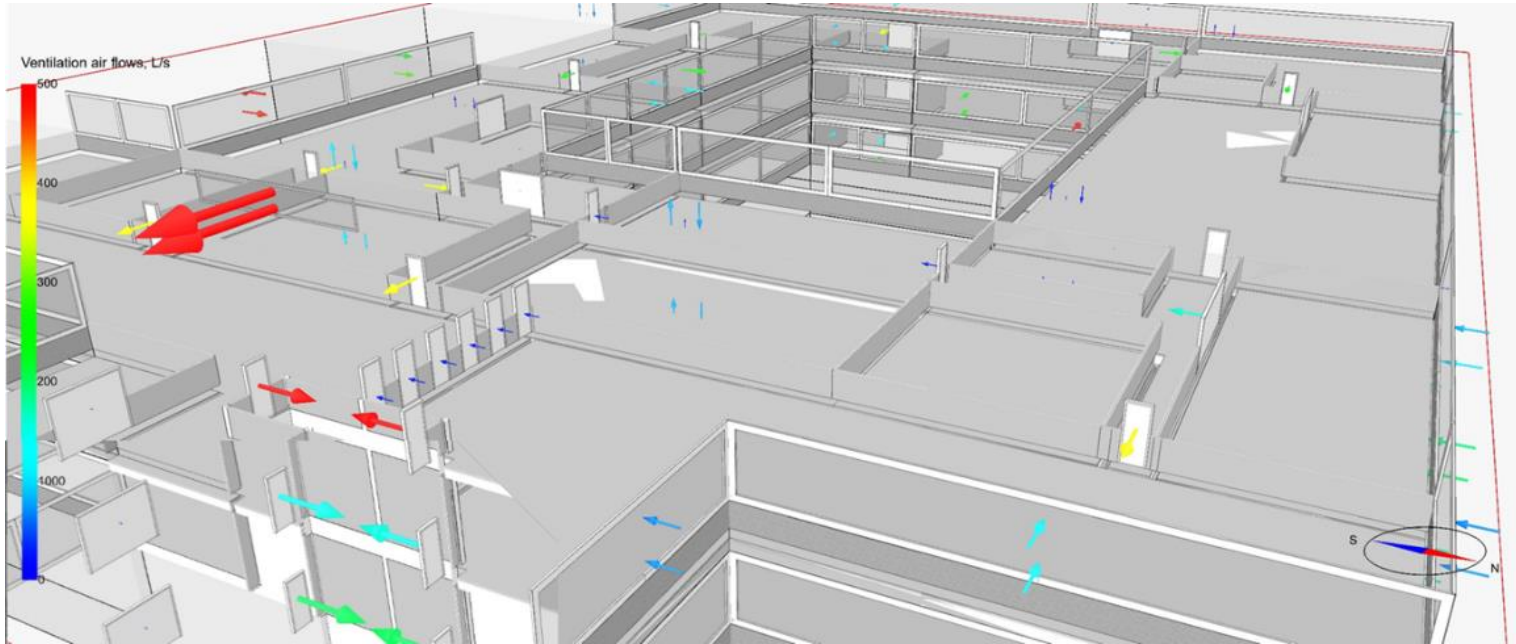
Lange Rechenzeiten ...

4. Automatisierte Optimierung

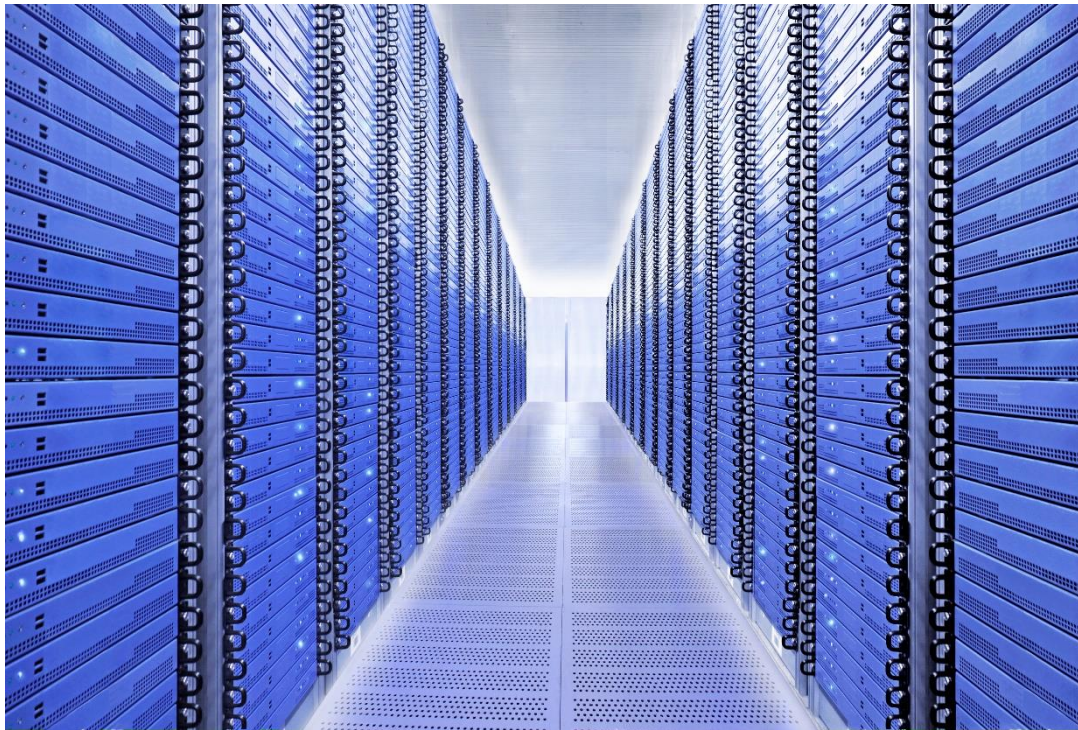


Lange Rechenzeiten ...

