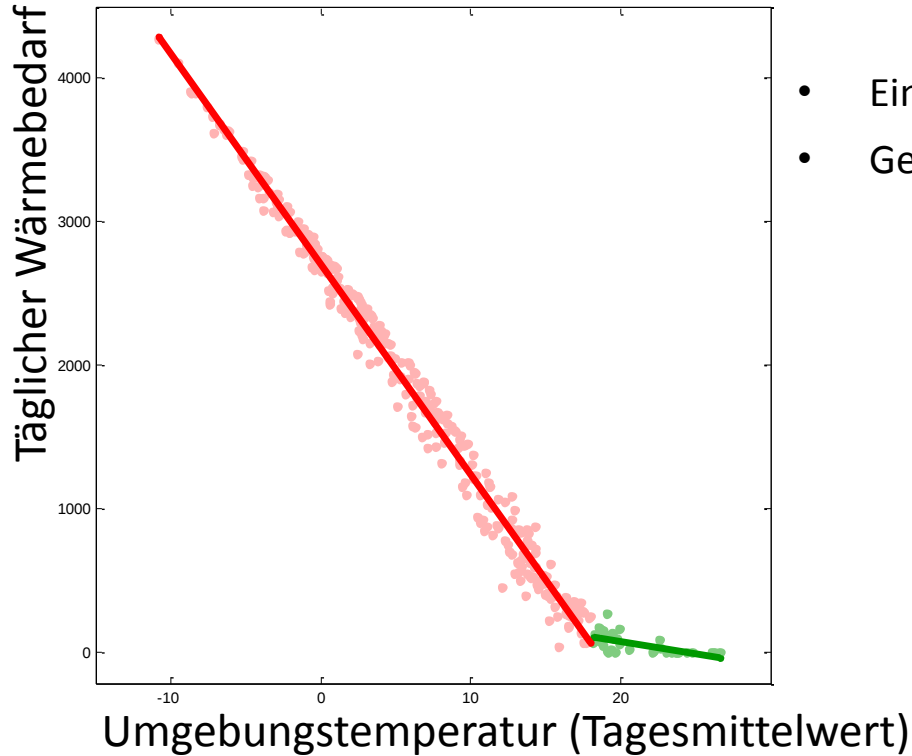


Anwendung neuer Simulationstechniken

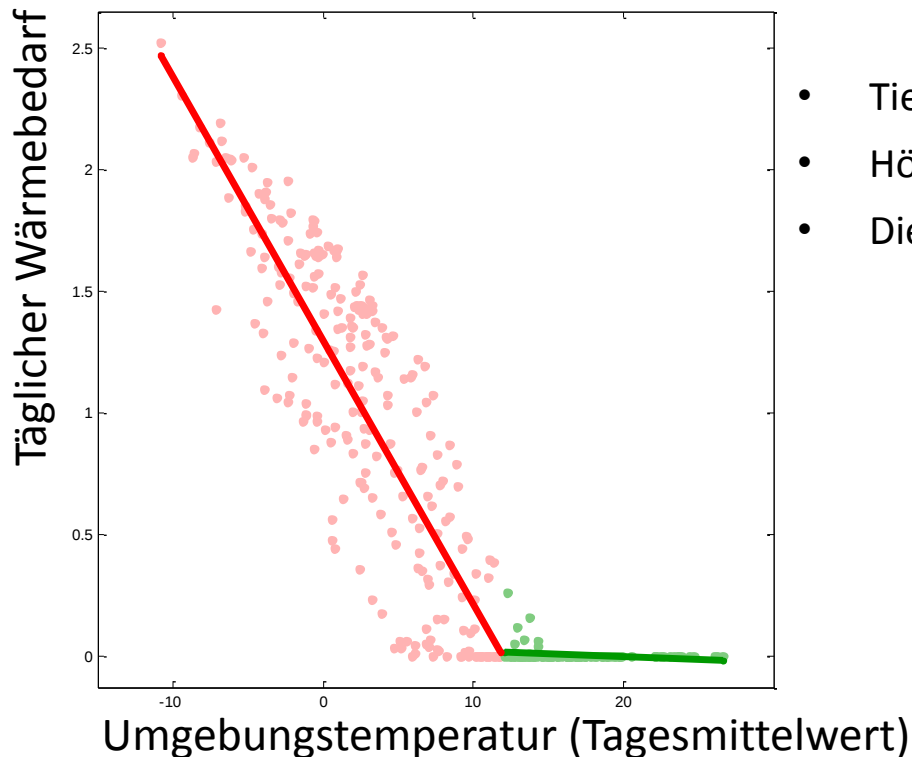
Für das neue Limmattalspital

Energieberechnungen der 60er Jahre



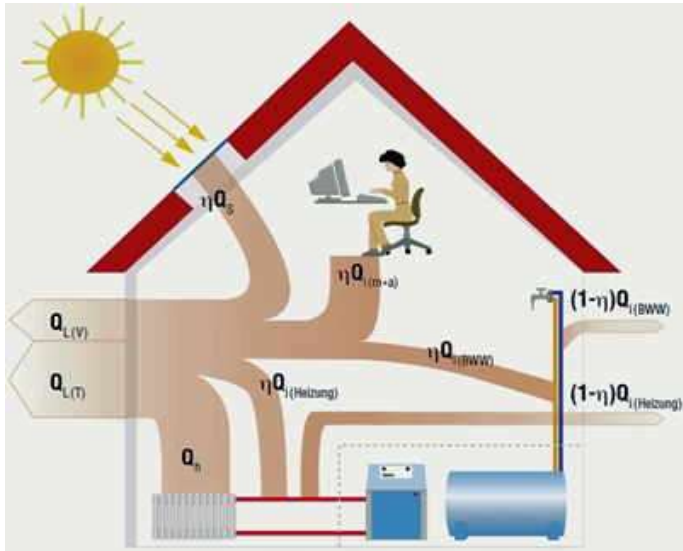
- Einfache Gesetzmässigkeit
- Genügende Voraussagekraft

Altes Modell für neue Gebäude



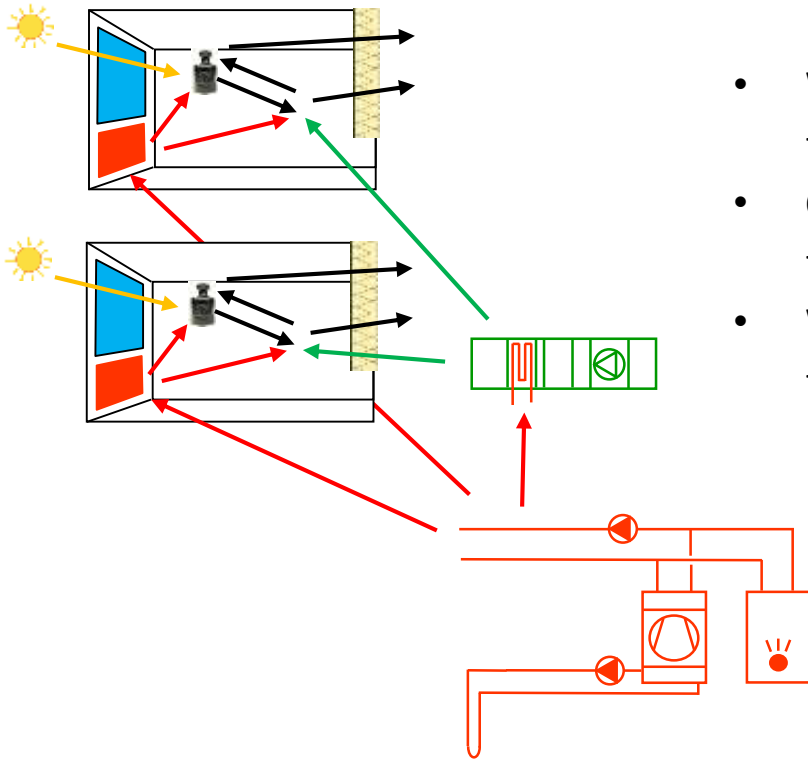
- Tieferer Verbrauch
- Höhere Zahl von Einflussfaktoren
- Die alten Modelle genügen nicht mehr

