

Berücksichtigung der Verschattung nach VDI 2078

Stiefkind der Kühllastberechnung

Die VDI-Richtlinie 2078 [1] liefert dem Planer in Deutschland das Handwerkszeug zur Kühllastberechnung. Während die meisten Anwender mit inneren Lasten, Sonnenschutz oder Raumtypen vertraut sind, entzieht sich die Verschattung unter dem Gesichtspunkt einer Betrachtung über das gesamte Jahr oftmals einer genauen Beurteilung, obwohl der Einfluss auf die Kühllast erheblich sein kann.



Bild: Multifilm Somein- und Blendschutz GmbH

Fenster und somit auch alle Faktoren, die auf Fenster einwirken, erzeugen in der Mehrzahl der Kühllastberechnungen einen starken Lasteintrag in die Räume. Minderungen sind durch Verschattung der Fenster möglich. Somit muss grade die Verschattung auf Fenster möglichst genau berücksichtigt werden. VDI 2078 kennt zwei grundlegende Verfahren, um Verschattungen am Fenster zu ermitteln. Zum einen die Verschattung durch Vorsprünge, zum anderen die Ermittlung der Verschattung für Nachbargebäude.

Der Vorteil der VDI 2078-Betrachtung der Verschattung durch Vorsprünge ist, dass, von der Geometrie des Fensters ausgehend, über Abstands- und Vorsprungsmasse der Vorsprung eingegeben werden kann. Über diese Information wird der zu-

gehörige Schattenwurf berechnet (Bild 1). Eine solche Eingabe lässt sich auch einfach rein tabellarisch umsetzen. Nachteilig an der Berechnungsmethode ist jedoch die geometrische Begrenzung der Flächen durch die jeweilige Nachbarfläche und das Unvermögen, mit geneigten oder teildurchlässigen Flächen zu operieren. Ein durchlaufendes Vordach lässt sich nach diesem Verfahren also nur bis zur Seitenwange des Fassadenvorsprungs berücksichtigen.

Das zweite Verfahren der VDI 2078 zur Ermittlung der Verschattung ist unter der irreführenden Überschrift „Nachbargebäude“ eingeführt worden. Hierbei handelt es sich um eine Betrachtung eines beliebigen Störkörpers, welcher sich zwischen der jeweiligen Fensterfläche (bzw. Fassadenfläche)

und der Sonne befindet. Für diese Ermittlung gibt es innerhalb der VDI 2078 [1] die Parallelprojektion (VDI 2078 [1] – Bild 6) oder die Empfehlung, anhand „eines maßstäblichen Modells“ die Verschattung zu ermitteln. Beide Verfahren können jede Art von Störkörper (z. B. geneigte Vordächer, Eigenverschattung des Gebäudes, Verschattung durch Nachbargebäude usw.) berücksichtigen (Bild 2).

Schwierig an der Verschattungsberücksichtigung ist die erforderliche Betrachtung über das gesamte Jahr. Selbst bei einer Reduzierung der monatlichen Verschattungsermittlung auf einen repräsentativen Tag pro Monat sind für eine Südfassade immerhin 120 Betrachtungen notwendig.

Wichtig für den Planer sind die Beurteilung der jeweiligen Gebäudesituation und die Sichtung der projektspezifischen Merkmale, welche eine detaillierte Verschattungsbetrachtung mit ausreichend korrekten Berechnungsergebnissen notwendig machen. Dazu werden im Folgenden allgemeine bauliche Situationen vorgestellt und deren Auswirkungen auf die Kühllast anhand von Beispielberechnungen aufgezeigt.

Grundsätzliches

Wird im Rahmen einer Kühllastberechnung die Berechnung der Verschattung nur unzureichend oder gar nicht vorgenommen, führt dies im Regelfall zu einer höheren Kühllast. Der Planer liegt somit zunächst auf der „sicheren“ Seite. Man muss aber auch berücksichtigen, dass eine zu groß ausgelegte Kühlleistung zur Erhöhung der Herstell- und der Betriebskosten führt. Im Interesse der Planungssicherheit sollte deshalb die Verschattung immer geprüft und berücksichtigt werden.