5. Druck-induzierter Luftaustausch



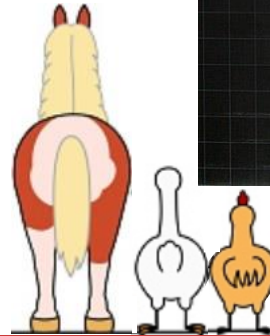
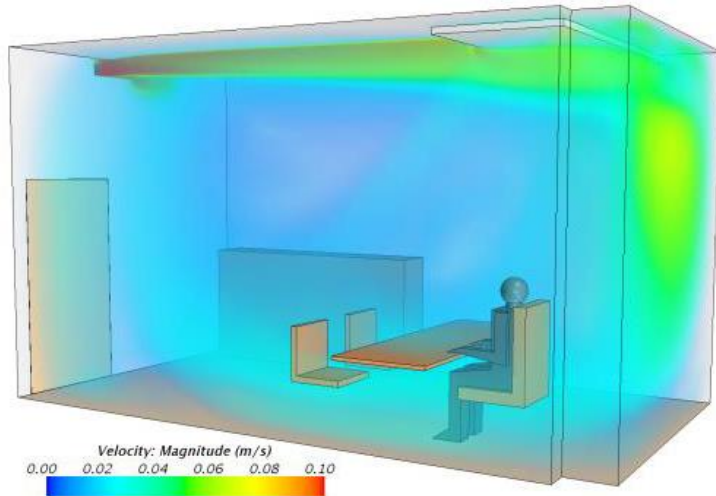
Heutige technische Möglichkeiten



- PCs mit 12 und mehr Cores zu erschwinglichen Preisen.
- Rechenleistung kann von grossen Rechenzentren zu einem Preis von weniger als 10 Cents pro Core und Stunde gemietet werden.

Parallelisierung bei linearen Gleichungssystemen

- Grosse einfache (lineare) Gleichungssysteme können von mehreren Cores im Parallelprocessing gelöst werden.

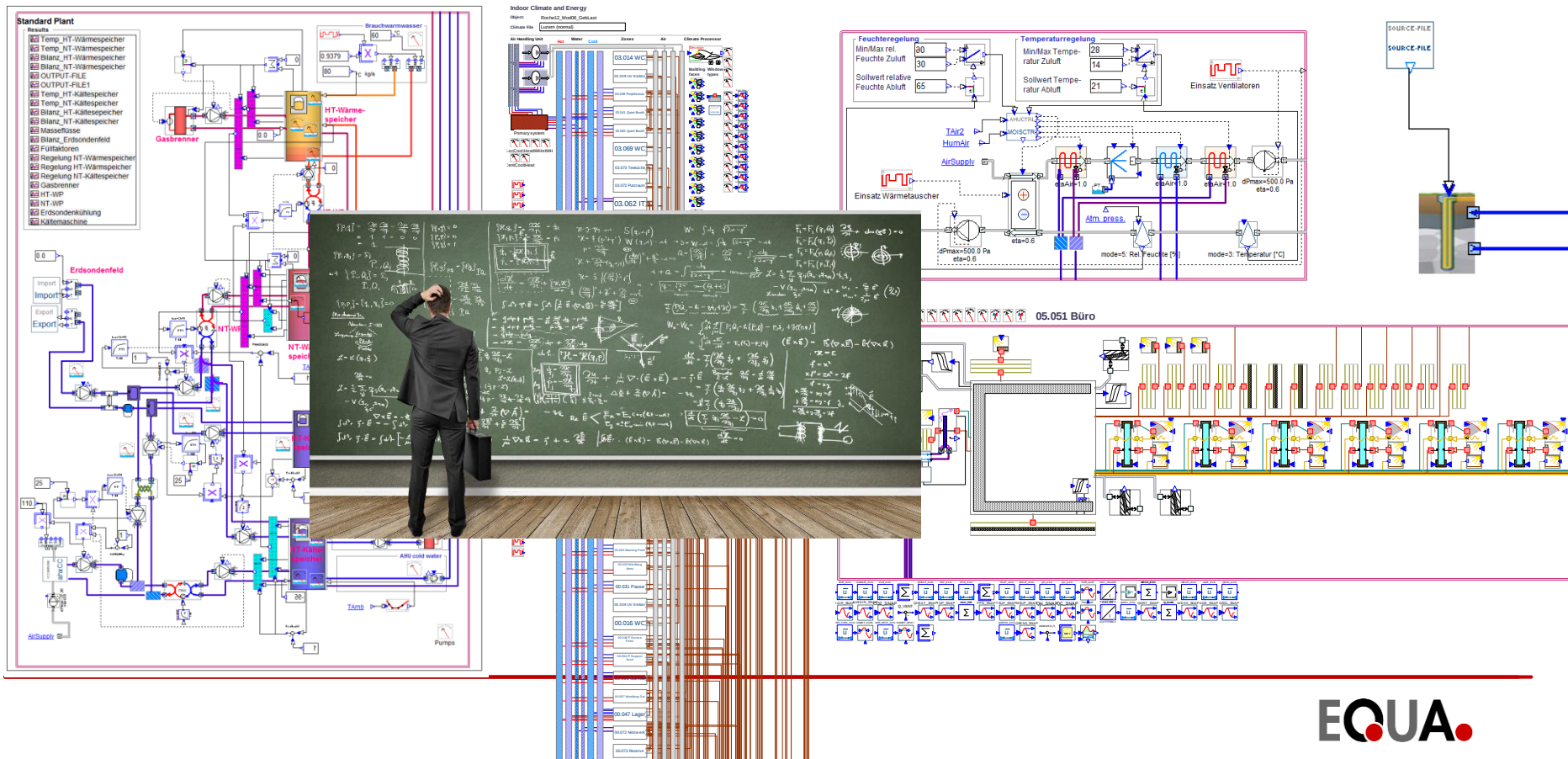


$$\begin{array}{lcl} \text{Anz. Hühner} & : & h = (2x) = 24 \\ \text{Anz. Gänse} & : & g = (x) = 12 \\ \text{Anz. Pferde} & : & p = (76 - 3x) = 40 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} h \\ g \\ p \end{array}} \right\} 76$$

$$\begin{array}{rcl} 2h + 2g + 4p & = & 232 \\ 2(2x) + 2(x) + 4(76 - 3x) & = & 232 \\ 4x + 2x + 304 - 12x & = & 232 \\ 304 - 6x & = & 232 \\ 304 & = & 232 + 6x \\ 72 & = & 6x \\ 12 & = & x \end{array}$$