Energieberechnungen im Jahr 2000



- Einfache monatsweise Gebäudebilanz
- Durch bessere Dämmung kann ein grosser Teil der Heizenergie eingespart werden.
- Höhere Genauigkeit ist nicht gefordert

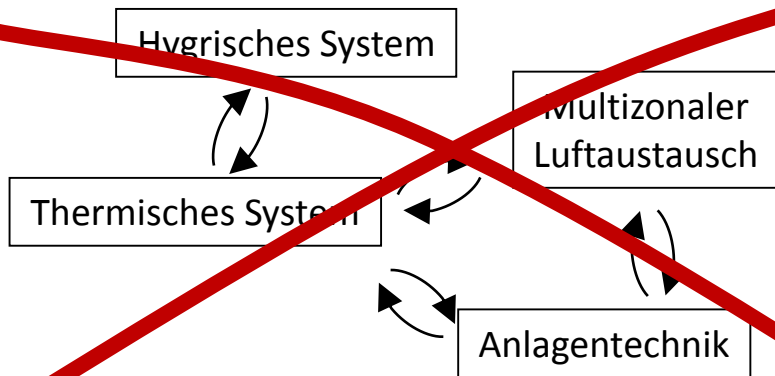
Energieberechnungen heutiger **Vorausdenker**



- Wärmespeicherung berücksichtigen
-> dynamische Simulation
- Charakteristik der Wärmeabgabe berücksichtigen
-> Multizonale Modelle
- Wärmeerzeugung und Speicherung berücksichtigen
-> Anlagensimulation

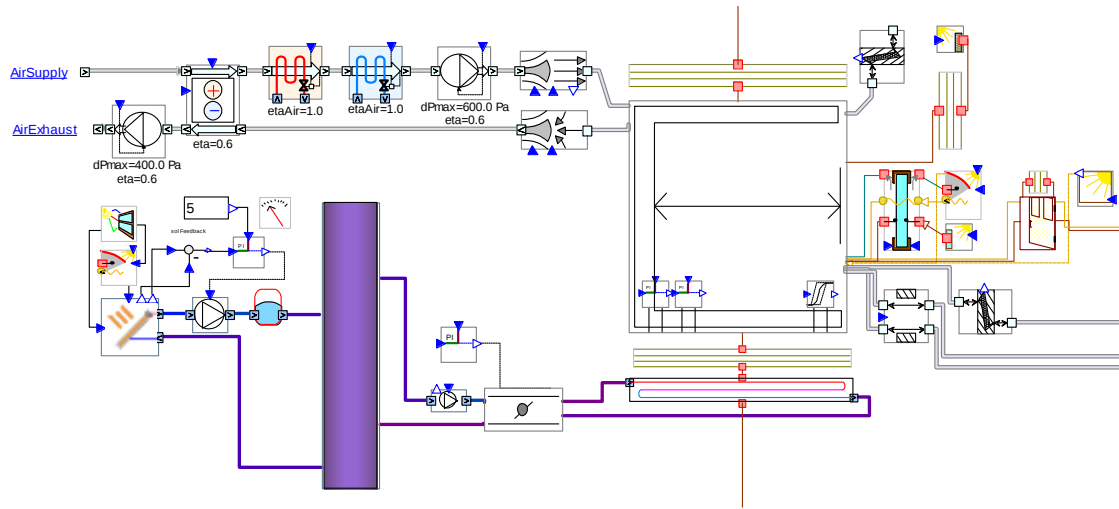
Limitierung gerichteter Verknüpfungen

- Vernetzung von mehr als 2 Teilsystemen führen zu komplizierten Iterationen
- Teilsysteme müssen vereinfacht werden, um überhaupt noch gekoppelt handhabbar zu bleiben



EQUA Simulationstechnologie seit 20 Jahren

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

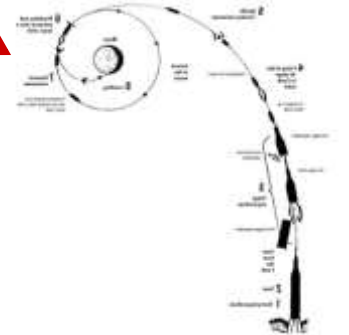
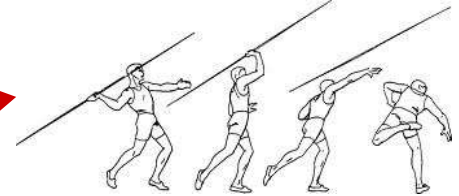
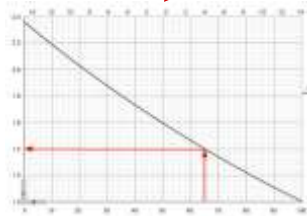


