

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

**Erweiterung und Optimierung des R-C Modells durch gekoppelte Punktmassen**

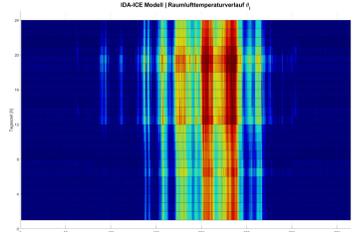
*Expansion and Optimization of the R-C Model through coupled Mass Points*

**R-C Modell | Roche Bau 01**

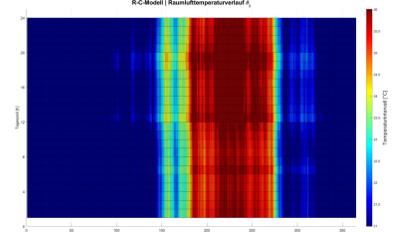


Roche Bau 01 – Basel Headquarters (Herzog & de Meuron Basel Ltd, 2022).

**Modellverifizierung  $\theta_i$  | Differenzen IDA ICE – R-C Modell**

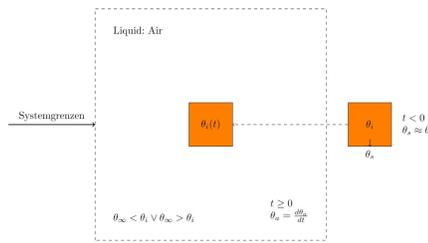


Temperaturverlauf  $\theta_i$  – IDA [°C].



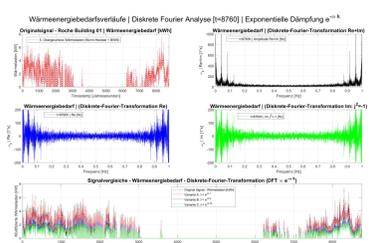
Wärmeenergiebedarf  $\dot{Q}_H$  IDA – R-C Modell [°C]

**Lumped Capacitance Method**



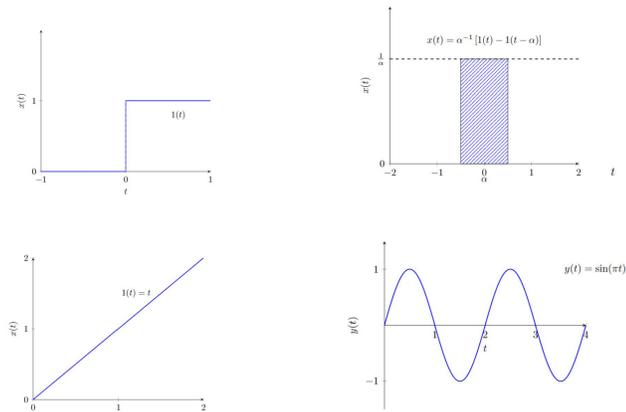
$$Bi \approx \frac{h * L}{\lambda} = \frac{h * V}{A * \lambda} = \frac{R_{cond}}{R_{conv}} \ll 1$$

**Kalibrierung – Fourieranalyse**



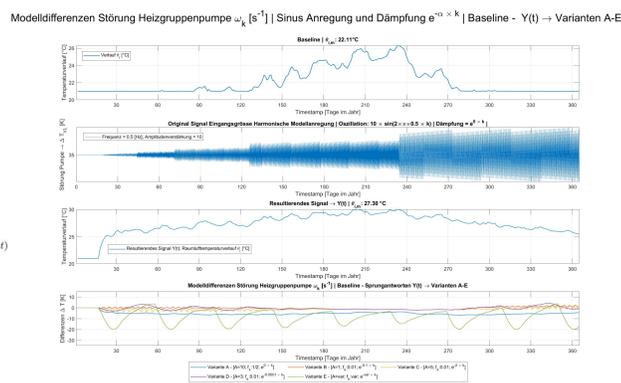
Kalibrierung Roche Bau 01 – Spektralfunktionen Analyse der Energiedaten 2022

**Störfallszenarien – Modellanomalien**



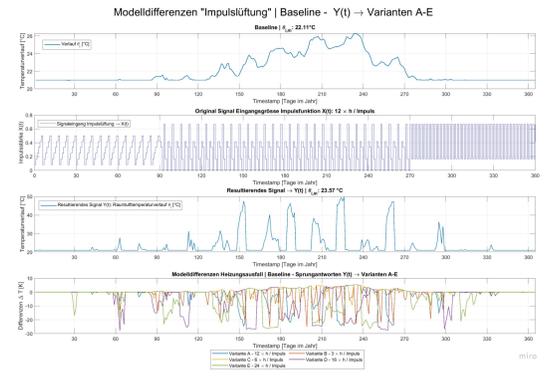
Variable Signaleingänge x(t): Sprungfunktion, Deltafunktion, Rampenfunktion, harmonische Modellanregung

**Harmonische Modellanregung**



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

**Dirac'sche Impulsfunktion**



Modelldifferenzen 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.

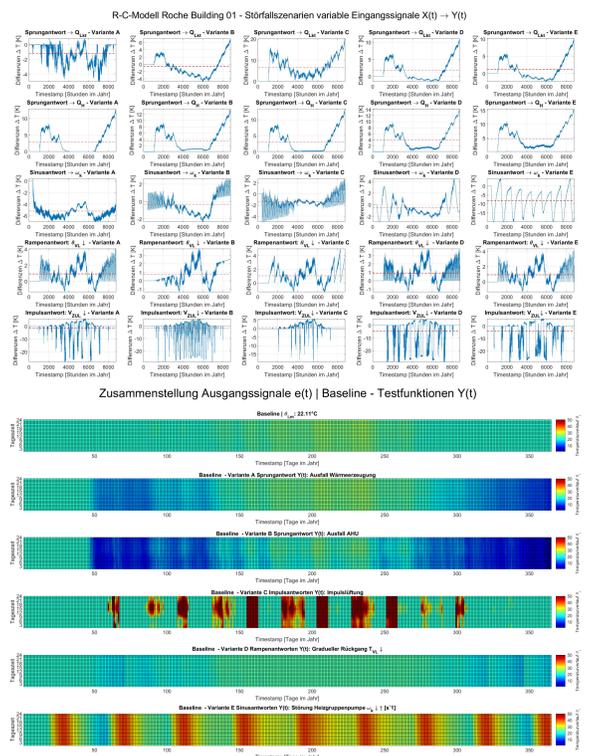
Über Störfallszenarien wird aus den resultierenden Ausgangssignalen anhand der Anomalien eine Zuordnung zu möglichen gebäudetechnischen Störungen gemacht. Mithilfe der diskreten Fourier-Transformation wird das Stabilitätsverhalten der Energiemessdaten analysiert.

**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