

Robustheitsbewertung von integrierten gebäudetechnischen Konzepten

Die vermutete Erhöhung der Aussentemperatur in den nächsten 30 Jahren geht einher mit der Zunahme des Kühlenergiebedarfs von Gebäuden. Wie effektiv heutige Kühlsysteme in der Zukunft sein werden, zeigt dieser Artikel. **Text Axel Seerig***

Planer und Betreiber haben aktuell keine Möglichkeit, ihre Entwürfe auf eintretende Veränderungen des Klimas zu testen. Einerseits fehlt es an direkt nutzbaren Datensätzen, welche die Variabilität des Klimas beschreiben. Andererseits ist kein dokumentiertes methodologisches Wissen vorhanden, um die Analysen zielführend durchzuführen.

Das Projekt «Robustheitsbewertung von integrierten gebäudetechnischen Konzepten» zielt darauf ab, Grundlagen zu erarbeiten und deren Nutzen an drei aktuellen Fallstudien zu demonstrieren. Als «Integrierte gebäudetechnische Konzepte» werden technische Systeme bezeichnet, die an eine konkrete Architektur gekoppelt sind. Der Begriff Robustheit bezeichnet im Allgemeinen die Fähigkeit eines Systems, Veränderungen ohne Anpassung seiner anfänglich stabilen Struktur standzuhalten. Im konkreten Projekt wird darunter die Fähigkeit des Systems aus Raum und Technik verstanden, trotz geänderter Klimabedingungen die Raumtemperaturen akzeptabel im Komfortbereich zu halten.

Integrierte gebäudetechnische Systeme haben Lebenszyklen von mehreren Jahrzehnten. Innerhalb dieses Zeitraums ändert sich, prognostiziert durch wissenschaftliche Studien, das Aussenklima. Die hier betrachtete Fragestellung ist, in welchem Masse die gebäudetechnischen Systeme energieeffizient behagliche Raumbedingungen schaffen können, die von den Auslegungsbedingungen abweichen. Prinzipiell besteht das

Risiko, dass die Systeme nicht in der Lage sind, Klimaänderungen zu kompensieren und das Gebäude seine Nutzbarkeit, teilweise oder vollständig, verliert. In der Regel wird diesem Risiko durch ein Überdimensionieren der gebäudetechnischen Komponenten begegnet. Die Überdimensionierung führt auf der einen Seite dazu, dass die Gebäudetechnik mehrheitlich im ineffizienten Teillastbereich betrieben wird, was nachweislich den Energiebedarf erhöht. Auf der anderen Seite birgt die punktgenaue Dimensionierung der Technik aufgrund der fehlenden Leistungsreserven das Risiko, nicht auf kurzfristig auftretende Lastspitzen reagieren zu können, was zu einem unbehaglichen Raumklima führen kann.

Die im Projekt zugrundeliegende Hypothese lautet: «Integrierte gebäudetechnische Konzepte, wie z.B. schwere Gebäude mit thermisch aktivierter Speichermasse beziehungsweise leichte Gebäude mit Luftkühlung, unterscheiden sich signifikant in ihrer Kapazität, Lastschwankungen zu kompensieren.» Im Rahmen der Untersuchun-

gen wird die Fähigkeit von drei integrierten Gebäudekonzepten ermittelt, Lastschwankungen zu kompensieren. Die mithilfe von dynamisch-thermischen Simulationen erarbeiteten Ergebnisse geben darüber Auskunft, welche Gebäudekonzepte am «robustesten» und welche am «sensibelsten» auf Lastschwankungen reagieren. Die Ergebnisse tragen somit zu einer erhöhten Planungssicherheit bei und helfen im Gebäudebetrieb, die geplante Energiebilanz, z.B. Net-Zero Energy oder Plusenergie, zu erreichen und über den Lebenszyklus der Gebäudekomponenten zu gewährleisten.

