

Digitaler Zwilling – Optimierung von Raumklima / Behaglichkeit

Verfassende: **Lüscher, L.; Fuchs, O.; Nägelin, J.; Wälchli, T.-B.**

Integrationsprojekt: **IP2-22H, Digitaler Zwilling – AUE Neubau Basel**

Stichworte: **Digitaler Zwilling; Raumklima; Behaglichkeit; Gebäudeautomation; thermische Simulation; BIM; parametrisches Design**

Zusammenfassung: Was wird konzeptionell und semantisch benötigt, damit ein Digitaler Zwilling in Bezug auf das Raumklima und die Behaglichkeit betrieben werden könnte?

Diese Hauptfragestellung wurde im Rahmen der Studie unter Betrachtung von vier Themenfeldern behandelt, wobei die methodische Vorgehensweise für die semantische und konzeptionelle Umsetzung von einem exemplarischen Digitalen Zwilling zur Optimierung vom Raumklima und der Behaglichkeit geprüft wurde. Die daraus resultierende Auswertung komplettiert zusammen mit den Mindestanforderungen an das normierte Raumklima nach SIA 180 die Umsetzungsvariante für den Neubau des AUE Basel Stadt.

Einführung: Damit der Betrieb und die Bewirtschaftung des Neubau AUE Gebäude optimiert werden können, wurden die theoretischen Grundlagen und notwendigen Anforderungen der Nutzenden an das Raumklima nach SIA 180:2014 sowie die Informationsanforderung der Besteller auf Basis der SN EN ISO 19650-1:2018 an den Datenaustausch, für den Aufbau eines Digitalen Bauwerksmodells und die anschließende Konzeptionierung des digitalen Zwillings überprüft und definiert.

Die regionalen Meteo-Daten werden im Zusammenspiel mit den raumklimatischen Messdaten für die prädiktive, simulierte Temperaturentwicklung der Büroräume genutzt.

Ein kontinuierlicher Ist-/Sollabgleich soll dabei die geltenden Kenngrößen nach SIA 180:2014 überprüfen und daraus abgeleitet den Nachweis für Behaglichkeit erbringen.

Mit Hilfe der Sensorik im realen Gebäude und dem Digitalen Zwilling kann die Gebäudeleittechnik angesprochen und über die Steuerung automatisierte Handlungsfolgen auslösen sodass während den Betriebszeiten ein optimales Raumklima für die Nutzenden gewährleistet wird. Das Wohlbefinden der Nutzenden in Bezug auf das Raumklima und die Behaglichkeit stehen dabei im Vordergrund.

BIM und Echtzeit-Datenkonnektivität bilden den Rahmen für die Entwicklung eines digitalen Zwillings. (Wildenauer et al., 2022) Mit einer Schnittstelle von der Autorensoftware werden 3D-Pläne direkt in die parametrische Planungsanwendung Rhinoceros - spezifischer ins Grasshopper Plug-In - integriert.

Die simulierten Klimadaten werden für die Gebäudeautomation aufbereitet und an die Gebäudeleittechnik-Steuerung rückintegriert.

Mehrere Varianten für verschiedene Ereignisfälle können so für das optimale Ergebnis erstellt und ausgewertet werden sodass bereits im Planungsprozess aufgezeigt werden kann welche baulichen Massnahmen auf welche Weise, z.B. Dimensionierung der Lüftungsöffnungen, Anteil Fensterverglasung, Erhöhung der Bauteilwärmespeicherkapazität durch die Wahl anderer Baustoffe, umgesetzt werden können.

Ergebnisse: Mithilfe der parametrischen Simulation kann die relative Raumluftfeuchte und die Raumlufttemperatur vgl. der Abbildung 1 prädiktiv visualisiert werden. Zeitgleich kann ein Abgleich vom raumklimatischen Sollwertebereich (in der Grafik in Rot) gem. SIA 180:2014 erfolgen.

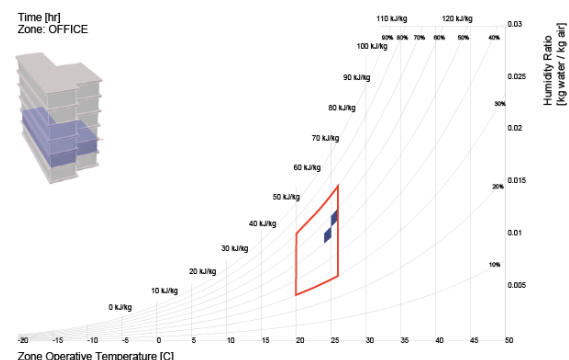


Abbildung 1: Visualisierung der prädiktiven relativen Raumluftfeuchtigkeit und der Raumlufttemperatur, simuliert in Grasshopper

Bei der technischen Umsetzung der Behaglichkeit eines Raumes sind die Verschattung der umgebenden Häuser, die Abwärme der

Aussenwände, die Verglasungen vom Raum, wie auch die Auskühlung während der Nacht mittels Stosslüftung die wesentlichen Faktoren.