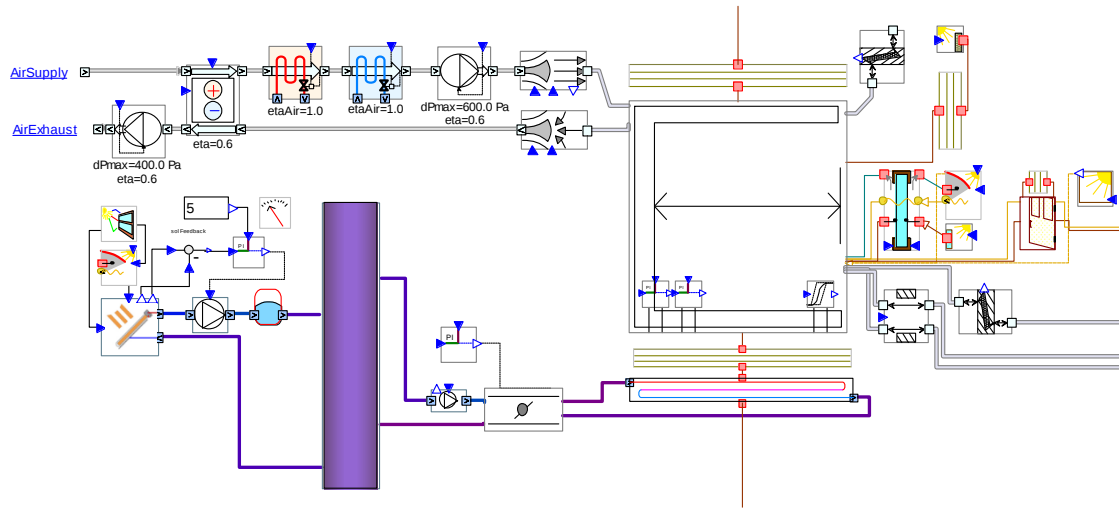
Annotations on the right side of the equations:
- Next to the first equation: $\frac{1}{2}E$
- Next to the second equation: V
- Next to the third equation: V
- Next to the fourth equation: $+6x$
- Next to the fifth equation: -232
- Next to the sixth equation: $:6$

Parallelisierung bei nicht linearen Gleichungssystemen

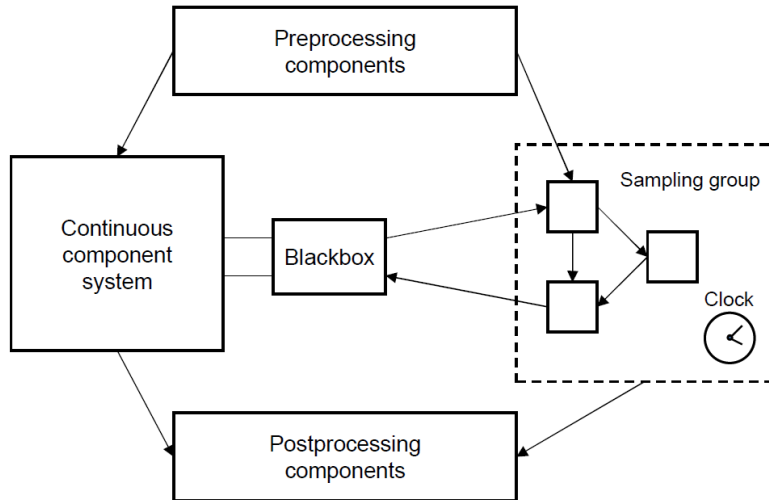


EQUA Simulationstechnologie seit 20 Jahren

- Gleichungsbasiert
- Input- und Output-frei
- Teilsysteme werden zum Gesamtsystem vereint



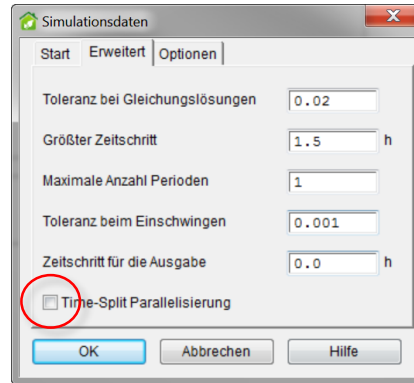
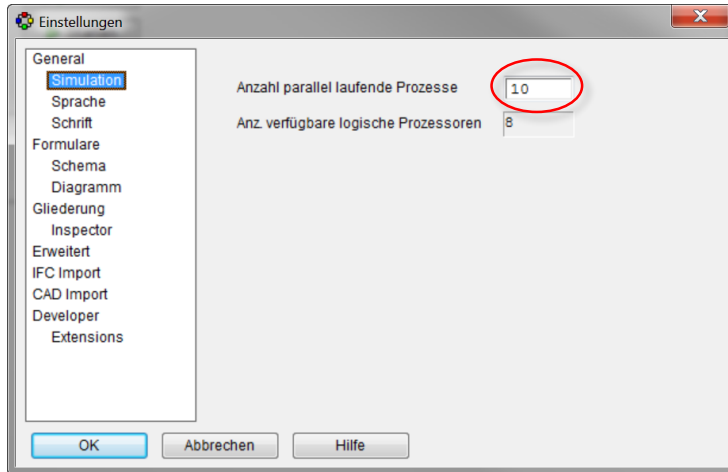
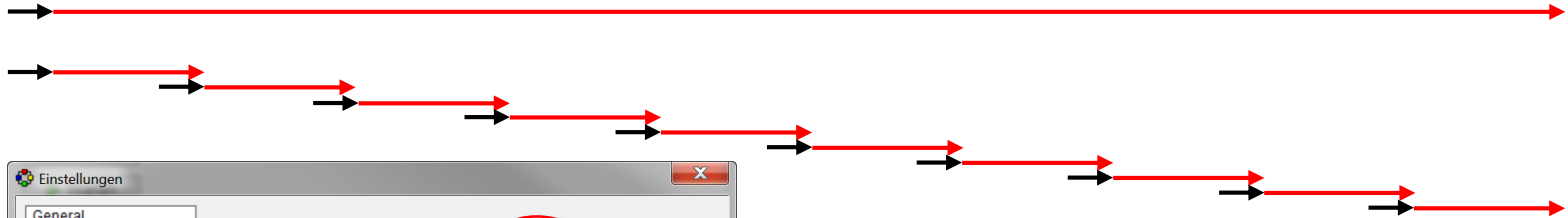
EQUA Simulationstechnologie vor 5 Jahren



- Mit Gebäudehülle und Anlagentechnik allein kann die optimale Gebäudeperformance noch nicht erreicht werden
- Die Regelungstechnik wird konsequent vernachlässigt, weil sie mit herkömmlichen Rechenmethoden nicht abbildbar ist
- Erst zusammen mit der realen Abbildung der Regelung macht eine gekoppelte Betrachtung von Gebäude und Anlagentechnik überhaupt Sinn

