

Master-Thesis: Master of Science in Engineering - Profile Building Technologies

Erweiterung und Optimierung des R-C Modells durch gekoppelte Punktmassen

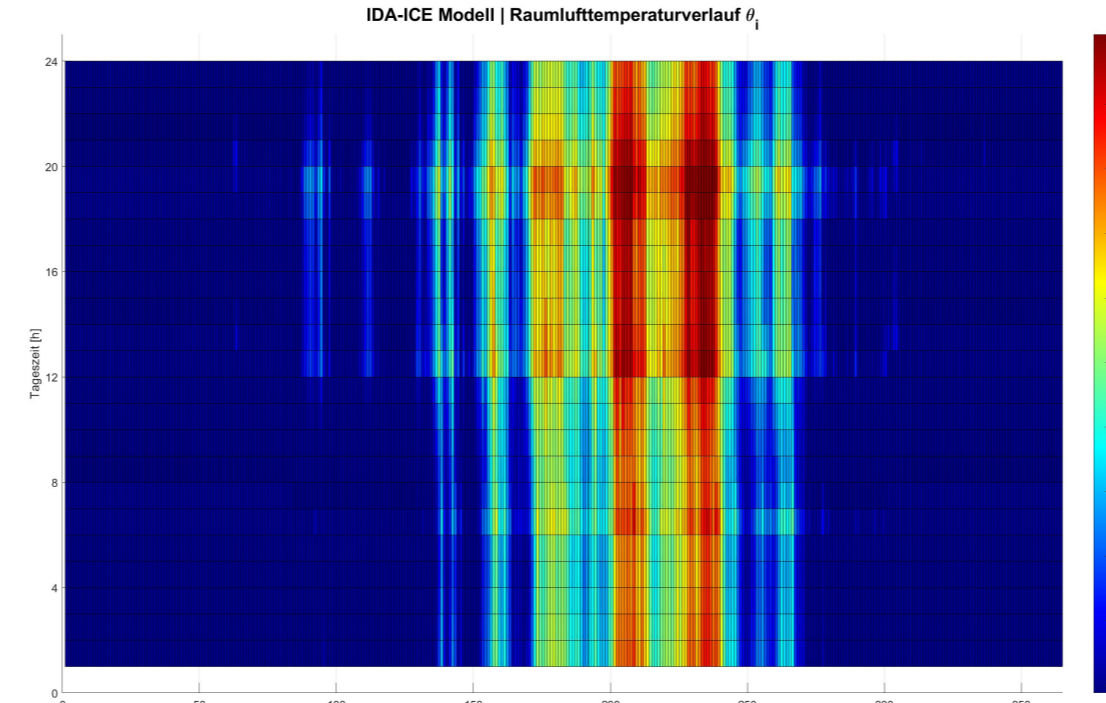
Expansion and Optimization of the R-C Model through coupled Mass Points