Wiederverwendbarkeit von Modellen

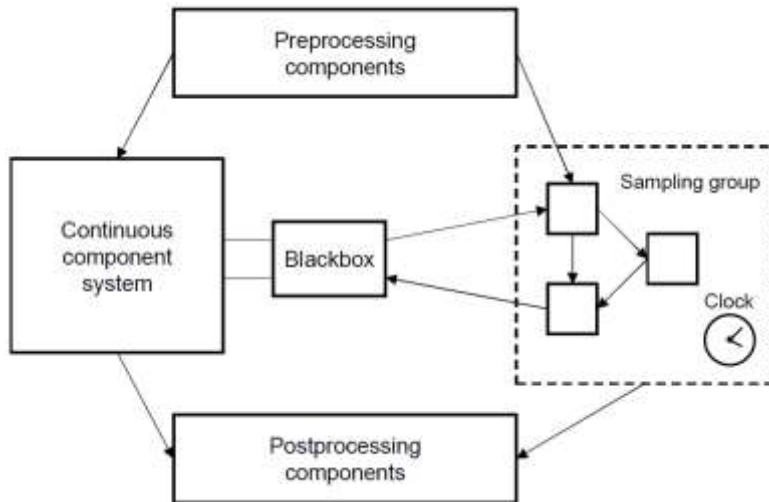


Isaac Newton
1642 - 1726

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

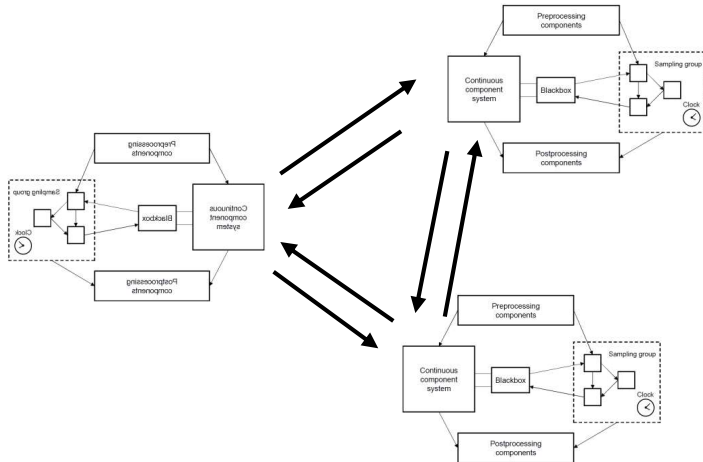


EQUA Simulationstechnologie vor 5 Jahren



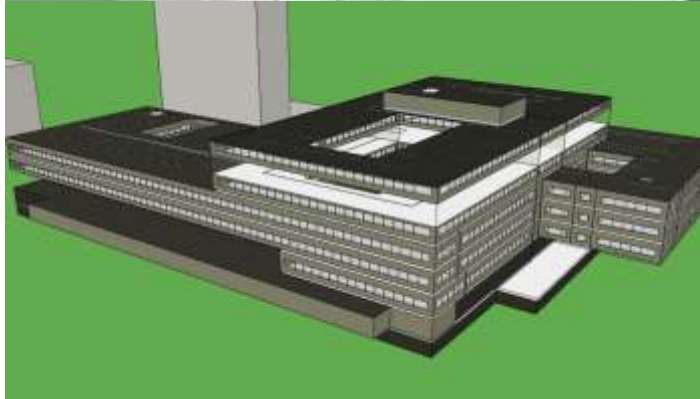
- Mit Gebäudehülle und Anlagentechnik allein kann die optimale Gebäudeperformance noch nicht erreicht werden
- Die Regelungstechnik wird konsequent vernachlässigt, weil sie mit herkömmlichen Rechenmethoden nicht abbildbar ist
- Erst zusammen mit der realen Abbildung der Regelung macht eine gekoppelte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

EQUA Simulationstechnologie heute

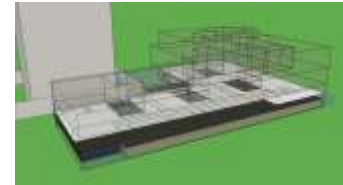
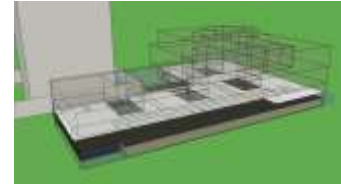
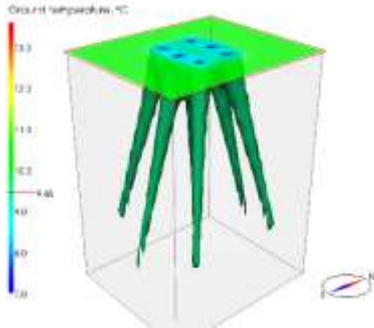


- Teile eines gleichungsbasierten Modells können entkoppelt werden
- Damit entstehen mehrere kleinere Gleichungssysteme
- Die direkte Rückkopplung zwischen einzelnen Komponenten kann dort erhalten bleiben, wo dies wichtig ist
- Die Teilsysteme werden simultan als ein Gesamtsystem gerechnet (Co-Simulation)

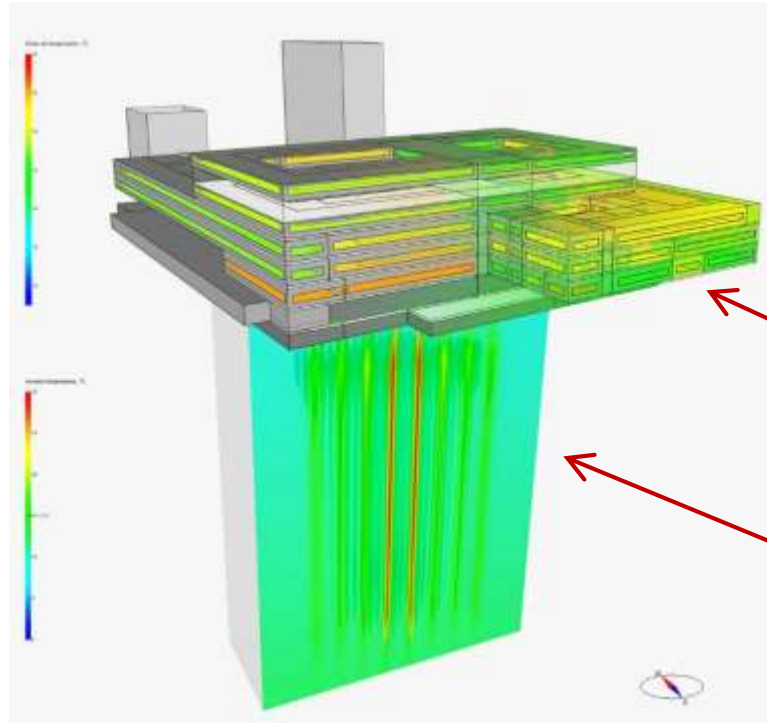
Fallbeispiel neues Limmattalspital



- 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

[illegible]

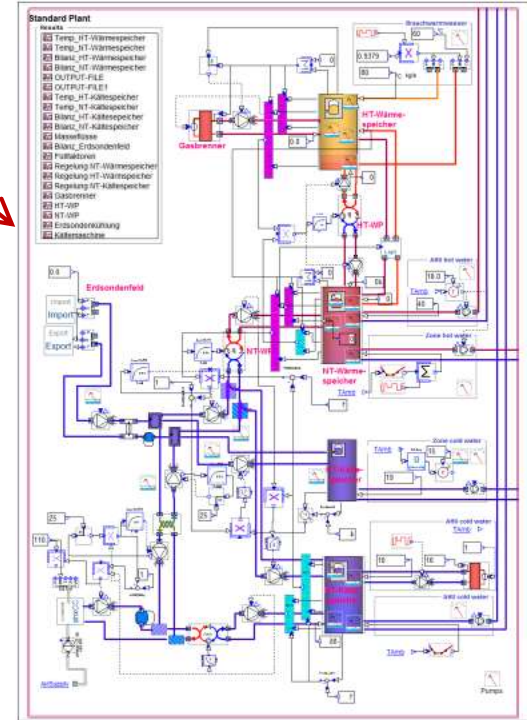
Entkopplung und Co-Simulation von Teilsystemen mit verschiedenen Zeitskalen



