

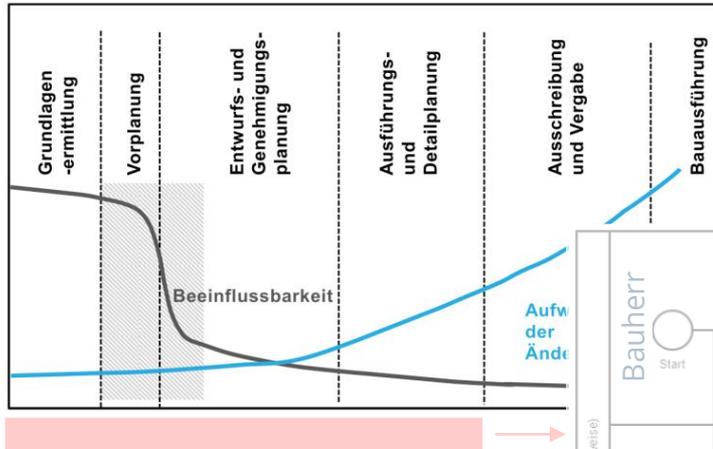
Hauke Hirsch, Dirk Weiß, Prof. Dr.-Ing. John Grunewald  
Institut für Bauklimatik, TU Dresden

# Warum wir bessere Modelle (und Prozesse) brauchen: Geothermie, Solar und Wärmepumpe als Säulen der lokalen Wärmeversorgung

EWB-Stunde am 07.4.2022, 10:00 - 11:00 Uhr, digital

- Prolog
- Kurze Vorstellung Institut für Bauklimatik
- Forschungsprojekt KNW-Opt
- Regenerative Gebäudekonzepte
- Digitale Zwillinge

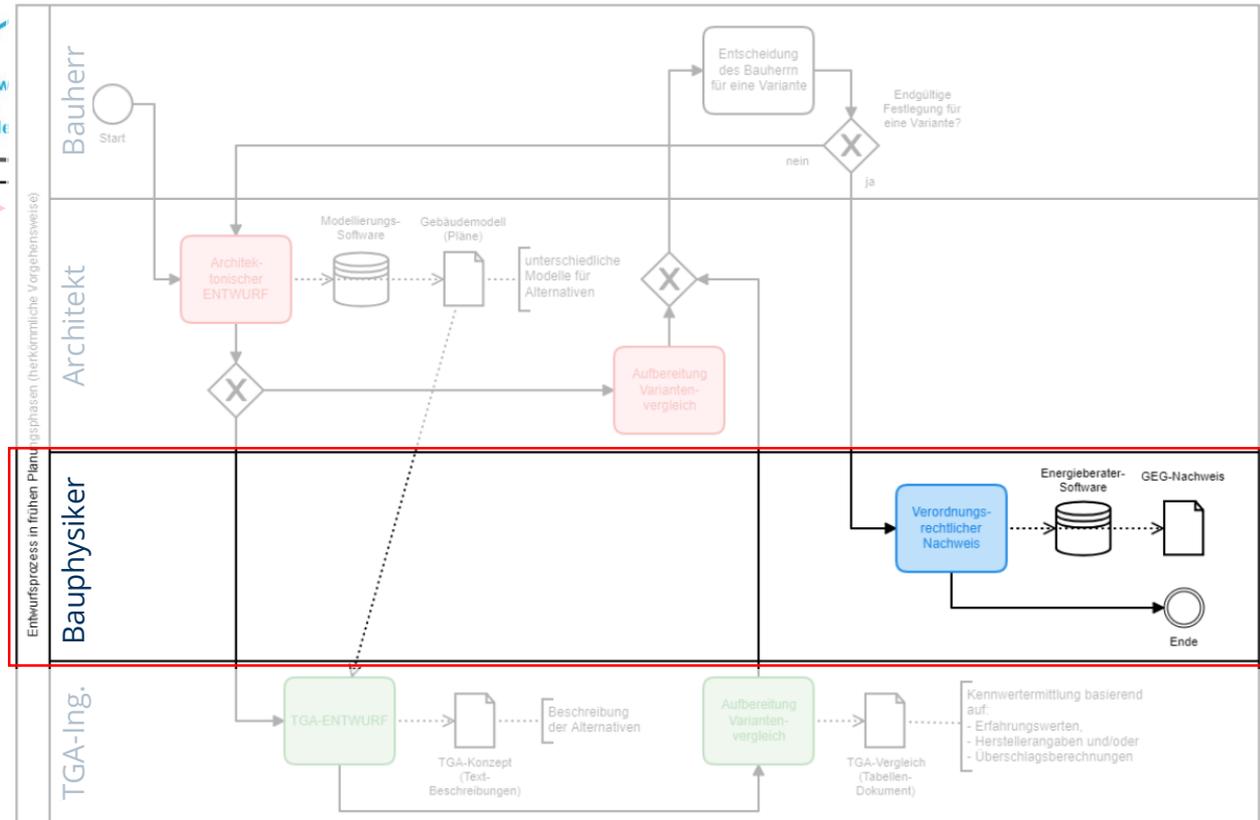
# Planungsprozess (IST-Stand traditionell)



aus [GANTNER. 2017, S. 14]

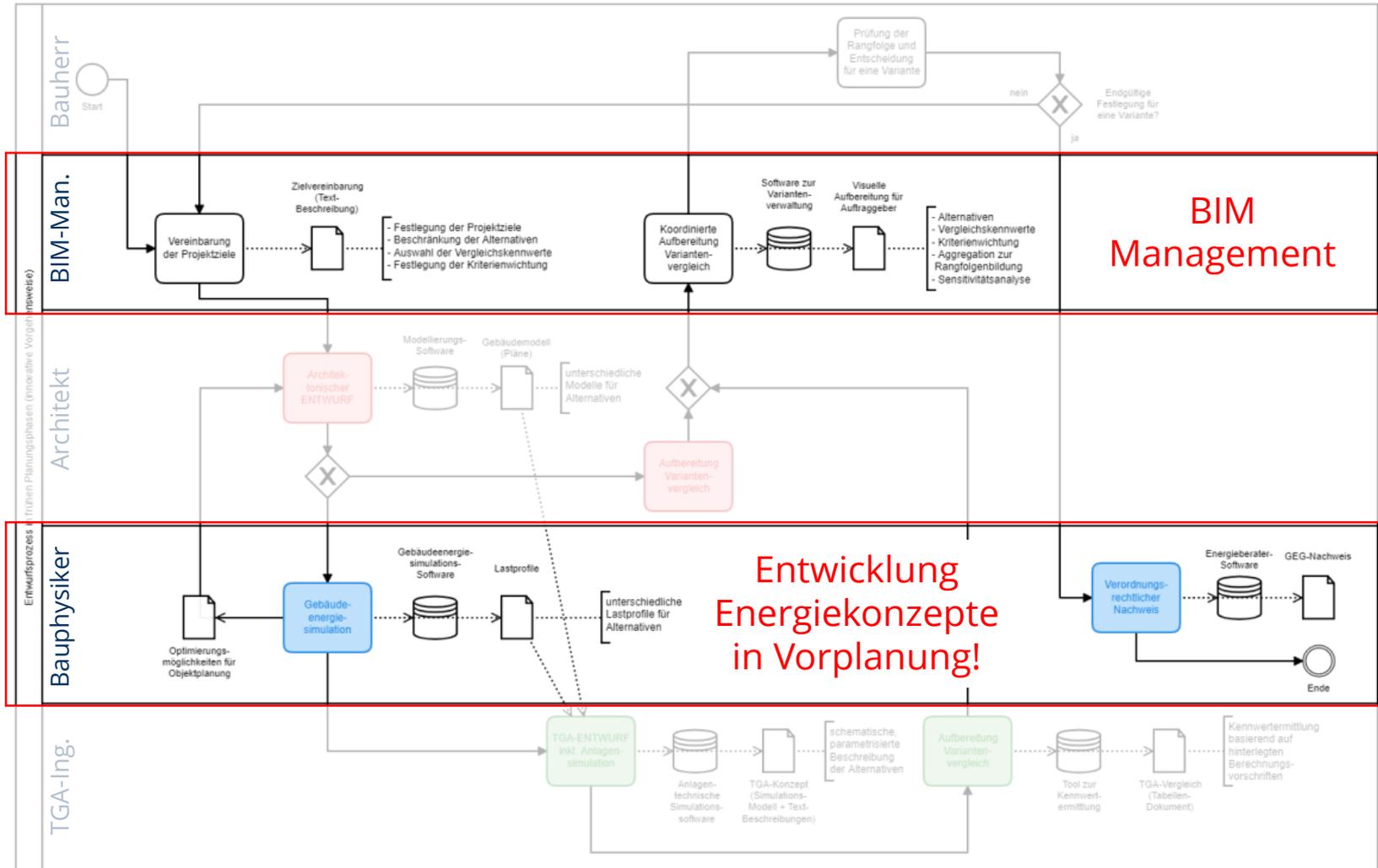
aus Dissertation Tom Radisch (unveröffentlicht)