R-C Modell | Roche Bau 01

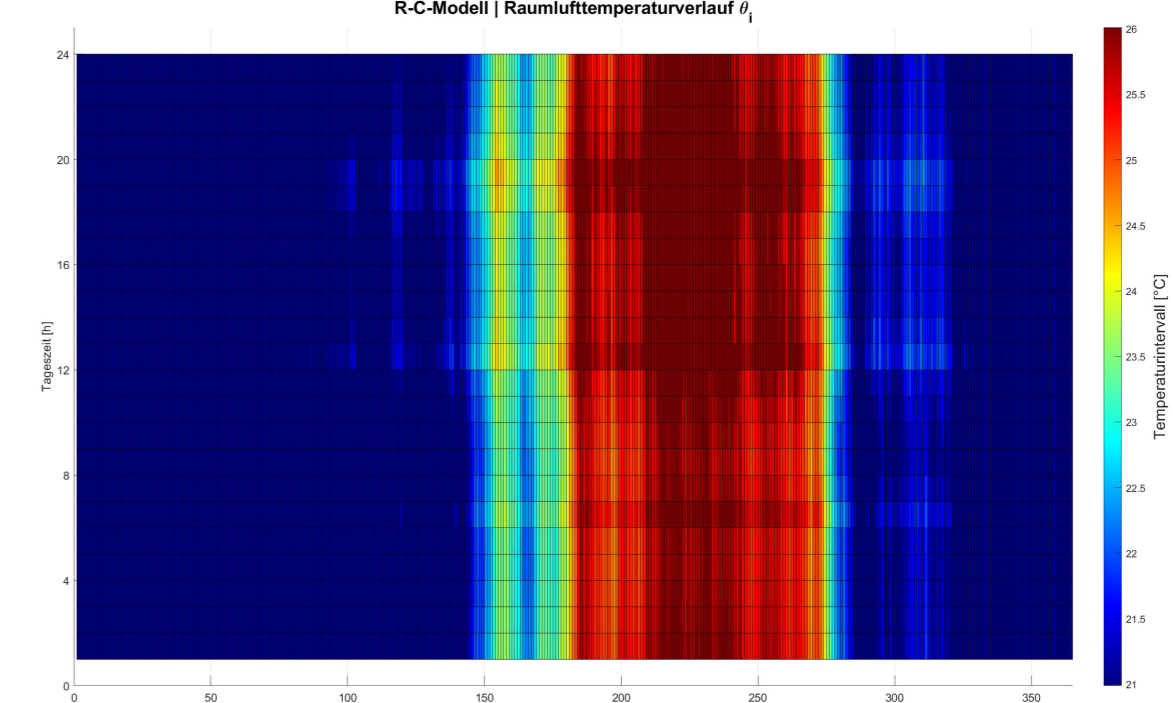


Roche Bau 01 – Basel Headquarters
(Herzog & de Meuron Basel Ltd, 2022).

Modellverifizierung θ_i | Differenzen IDA ICE – R-C Modell

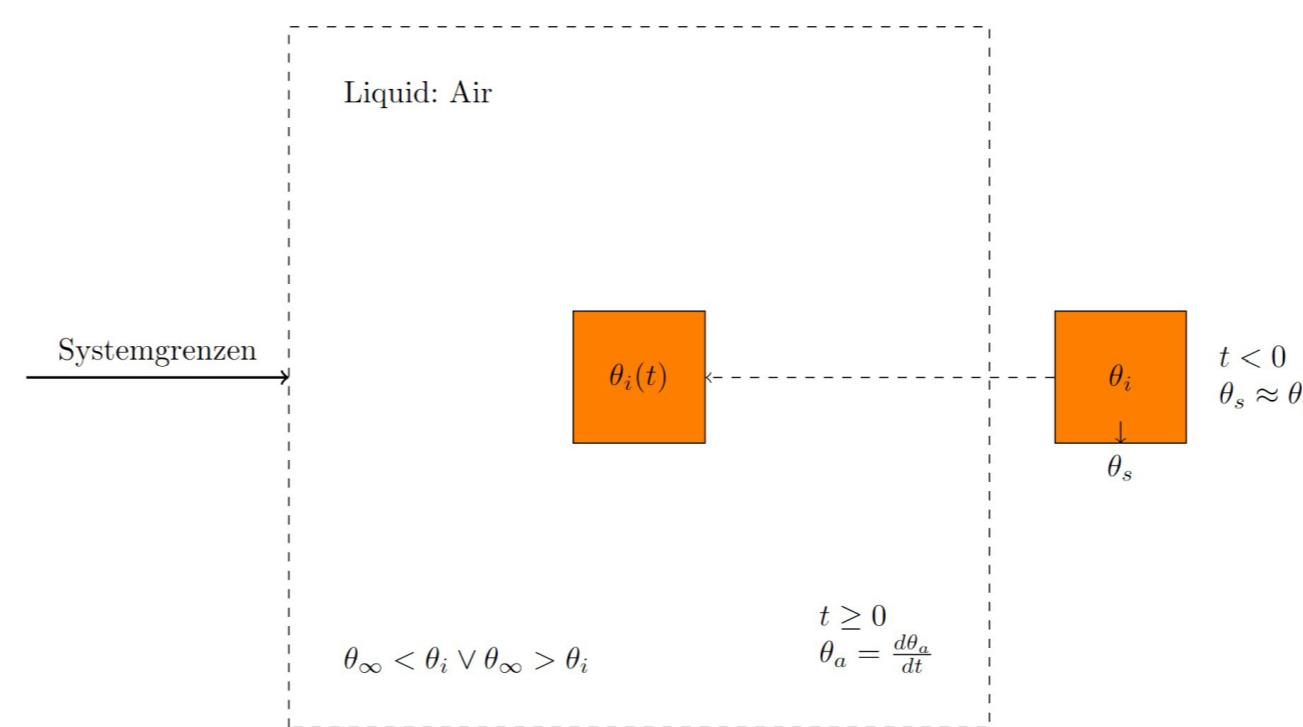


Temperaturverlauf θ_i – IDA [°C].