Die Anlage reagiert im Minutentakt in Stundenzyklen

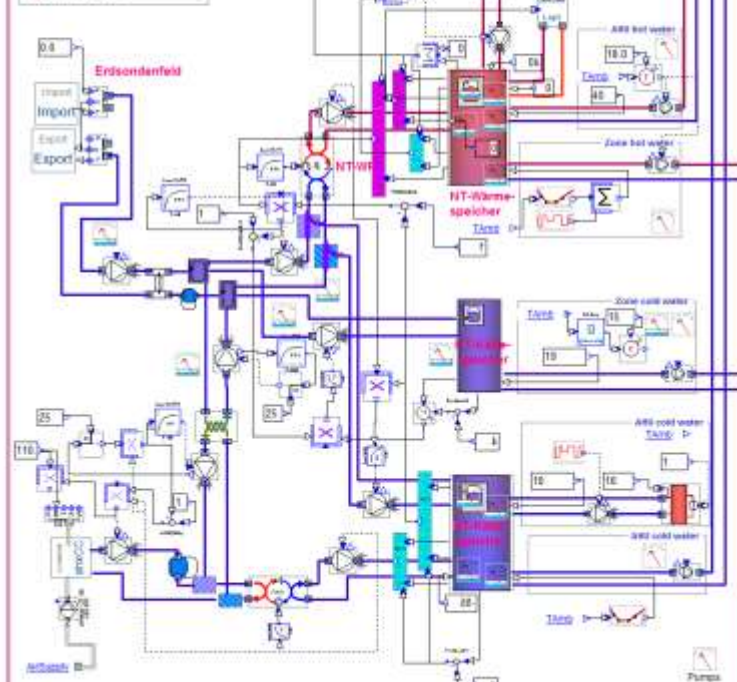
Das Gebäude reagiert im Stundentakt in Tageszyklen

Das Erdreich reagiert im Tagestakt in Monats- oder Jahreszyklen

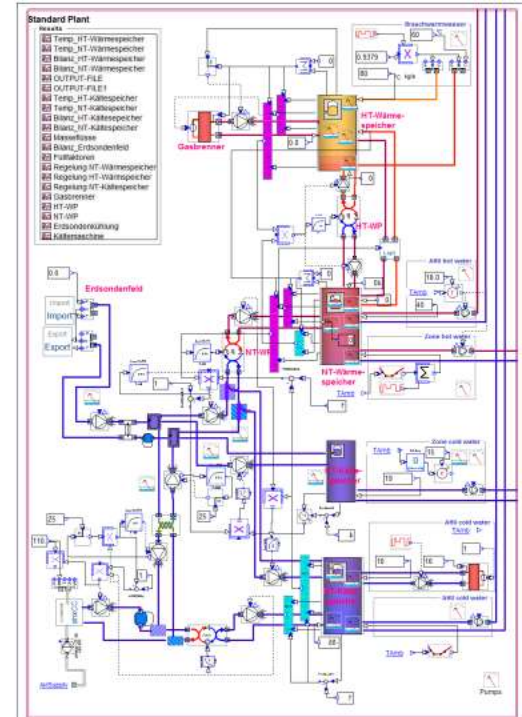


Standard Plant

- Temp_HT-Wärmespeicher
- Temp_NT-Wärmespeicher
- Blanz_HT-Wärmespeicher
- Blanz_NT-Wärmespeicher
- OUTPUT-FILE
- Temp_HT-Kältespeicher
- Temp_NT-Kältespeicher
- Blanz_HT-Kältespeicher
- Blanz_NT-Kältespeicher
- Massenfluss
- Blanz_Erdsondenfeld
- Fluktuation
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung HT-Kältespeicher
- Gasbremser
- HT-WP
- NT-WP
- Erdsondenheizung
- Kältemaschine



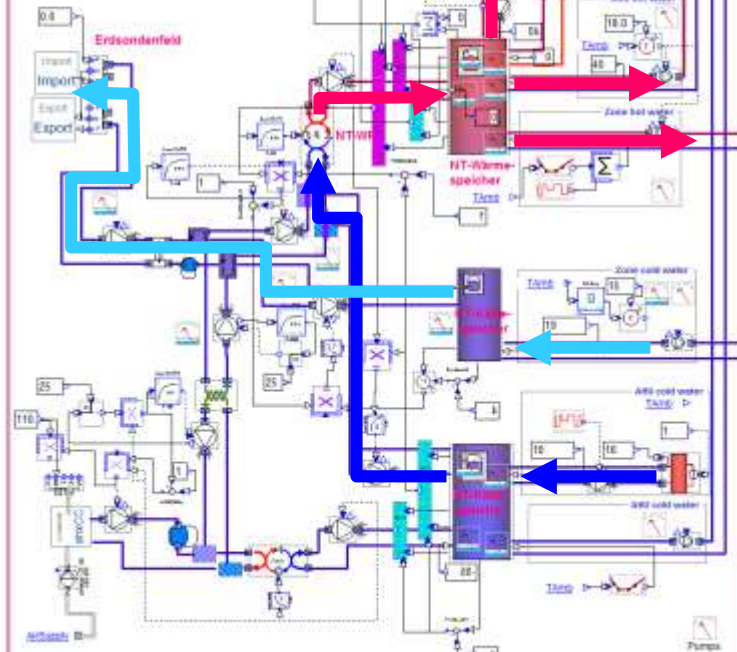
Wieso Co-Simulation?



Standard Plant

Results

- Temp_HT-Wärmespeicher
- Temp_NT-Wärmespeicher
- Blauz_HT-Wärmespeicher
- Blauz_NT-Wärmespeicher
- OUTPUT-FILE
- Temp_HT-Kältespeicher
- Temp_NT-Kältespeicher
- Blauz_HT-Kältespeicher
- Blauz_NT-Kältespeicher
- Massenfluss
- Blauz_Erdsondenfeld
- Fullkationen
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung NT-Wärmespeicher
- Regelung HT-Kältespeicher
- Gasbremser
- HT-WP
- NT-WP
- Erdsondenheizung
- Kältemaschine



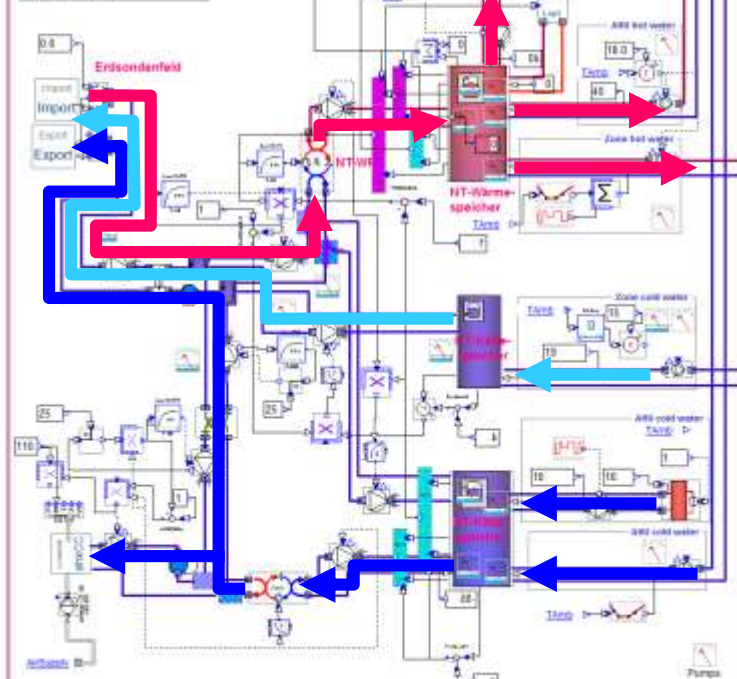
Wieso Co-Simulation?