In der Abbildung 1 ist die durchschnittliche Innentemperatur der Aussenwand am 1. Januar (links) um 12:00 Uhr ca. 20°C ersichtlich. Am 1. Juni (rechts) um 12:00 Uhr beträgt die Innentemperatur der Aussenwand gegen Westen ca. 24.2°C und gegen Süden ca. 24.8 resp. 25°C. Bei der Auswertung wird die Nachtauskühlung mittels Stosslüftung und die Verschattung der umgebenden Gebäude nicht berücksichtigt.

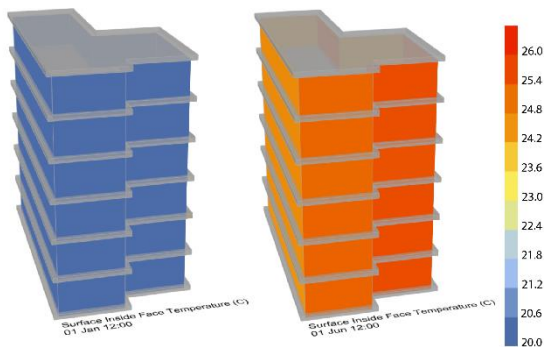


Abbildung 2: Visualisierung der Oberflächenerhitzung Aussenwand innen mittels Grasshopper

Methode: Die Studie wendet die Forschungsmethode “design science research as a practical research strategy for BIM” an (Kehily and Underwood, 2015). Dazu wird ein vereinfachter Rahmenprozesses in Anlehnung an den «Cross Industry Standard Process for Data Mining» umgesetzt. Dabei wurden die Prozesse mit den Schritten: Projektverständnis, Datenverständnis, Datenaufbereitung & Modellierung, Datenanalyse, Ergebnis Interpretation und Abschlussbericht & Kommunikation durchlaufen.



Abbildung 3: vereinfachter Rahmenprozess zum Aufbau eines Digitalen Zwillinges für ein Bauwerk

Nach der allgemeinen Recherche zum Digitalen Zwilling sowie Behaglichkeit und Raumklima wurden die Verbindung mit den geltenden Normen, Standards und Begrifflichkeiten hergeleitet. Darauf aufbauend erfolgte die semantische Aufarbeitung der raumklimatisch relevanten Messgrößen für die Ermittlung der Behaglichkeit, bestehend aus der Raumtemperatur und relativen Luftfeuchte.

Es folgte eine konzeptuelle Vorbereitung der Anwendungslandschaft mit einem UML-Diagramm sowie eine Beurteilung des parametrischen Entwurfs für die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz und Nachhaltigkeit des Gebäudes, so dass keine Einbussen für die Qualitäts- oder Leistungsstandards entstehen.

Die technische Umsetzung basiert auf den bestehenden Arbeiten auf GitLab. Mithilfe von Grasshopper, den Plug-Ins Ladybug, Honeybee, ModelToOSM und EnergyPlus konnte eine prädiktive Gebäudeklimasimulation umgesetzt werden.

In Zukunft könnte der Digitale Zwilling mit der Hilfe des maschinellen Lernens noch näher an die reale Welt angeglichen werden. Mit dem Einsatz von Algorithmen zur Auswertung von einer Vielzahl an Messdaten, kann eine noch effizientere Regelbasis für das Gebäudeleittechnik-System übergeben werden.

Diskussion: Die frühzeitige Festlegung von Richtlinien und präzisierten Planungsprozessen ist entscheidend, um die Kosten für den Aufbau des Digitalen Zwilling möglichst zu minimieren. Der Zweck für einen konkreten Anwendungsfall sollte bereits strategisch in der Planungsphase von den Projektbeteiligten definiert werden, damit frühzeitig eine solide Datenbasis geschaffen werden kann.

Zusammenfassend ergab die Studie, dass der Einsatz vom parametrischen Design bei der Umweltanalyse von Gebäuden zu einer erheblichen Verbesserung der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit führen kann. Dies unterstreicht die potenziellen Vorteile des Einsatzes von parametrischem Design in der gebauten Umwelt und die Bedeutung der Berücksichtigung der Umweltleistung in den frühen Phasen des Entwurfsprozesses.

Literaturangaben:

- Kehily, D., Underwood, J., 2015. *Design Science: Choosing an appropriate methodology for research in BIM.*
- Wildenauer, A., Mbabu, A., Underwood, J., Basl, J., 2022. *Building-as-a-Service: Theoretical Foundations and Conceptual Framework.*