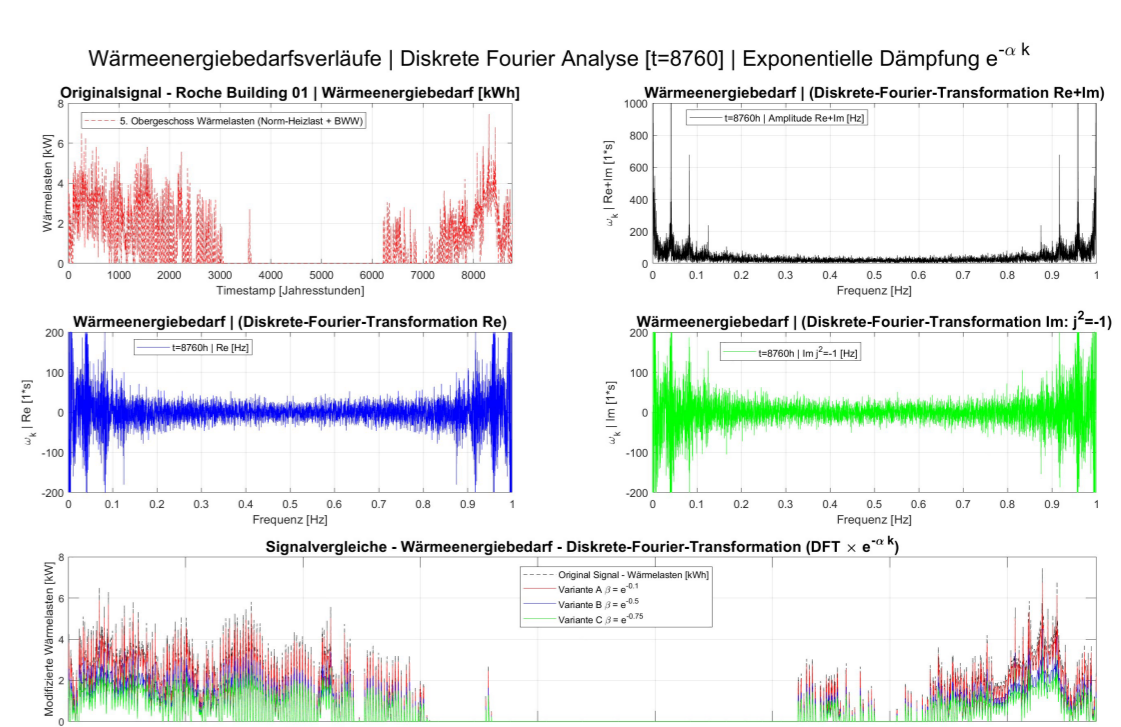
Wärmeenergiebedarf \dot{Q}_H IDA – R-C Modell [°C]

