

Einfluss architektonischer Planungsparameter auf den Gebäudeenergiebedarf

Architektonische Planungsparameter haben einen grossen Einfluss auf den Energiebedarf (Heizung, Kühlung und Beleuchtung) eines Gebäudes. Unklarheit besteht aber oft darüber, welche Parameter den grössten Einfluss auf die Zielgrösse haben und somit die wichtigen Stellschrauben zur Bedarfsreduktion darstellen.

Text Christian Struck¹, Urs-Peter Menti¹, Franz Sidler¹, Iwan Plüss¹, Christian Hönger², Sven Moosberger³

■ Um herauszufinden, welche Planungsparameter den grössten Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäudes besitzen, wurden in der vorliegenden Studie zehn Parameter untersucht. Die Ergebnisse bestätigen den grossen Einfluss der Glaseigenschaften und der Luftdichtigkeit. Es überrascht, dass die Nutzflächenverteilung einen sehr hohen und die Grösse der Fensterflächen einen vergleichbar geringen Einfluss auf den Energiebedarf zeigt.

Dynamisch-thermische Gebäudesimulation zur Konzeptbeurteilung

In den frühen Planungsphasen eignet sich die dynamisch-thermische Gebäudesimulation zur Beurteilung des integrierten Gebäude- und Anlagenbetriebes in Abhängigkeit von verschiedenen Parameter- und Systemkombinationen.

Um den Simulationsaufwand moderat zu halten, ist es nötig, einen der Planungsphase entsprechend eher tiefen Detaillierungsgrad des digitalen Gebäudemodells zu wählen, der jedoch in späteren Planungsphasen bei Bedarf erhöht werden kann. In einem ersten Schritt wurden deshalb drei Detaillierungsgrade betrachtet. In einem zweiten Schritt wurde mittels Sensitivitätsanalyse der Einfluss von zehn Planungsparametern analysiert. Dabei wurde die Bandbreite der Parameter definiert und die Differenz des Einflusses der Maxima und Minima gegenüber dem Referenzfall mit Parametermittelwerten als Sensitivitätsindikator genutzt.

Das für die Simulationsstudie genutzte Fallbeispiel ist ein fiktives fünfgeschossiges

Bürogebäude in Zürich. Das Gebäude entspricht den energetischen Anforderungen nach MuKEn 2008. Raumheizung und Kühlung werden nach 21,0 Grad respektive 26,5 Grad geregelt. Das Gebäude ist mit einer aussenliegenden Verschattungsanlage ausgerüstet, die über den Einfallwinkel und die Höhe der solaren Last auf der Innenseite der Verglasung gesteuert wird. Grafik 1 zeigt den repräsentativen Grundriss eines Geschosses.

Wie viele Zonen müssen modelliert werden?

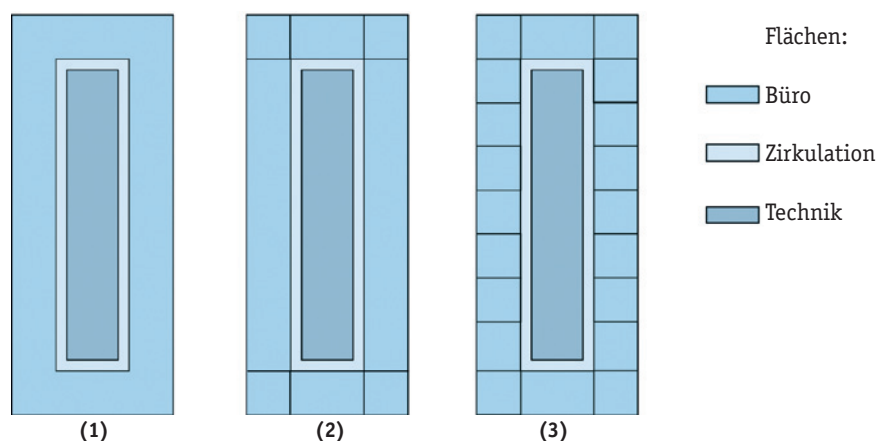
Der Detaillierungsgrad ist hier über die Anzahl der modellierten thermischen Zonen für die Nutzfläche definiert. Drei Detaillierungsgrade wurden unterschieden: (1) abstrakt – eine Zone je Geschoss (2) mittel – eine Zone je Fassadenorientierung und (3) detailliert – eine Zone je Büroeinheit. Dabei wurden drei unterschiedliche Raumnutzungen (Besprechung, Einzelbüro und Grossraumbüro) durch Lasten und Nutzungszeiten berücksichtigt.