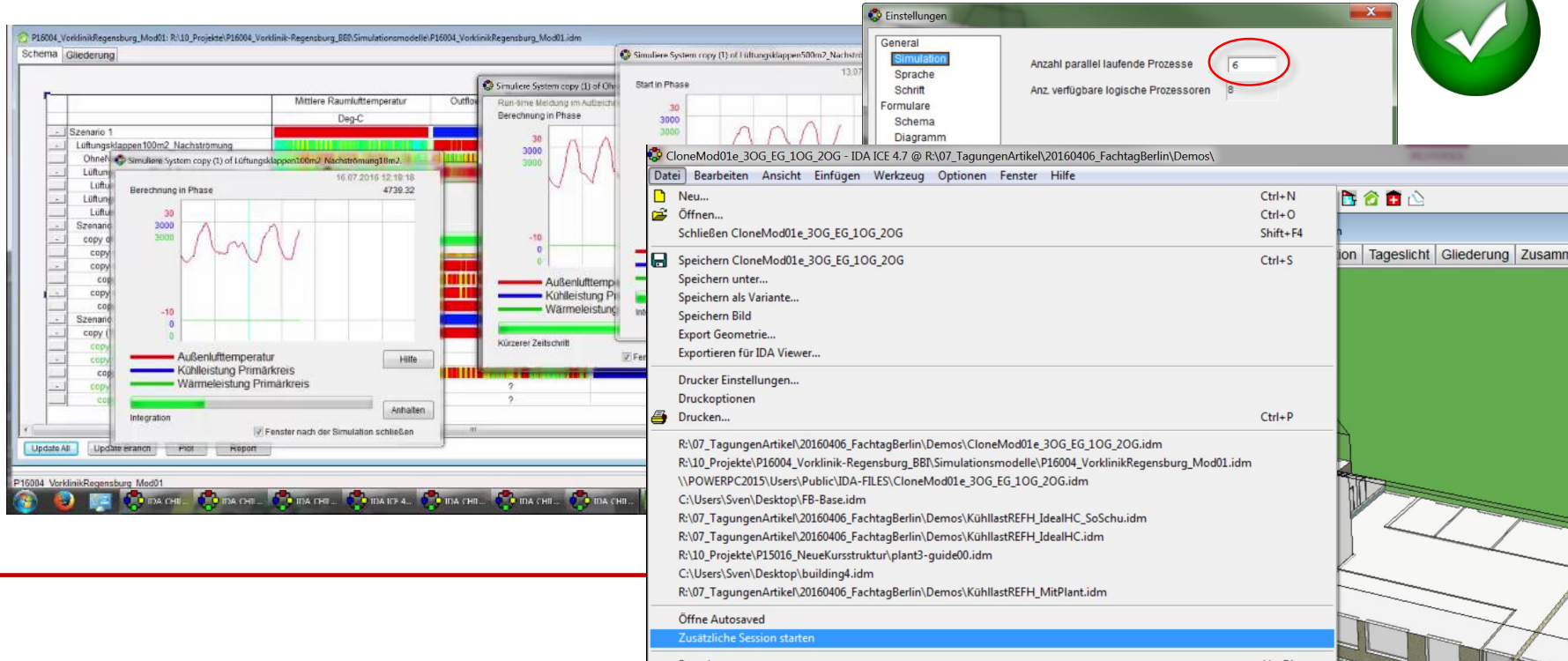
Was ist der nächste Schritt?

1. Rechenperiode in Teilperioden teilen



Was ist der nächste Schritt?

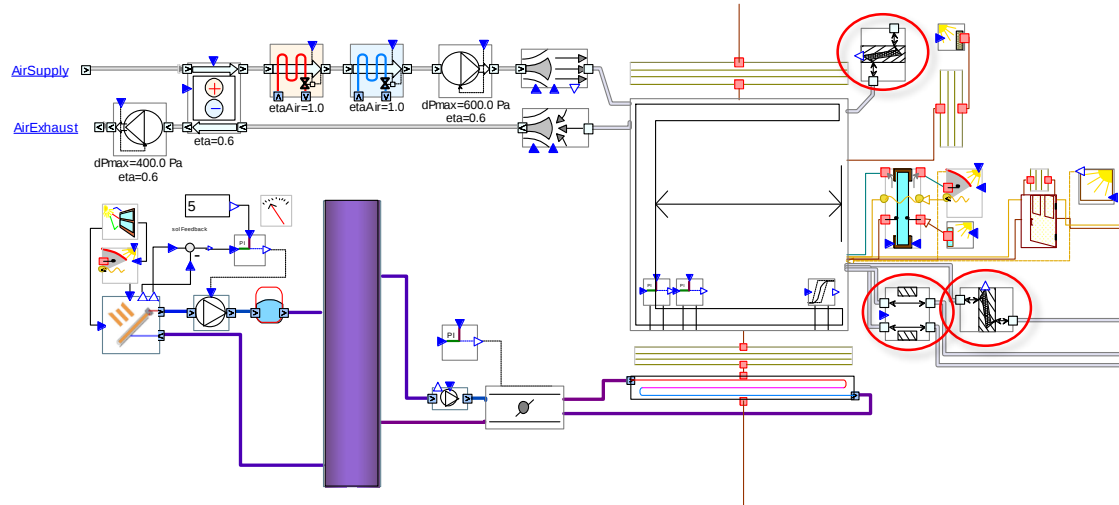
2. Mehrere Simulationen parallel laufen lassen



The screenshot displays a complex simulation environment with multiple overlapping windows. The main window shows a 'Schema' view with a hierarchical tree of simulation components, including 'Szenario 1', 'Lüftungslappen100m2_Nachströmung', and 'Lüftungslappen100m2_Nachströmung1m2'. A 'Berechnung in Phase' dialog is open, showing a graph of 'Außenlufttemperatur' (Outdoor Air Temperature) over time. The graph shows a fluctuating line between approximately -10 and 30 degrees Celsius. The 'Integration' section is set to 'Update All' and 'Update Branch'. A 'Hilfe' (Help) button is visible. The 'Einstellungen' (Settings) dialog is open, showing the 'General' tab. The 'Anzahl parallel laufende Prozesse' (Number of parallel running processes) is set to 6, which is circled in red. The 'Anz. verfügbare logische Prozessoren' (Number of available logical processors) is set to 8. The 'CloneMod01e_3OG_EG_1OG_2OG - IDA ICE 4.7 @ R:\07_TagungenArtikel\20160406_FachtagBerlin\Demos\' window is open, showing a file explorer view with various simulation files. A green checkmark icon is visible in the top right corner.