- Möglichst gleichzeitiges Kühlen und Heizen
- Hohe Verfügbarkeit für Free Cooling

Standard Plant

Results

- Temp_HT-Wärmespeicher
- Temp_NT-Wärmespeicher
- Blauz_HT-Wärmespeicher
- Blauz_NT-Wärmespeicher
- OUTPUT-FILE
- OUTPUT-FILE
- Temp_HT-Kältespeicher
- Temp_NT-Kältespeicher
- Blauz_HT-Kältespeicher
- Blauz_NT-Kältespeicher
- Massenfluss
- Blauz_Erdsondenfeld
- Fullkältezone
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung NT-Kältespeicher
- Gasbremser
- HT-WP
- NT-WP
- Erdsondenheizung
- Kältemaschine



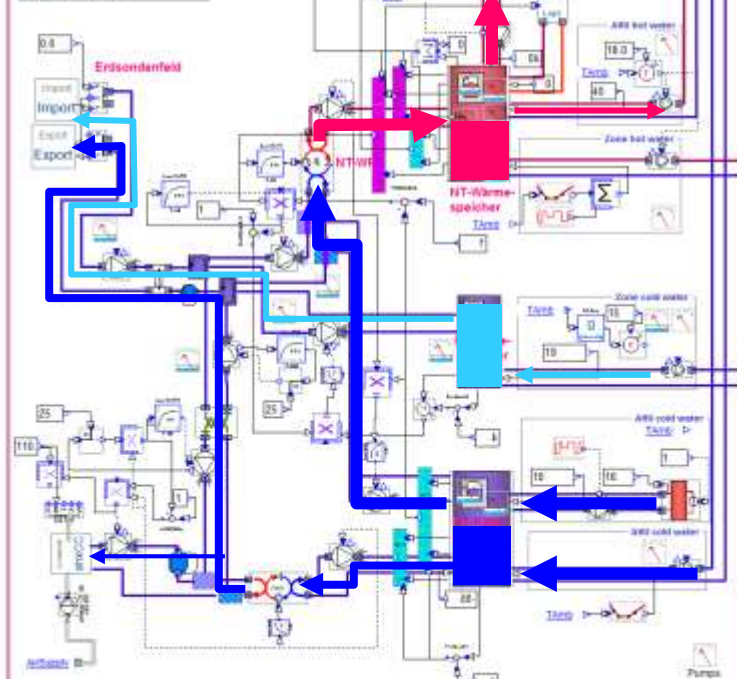
Wieso Co-Simulation?

- Möglichst gleichzeitiges Kühlen und Heizen
- Hohe Verfügbarkeit für Free Cooling
- 2. Priorität: Heizen und Kühlen über Erdsonden
- Übers Jahr ausgeglichene Wärmebilanz für Erdsondenfeld
- Möglichst wenig Wärme vernichten

Standard Plant

Results

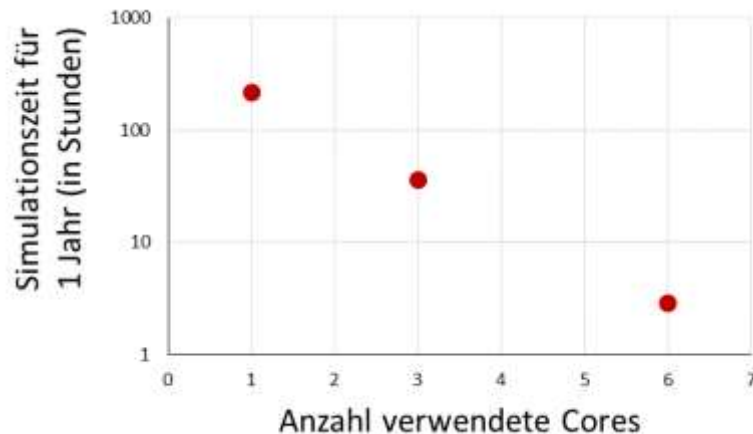
- Temp_HT-Wärmespeicher
- Temp_NT-Wärmespeicher
- Blanz_HT-Wärmespeicher
- Blanz_NT-Wärmespeicher
- OUTPUT-FILE
- Temp_HT-Kältespeicher
- Temp_NT-Kältespeicher
- Blanz_HT-Kältespeicher
- Blanz_NT-Kältespeicher
- Massenflüsse
- Blanz_Erdsondenfeld
- Fullkältezone
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung HT-Wärmespeicher
- Regelung NT-Kältespeicher
- Gasbremser
- HT-WP
- NT-WP
- Erdsondenheizung
- Kältemaschine



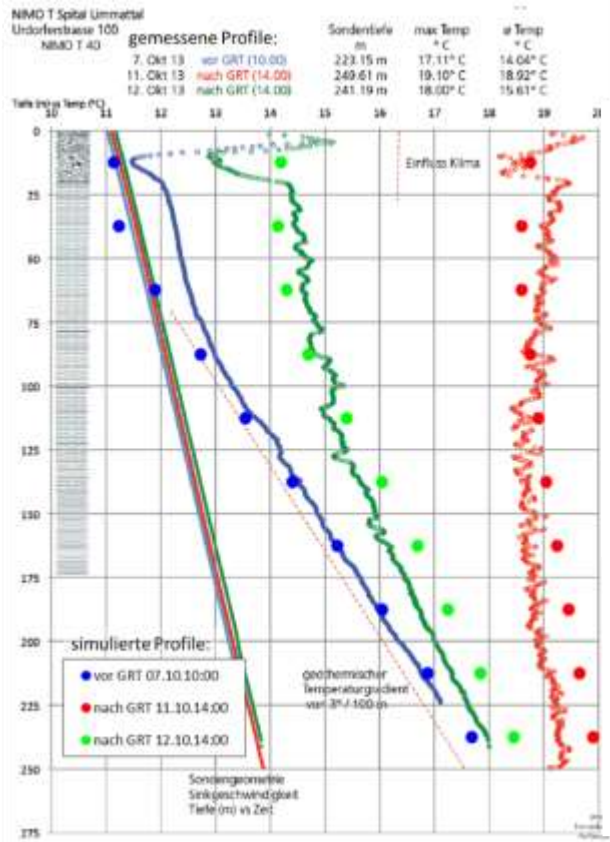
Wieso Co-Simulation?

- Möglichst gleichzeitiges Kühlen und Heizen
- Hohe Verfügbarkeit für Free Cooling
- 2. Priorität: Heizen und Kühlen über Erdsonden
- Übers Jahr ausgeglichene Wärmebilanz für Erdsondenfeld
- Möglichst wenig Wärme vernichten
- Kontinuierliche Regelung der Speicherladung mit modulierender Wärmepumpe ... ?