Die Ergebnisse der drei unterschiedlich detaillierten Modelle wurden unter der Annahme miteinander verglichen, dass das Modell mit dem höchstem Detaillierungsgrad den realistischen Gebäudebetrieb am besten abbildet. Es zeigte sich, dass die Abweichung durch starkes Abstrahieren bis zu 27 Prozent betragen kann, siehe Grafik 2. Jedoch bieten gängige Simulationsprogramme wie IDA ICE oder Energy+ die Möglichkeit, einer Zone eine thermisch aktive interne Masse zuzuweisen. Mit dieser Korrektur des abstrakten Modells um die interne Masse, konnte die Abweichung auf 3 Prozent reduziert werden. Das ermöglicht nicht nur, den Modellierungsaufwand zu begrenzen, sondern gewährleistet auch eine Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei höheren Detaillierungsgraden.

Welche Planungsparameter haben den grössten Einfluss?

Das Gebäude zeigt für die Berechnungsperiode (ein Jahr) einen Gesamtenergiebedarf für Heizung, Kühlung und Beleuchtung

Grundriss Gebäudeflächen



Grafik 1: Beispielhafter Geschossgrundriss für die drei Detaillierungsgrade: abstrakt (1), mittel (2) und detailliert (3).

¹Christian Struck, Urs-Peter Menti, Franz Sidler, Iwan Plüss, ZIG, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

²Christian Hönger, CC Material, Struktur und Energie, HSLU – Technik & Architektur

³Sven Moosberger, Equa Solutions AG, Knonau,

von 43,2 kWh. Davon entfallen 56 Prozent auf die Beleuchtung, 33 Prozent auf die Raumheizung und 11 Prozent auf die Kühlung.

Feststellen der Parameterbandbreite

Im Verlaufe des Projektes wurden zehn Planungsparameter identifiziert, die erwartungsgemäss einen grossen Einfluss auf den Gebäudeenergiebedarf haben, siehe Grafik 3.

Als Input für die folgende Sensitivitätsanalyse ist es notwendig, die Bandbreite der Planungsparameter festzulegen. Dazu werden Minimum, Maximum und ein Referenzwert je Parameter benötigt.

Es gibt verschiedene Publikationen, welche die Bandbreite der Materialeigenschaften von Baumaterialien beleuchten [1,2]. Wenig Wissen gibt es jedoch bezüglich architektonischer Planungsparameter wie z.B. zum Verhältnis von Nutz- und Nebenflächen.

Um die Bandbreite des Verhältnisses von Nutz- und Nebenflächen zu quantifizieren, wurden 16 europäische Architekturentwürfe für Bürobauten untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Flächenverteilung stark variiert. So variieren der Anteil der Bürofläche an der Gesamtgeschossfläche von 55 bis 79 Prozent, der Anteil Verkehrsfläche von 5 bis 26 Prozent und die Technikflächenanteile von 4 bis 21 Prozent.

Bewertung des Parametereinflusses

Die internen Lasten wurden in Anlehnung an das SIA-Merkblatt 2024 [3] definiert. Sie berücksichtigen Lasten und Nutzungsperioden für Grossraumbüros, Sitzungszimmer sowie Einzel- und Gruppenbüros.

Die Balken in Grafik 3 zeigen die Stärke des Parametereinflusses (Balkenlänge) und dessen Richtung (positiv oder negativ). Ein Parameter hat einen linearen Einfluss, wenn der positive und der negative Balken gleich lang sind. Es ist deutlich ersichtlich, dass die Parameter g-Wert und Anteil Bürofläche an der Gesamtgeschossfläche die einflussreichsten Parameter sind. Die Parameter mit dem geringsten Einfluss sind die Orientierung und der Fensterflächenanteil.

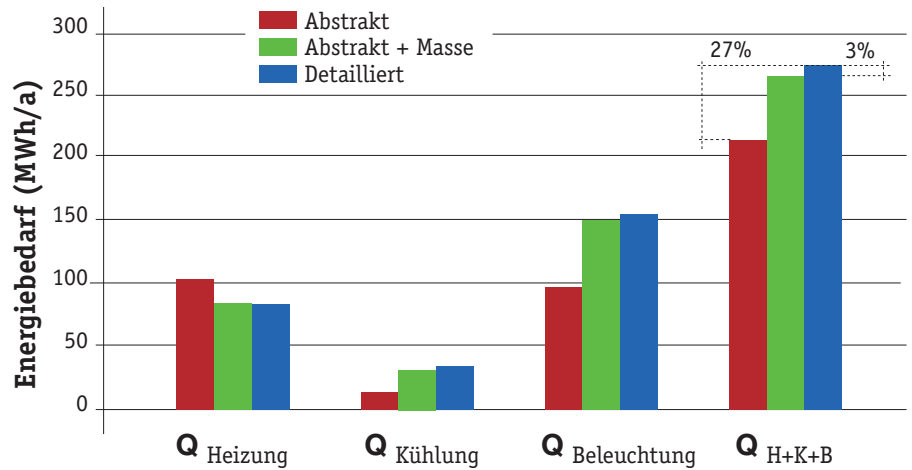
Das überraschende Abschneiden des Parameters Fensterflächenanteil ist durch zwei Fakten erklärbar. Erstens: der Gesamtenergiebedarf wird durch die Beleuchtungsenergie dominiert als Ergebnis des Betriebs der Verschattungsanlage. Zweitens: die Parameterbandbreite wurde realistisch gewählt und ist dadurch vergleichbar eng.