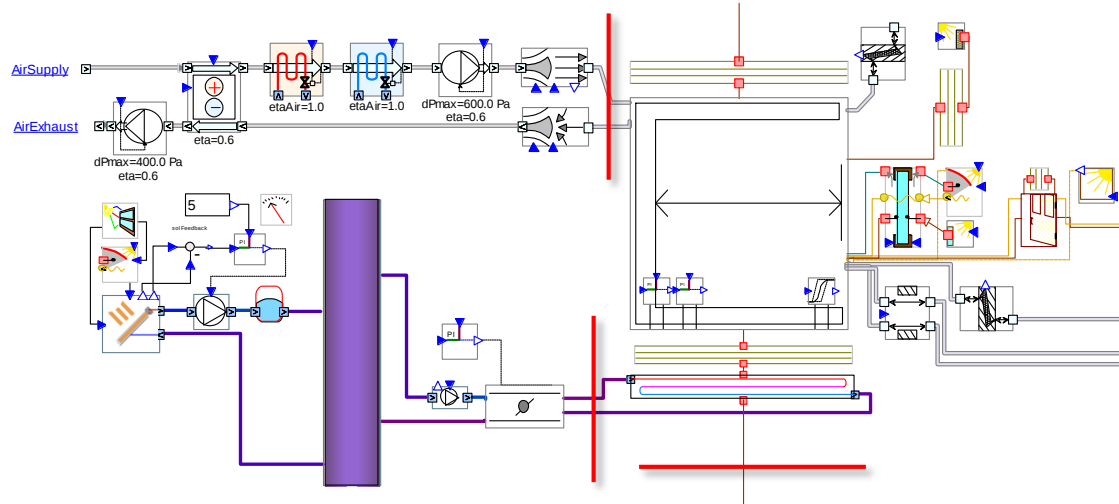
Was ist der nächste Schritt?

3. Interzonaler Luftaustausch nicht mehr druckinduziert berücksichtigen

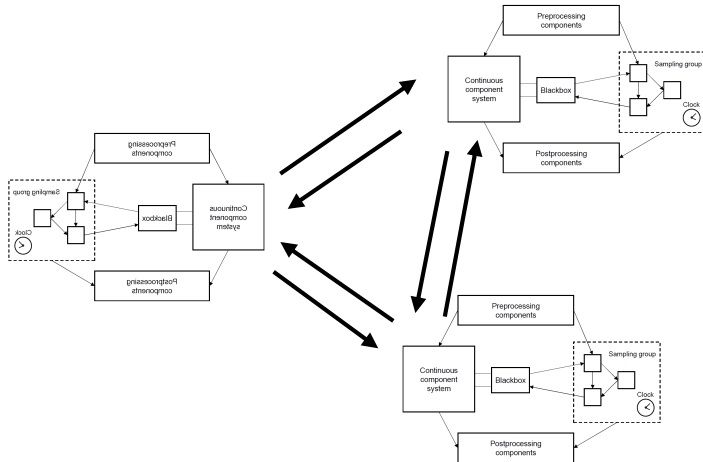


Was ist der nächste Schritt?

4. Teilung in kleinere Gleichungssysteme, welche untereinander schwach gekoppelt sind



Entkopplung von Teilmodellen



- Teile eines gleichungsbasierten Modells können entkoppelt werden
- Damit entstehen mehrere kleinere Gleichungssysteme
- Die direkte Rückkopplung zwischen einzelnen Komponenten kann dort erhalten bleiben, wo dies wichtig ist
- Die Teilsysteme werden simultan als ein Gesamtsystem gerechnet (Co-Simulation)

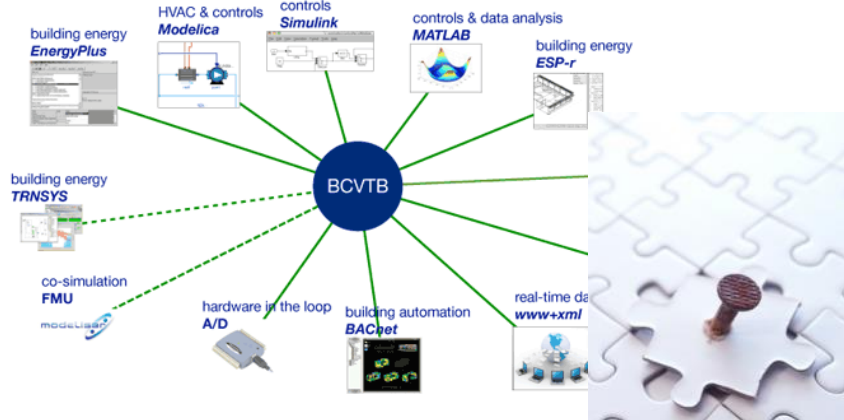
Entkoppeln statt koppeln

- Koppeln

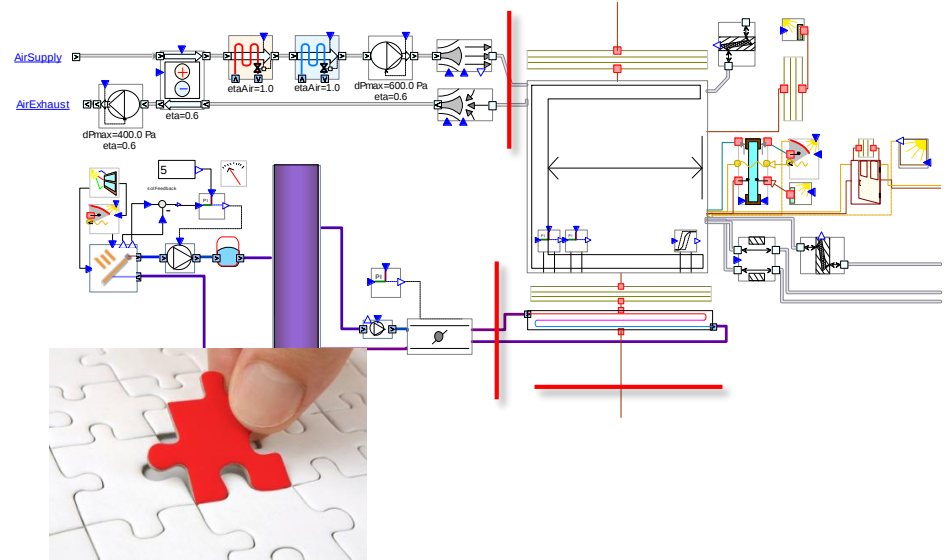
The BCVTB Environment

Building Controls Virtual Test Bed <http://simulationresearch.lbl.gov/bcvtb>
Free open-source middle-ware based on UC Berkeley's Ptolemy II program.