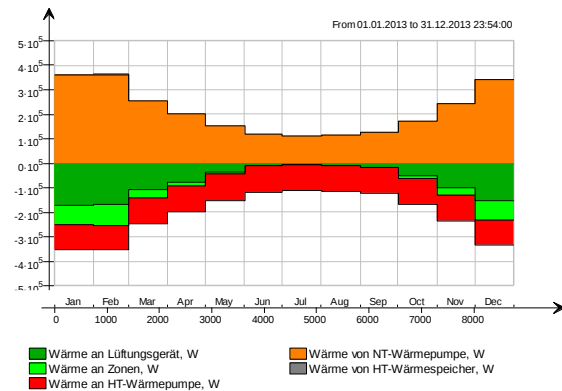
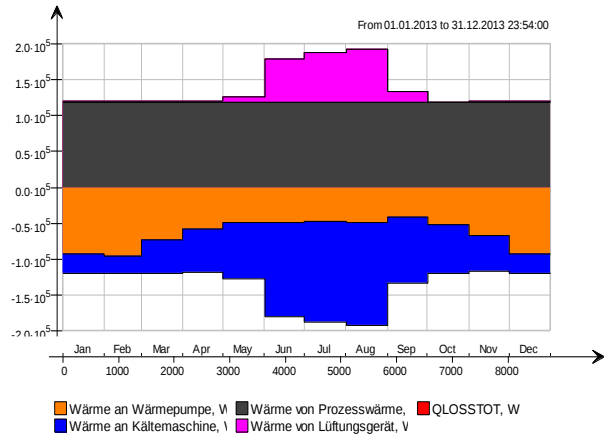
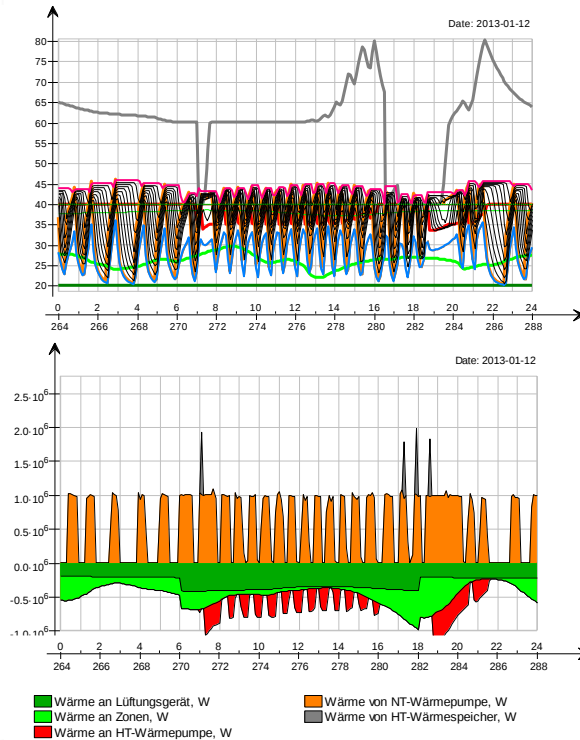
Vergleich der Rechenzeiten



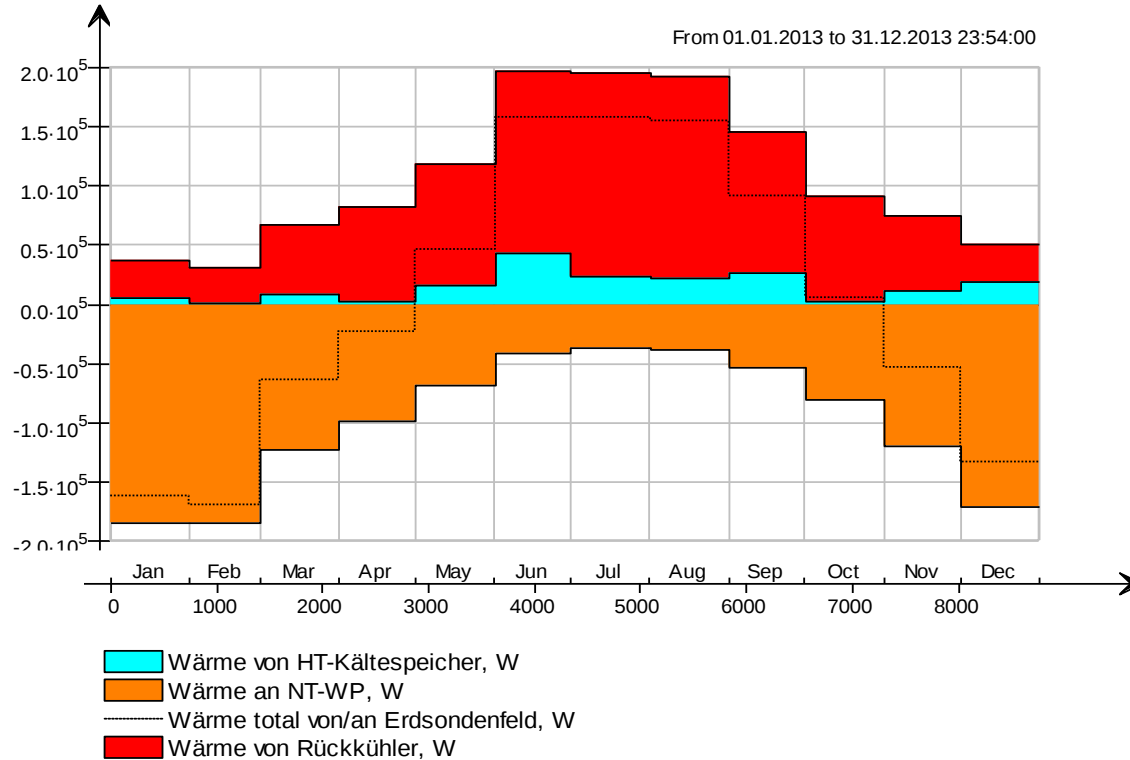
- Ganzes System auf 1 Core:
40 Std./Std. oder 9 Tage für 1 Jahr
- 2 Cores für das Gebäude + 1 Core für die Anlage:
240 Std./Std. oder 36 Stunden für 1 Jahr
- 4 Cores für das Gebäude + 1 Core für das
Erdsondenfeld + 1 Core für die restliche Anlage:
3'000 Std./Std. oder 3 Stunden für 1 Jahr