Entwicklung  
Energiekonzepte?



# Planungsprozess (SOLL-Ziel Nachhaltigkeit)

aus Dissertation Tom Radisch (unveröffentlicht)



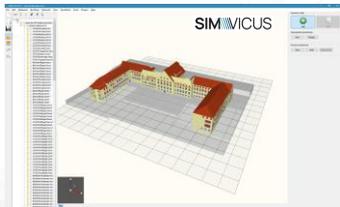
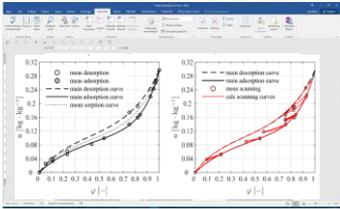


Forschung und Lehre

Softwareentwicklung und Validierung

Bauphysikalisches F&E-Labor

Privatwirtschaftliche Projekte





Wir bieten Ihnen **innovative Lösungen** für nachhaltige Gebäude & Quartiere



## Energiekonzepte

- Regenerative Wärme
- Machbarkeitsstudien Wärmenetze 4.0
- Auslegung Geothermieanlagen



## Gebäude & Quartiere

- Energie-, Licht- & Anlagensimulation
- Nachhaltigkeit & Lebenszyklus
- Gebäude- & Quartierszertifizierung



## Behaglichkeit & Nutzerakzeptanz

- Komfortbewertung
- Überhitzungsschutz
- Luftqualität



## Materialentwicklung & Monitoring

- Innovative Materialentwicklung
- Präzise Materialmessung
- Fenster- & Fassadenprüfung



## Nachhaltige Sanierung

- Bauzustandsanalyse & Gutachten
- Bauphysikalische Planungsleistungen
- Beratung & Fördermittelbegleitung

# Forschungsprojekt KNW-Opt

# Forschungsprojekt KNW-Opt

Kalte Nahwärme mit Großflächenkollektor in Bad Nauheim



## Projektziele:

- Aufbau der messtechnischen Erfassung
- Systematische Inbetriebnahme des Gesamtsystems
- Bodenkundliche Begutachtungen
- Wissenschaftliche Untersuchungen
- Kalibrierung und Validierung des digitalen Zwillings
- Optimierung des Gesamtsystems
- Netzdienstlichkeitssteuerung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Bad Nauheim Süd – Rahmenbedingungen



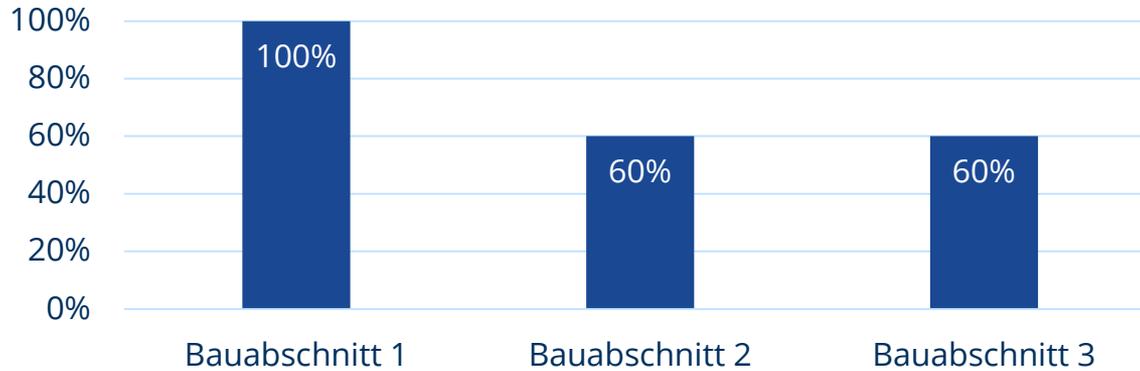
## Eckdaten Bad Nauheim Süd (Projektstart 2016)

- Kurstadt Bad Nauheim
- Ökologische und ökonomische Wärmeversorgung zwingend
- 160.000 m<sup>2</sup> Neubaugebiet
- Rund 400 Wohneinheiten für rund 1.200 Einwohner
- Kein Anschlusszwang
- Drei Bauabschnitte (Baubeginn mind. 2 Jahre nach Grundstückerwerb)
- Moderner Baustandard nach **EnEV/KfW**
  - niedrige Vorlauftemperaturen in den Häusern



# Bad Nauheim Süd – Überblick Baugebiet

Fortschritt Bauabschnitte (Stand Nov 2021)



Bauabschnitt 1



Bauabschnitt 2



Bauabschnitt 3

# Forschungsprojekt KNW-Opt

## Größter Erdwärmekollektor in Deutschland mit kaltem Nahwärmenetz

<https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/eneffwaerme-knw-opt-forschungsvorhaben.html>