Für die Verschattung gibt es eine grundsätzliche Festlegung. Störkörper, die oberhalb des Fensters liegen (z. B. Vordächer, Dachüberstände, Balkone), wirken sich umso stärker auf die Kühllast aus, je weiter das Fenster nach Süden ausgerichtet ist. Störkörper, die auf der Höhe des Fensters liegen, wirken sich in der Regel umso stärker aus, je weiter ein Fenster nach Osten oder Westen ausgerichtet ist.

Sonnenschutz und Verschattung

Eine häufig getroffene Aussage von Planern: „Das Objekt wird mit Sonnenschutz ausgestattet. Um die Verschattung brauchen wir uns also nicht zu kümmern.“ Diese Aussage ist falsch. Ein Sonnenschutz wandelt nach VDI 2078 Teileleistungen der direkten Sonneneinstrahlung in Wärme um und gibt sie dann an die dahinter liegende Scheibe und somit an den Raum ab.

Bei einer Verschattung wird hingegen der gesamte Anteil der direkten Einstrahlung herausgenommen. Falsch wäre auch die Annahme, dass bei einem Fenster, das einer Vollverschattung unterliegt, der Sonnenschutz zu keiner Veränderung führt. Der Sonnenschutz kann Anteile der Diffusstrahlung reduzieren. Es sollte also immer sowohl die Verschattung als auch der Sonnenschutz in der Kühllastberechnung berücksichtigt werden (Tabelle 1)

Fassadenverschattung

Unter Fassadenverschattung versteht man im Allgemeinen die Verschattung durch umlaufende Leibungen, wie z.B. durch das innerhalb der Fassade zurückgesetzte Fenster. Die Mauerwerksleibungen bilden hierbei den „Störkörper“. Im Regelfall lässt sich diese Verschattung gut über die oben beschriebene Verschattungsberechnung für Vorsprünge, also rein auf rechnerischem Wege, in vielen Softwareprogrammen ermitteln. Eine besondere Berücksichtigung sollte der Rahmen des Fensters bei der Betrachtung erfahren.

Am Beispiel von Bild 3 ist zu sehen, wie wichtig die Position des Rahmens hierbei ist. Wird das

Tabelle 1

Beispielberechnung: Kühllast für einen Büroraum

	Verschattung					
	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
ohne Sonnenschutz	1814 W	1566 W	1318 W	1115 W	926 W	797 W
mit Sonnenschutz	787 W	730 W	673 W	629 W	597 W	581 W

Daten: Büroraum 3 × 5 m; Fenster 2,8 × 1,8 m Südausrichtung, Glasflächenanteil 80 %; angrenzende Räume 22 °C; 1 Person (sitzend/stehend, leichte Tätigkeit); 1 PC mit Bildschirm und Drucker (250 W); 10 W/m² Beleuchtung; Raumtyp: mittel; Sonnenschutz: außen, Stoffmarkise, oben und seitlich ventiliert, ganztägig; Standort: Frankfurt

Fenster als liches Mauerwerksmaß eingegeben und der Rahmen nur über einen Glasflächenanteil – also nur virtuell – erfasst, führt dieses zu einer Verschattung, die real nicht vorhanden ist. Der Planer sollte hier zumindest einzelne Fenstersituationen einer Prüfung unterziehen.

Vordächer

Vordächer wirken sich auf südlich ausgerichtete Fassaden sehr deutlich aus. Aber auch Fenster mit Ost- und Westausrichtung erfahren durch ein Vordach eine Reduzierung der Kühllast, da besonders in den Stunden zur Tagesmitte (die Stunden mit den höchsten Außentemperaturen) die Sonneneinstrahlung verringert wird.

Der häufigste Fehler, der hier gemacht wird, ist, dass das Vordach als Vorsprung in Fensterbreite festgelegt wird (Bild 1). Da aber viele Vordächer weit über die Begrenzung der reinen Fensterbreite hinauslaufen, führt das bei schräg einfallender

Sonnenbestrahlung zu einem deutlich geringeren Schattenwurf (Bild 4).