Lumped Capacitance Method



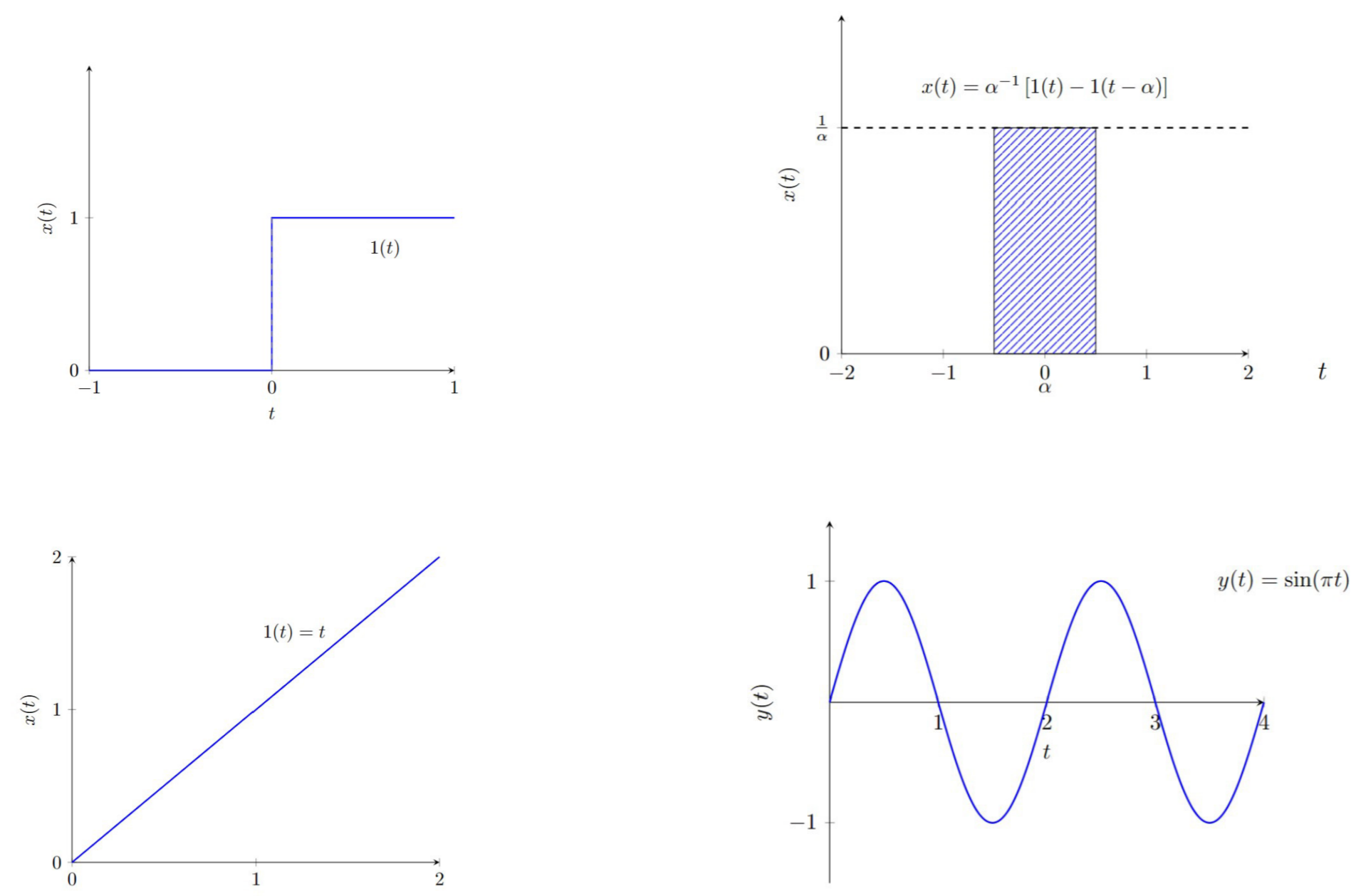
$$Bi \approx \frac{h * L}{\lambda} = \frac{h * V}{A * \lambda} = \frac{R_{cond}}{R_{conv}} \ll 1$$