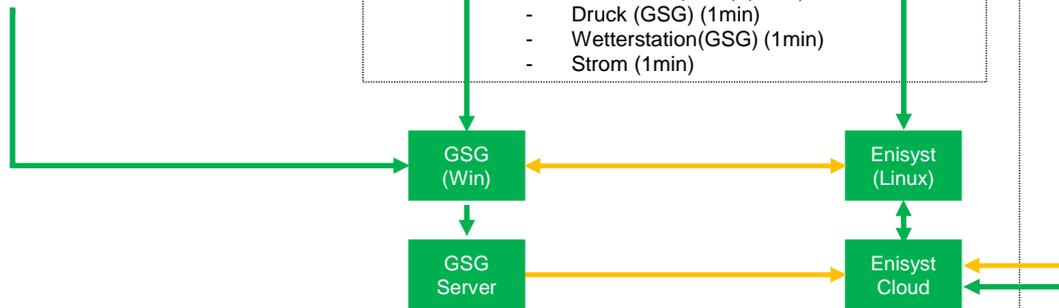
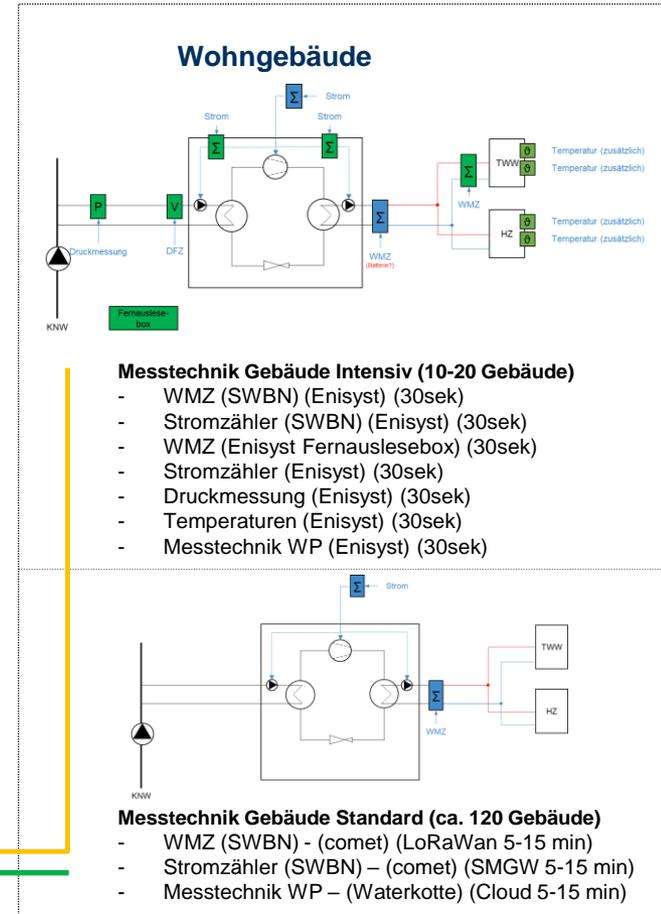
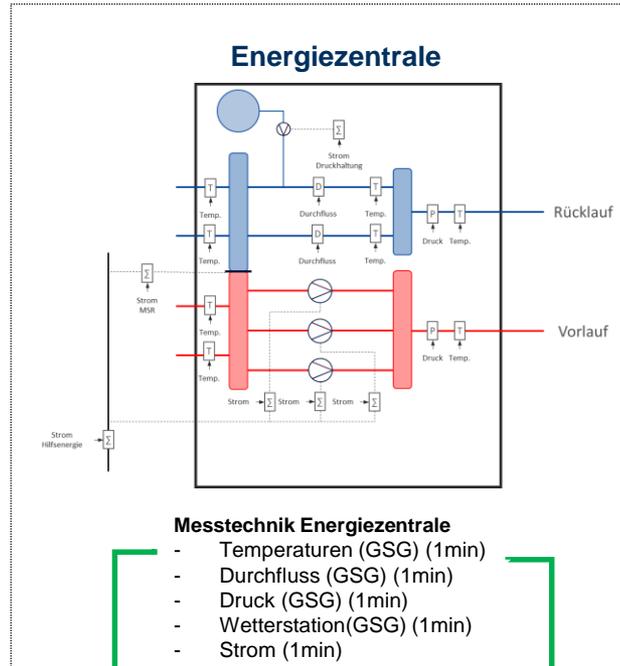
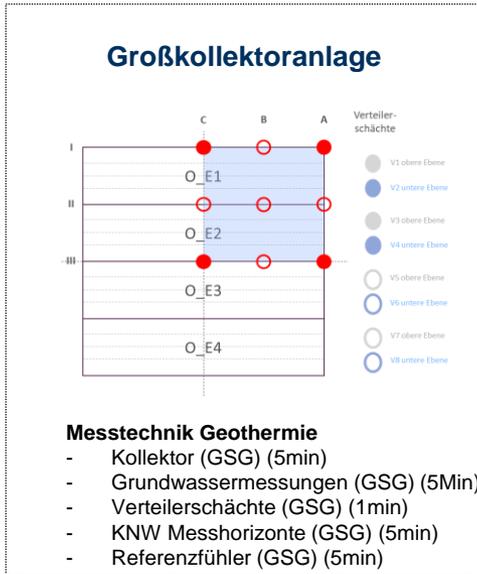
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Messtechnische Erfassung



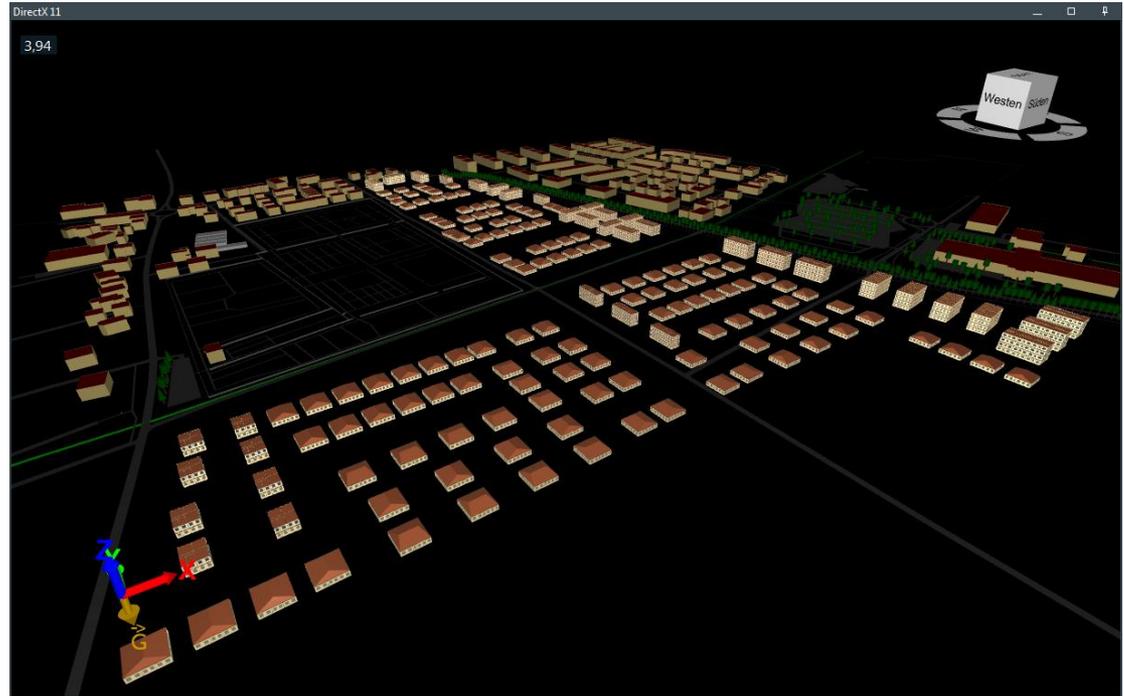
**MSR vor Ort:** .csv-Dateien (1min Takt)

**Internet:** Monisoft mySQL Daten (1mal täglich in MariaDB)

# Modellierung der Siedlung

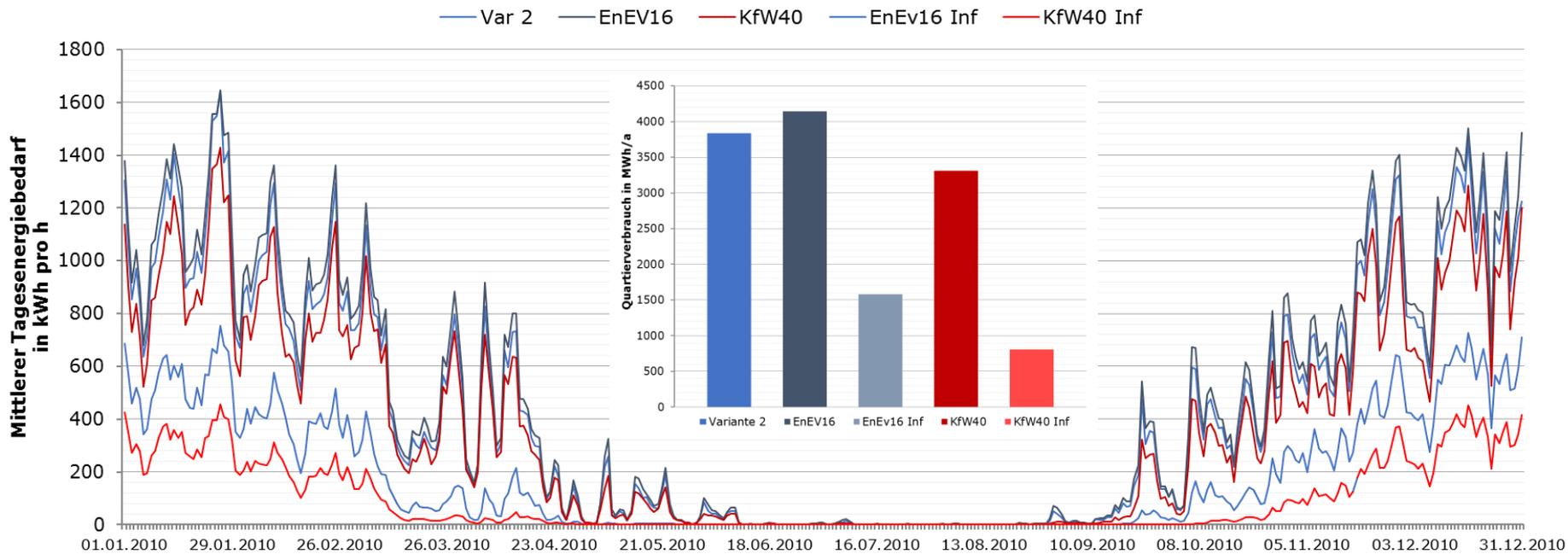
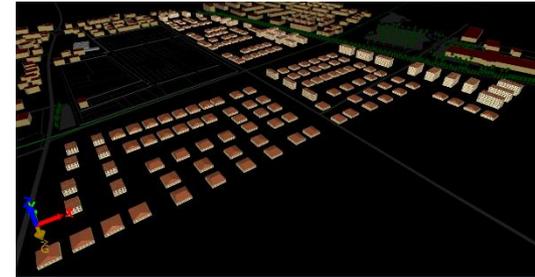
Ermittlung der Lastkurven der Gebäude für Netzauslegung