Untersuchungen

Es werden drei für den Bürobestand der Schweiz typische Kühlabgabe-Systeme dimensioniert und modelliert. Für diese Systeme soll der Einfluss der Klimaänderung auf die Robustheit der Kühlabgabe-Systeme gezeigt werden:

- die Änderung des Kälteenergiebedarfs in Abhängigkeit von der Klimaänderung;
- die Änderung von Überhitzungs-

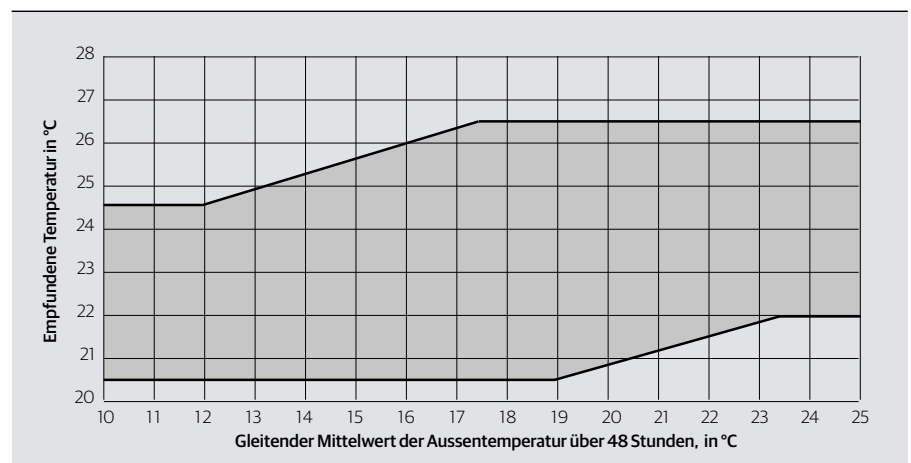


Abbildung 1: Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur in Wohn- und Büroräumen, SIA 382/1 (2014).

*Axel Seerig ist Dozent für Gebäudetechnik und forscht am Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) an der Hochschule Luzern – Technik & Architektur. Beim vorgestellten Projekt handelt es sich um einen Werkstattbericht. Das noch laufende Projekt wurde vom Bundesamt für Energie finanziert.

Pos.	Typ	Beispiel		Charakteristiken	
		Architektur/Raum	Gebäudetechnik	Gebäude	Bild
1	Referenz (Baujahr ca. 1980)	Bestandsbau; Lochfassade mit 50% Verglasung, Einzel- und Gruppenbüros, Decke Beton roh	Kühlung und Grundheizung durch Betonkernaktivierung; mechanische Lüftung im Deckenbereich, Deckenleuchten, Erschliessung der Arbeitsplätze über Brüstungskanäle	Actelion, Allschwil	
2	Altbau (Baujahr ca. 1930)	Bestandsausbau; Riegel, Lochfassade mit 30% bis 40% Verglasung, vorwiegend Einzelbüros, Unterlagsboden mit fugenloser Abdeckung, Decke Beton roh	Keine mechanische Kühlung, Gaskessel mit Radiatoren-Heizung, mechanische Lüftung im Deckenbereich, Deckenleuchten, Erschliessung der Arbeitsplätze funktioniert über Brüstungskanäle	Landis und Gyr Gebäude, Zug	
3	Neubau (Baujahr ca. 2000)	Bestand oder Neubau; Bandfassade, bis 90% Verglasung, Doppelboden, Decke Beton roh; überwiegend Grossraumbüros	Mechanische Lüftung, Kühlung durch deckennahe Kühlsegel, Sole/Wasser-Wärmepumpe, Quelläftung über den Doppelboden	Europ Tec, Oftringen	

Tabelle 1: Gebäudetypen für die Robustheitsbewertung.

stunden in Abhängigkeit von der Klimaänderung.