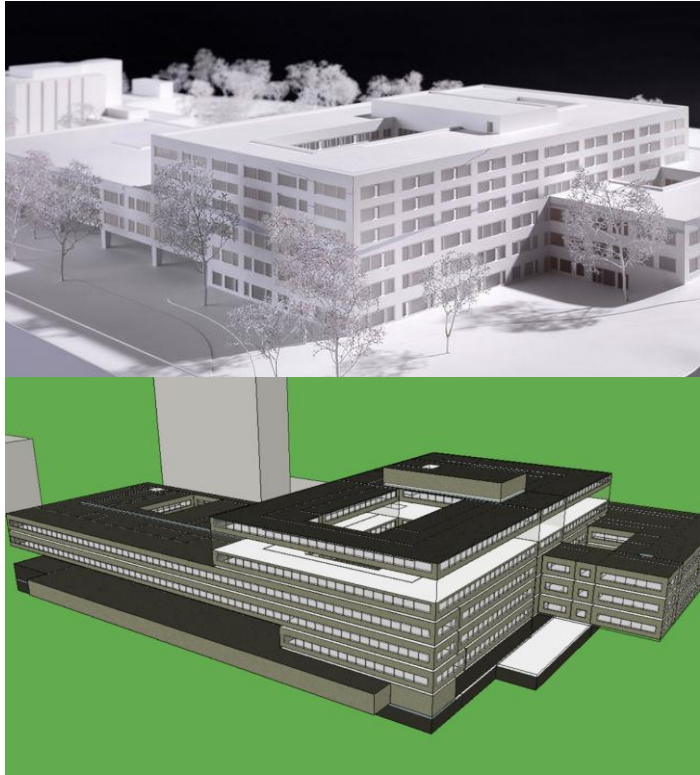
— implemented
- - - in next release



- Entkoppeln



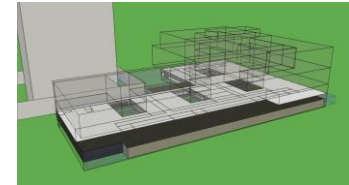
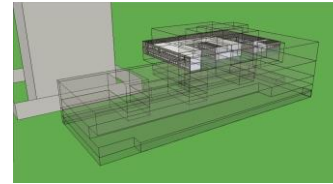
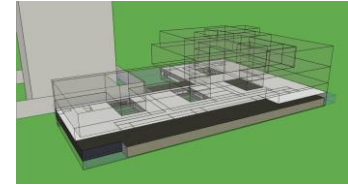
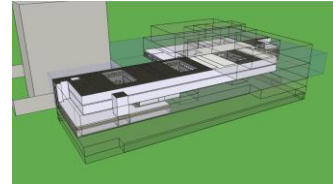
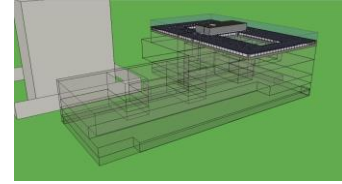
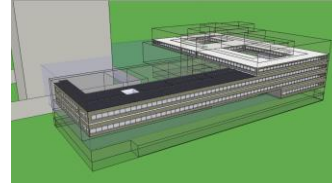
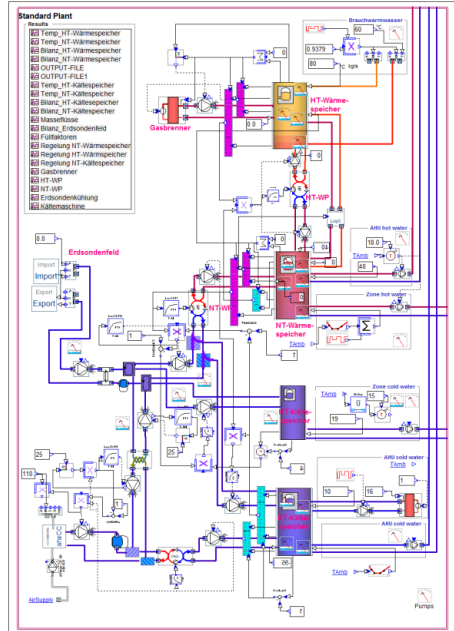
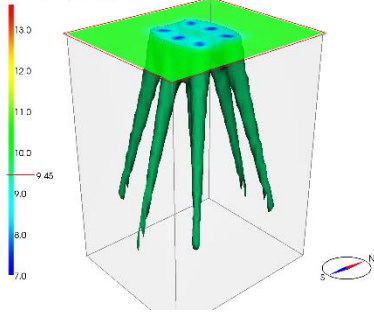
Fallbeispiel Spital mit Ersondenfeld



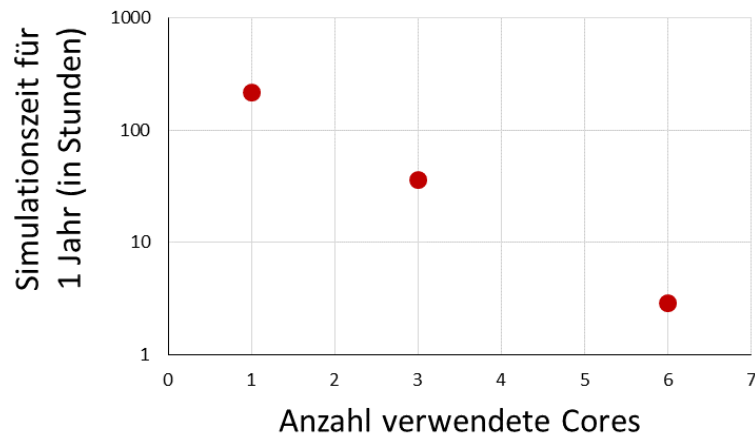
- 147 Zonen mit Bodenheizung und -kühlung
- Anlage mit
 - 4 Lüftungsgeräten
 - 4 Speicher
 - 3 Maschinen
 - 2 Brenner
 - 1 Rückkühler
 - 15 Pumpen
 - 5 Wärmetauscher
 - 55 Regler
- 100 Erdsonden

Verteilung des Rechenprozesses auf mehrere Cores

Ground temperature, °C



Vergleich der Rechenzeiten



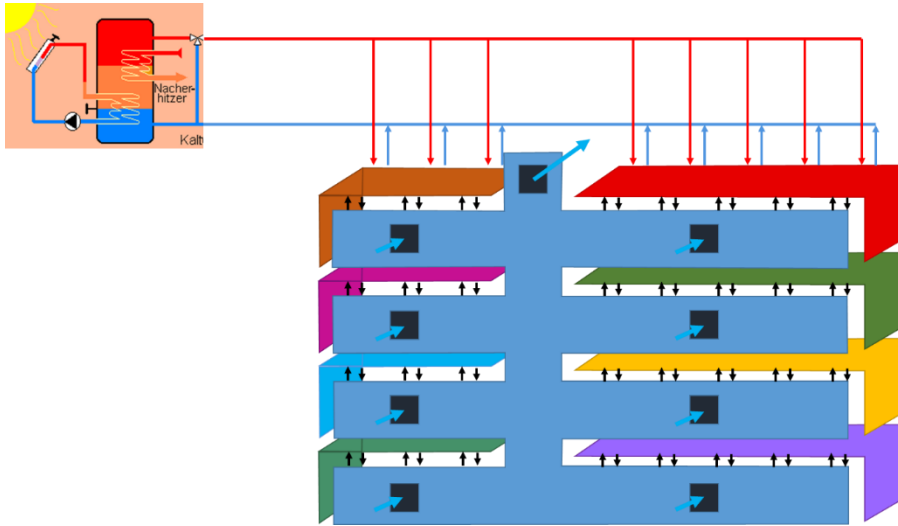
- Ganzes System auf 1 Core:
40 Std./Std. oder 9 Tage für 1 Jahr
- 2 Cores für das Gebäude + 1 Core für die Anlage:
240 Std./Std. oder 36 Stunden für 1 Jahr
- 4 Cores für das Gebäude + 1 Core für das
Erdsondenfeld + 1 Core für die restliche Anlage:
3'000 Std./Std. oder 3 Stunden für 1 Jahr