Ergebnisse

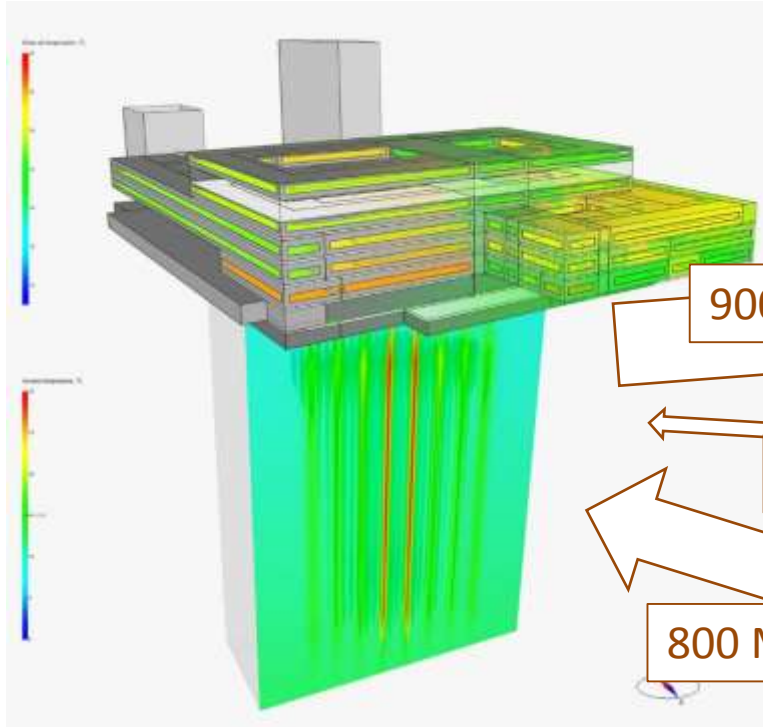


Wärmebilanz Erdsondenfeld

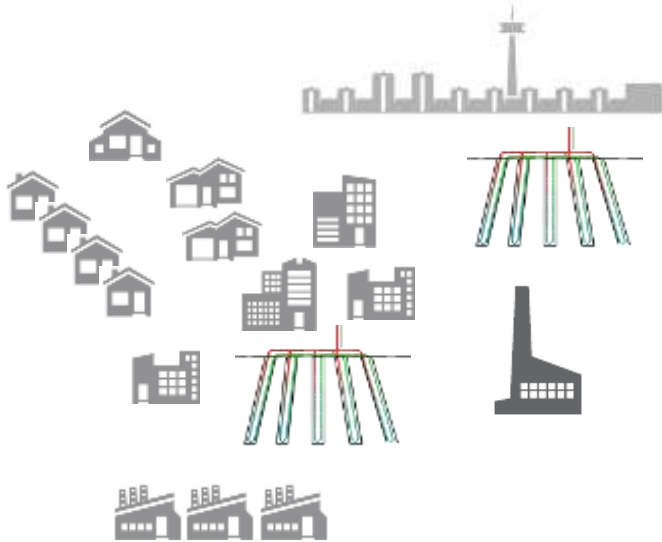


900

800 MWh

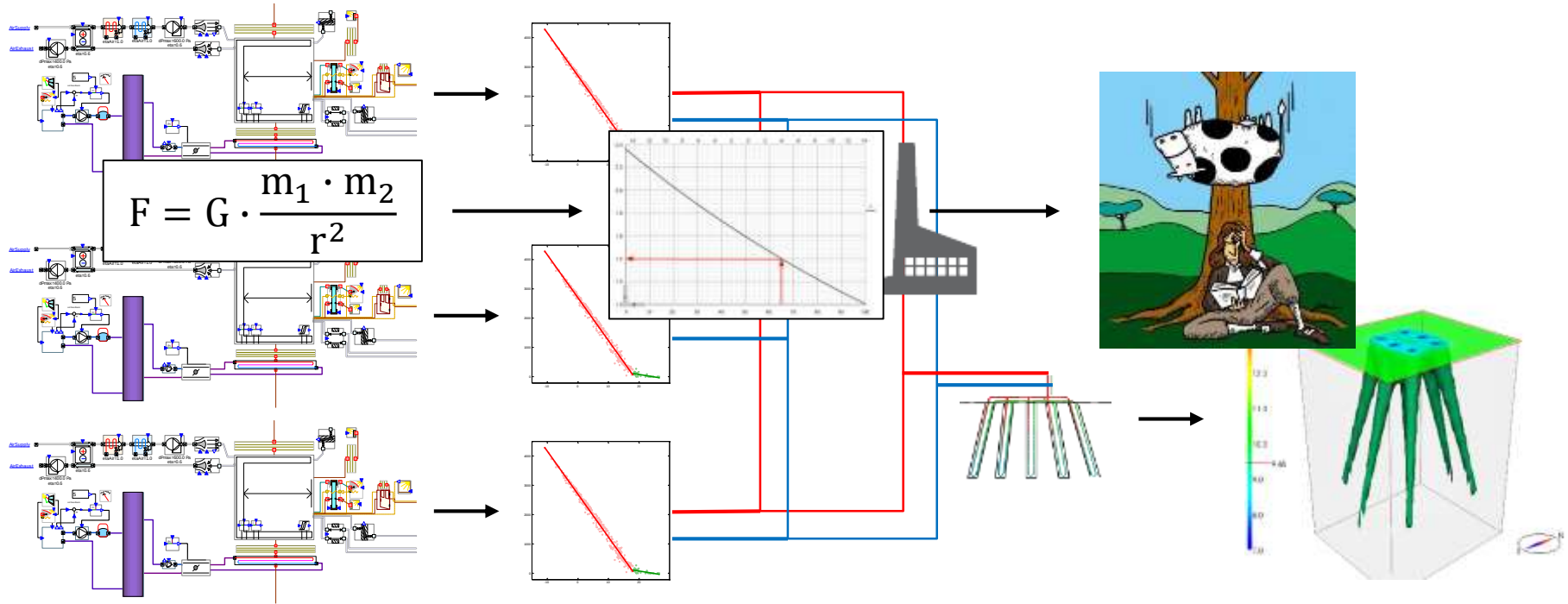


Simulation von thermischen Netzen

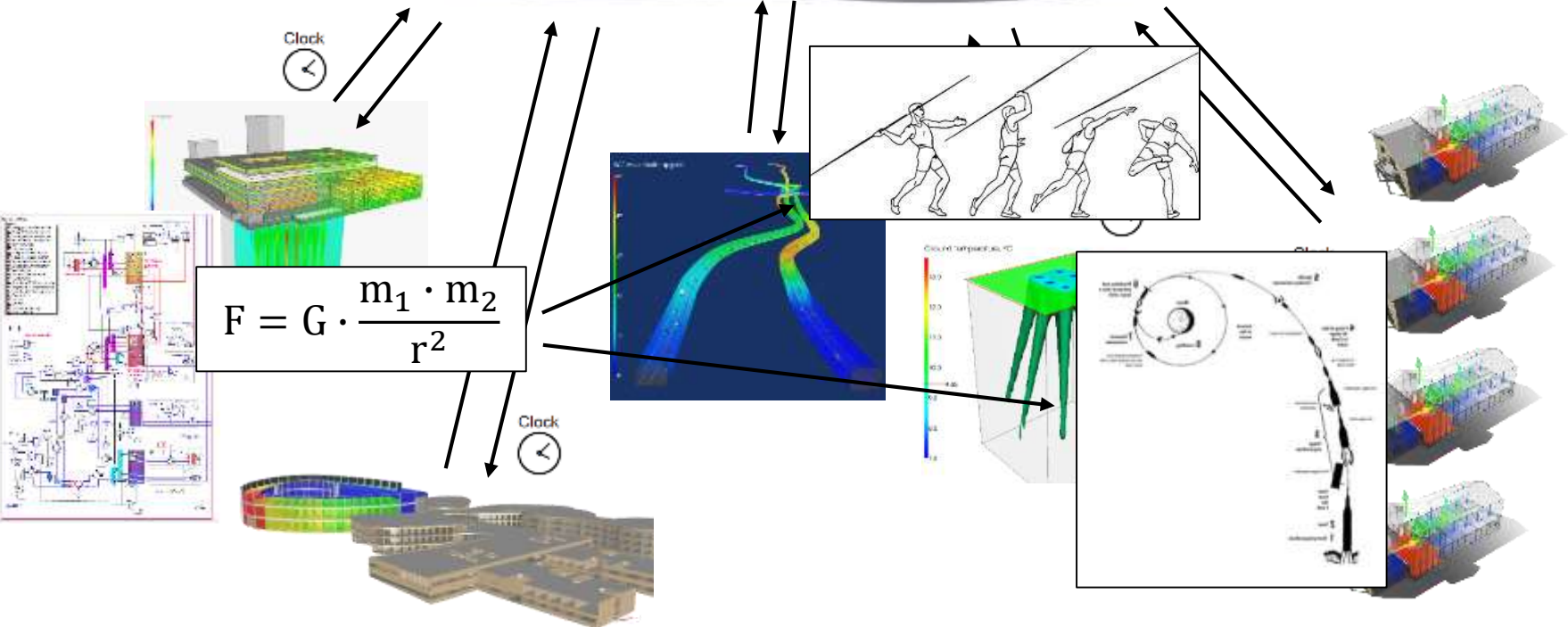


- Neues Teilsystem: Das thermische Netz und dessen Regelung
- Jedes Gebäude kann einzeln detailliert betrachtet und optimiert werden
- Für die Betrachtung des Netzes inkl. Regelung können die Gebäudemodelle vereinfacht werden
- Kennt man das Verhalten des Netzes, so kann das Langzeitverhalten der Erdsondenfelder separat untersucht werden.

Simulation von thermischen Netzen



EQUA Simulationstechnologie der Zukunft



Wieso nicht?

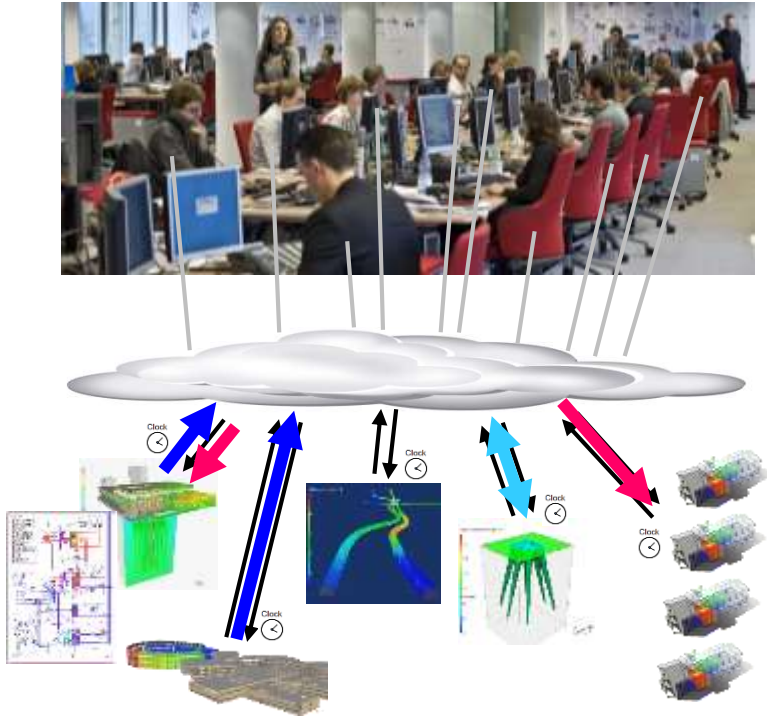


- Weil es zu schwierig ist für mich?
- Weil es zu kompliziert und zu aufwändig ist?