Die Handlungsempfehlungen sollen Planern und Ausführenden eine verständliche Übersicht zur Robustheit von aktuell eingesetzten Anlagen geben. Die erarbeiteten Datensätze sollen darüber hinaus Planer in die Lage versetzen, selbst Robustheitsanalysen durchzuführen. Zur Berechnung werden nachfolgende Annahmen getroffen:

- Der Kälteenergiebedarf von Systemen wird, wie auch die thermische Nutzenergie der Kühlung und Hilfsenergie, unter Berücksichtigung der Primärenergiefaktoren berechnet.

- Die Überhitzungsstunden von Räumen werden mit Abstand von 0,5 Kelvin zur oberen Grenzkurve über ein Jahr akkumuliert (Abbildung 1).

Untersuchte Gebäude

Aufgrund einer Literaturrecherche und Interviews mit Vertretern von Interessengruppen, Architekten, Gebäudetechnikern und Betreibern wurden drei Typen von Ver-

waltungsgebäuden identifiziert (Tabelle 1): Referenzgebäude, Altbau und Neubau. Für jeden Typ wurde ein reales Gebäude als Vertreter ermittelt und dieses inklusive der realen Gebäudetechnik modelliert. Die Modelle wurden in einem weiteren Schritt anhand von Energiemesswerten kalibriert.

In der Untersuchung werden vier Kälteabgabesysteme modelliert und dimensioniert: Kühldecken, Betonkernaktivierung (TABS), aktive Luftkühlung und passive Frischluftkühlung (freie Strömung, keine Dimensionierung). Die untersuchten Konzepte sowie Simulationsszenarien lassen sich dabei nach Klimaszenarien und Anlagentechnik (Lüftung und Kühlung) unterteilen.

Klimaszenarien

Als Klimaszenarien werden die in Abbildung 2 dargestellten Klimaänderungsszenarien für den Standort Basel verwendet, ebenso der Vergleich der Referenzperiode und der Szenarien «A1B low» und «A2 upper». Als Referenz für die Dimensionierung von Kühlabgabesystemen

wurde das Design Reference Year (DRY) nach SIA-Merkblatt 2028 für den Standort Basel verwendet.

Vorgehen und Methode

Die Modellierung und Simulation erfolgte mit dem Simulationsprogramm IDA-ICE 4.6.1 für alle Klimaszenarien und Anlagensysteme. Bei der Dimensionierung wurde in allen Fällen so vorgegangen, dass die Zonen mit einem aktiven Kühlsystem (Umluftkühlung, Kühldecke, Betonkernaktivierung) im DRY jeweils 100 Überhitzungsstunden im Jahr aufweisen. Dazu mussten die Systeme separat für jede Zone dimensioniert werden.

Ergebnisse Dimensionierungsfall

In Abbildung 3 ist der Primärenergiebedarf der Systeme für die drei untersuchten Gebäudetypen dargestellt. Insgesamt wurden alle Zonen auf 100 Überhitzungsstunden dimensioniert. Im Typ «Altbau» gibt es einige Zonen, die deutlich kleiner sind als andere und deshalb keine Kühlung benötigen (Randzonen «kühlen»).

Für die Zusammenfassung der thermischen und elektrischen Energie wurden die entsprechenden Primärenergiefaktoren verwendet. Die elektrische Netzenergie aus nicht erneuerbaren Quellen besitzt den Faktor 2.69. Da alle Kühlabgabesysteme Kaltwasser verwenden, wird davon ausgegangen, dass dieses aus freier Kühlung (Grundwasser) zur Verfügung steht. Für die Kälteenergie wird daher ein Primärenergiefaktor von 1 eingesetzt. Die Hilfsenergie beträgt 10–15 Prozent der thermischen Kälteenergie für die Lüftungsanlagen.