Kalibrierung – Fourieranalyse



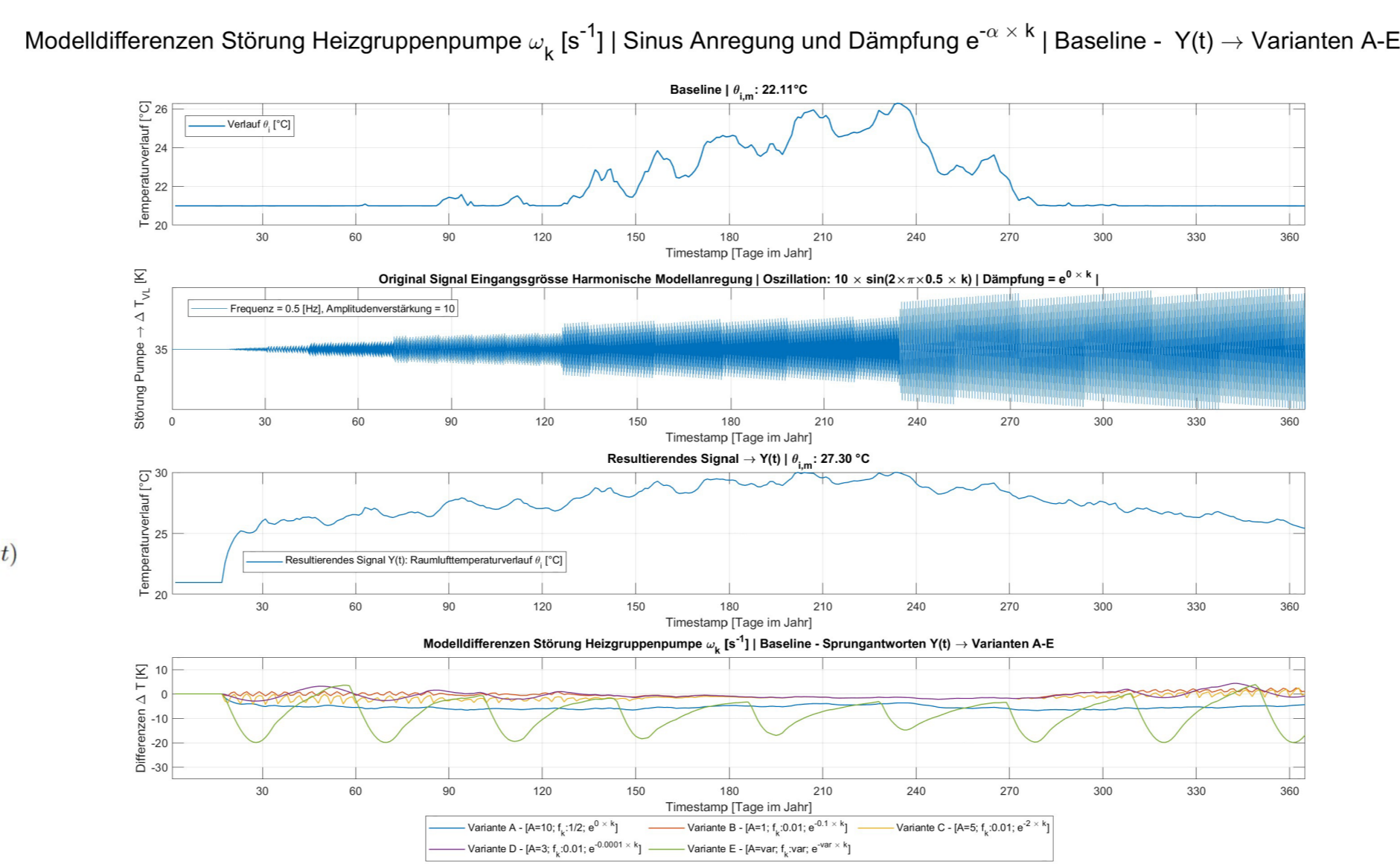
Kalibrierung Roche Bau 01 – Spektralfunktionen Analyse der Energiedaten 2022