Schlussfolgerungen

Abschliessend können drei Schlussfolgerungen formuliert werden:

1. Zur Simulation von integrierten Gebäudekonzepten im Entwurf ist es nicht nötig,

Detailierungsgrad



Grafik 2: Einfluss der thermischen Masse auf den Energiebedarf für Heizung, Kühlung und Beleuchtung.

thermische Zonen je Nutzung zu modellieren. Das gilt, wenn es möglich ist, Lasten und Fahrpläne zu kumulieren und die thermische Masse der internen Wände alternativ zu berücksichtigen.

2. Die Teilstudie zum Feststellen der Variation der Flächenverteilung in der Büroplanung ergab weite Bandbreiten. So variiert der Anteil der Bürofläche an der Gesamtgeschossfläche von 55 bis 79 Prozent; der Anteil Verkehrsflächen von 5 bis 26 Prozent; und die Technikflächenanteile von 4 bis 21 Prozent.

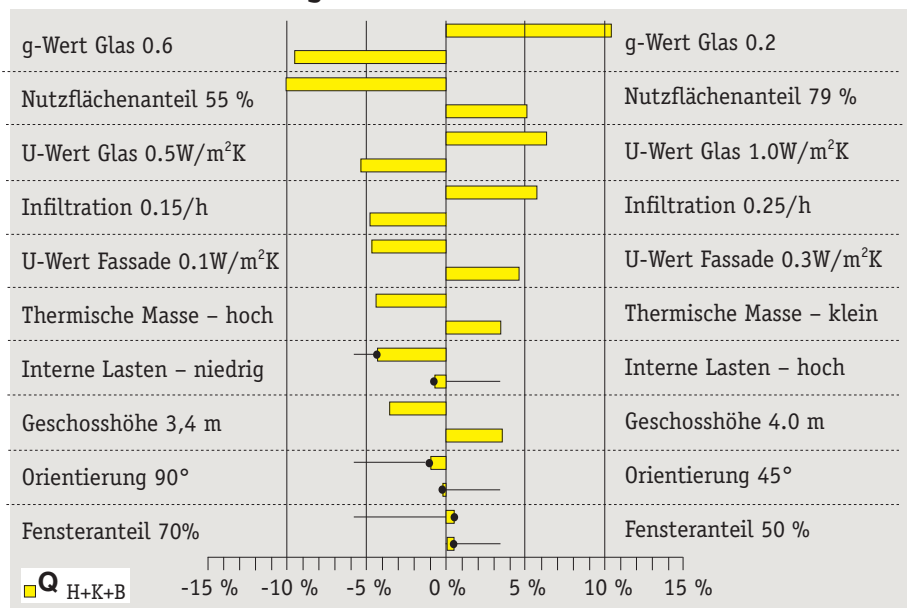
3. Die Sensitivitätsstudie bestätigte, dass die Materialeigenschaften der Fensterverglasung und Luftdichtigkeit des Gebäudes die wichtigen Stellschrauben für ein energieoptimiertes Bauen darstellen. Erstmals

wird jedoch auch die Flächenverteilung des Architektenentwurfs als zweitwichtigster Parameter nachgewiesen. Traditionell als wichtig erachtete Planungsparameter wie Fensterflächenanteil und Orientierung haben, bedingt durch den externen Sonnenschutz, einen vergleichbar geringen Einfluss.

Referenzen

- [1] Clarke, J.A., P.P. Yaneske, and A.A. Pinney, The harmonisation of thermal properties of building materials, 1991, BRE: Garston, Watford, UK.
- [2] Corrado, V. and H.E. Mechri, Uncertainty and Sensitivity Analysis for Building Energy Rating. Journal of Building Physics, 2009. 33(2): Seiten 125-156.
- [3] SIA, SIA Merkblatt 2024: Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik, 2006, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Seite 122.

Sensitivität des Energiebedarfs



Grafik 3: Sensitivität des Gesamtenergiebedarfs (Heizung, Kühlung und Beleuchtung) in Bezug auf zehn Planungsparameter.

Grafiken zvg