Ergebnisse

Die Untersuchung ergab, dass von den drei untersuchten Gebäuden der Typ «Altbau» aufgrund seines geringen Wärmewiderstands und seiner hohen Wärmekapa- ▶

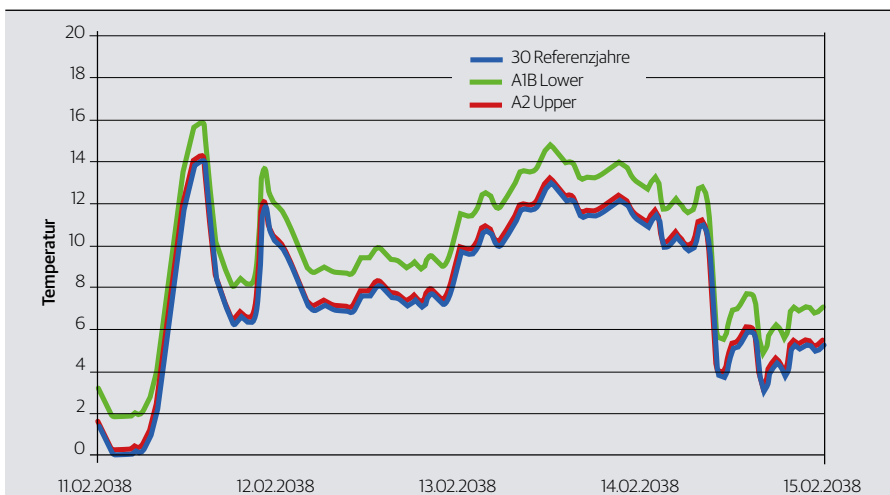


Abbildung 2: Vergleich der Klimaszenarien.

► zität die geringste Kühlenergie benötigt. Den höchsten Wert an Kühlenergie weist der Typ «Neubau» infolge seines hohen Verglasungsanteils und den damit verbundenen hohen solaren Lasten auf.

Die Dimensionierung der Systeme zeigte, dass wegen der hohen thermischen Masse in alten Gebäuden aktive Luftkühlung einen deutlichen Vorteil im Vergleich zu Kühldecke und Betonkernaktivierung aufweist. Sind jedoch Gebäude relativ leicht, ist der Unterschied in Energie zwischen Kühldecke und Umluftkühlsystem nicht mehr signifikant.

Aktive Umluftkühlsysteme und Kühldecken verwenden als primäre Quelle Kaltwasser. Aus diesem Grund benötigen sie zusätzliche elektrische Energie für Pumpen und Ventilatoren, welche die Raumluft durch die Wärmetauscher bewegen. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Primärenergiefaktoren sind sie für Neubauten vorteilhafter als TABS.

Da die Betonkernaktivierung ein passives System ist, kann es nicht sofort den Kühlbedarf decken. Um den gleichen Komfort in Bezug auf Überhitzungsstunden zu erreichen wie bei der Kühldecke und dem Luftkühlsystem, wird daher eine zusätzliche Vorkühlung benötigt. Aus energetischer Sicht sind diese Systeme daher ungünstig.

Ein Aussenluftbetrieb ohne aktive Kühlung erwies sich für den Typ «Altbau» als wesentlich komfortabler als für moderne und hoch verglaste Bürogebäude. Ältere Gebäude weisen aber die geringste Robustheit hinsichtlich Klimawandel bezogen auf die absoluten und relativen Werte der Überhitzungsstunden auf. Das robusteste Gebäude hinsichtlich Klimawandel ist der Gebäudetyp «Neubau», allerdings hat dieser die grösste Anzahl von Überhitzungsstunden (Abbildung 4).

