

Einfluss des Klimas auf die Kühllastberechnung

Die dynamische Kühllast setzt sich aus äußeren und inneren Lasten zusammen. Während innere Lasten stark von der Nutzung des Gebäudes abhängen, beeinflussen Ausrichtung, Standort und Architektur des Gebäudes die äußeren Lasten. Im vorherigen Teil dieser Serie zur Kühllastberechnung ist der Einfluss der inneren Lasten auf die Kühllastberechnung genauer betrachtet worden. Dieser dritte Teil beschäftigt sich mit der Wirkung der äußeren Lasten auf die Ergebnisse der Kühllastberechnung.

ÄUSSERE LASTEN

Die äußeren Kühllasten sind die Lasten, welche aufgrund warmer Außenluft und solarer Strahlung zustande kommen.

Die Berechnung der äußeren Lasten wird maßgeblich von den folgenden Faktoren beeinflusst:

- Strahlung über transparente Außenbauteile
- Transmission über die Wand
- Außenluft

Unter „transparente Bauteile“ werden vorwiegend Fenster verstanden. Ein wesentlicher Faktor für die äußere Kühllast ist der Eintrag „solarer Gewinne“ durch die Fenster. Die Strahlungswerte sind von der Region, Jahres-, Tageszeit und Trübung abhängig. Die Sonnenschutzeinrichtungen können den Effekt der Strahlungswärmezufuhr deutlich abmildern. Die Auswahl passender Sonnenschutzeinrichtungen kann die Investition in eine Gebäudekühlung und damit den Energieverbrauch senken.

Aufgrund der dynamischen Änderungen der Temperaturdifferenz zwischen Außen und Innen hat die Wärmespeicherung einen Einfluss auf die Transmission durch die Wände. Wärmespeicherung ist die Eigenschaft von Bauteilen, Wärme aufzunehmen und diese bei niedri-

geren Temperaturen wieder abzugeben. Die aufgenommene Wärme von Bauteilen wirkt, je nach Bauschwere, mit einer zeitlichen Verzögerung in den Räumen. Gebäude mit hoher Speichermasse sorgen dafür, dass Temperaturschwankungen in Innenräumen ausgeglichen werden und verhindern die Aufheizung der Innenräume über die Behaglichkeitstemperaturen im Sommer. Dies führt nicht nur zu einer höheren Behaglichkeit des Innenklimas, sondern auch zur Reduzierung der Spitzenlast und damit zur Verringerung der Energiekosten.

Frische Luft von außen sorgt für die Lüfterneuerung in Gebäuden. Diese muss aber zunächst auf die gewünschte Raumtemperatur gekühlt werden. Die Außenluft kann durch Öffnen von Fenstern und Türen, durch Infiltration oder maschinelle Lüftung zugeführt werden. Die Außentemperatur ist von der Lage und Höhe des Gebäudes abhängig. Die VDI 2078 teilt die Städte in Deutschland für die Kühllast unter Berücksichtigung des Stadtklimas in 4 Kühllastzonen ein. Für jede Kühllastzone werden die Tagesmittel der Außentemperaturen und die Amplitude der Schwankung in °C angegeben. Zusätzlich sieht die VDI für Großstadtzentren der Klimazonen 3 und 4 eine Korrektur vor, die zur Erhöhung der Tagesmitteltemperaturen und einer kleineren Amplitude führt. Dies hat zur Folge, dass sich das Tag/Nacht-Gefälle reduziert. Zu den Großstadtzentren zählen Zentren in Städten mit mehr als 100 000 Einwohnern, mit dichter Bebauung und ohne Grünfläche.

HINWEIS

Mit der Version 21.2 ist nun auch die Berechnung der Jahressimulation nach VDI 2078 in das Modul liNear Building Cooling Dynamic integriert worden.

paul - stockadobe.com

BEISPIELPROJEKT

Um den Einfluss von äußeren Lasten einzuschätzen, werden anhand eines Bürogebäudes wiederholende Kühllastberechnungen mit variierenden Parametern durchgeführt. In diesem Artikel werden drei Varianten exemplarisch vorgestellt und diskutiert. Für den Vergleich wird das zweite Obergeschoss betrachtet (Abbildung 1). Bei der Variantenberechnung wird jeweils ein Parameter geändert, um die gewählten Einflussgrößen vergleichen und bewerten zu können.