[https:// www.sim-vicus.de](https://www.sim-vicus.de)



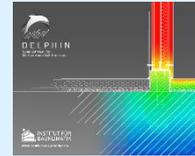
# Modellierung der Siedlung

- Aufbau generischer Gebäudemodelle für das gesamte Quartier
- Energetischer Vergleich verschiedener Varianten (EnEV16, KfW40)
- Ermittlung von Jahreslastgängen für die Dimensionierung des Erdwärmekollektors und Nahwärmenetzes

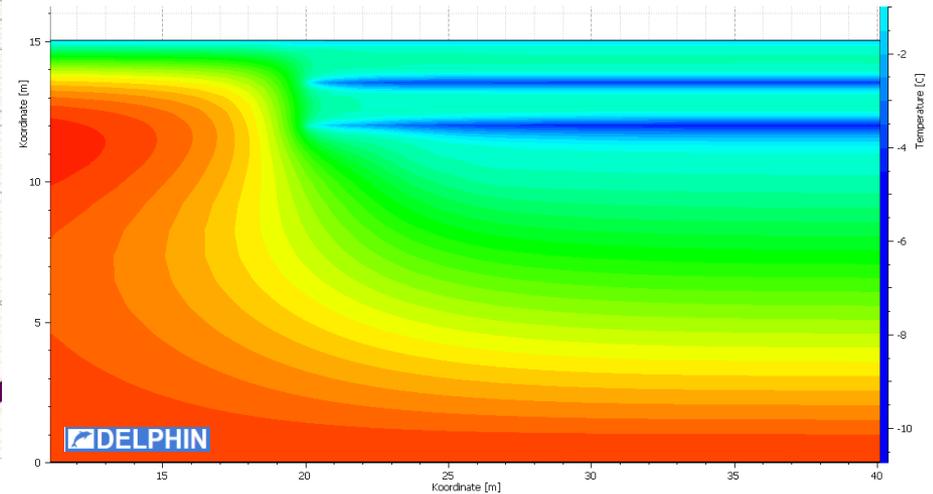
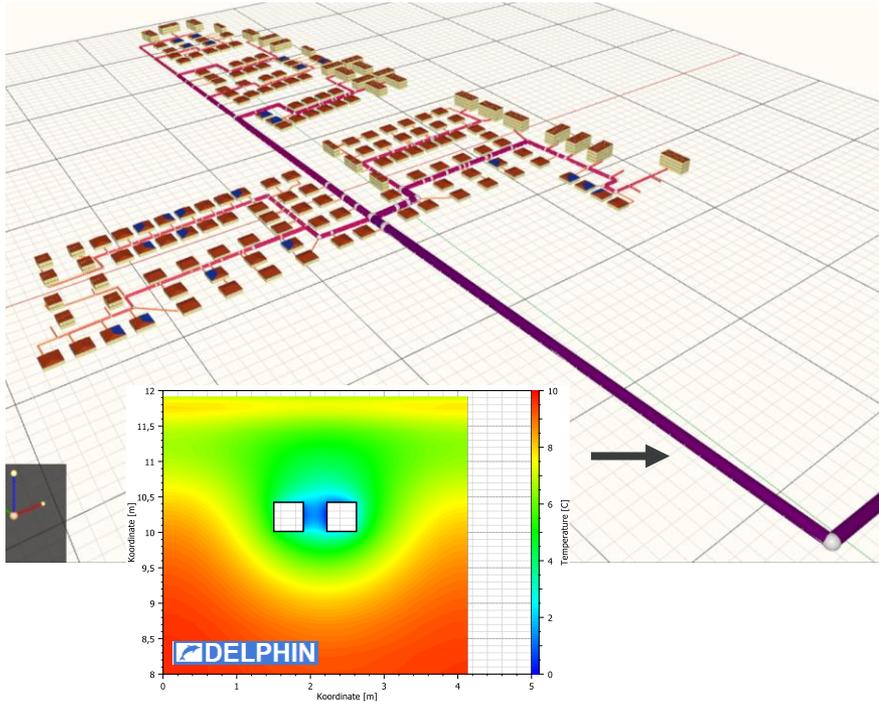


# Modellierung des Kollektors + Netz

Thermohydraulisches  
Simulationsmodell  
Nahwärmenetz



Hygrothermisches  
Simulationsmodell  
Kollektorfeld



<https://www.bauklimatik-dresden.de/>

# Modellierung des Kollektors + Netz

## Ziel

Untersuchung unterschiedlicher Netzauslegungen (passiv / aktiv / hybrid)

Zusammenspiel Kollektor – Netz / Wärmegewinne über Netz

Gekoppelte Simulation aus

- Modell thermo-hydraulisches Netz
- Modelle für Wärmeübertragung zwischen Erdreich und Netz / Kollektor
- Modell Kollektor

## Problem

Berechnung Temperaturfeld für Rohre ist aufwändig, 387 Rohrstücke im Modell

Ansatz:

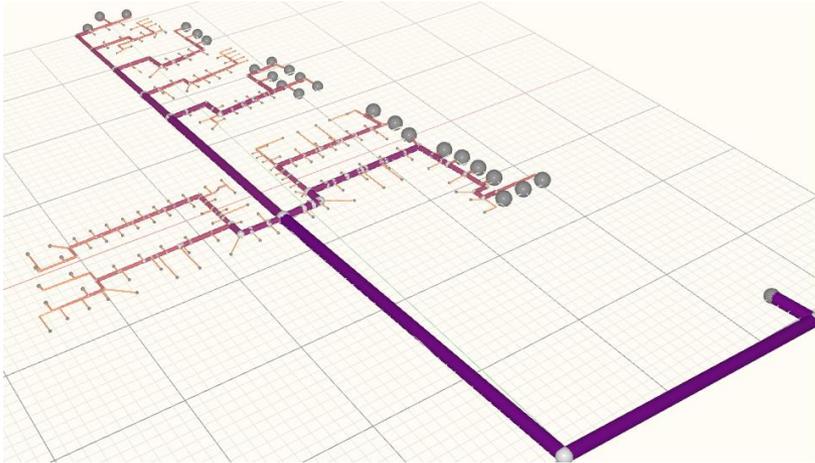
1. Vereinfachung des Modells
2. Zusammenfassen gleicher Erdreichmodelle für verschiedene Rohrstücke