Die Simulation der projizierten Klimaszenarien zeigte, dass die Ergebnisse qualitativ dieselben sind wie für den Dimensionierungsfall, lediglich die Werte in Bezug auf die Häufigkeit liegen höher. Kühldecken

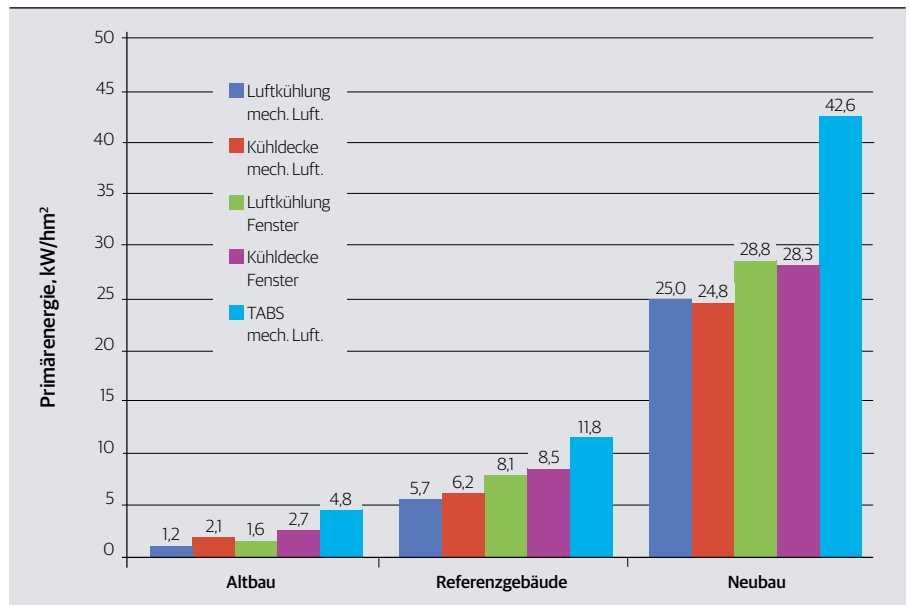


Abbildung 3: Jährlicher Primärenergiebedarf von verschiedenen Kühlabgabesystemen.

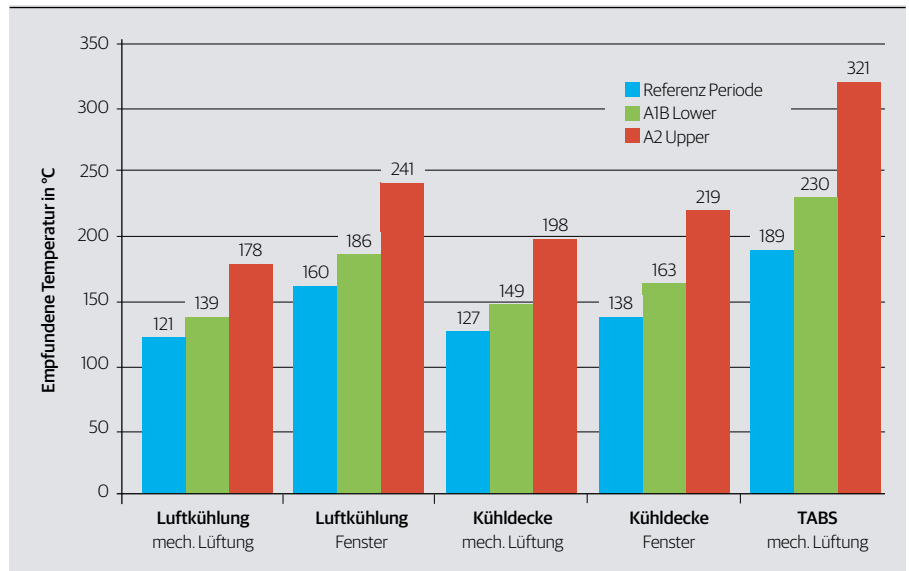


Abbildung 4: Überhitzungsstunden des Neubaus, abhängig von Systemen und Klimadaten.

verfügen über mehr Energiereserven und können den Komfort besser halten, wenn der Kühlbedarf steigt. Für hoch verglaste Gebäude, bei denen die Strahlungswärme-

übertragung grösser ist, können Luftkühlsysteme den Komfort besser gewährleisten als Kühldecken, sie verbrauchen jedoch mehr Energie. ■