Störfallszenarien – Modellanomalien



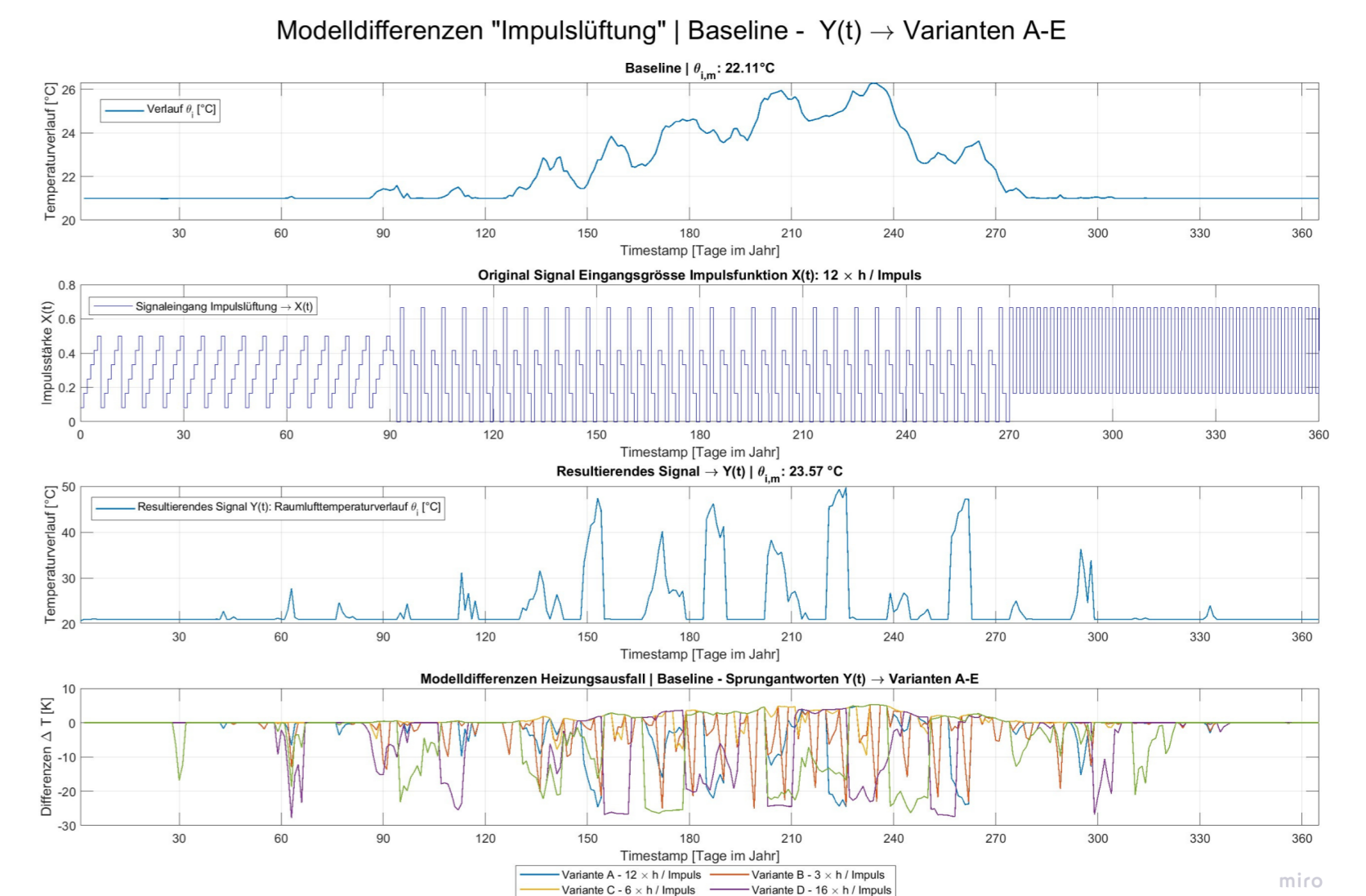
Variable Signaleingänge x(t): Sprungfunktion, Deltafunktion, Rampenfunktion, harmonische Modellanregung

Harmonische Modellanregung



Modellunterschieden e(t): Sinusantworten IDA – R – C Modell.

Dirac'sche Impulsfunktion



Modellunterschieden e(t): Impulsantworten IDA – R – C Modell.

Thematischer Hintergrund

Im Rahmen dieser Master-Thesis wurde in Zusammenarbeit mit der F. Hoffmann-La Roche für den Bau 01 unter Verwendung der Messdaten aus dem Jahr 2022 ein zweiseitiges, resilientes Widerstands-Kapazitätsmodell erstellt. In Anlehnung an die Methodik der Lumped Capacitance wurden die heterogenen thermischen Eigenschaften der Bauteile berücksichtigt, um präzise Aussagen zu den Komfortkriterien treffen zu können. Nach der Modellverifizierung wurde das Stabilitätsverhalten mithilfe der Grundlagen der transienten Dynamik über die Reaktionen von unterschiedlichen Testfunktionen analysiert, wodurch eine Musterzuordnung aus der Gebäudetechnik über die definierten Modellanomalien resultierte. Die Bedeutung von Energieoptimierungen im Schweizer Gebäudesektor gewinnt vor dem Hintergrund der ehrgeizigen Ziele des Bundes im Rahmen der Energiestrategie 2050 zunehmend an Relevanz.

Methodik – Praktische Implikation

Durch die Möglichkeit einer Bottom-Up- und Down-Skalierung des gebündelten Temperaturknotenmodells besteht die Chance, mit dem erstellten Energiezwilling selbst Messdaten zu generieren, wodurch die Resilienz in der Substitution auf andere Gebäudeareale ermöglicht wird.