Zwei Sonderfälle führen ebenfalls zu häufigen Fehlbetrachtungen: Zum einen ist dieses der umlaufende Gitterrost, welcher oft von Architekten bewusst als Sonnenschutz eingesetzt wird. Je nach Stegbreite, Steghöhe und Maschenteilung beträgt die Verschattung bei hoch stehender Sonne auf der Südfassade nur 60 bis 70 %.

Zum anderen ist dies die gute alte Markise, wie sie vor Ladenlokalen noch vielfach zum Einsatz kommt. Hierbei wird häufig die erhebliche Verschattungsleistung durch die Neigung unterschätzt. Wie in Bild 5 dargestellt, ergibt sich bei einer Berechnung eines Ladenlokals mit durchlaufender geneigter Markise eine deutlich geringere Kühllast als bei einer, die mit einer Verschattungsberechnung erfolgte, bei der weder die Neigung noch das über alle Fenster laufende „Vordach“ berücksichtigt wurde. Aus diesem Beispiel lässt sich gut ersehen, wie sich die beiden falschen Betrachtungen

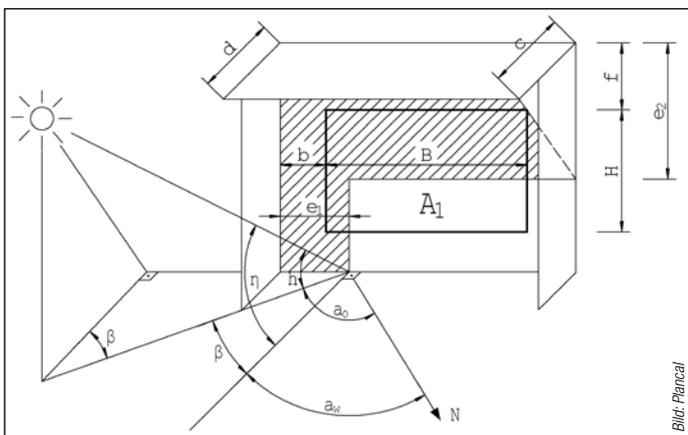
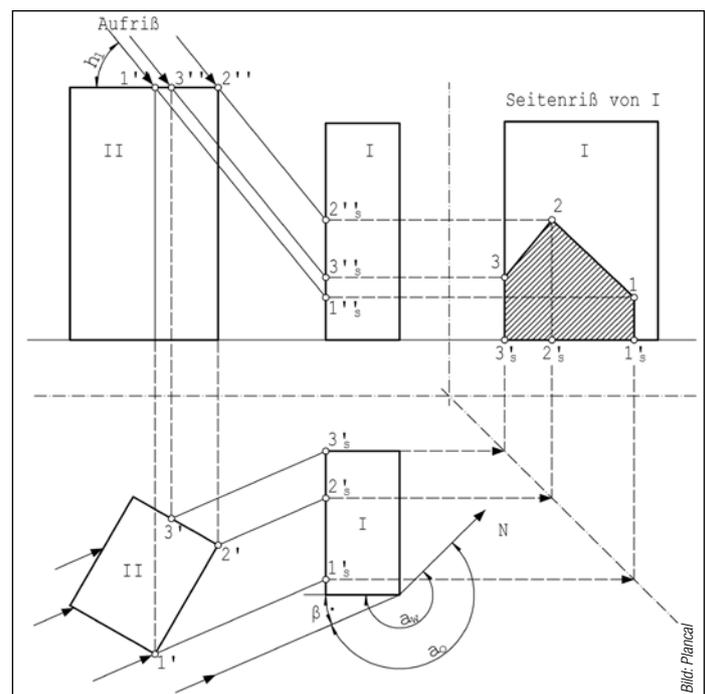
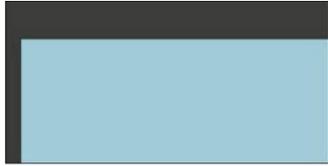


Bild 1 Beschattung durch Vorsprünge nach VDI 2078 [1]

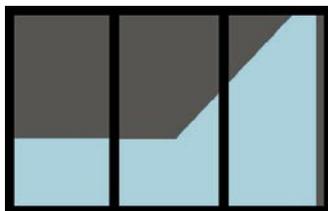
Bild 2 Fassadenbeschattung durch Nachbargebäude nach VDI 2078 [1], grafische Ermittlung durch Parallelprojektion.