Die Fenster des Referenzgebäudes entsprechen einer Wärmeschutzverglasung. Das Gebäude liegt in Aachen und somit in Kühllastzone 3 nach der Aufteilung in der VDI 2078. Die inneren Lasten sind in allen Varianten gleich.

EINFLUSS BAUSCHWERE

In der ersten Planungsphase eines Neubaus stehen die Wandaufbauten der Innenwände noch nicht fest. Der Planer soll dennoch eine Kühllastabschätzung treffen. Um den Einfluss der Bauschwere der Innenwände auf die Gesamtkühllast zu veranschaulichen, wird zunächst die Kühllast für das Referenzgebäude ermittelt. Die Innenwände im Referenzgebäude bestehen zu 80 Prozent aus Leichtbauteilen und zu 20 Prozent aus tragenden Betonwänden. Bei der zweiten Vergleichsberechnung werden alle Innenwände als Massivbauwände (Normalbeton) definiert.

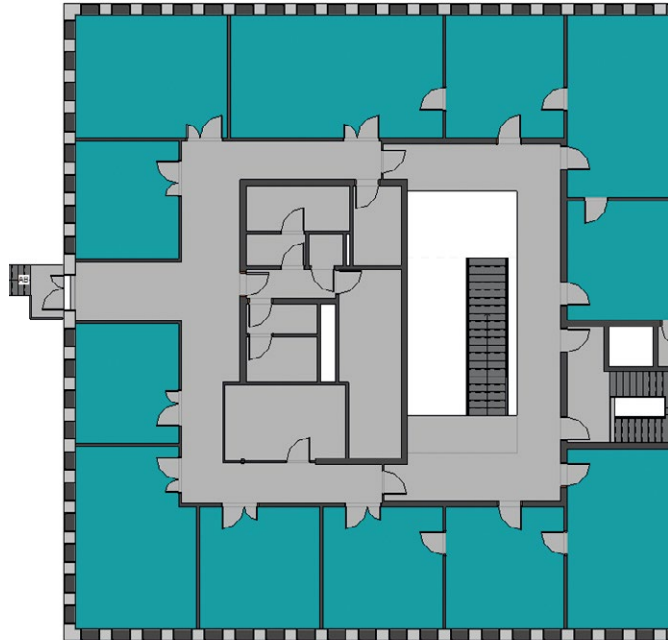


Abb. 1: Grundriss des Beispielbürogebäudes (gekühlte Räume Türkis)

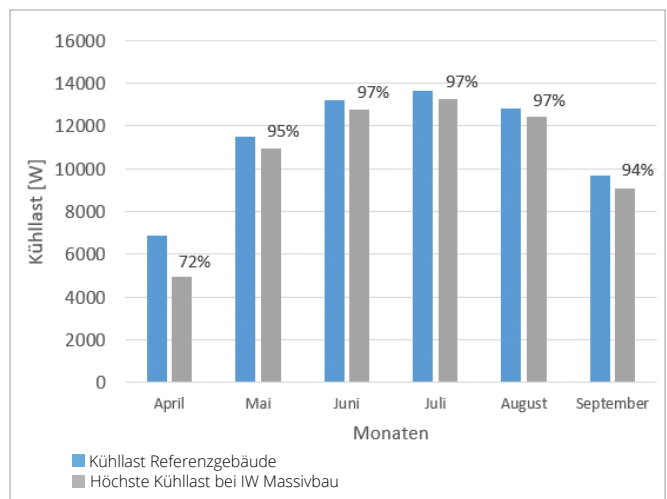


Abb. 2: Kühllast in Abhängigkeit von Speicherkapazität

Die Bauschwere der Außenwände und Decken bleiben hierbei unverändert. In Abbildung 2 sind die Kühllasten der beiden Varianten als Balkendiagramm und die relativen Änderungen dargestellt.