- Weil meine Ambitionen nicht so hoch sind?
- Weil die Erde eine Scheibe ist – basta!



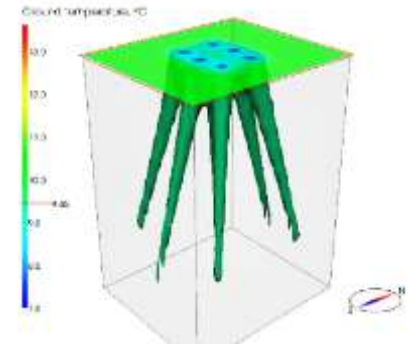
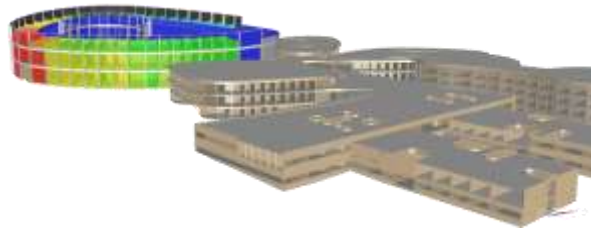
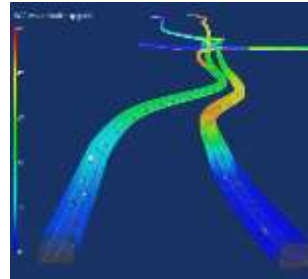
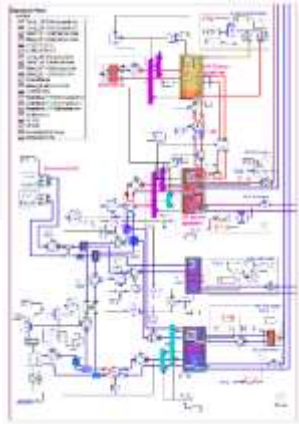
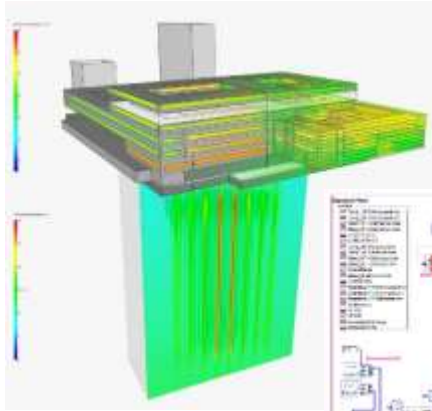
Und wieso eben doch?

- Gleichzeitigkeit von Kühlen und Heizen
- Optimierung durch Nutzung von Synergien
- (Kontinuierliche) Regelung zwischen den Teilsystemen
- Interdisziplinäre Planung



Und wieso eben doch?

- Weil es jedes einzelne Modell (hoffentlich!) sowieso schon gibt



Und wieso eben doch?



- Weil eine gute Alpinisten-Ausrüstung nicht nur für den Mount Everest praktisch ist



Und wieso eben doch?



- Weil ein Ski für eine Weltmeisterin auch mir Spass macht



Herzlichen Dank