Bilder: Plancal

Bild 3 Darstellung der unterschiedlichen Berücksichtigung von Rahmen bei der Verschattung. Oben: Der Rahmen wird in der Verschattung voll berücksichtigt. Für die Glasfläche ergibt sich eine 19%ige Verschattung. Unten: Die Verschattung wird für das lichte Mauerwerksmaß ermittelt (27%ige Verschattung) und erst im Nachgang wird der Glasflächenanteil (74%) berücksichtigt. Hier wird dann eine „falsche“ Verschattung von 27% auf die reine Glasfläche abgeleitet.



Bilder: Plancal

Bild 4 Unterschiedliche Verschattungsermittlung bei einem Vordach. Oben: Beschattung ermittelt als durchlaufendes Vordach (65%ige Verschattung). Unten: Beschattung ermittelt als Vorsprung in Fensterbreite (48%ige Verschattung).

einstrahlung. Wie aus Bild 6 zu ersehen ist, können aber auch sehr geradlinige Gebäudeformen zu einer Verschattung beitragen. In dem Beispiel erhalten die Räume, die im spitzen Winkel liegen, aufgrund der Nordwest- bzw. Nordostausrichtung der Fassaden kein direktes Sonnenlicht.

Die Räume auf der Nordostfassade weisen hierbei noch eine Besonderheit auf. VDI 2078 lässt grundsätzlich zu, dass die Betriebszeit der Kühlanlage eingeschränkt wird (Nachtabschaltung). Hierdurch können Lastsituationen berechnet werden, wie sie sich im späteren Betrieb über das Anfahren der Anlage wirklich darstellen. Räume auf einer Nordostfassade erhalten im Hochsommer etwa ab 5.15 Uhr für ca. 4 bis 5 Stunden direktes Sonnenlicht. Es ergibt sich somit bei einer Anfahrtsimulation der Klimaanlage, z.B. um 7.00 Uhr, der Lastschwerpunkt des Raums unmittelbar zum Anfahrtszeitpunkt. Wird allerdings das Fenster in den frühen Morgenstunden verschattet, ergibt sich bei dem dargestellten Beispiel eine Reduktion von fast 40 % dieser Lastspitze.

Fremdverschattung durch Nachbargebäude

Leider macht die VDI 2078 keine Aussage, wann Nachbargebäude bei der Ermittlung der Verschattung zu berücksichtigen sind. Somit gab es schon immer die oft sogar heiß geführte Diskussion, ob man Nachbargebäude überhaupt berücksichtigen soll. Immerhin könnte das Gebäude, dessen Schatten man bei der Anlagenauslegung berücksichtigt hat, während der Nutzungsdauer der Anlagentechnik abgerissen werden. Hier kann man wohl nur die Empfehlung geben, sich mit den Auftraggebern zu beraten und ggf. die Konsequenzen aufzuzeigen, wenn die Fremdverschattung tatsächlich einmal nicht mehr gegeben sein sollte.

Im innerstädtischen Bereich gibt es oft eine Wiederaufbaupflicht. Auch das Alter der Nachbargebäude und der Wert der Baugrundstücke können einen Hinweis auf die Verlässlichkeit der Schattenspende geben. In allen Fällen sollte allerdings eine solche Abstimmung mit dem Bauherrn geklärt werden und die Anlagentechnik, falls sinnvoll, mit entsprechenden Reserven ausgestattet werden. Hierbei ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass bei einer zu groß dimensionierten Anlagentechnik die höheren Herstellkosten und höhere Betriebskosten unter Berücksichtigung einer Verzinsung spätere Aufwendungen für die Anlagenerweiterung schnell übersteigen können.