Eine Änderung der Innenwandkonstruktion führt zu einer drei- bis sechsprozentigen Senkung der Kühllast. Ausgenommen im Monat April, wenn die Kühllast relativ niedrig ist und die massiven Innenwände die kurzzeitige solare Strahlung zum größeren Teil aufnehmen und in der Nacht wieder abgeben können.

Fenstername	Position des Sonnenschutzes	Gesamtenergiedurchlassgrad der direkten Strahlung in %	Der konvektive Anteil der Sonneneinstrahlung
Wärmeschutzverglasung	ohne	64	7
Wärmeschutzverglasung mit Lamellenraffstore	innenliegend	46	56
Wärmeschutzverglasung mit Lamellenraffstore	außenliegend	8	8
Wärmeschutzverglasung mit Lamellenraffstore	zwischenliegend	18	21

Tab. 1: Fensterdaten für unterschiedliche Sonnenschutzeinrichtungen

EINFLUSS SONNENSCHUTZ

Fenster, die lange direkt der Sonne ausgesetzt sind und keine Verschattung durch Nachbargebäude oder Bäume als Schutz haben, erzeugen einen starken Lasteintrag in die Räume und sollten mit einem Sonnenschutz versehen werden.

Um den Einfluss zu verdeutlichen, wird das Referenzgebäude mit unterschiedlichen Sonnenschutzeinrichtungen für die Fenster berechnet (Tabelle 1). Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt.

Bei einer innenliegenden Verschattung werden zwar die kurzweiligen solaren Einträge reduziert, jedoch ist der konvektive Eintrag höher als bei einem Fenster ohne Sonnenschutz, wie in der Tabelle 1 zu sehen ist. Die Lamellen heizen sich auf, somit entsteht eine Hitzeschicht zwischen innenliegender Verschattung und Fensterfläche, die wie ein Heizkörper die Wärme an den Raum abgibt. Dadurch erhöht sich die Kühllast im Raum. Die innenliegenden Lamellen verhindern zwar das Ausbleichen von Einrichtungsgegenständen durch den UV-Schutz, dennoch bieten sie keine effektive Hitzeschutzfunktion.

Die außenliegende Verschattung reflektiert einerseits die kurzweilige solare Strahlung und beschattet damit den Raum. Andererseits gibt sie die absorbierte Wärmestrahlung zum großen Teil konvektiv nach außen ab. Somit ist die außenliegende Verschattung die wirkungsvollste Variante und führt in diesem Beispiel zu einer Reduktion der Kühllast um 11 %.

Zwischenliegende Lamellen reflektieren ebenfalls die Direktstrahlung, geben dabei aber den Wärmeanteil der Strahlung zu einem größeren Teil als die außenliegende Verschattung an das Fenster damit an den Raum ab. Diese Variante führt in unserem Beispiel zu einer Reduktion der Kühllast um 7 %.