# Modellierung des Kollektors + Netz

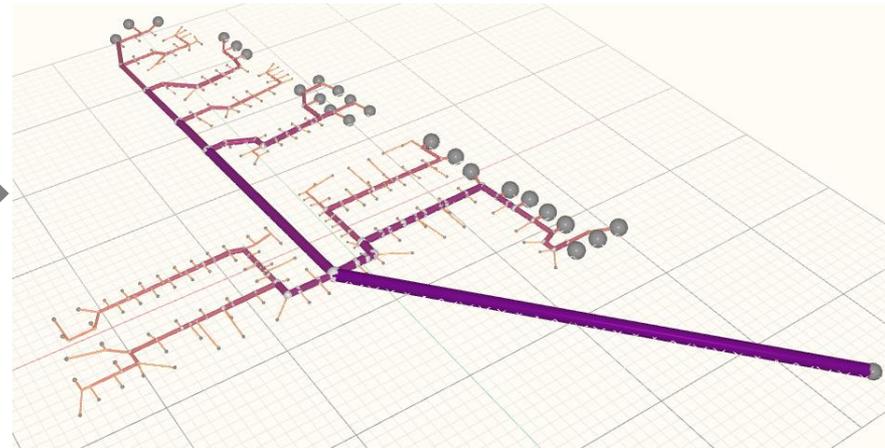
## Vereinfachung des Modells

- Zusammenfassen von Rohren ohne dazwischenliegende Abzweigungen
- Entfernen kurzer Rohrstücke (z.B.  $< 5$  m)

387 Rohrstücke



320 Rohrstücke

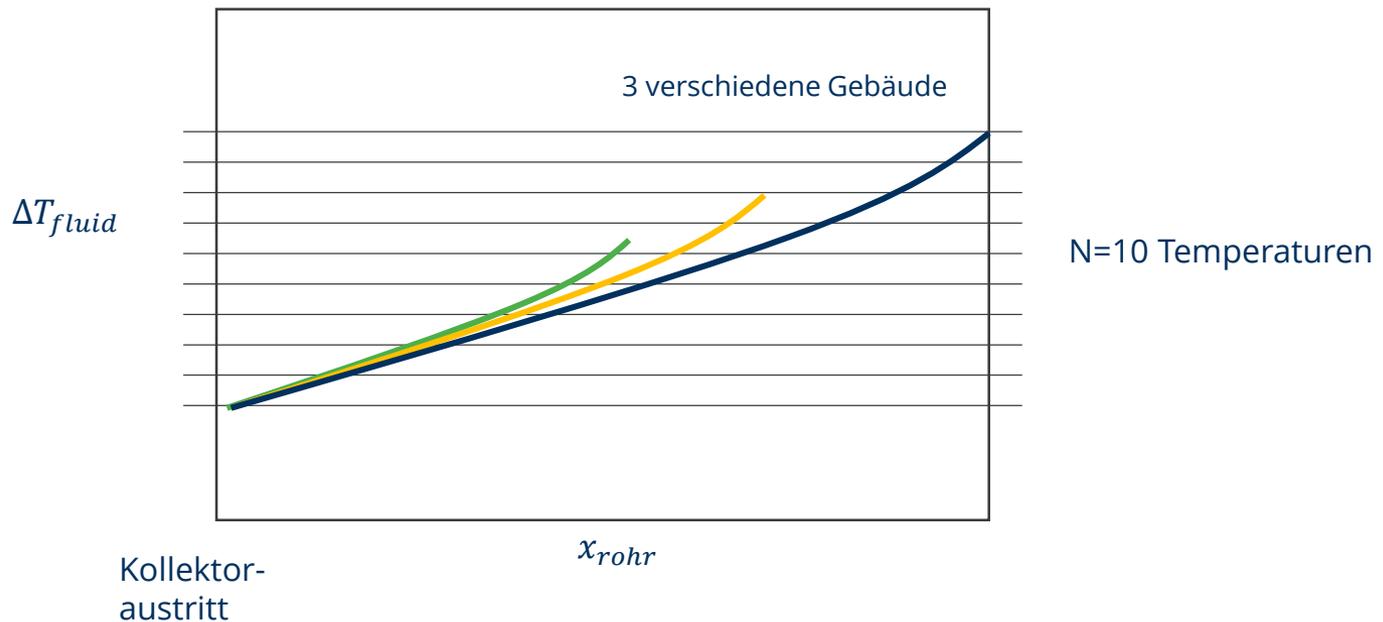


# Modellierung des Kollektors + Netz

Zusammenfassen gleicher Erdreichmodelle für verschiedene Rohrstücke

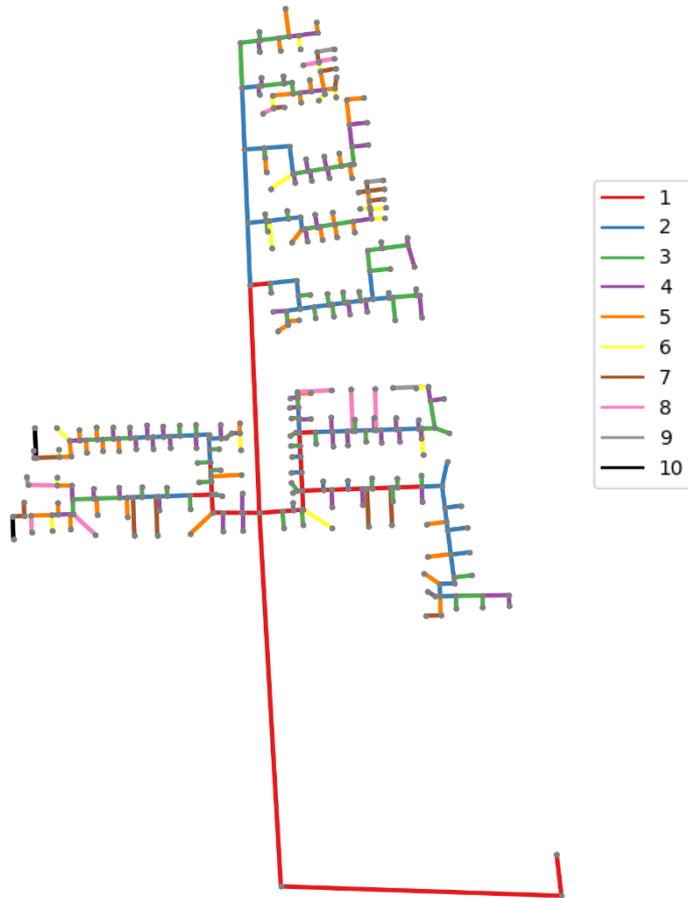
Berechnung der erwarteten Temperaturänderung entlang eines Pfades Kollektor → Gebäude

$$\Delta T_{fluid} = \frac{\pi d_a k x_{pipe}}{\dot{m} c_p} (T_{fluid} - T_{soil})$$