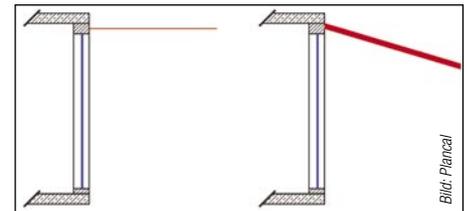
Für die praktische Beurteilung lässt sich festhalten, dass Nachbargebäude vor der Südfassade in den überwiegenden Fällen nicht berücksichtigt werden müssen. Durch die üblichen Bauabstände und dem steilen Einfallswinkel der Sonnenstrahlung ist eine bedeutsame Verschattung hier äußerst selten. Auf den östlich und westlich gelegenen Fenstern können dagegen auch schon Gebäude von gleicher Höhe eine relevante Verschattung erzielen.

Verschattung durch topografische Erhebungen

Nicht nur in den Alpen können Erhebungen in der Nähe des Gebäudes eine Verschattungswirkung haben. Es sollte also geprüft werden, ob nicht in der näheren Umgebung eine Verschattung durch Berge gegeben ist. Dies betrifft im Wesentlichen Fassaden mit West- und Ostausrichtung. Es kann z.B. Sinn machen, einen Bergkamm in der Verschattungsberechnung als Störkörper zu berücksichtigen. Am deutlichsten sollte sich wohl ein Eindruck bei einem Ortstermin ergeben. Eine Hilfe für die Einschätzung, ob eine Erhebung oder ein Nachbargebäude zu einer maßgeblichen Verschattung führen, liefert auch Tabelle A15 aus VDI 2078. Hier lässt sich zu einem vorgegebenen Zeitpunkt der Winkel ablesen, mit welchem die Sonne am Himmel steht.

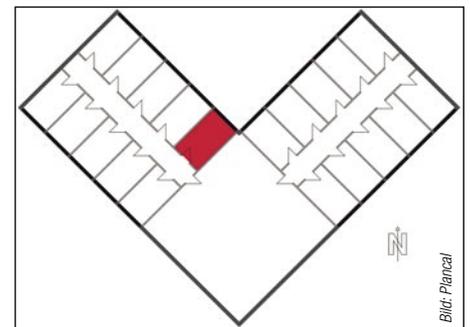
Verschattung durch Bäume

Noch umstrittener als die Berücksichtigung von Nachbargebäuden ist in der Fachwelt die Verschattung durch Bäume. Zum einem ist die Beurteilung der



Bilder: Plancal

Bild 5 Betrachtung der Markise: links als Vorsprung in Fensterbreite mit 9440 W max. Kühlleistung, rechts als durchlaufendes und geneigtes „Vordach“ mit 6587 W max. Kühlleistung. [Ladenlokal 8 x 16 m; 8 Personen; 20 W/m² Beleuchtungsleistung; 3 Fenster (je 3 x 3 m) und eine verglaste Tür in Südostausrichtung; Raumtyp: mittel]



Bilder: Plancal

Bild 6 Darstellung Eigenverschattung des Gebäudes: Der rot gekennzeichnete Büroraum erfährt durch die Eigenverschattung des Gebäudes eine Vollverschattung. Ohne die Berücksichtigung der Verschattung beträgt die maximale Kühlleistung 1178 W mit Berücksichtigung der Eigenverschattung durch das Gebäude 719 W. [Büroraum 3 x 5 m; Fenster 2,8 x 1,8 m; Nordostausrichtung; 1 Person (sitzend/stehend, leichte Tätigkeit ab 8.00 Uhr); 1 PC mit Bildschirm und Drucker (250 W ab 8.00 Uhr); 10 W/m² Beleuchtung ab 8.00 Uhr; Raumtyp: mittel; kein Sonnenschutz; Standort: Frankfurt]

(Neigung und durchlaufendes Vordach) zu einer beträchtlichen Fehlberechnung summieren: Die fast 40 % höhere Kühllast durch die falsche Beschattungsermittlung zeigt dieses deutlich.