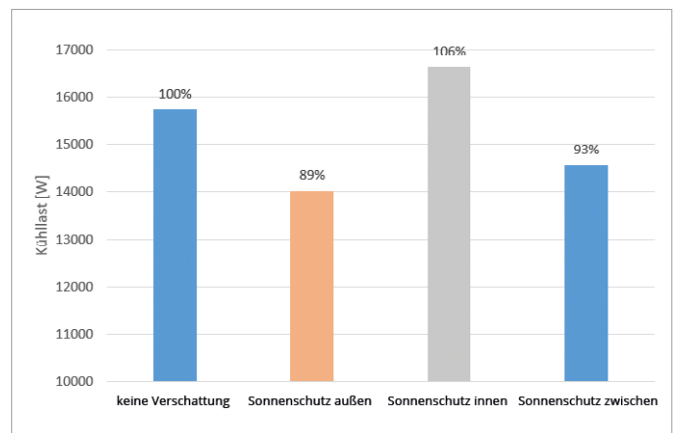


Abb. 3: Kühllast in Abhängigkeit von verschiedenen Sonnenschutzeinrichtungen

EINFLUSS DER KÜHLLASTZONE UND DES GROSSTADTZENTRUMS

Das Referenzgebäude wird mit konstanten Ortskoordinaten in den vier Kühllastzonen der VDI 2078 berechnet. Die Ortskoordinaten werden gleich gehalten, um den Einfluss des Sonnenstands gleich zu halten. Somit enthalten die Ergebnisse nur den Einfluss der Außentemperatur und den Einfluss des Großstadtzentrums für die Kühllastzonen 3 und 4. Beim Aktivieren des Großstadtzentrums erhöhen sich die Tagesmitteltemperaturen der Zone und der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht nimmt ab. Dies führt zu einer Reduzierung der Amplitude (siehe Abbildung 4).

In Tabelle 2 sind die Amplituden und die Tagesmittel der Außentemperaturen am Auslegungstag für die vier Kühllastzonen und Großstadtzentren der Zonen 3 und 4 im Monat Juli dargestellt. Die simulierten Kühllastergebnisse sind ebenfalls angegeben.

	Kühllastzone 1	Kühllastzone 2	Kühllastzone 3	Kühllastzone 3 Großstadtzentren	Kühllastzone 4	Kühllastzone 4 Großstadtzentren
Kühllastspitzen [W]	12720	13169	13645	15234	14354	16039
Temperaturen [°C]	23,3	24,1	25	26,1	28,4	29,7
Amplitude [K]	6,7	7,4	8	5,6	8,4	5,8

Tab. 2: Zusammenfassung der Daten für verschiedene Kühllastzonen im Monat Juli

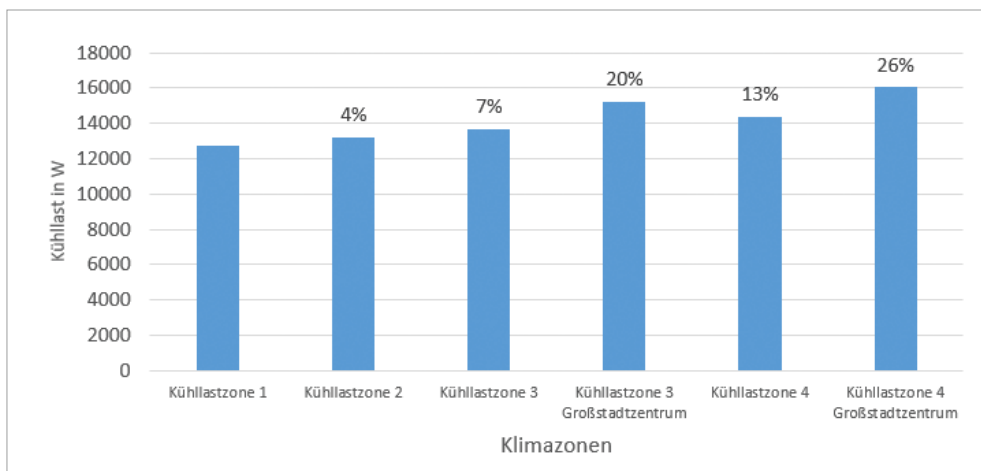


Abb. 5: Kühllastspitze in Abhängigkeit von Kühllastzonen

Abbildung 5 zeigt die Änderung der Kühllastspitze in Abhängigkeit zu den Kühllastzonen. Mit steigender Kühllastzone steigt die Kühllast an, aber das Großstadtzentrum der Kühllastzone 3 bewirkt einen höheren Anstieg der Kühllast als die höhere Temperatur bei Kühllastzone 4.

Abbildung 6 zeigt den prozentualen Anstieg der Kühllastspitze für verschiedene Kühllastzonen in Abhängigkeit von Außentemperatur und Amplitude.

Die Kühllast ist proportional zur Außentemperatur, mit steigender Außentemperatur erhöht sich die Kühllast. Die Amplitude beeinflusst ebenfalls die Kühllast. Dieser Effekt ist aus der nachfolgenden grafischen Darstellung ersichtlich. Das Großstadtzentrum der Kühllastzone 3 weist eine höhere Kühllast trotz niedrigerer Außentemperatur im Vergleich zur Kühllastzone 4 auf. Aufgrund kleinerer Amplituden ist der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht kleiner, somit kühlt sich das Gebäude in der Nacht nicht so stark ab. Dies führt zu höheren Kühllasten trotz niedriger Außentemperaturen.