# Modellierung des Kollektors + Netz

Zusammenfassen gleicher Erdreichmodelle für verschiedene Rohrstücke



Simulation mit

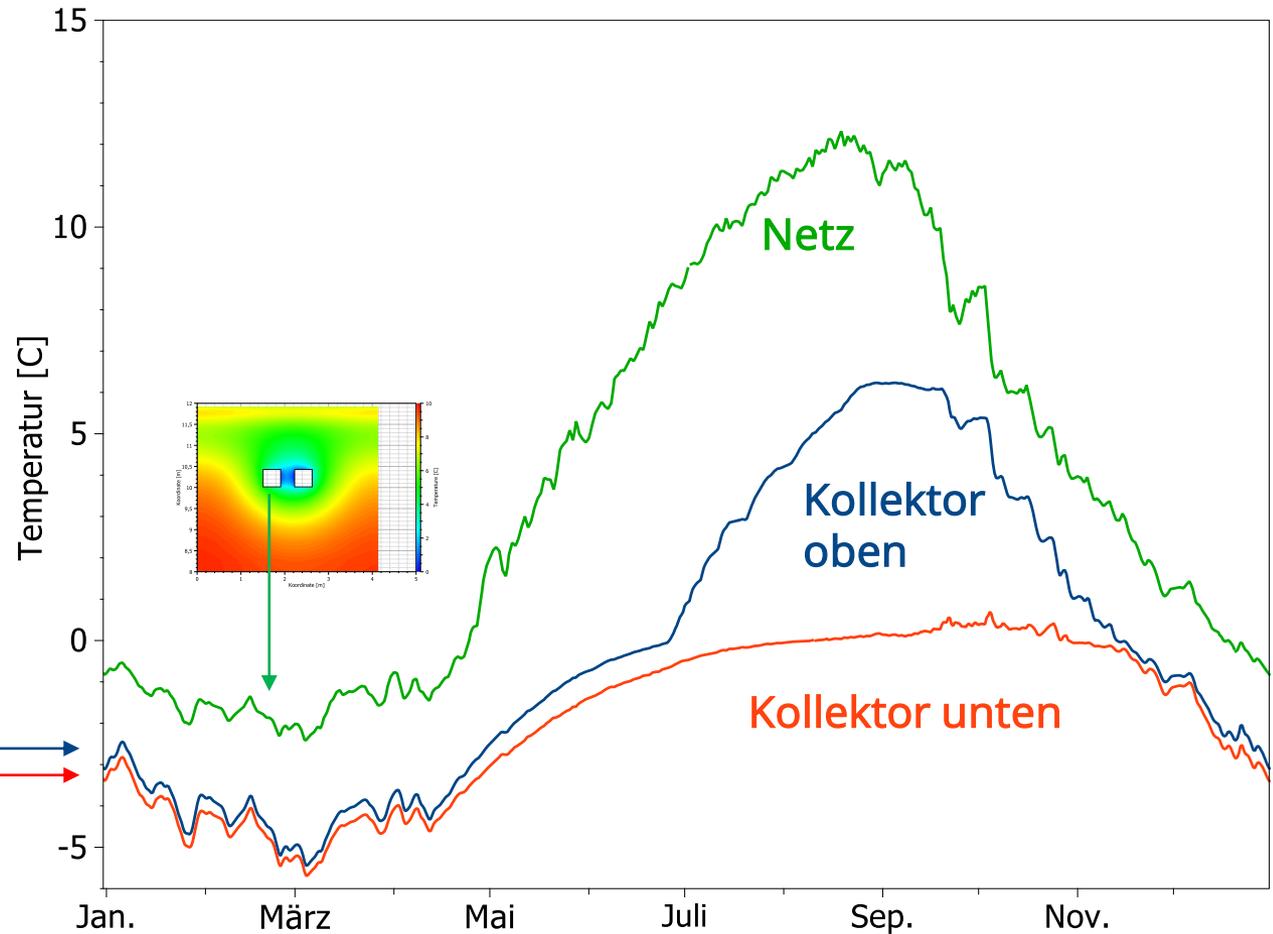
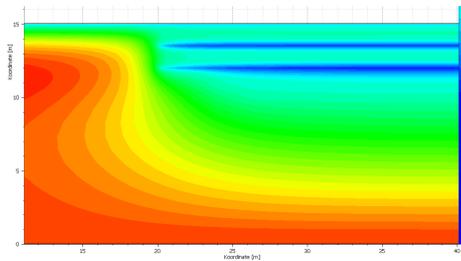
- Netzmodell
- Kollektormodell (hygrothermisch)
- 10 Erdreichmodellen (hygrothermisch)

→Rechenzeit ca. 2.5 h pro Jahr real time

# Modellierung des Kollektors + Netz

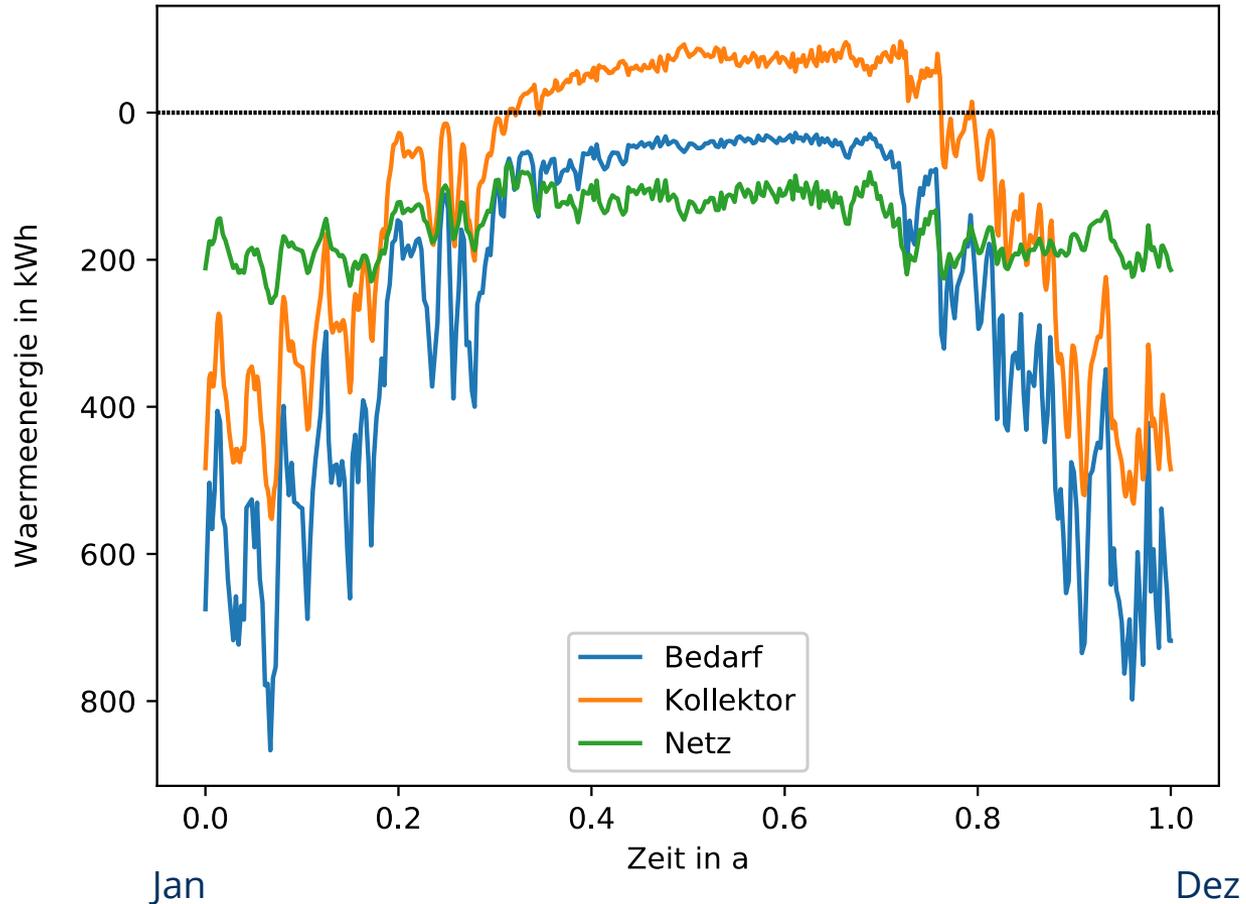
## Ergebnisse

- Kollektor ist eng und mehrlagig verlegt → kühlt stärker aus
- Netz hat höhere Temperatur im gesamten Jahr



# Modellierung des Kollektors + Netz

## Ergebnisse



- Kollektor liefert Großteil der Wärme im Winter
- In der Frühjahr/Herbst: Netz liefert mehr Wärme
- Das Netz erwärmt den Kollektor im Sommer/Herbst
- passive Kühlung noch nicht berücksichtigt