Fallbeispiel hybrid belüftetes Schulhaus



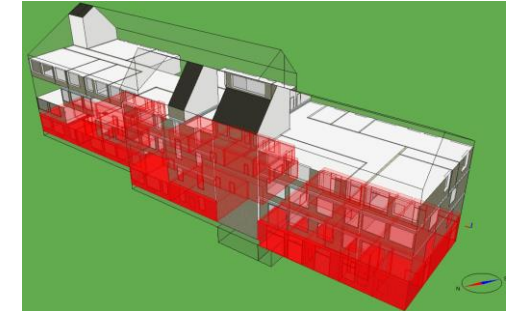
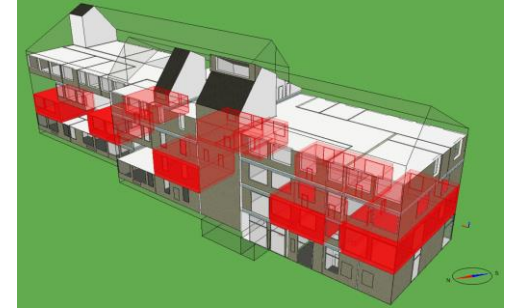
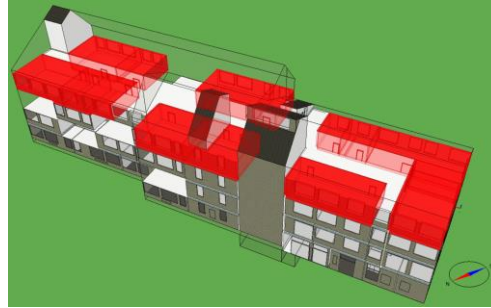
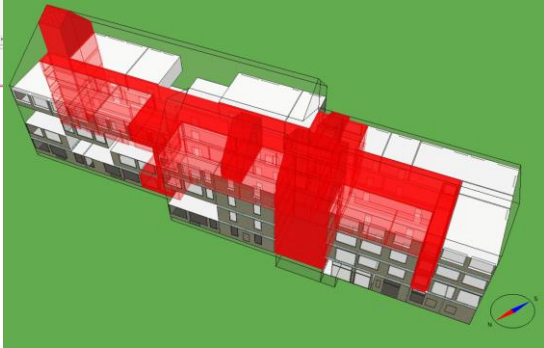
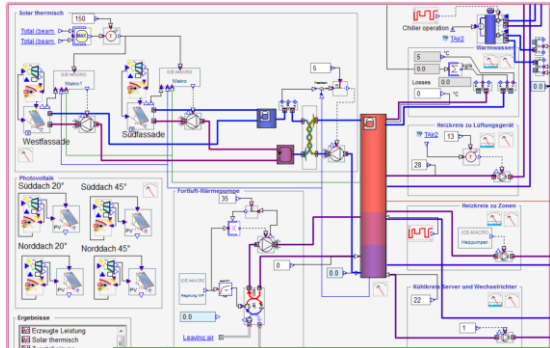
- Unbeheizte Gangbereiche über 4 Stockwerke abwechselnd mechanisch und natürlich belüftet
- Klassenzimmer durch Überströmventilatoren vom Gang her belüftet und über Konvektoren beheizt
- Mehrzweckraum und Cafeteria mit Bodenheizung
- Wärmebezug von fassadenintegrierten Solarkollektoren mit Saisonalspeicher im Treppenhaus
- Abwärmenutzung von Serverraum und PV-Wechselrichter
- Bedarfsregelung für Heizung und Lüftung

Manuelle Entkopplung

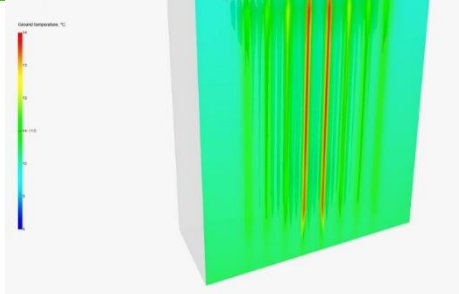
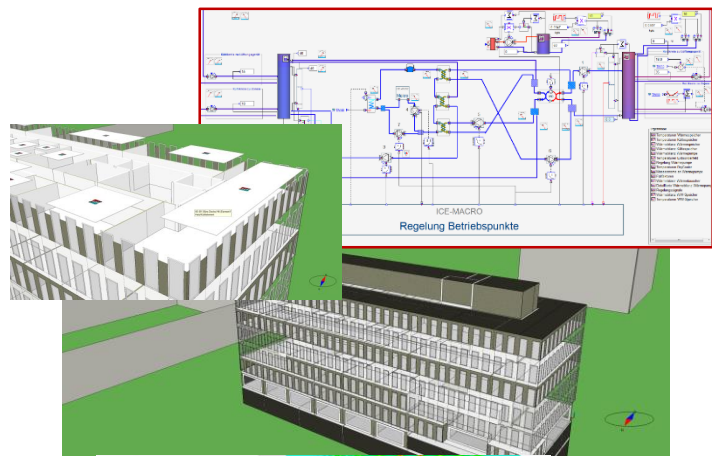


- 65 Zonen
- Hybride Lüftung
- Überströmventilatoren mit lokaler Nacherwärmung
- 4 Kollektorfelder
- 1 Wärmespeicher
- 1 Abluft-Wärmepumpe
- Über 1'000 Regelkomponenten