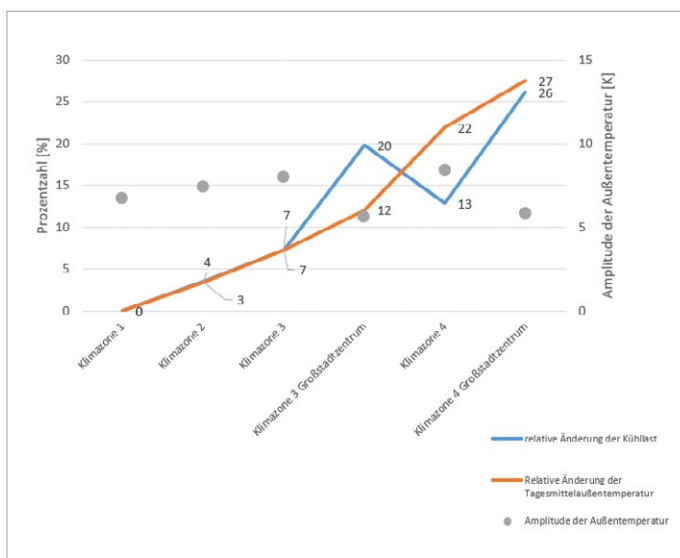


Abb. 6: Relativer Anstieg der Kühllastspitze in Abhängigkeit von Zonen und Amplitude

FAZIT

Anhand der drei Betrachtungen wird die Größenordnung des Einflusses der äußeren Lasten auf das Ergebnis der Kühllastberechnung verdeutlicht. Für ausgewählte Varianten wie Speicherkapazität, Sonnenschutz und Kühllastzonen wurden jeweils die Parameter variiert und die Wirkung auf die maximale Kühllast analysiert.

Die Speicherkapazitätsänderung der inneren Trennwände von leicht auf massiv führt zu einer drei- bis sechsprozentigen Senkung der Kühllast. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Verwendung eines äußeren Sonnenschutzes als auch die Verwendung zwischenliegender Lamellen zur Reduzierung der Kühllast führt. Bei innenliegendem Sonnenschutz mit hohem Konvektionsanteil kann die Kühllast sogar ansteigen!

Bei Kühllastzonen hat nicht nur die Außentemperatur, sondern auch deren Amplitude einen Einfluss auf die Kühllast. Die Aktivierung der Option „Großstadtzentrum“ verursacht eine kleinere Amplitude und dementsprechend größere Kühllast.

In der nächsten Ausgabe der „liNear aktuell“ wird auf die Einstellung der Anlagentechnik eingegangen.

Peter Hollenbeck und Sahar Bayat

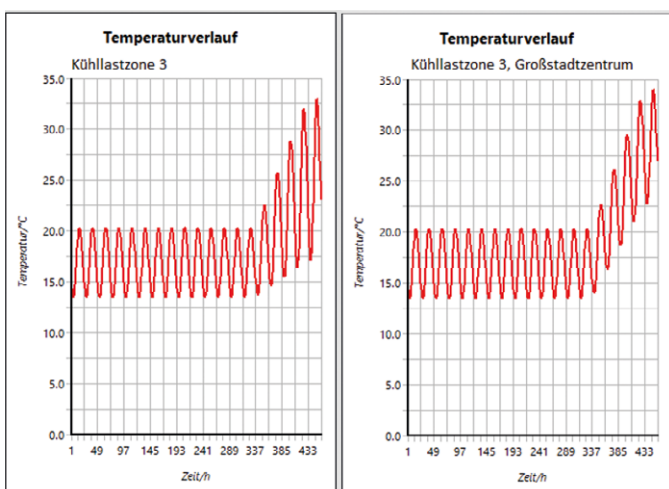


Abb. 4: Amplitudenvergleich zwischen Großstadtzentrum und Nichtgroßstadtzentrum