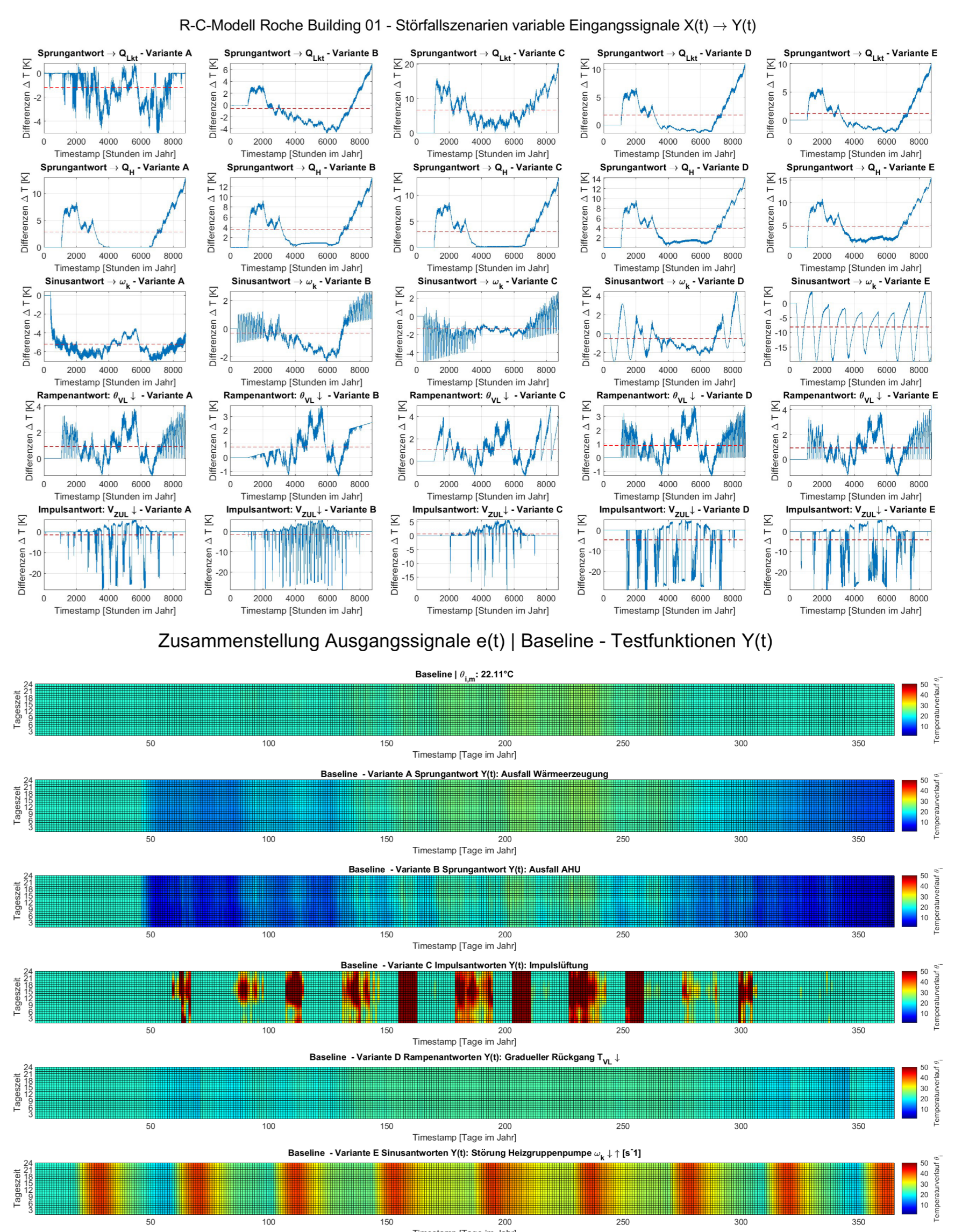
Über Störfallszenarien wird aus den resultierenden Ausgangssignalen anhand der Anomalien eine Zuordnung zu möglichen gebäudetechnischen Störungen gemacht. Mithilfe der diskreten Fourier-Transformation wird das Stabilitätsverhalten der Energiemessdaten analysiert.

Modellvalidierung

In der Validierung und Verifizierung wurde das gekoppelte Widerstand-Kapazitätsmodell an ein reales Gebäudemodell der Gebäudesimulationssoftware IDA ICE angeglichen. Das übergeordnete Ziel dieser Validierung besteht darin, sicherzustellen, dass der über MATLAB erstellte Energiezwilling als verlässliche und fundierte Grundlage in der Evaluierung zukünftiger Berechnungen der Heiz- und Kühllasten dient, wobei 49 Gleichungssysteme implizit gelöst werden.

Resultate

Die unteren Abbildungen visualisieren die Resultate der unterschiedlichen Störfallszenarien.



Student

Lorenzo Zraggen

Advisor

Prof. Dr. Axel Seerig

Experte

Prof. Dr. Frank Tillenkamp