Eigenverschattung des Gebäudes

Völlig unterschätzt wird oft die Eigenverschattung des Gebäudes. Durch immer individuellere Architekturlösungen und höhere Anforderungen hinsichtlich einer Tageslicht gestützten Beleuchtung kommt es zu Einschnitten in den Baukörper. In Lichthöfen, welche über mehrere Etagen ausgebildet werden, erhalten oft die unteren Geschosse keine oder zumindest nur geringe direkte Sonnen-

Verschattungsleistung durch Laubbäume und insbesondere deren zeitliche Verfügbarkeit schwer festzustellen. Gerade in diesem Jahr konnte man sehen, wie durch einen strengen und langen Winter das Austreiben der Laubbäume merklich verzögert wurde. Auch die regionalen Unterschiede sind erheblich.

Zum anderen ist die Beständigkeit eines Baumes sehr zweifelhaft. Selbst wenn dem Eigentümer des Gebäudes die Notwendigkeit der Verschattungsleistung eines Baumes bewusst sein sollte, vergehen vom Zeitpunkt einer Schädigung des Baumes und der entsprechenden Regenerierung eines neuen Baumes Jahre, in denen die Kühlleistung zur Haltung der gewünschten Raumtemperatur nicht ausreichen würde. Die Berücksichtigung der Verschattung durch Bäume sollte also allenfalls im Hinblick auf eine Beratung des

Bauherrn zur Gestaltung des Grundstückes herangezogen werden. Auf jeden Fall ist bei Laubbäumen von einer sehr späten Verfügbarkeit auszugehen.

Mit welchem Prozentsatz der Baum dann in die Berechnung einfließt, hängt auch von seiner Art ab. Hier ist auch nicht zu vergessen, dass Laubbäume mit zunehmendem Wuchs im unteren Stammbereich keine Äste mehr haben und sich somit aus dem unteren Bereich des Baumes keine Verschattungsleistung mehr ergibt. Nadelbäume können hingegen das gesamte Jahr mit einer 100%igen Verschattungsleistung berücksichtigt werden. Zu beachten sind bei allen Baumarten die unterschiedlichen Baumformen (Bild 7).

Fazit

Es lässt sich festhalten, dass in bestimmten Situationen die Verschattung des Fensters eine deutliche Auswirkung auf das Berechnungsergebnis der Kühllastberechnung nach VDI 2078 ergibt. Der Planer sollte sich hier von oft getroffenen Aussagen wie z. B. „wer weiß, ob dieses oder jenes später so zum Tragen kommt“ nicht ablenken lassen. Er steht in der Verantwortung, die einzelnen Faktoren der Kühllast zu prüfen und insbesondere die Verschattung genau zu betrachten. Für Sonderfälle (Nachbargebäude, Topografie oder geneigte Vordächer) ist eine nähe-

rungsweise Betrachtung allemal besser als sie vollends zu ignorieren. Letztendlich ist eine genaue Ermittlung der Kühllast der Garant für eine wirtschaftliche Anlagenauslegung. Und das steht eindeutig im Pflichtenheft jedes Planers. ■

Literatur

- [1] VDI 2078 Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln). Hrsg. VDI-Gesellschaft technische Gebäudeausrüstung. Berlin: Beuth Verlag, Juli 1996



Georg Hewelt

ist Produktmanager bei der Plancal GmbH Sankt Augustin. Er beschäftigt sich unter anderem mit der Umsetzung einer CAD-gestützten Verschattungsermittlung in die CAD- und Berechnungssoftware nova. Telefon (0 22 41) 92 92 90, E-Mail: ghe@plancal.de, www.plancal.de

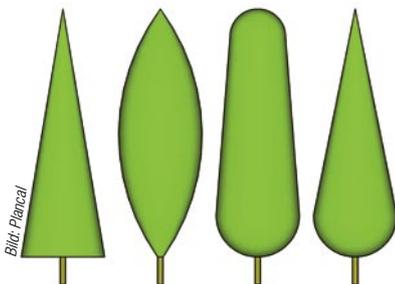


Bild 7 Vereinfachte Baumformen wie sie bei einer Verschattung Berücksichtigung finden könn(t)en.