# Regenerative Gebäudekonzepte

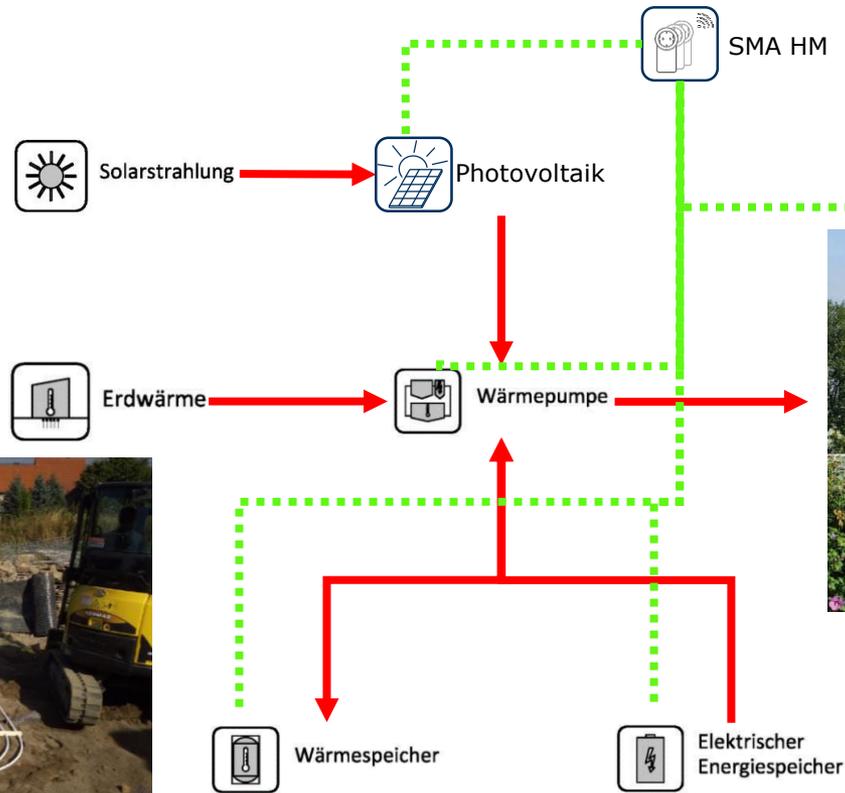
# EFH Weiß





# Nachhaltige Gebäudekonzepte

100 % regenerativ  
ökonomisch und umweltgerecht  
Simulation als Planungsgrundlage

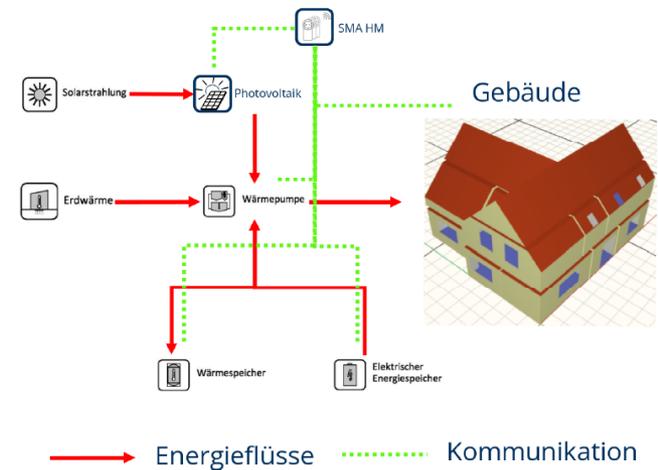
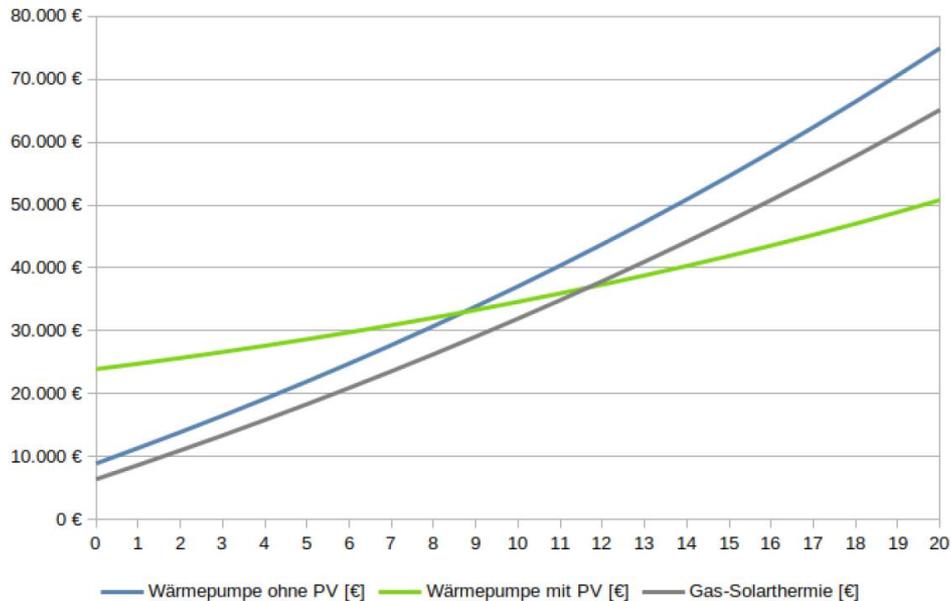


Neubau



# Nachhaltige Gebäudekonzepte

- Betriebskosten 2020 ~ 400 € (Heizen, Kühlen, Strom)
- Mehrinvestition ~ 16T €
- Amortisation ~ 9 Jahre\*



\*Vor Ukraine Krieg

# Schlussfolgerungen

- Gebäude und Versorgung (Erzeuger, Netze) müssen gemeinsam gedacht und umgesetzt werden.
- Städte und Gemeinden: "Fit für Regenerative" geht vor „Maximale Einsparung“!
- Um nachhaltige Lösungen in der Breite umzusetzen braucht es eine neue Qualität in der Planungspraxis (BIM, Simulation).
- Durch Simulation lassen sich bislang ungenutzte Potentiale ausschöpfen (z.B. in den Feldern Geothermie, Kopplung Wärme-Strom, HLK-Auslegung).
- Aktuelle Gesetzgebung (GEG) und Normung (DIN 18599) stellen Hindernisse dar, Plädoyer für mehr Flexibilität und Innovation in der Planung.