Entkopplung in 3-10 Teilmodelle



Fallbeispiel Bürogebäude mit Freecooling



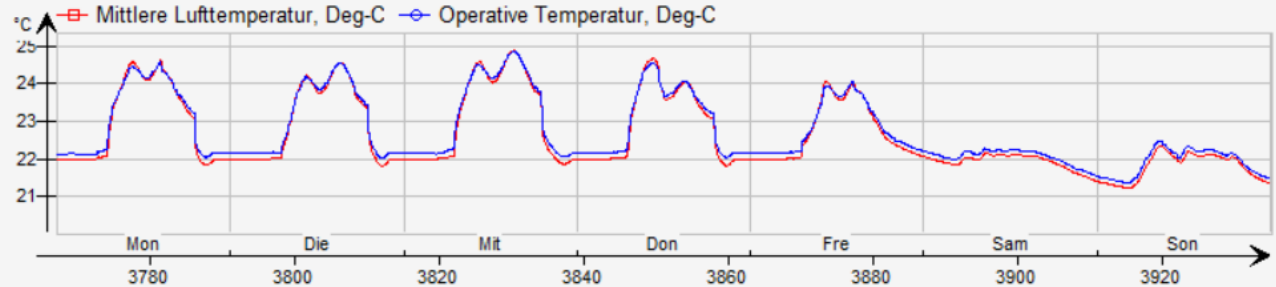
- 129 Zonen
- Hybride Heiz/Kühldecken und Ventilator-konvektoren
- Anlage mit
 - 2 Lüftungsgeräten
 - 3 Speichern
 - 1 Wärmepumpe/Kühlgerät
 - 1 Wasser-Luft Wärmetauscher
 - 7 Pumpen
 - 3 Wasser-Wasser Wärmetauscher
 - 41 Regelkomponenten
- 29 Erdsonden
- -> Math. Modell mit total 40'768 Gleichungen

Cooling Panels



Temperaturen - Schlüsselwerte

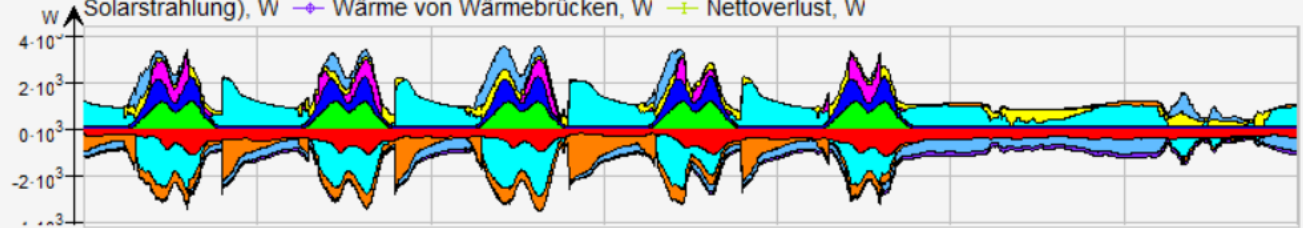
Woche: 23, von 2016-06-06 bis 2016-06-12



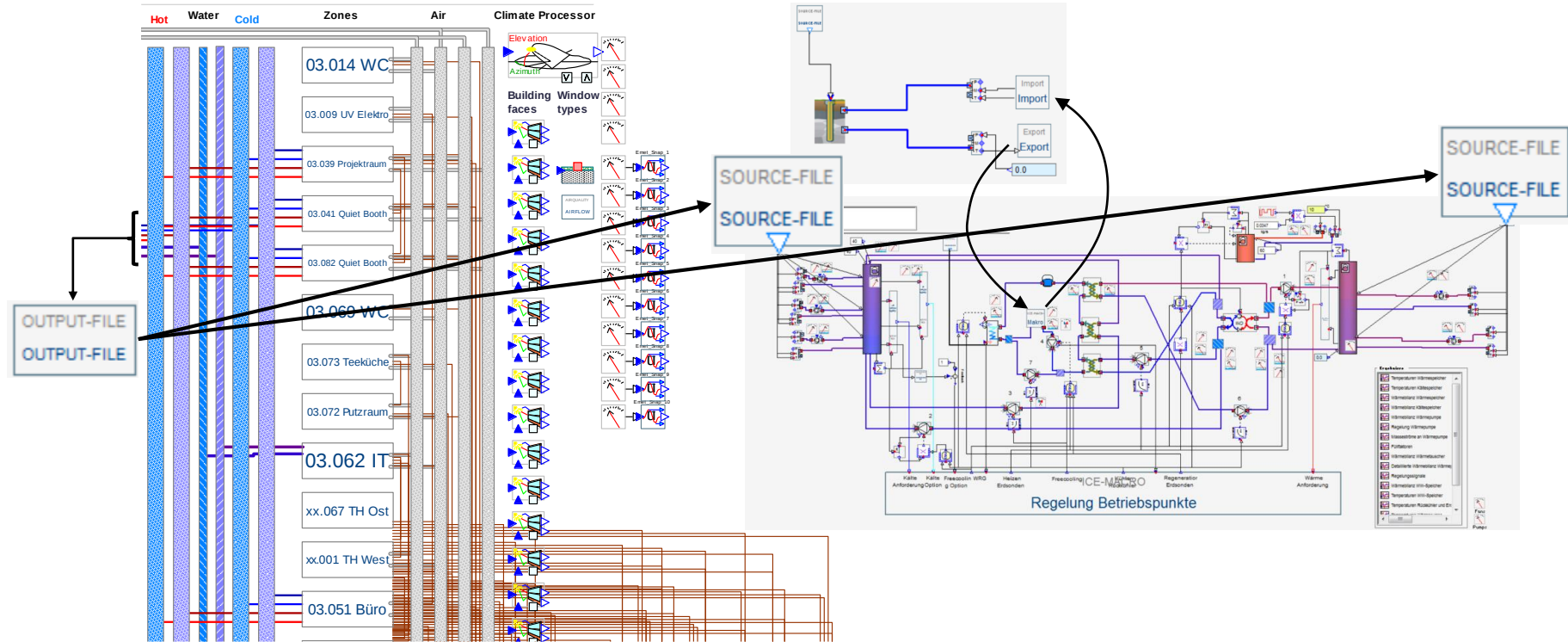
Wärmebilanz

Legend for the heat balance graph:

- Wärme von Luftströmen (red line with square markers)
- Wärme von Wänden, Decken und Böden, W (cyan line with triangle markers)
- Wärme von lokalen Heiz/Kühlelementen, W (orange line with triangle markers)
- Wärme von elektrischen Geräten, W (blue line with triangle markers)
- Wärme von Kunstlicht, W (magenta line with triangle markers)
- Wärme von Fensterflächen (inkl. absorbierte Solarstrahlung), W (light blue line with triangle markers)
- Wärme von Personen (inkl. latente), W (green line with circle markers)
- Wärme von Wärmebrücken, W (purple line with triangle markers)
- Wärme von Solarstrahlung - direkt und diffus, W (yellow line with triangle markers)
- Nettoverlust, W (light green line with triangle markers)



Entkopplung über prn-File



Co-Simulation IDA mit IDA