# Digitale Zwillinge, BIM, Simulation in der Planung

# IBK-Simulationssoftware

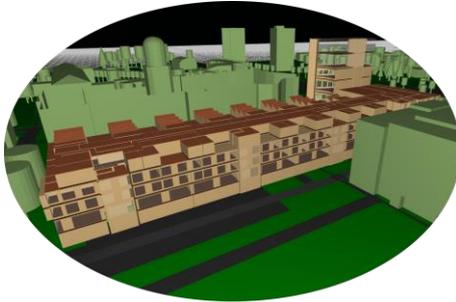
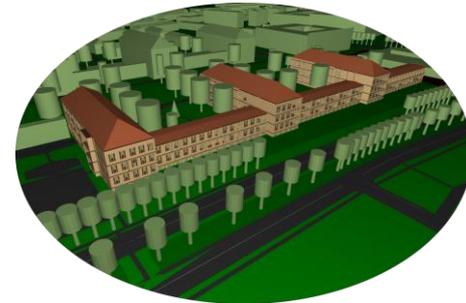
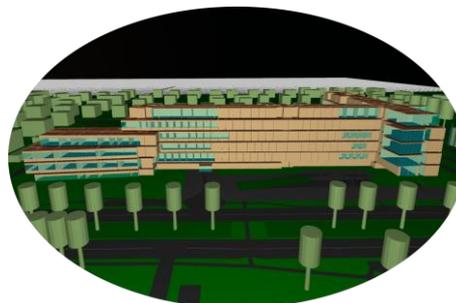
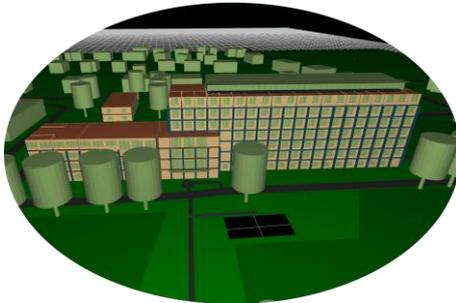
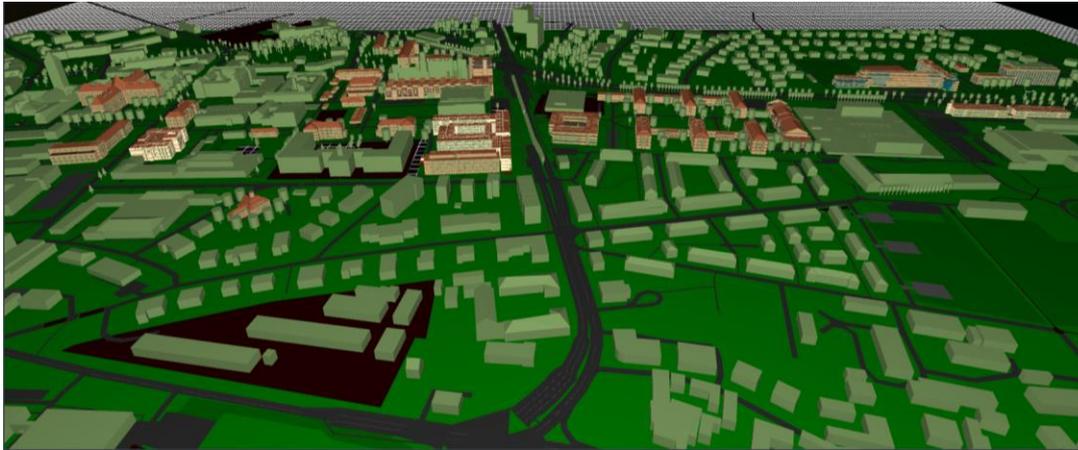
## Anforderungen

- Integration erneuerbarer Energien durch Analysen auf stündlicher Basis → **Simulation**
- Detaillierte Abbildung der Gebäude / kurze Rechenzeiten → **Multizonenmodelle, Speichereffekte**
- Durchgehender Arbeitsfluss mittels Digitalisierung → **BIM, ifc/idf-Import**
- Abbildung von Bebauungsszenarien → **Generische Gebäudemodelle auf Quartiersebene**
- Erstellung von Quartiers-Energiekonzepten → **Kollektor- (Geothermie) und Netzsimulation**
- Digitale Vernetzung der Planungswerkzeuge → **Kopplungstechnologien, MASTERSIM**
- Zertifizierungen für Nachhaltigkeit z.B. DGNB, LEED → **Ordnungsrechtliche Nachweise**
- Ausweitung EU-Emissionshandel auf Verkehr / Gebäude → **CO<sub>2</sub>-Lebenszyklusbilanzen, Kosten**

## Umsetzung

- Stabile & effiziente Finite-Differenzen-Lösungsmethode → **Rechenkern NANDRAD**
- 3D-Übernahme Gebäudemodelle & Prüfmethode → **Grafische Nutzeroberfläche SIM-VICUS**
- Integration baukonstruktiver Details / Nachhaltigkeit → **Rechenkern & Nutzeroberfläche DELPHIN**

# Digitale Gebäudemodelle TU Dresden Campus



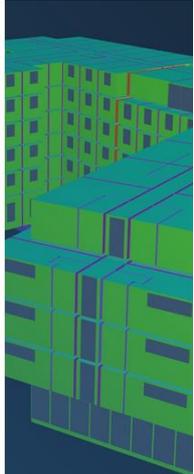
## Nutzeroberfläche



### Excellent Quality Management

With SIM-VICUS all parameters can be displayed and checked dynamically via the 3D interface. This allows the user to maintain an overview within the project and efficiently investigate the correctness of the data. This takes the quality management of data integrity to a new level.

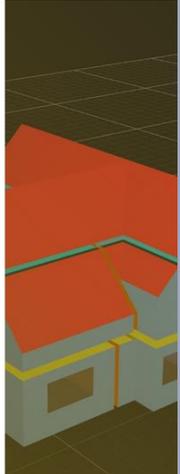
[see all features](#)





### Modern solver technology

SIM-VICUS is a modern building simulation platform for the dynamic evaluation of the energy efficiency of a building. It has been specially developed to be able to efficiently calculate particularly complex and large buildings as well as to be able to manage the necessary amount of data. At the same time, the integrated physical models have a high level of detail, which is useful for the dynamic description of the building. In particular, the

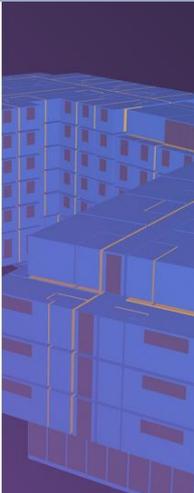




### Optimized 3D-Visualization

In SIM-VICUS, the entire parametrisation is carried out using 3D building data. This means, on the one hand, that the entire building is graphically modelled and created on the basis of 3D interior surfaces and, on the other hand, that parameters are assigned directly to the object (e.g. underfloor heating) and these are also graphically visualised using false colours.

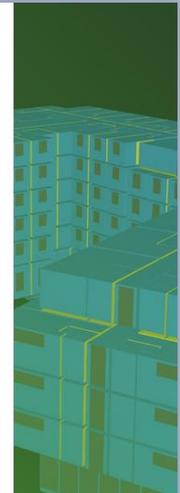
[see all features](#)





### Lightning fast building modeling

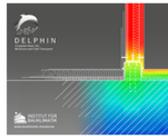
SIM-VICUS is currently capable of importing IDF files and IFC\* files and developing simulatable models from architectural models at lightning speed. In addition, rooms, roofs and complex shapes can be created via extensive parameterization dialogs. This means that three-dimensional simulation models can be created in no time at all and are ready for further use.



## Rechenkerne & Tools



### DELPHIN WEITERE INFORMATIONEN



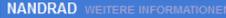
DELPHIN ist ein umfangreiches numerisches Simulationsprogramm für den gekoppelten Wärme-, Luft-, Feuchte- und Stofftransport (z.B. Salz) in kapillarporösen Baustoffen.



### THERAKLES WEITERE INFORMATIONEN



THERAKLES ist ein einfach zu bedienendes, physikalische detailliertes Raumsimulationsprogramm für die Vorhersage der thermischen Behaglichkeit im Sommer und Winter und der jährlichen Energiegewinne und -verluste. Es beinhaltet ein thermisches und hygrothermisch Modell.



### NANDRAD WEITERE INFORMATIONEN



NANDRAD ist ein Rechenkern für komplexe Gebäudenenergiesimulation (Mehrzonenmodell) und spezialisiert für die Berechnung großer massiver Gebäude mit vielen Zonen und detailliert modellierten Konstruktionen (Wände, Fußböden, Decken, ...).



### MASTERSIM WEITERE INFORMATIONEN



MASTERSIM ist ein Masterprogramm für gekoppelte Simulation von Co-Simulations-Modellen für Functional Mockup Units (FMU) und eine Programmibliothek für FMU-Import und Simulations-Funktionalität.



### POSTPROC 2 WEITERE INFORMATIONEN



POSTPROC 2 ist ein Programm für die wissenschaftliche Analyse und Aufbereitung von Simulationsergebnissen und Messdaten. Es ist spezialisiert auf die effiziente Behandlung von großen zeitabhängigen/dynamischen Datenreihen (z.B. aus DELPHIN).

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit