

Übersicht zur Neuausgabe der VDI-Kühllastregeln VDI 2078/1994

Vortragsmanuskript zum VDI-Kühllastseminar
am 6. - 7. November 1997 in Stuttgart

Dipl.-Ing. Norbert Nadler

Mit dem Entwurf zur Neuausgabe der *VDI 2078* [1] haben sich einige Änderungen gegenüber früherer Ausgaben zur Kühllastberechnung ergeben. Als Planungsgrundlage für die Dimensionierung von RLT-Anlagen kommt der VDI-Richtlinie eine zentrale Bedeutung zu. Ebenso haben Kühllasten und die erwarteten Raumtemperaturen heute großen Einfluß auf den Gebäudeentwurf.

Entwicklungsgeschichte

Während in der Heiztechnik die Grundlagen zur Berechnung des maximalen Wärmebedarfes schon seit langem genormt waren, fehlten noch ähnliche Festlegungen zur Ermittlung der Kühllast klimatisierter Räume. Vor der Erstausgabe der *VDI 2078* benutzte man amerikanische Unterlagen mit Berichtigungen für abweichende Klimadaten und Bauweisen. In der Praxis ließ dieses Verfahren aber manche Wünsche offen.

Anfang 1967 wurde daher mit der Erarbeitung der „deutschen Kühllastregeln“ begonnen. Bereits im Herbst 1968 wurde der Fachwelt ein Entwurf vorgestellt. Im Februar 1972 kam die erste Ausgabe der *VDI 2078* heraus. Sie legte einheitliche Randbedingungen fest und beschrieb ein Berechnungsverfahren zur Berücksichtigung der Wärmespeicherung. Obwohl in bestimmten Anwendungsfällen das Rechenverfahren noch nicht ausreichte, hat es sich aber als praxistauglich erwiesen. Es führte zu einer Klarstellung der Grundlagen und zu vergleichbaren Angeboten.

Mit der Ausgabe August 1977 legte der Ausschuß eine redaktionell überarbeitete *VDI 2078* vor. Neben der Umstellung auf SI-Einheiten wurde dabei auch das Datenmaterial erweitert. Der Aufbau der Richtlinie blieb jedoch unverändert.

Im November 1990 erschien ein neuer Entwurf zur Kühllastberechnung [1], mit dem die Ausgabe von 1977 gleichzeitig zurückgezogen wurde. In diesem Entwurf sind neue wissenschaftliche Erkenntnisse eingearbeitet, Anpassungen an die derzeitige Baukonstruktionen vorgenommen und das Datenmaterial auf Jahresangaben ausgedehnt. Neben dem Kurzverfahren, welches im Aufbau dem bisherigen Verfahren entspricht, wird zusätzlich ein neu erarbeitetes EDV-Verfahren vorgestellt.

Für den Weißdruck der VDI 2078 [5] sind inzwischen einige Veröffentlichungen herausgegeben (s. [2] und [3]). Daraus geht hervor, daß das Datenmaterial nochmals erweitert wird und das EDV-Verfahren etwas verfeinert im Weißdruck erscheint.

Im Rahmen einer europäischen Norm (CEN) für Kühllast und Gebäude-Energieverbrauch haben sich Arbeitsgruppen gebildet, welche ein weiteres EDV-Verfahren vorstellen möchten.

Unterschiede zur Berechnung des Wärmebedarfes nach DIN 4701

Die Unterschiede zu der ähnlich gelagerten Aufgabenstellung bei der Ermittlung des Wärmebedarfes seien zum besseren Verständnis der Komplexität der Kühllastberechnung kurz erläutert.

Der Haupteinfluß auf die Heizlast wird unter winterlichen Bedingungen durch die Außentemperatur bestimmt. Im Verhältnis zu den Zeitkonstanten der Räume und Gebäude unterliegt diese nur langsamen Änderungen. Das bedeutet, daß eine stationäre Berechnung für Normalfälle ausreichend genau ist. Die inneren Wärmequellen stehen nicht mit Sicherheit zur Verfügung. Diese werden im Heizwärmebedarf durch das Rechenverfahren pauschal berücksichtigt.

Unter sommerlichen Bedingungen hat die Sonnenstrahlung mit schnellen zeitlichen Änderungen einen starken Einfluß auf die Kühllast. Demgegenüber tritt der Einfluß der Außentemperatur zurück. Entsprechend dem Anwendungsbereich der Kühllastberechnung unterliegen auch die innere Wärmequellen schnellen Änderungen und bilden zuweilen den größeren Anteil an der Gesamtlast.

Aus diesen Gründen enthält die VDI 2078 von Anfang an ein instationäres Verfahren. Die zusätzliche Berücksichtigung der Speichereffekte bringt ca. eine 20 %-tige Reduktion des Raummaximums. Die Gebäudekühllast muß aus einer zeitlichen Überlagerung der Raumwärmelasten ermittelt werden. Insgesamt sind mehr Kenntnisse über baukonstruktive Details und Nutzungen notwendig, wie z.B. die Art und der Betrieb von Sonnenschutzvorrichtungen, Wandaufbauten, Innenlasten usw.

Aufbau der Richtlinie und Hintergründe

Das Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau und Inhalt der Richtlinie.

Definitionen

Im Definitionsteil wird weiterhin unter „Kühllast“ eine *konvektive* Last bei einer bestimmten Raumlufttemperatur als anlagenunabhängige Größe verstanden. Zur Berücksichtigung der Ungleichzeitigkeiten der auftretenden maximalen Lasten im Versorgungsbereich unterscheidet man zwischen der Raum- und der Gebäudekühllast. Letztere ergibt sich aus der zeitgleichen Summation der Raumkühllasten und führt gegenüber der Maximalwertsummation i.d.R. zu kleineren Dimensionen der Kälteaggregate. Eine Übertragung der Ergebnisse auf Anlagen mit Kühldecken ist wegen der Annahme der konvektiven Lastabfuhr nur näherungsweise möglich. An der Erweiterung des Kühllastbegriffes unter Berücksichtigung der empfundenen Temperatur und anteiliger Kühllastabfuhr über Strahlung wird gearbeitet.

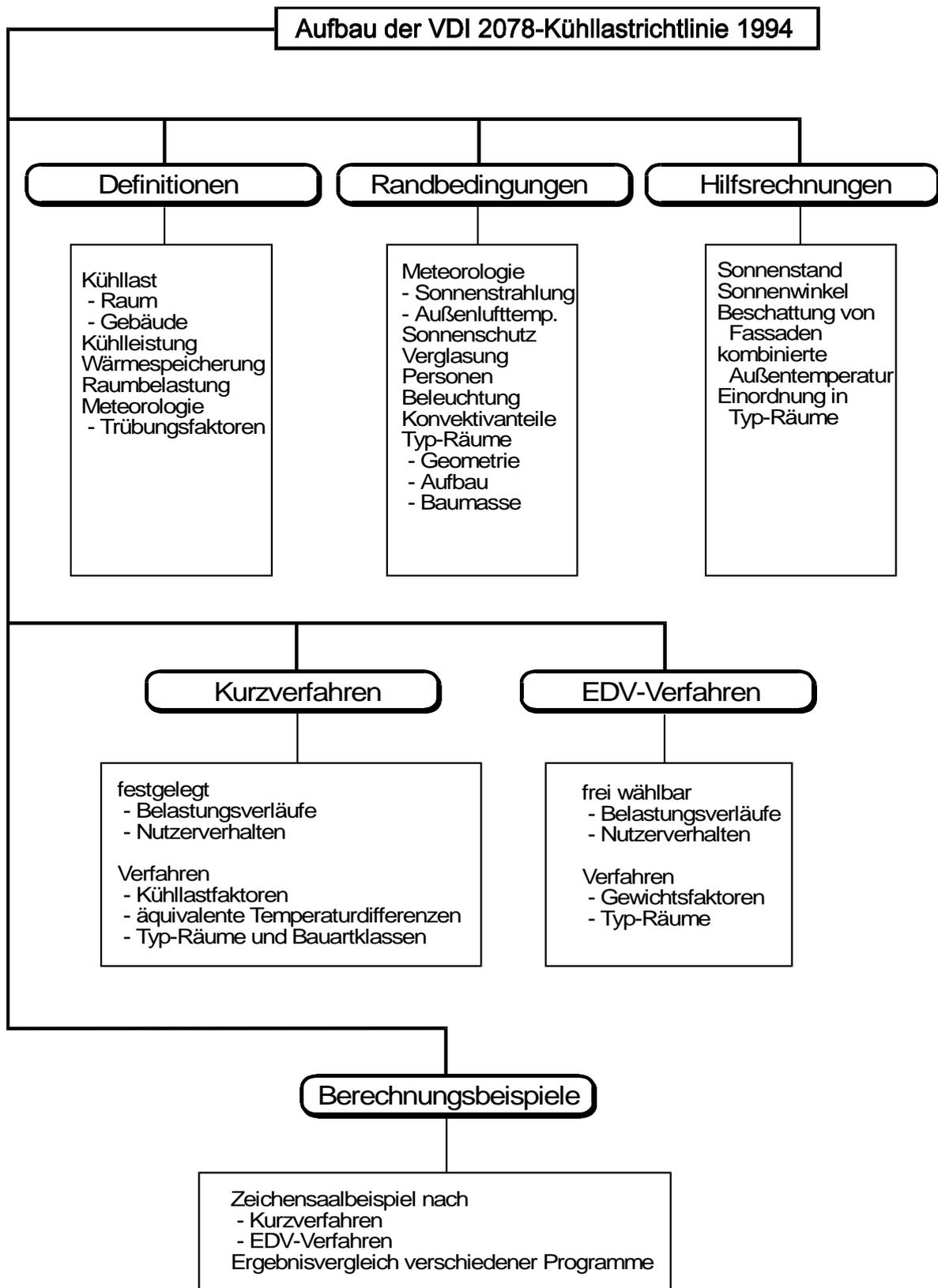


Bild 1: Aufbau der VDI 2078-Kühllastrichtlinie 1994

Randbedingungen

Die der Berechnung zugrundeliegenden Randbedingungen wurden besonders im meteorologischen Teil vollständig überarbeitet und erweitert. Untersuchungen haben ergeben, daß die Trübung nicht so sehr von der Lage (Stadt/Land) abhängig ist, sondern mehr von den Luftmassen

(Großwetterlage), die starken Schwankungen unterliegt. Die unteren Bereichswerte entsprechen etwa den Werten der früheren Ausgabe der VDI 2078. In den Tabellen für die Sonnenstrahlung finden sich daher zwei Sätze von Strahlungsdaten, jeweils für die Mittelwerte und für die Mittelwerte minus Standardabweichung der Trübungs-faktoren. In nordorientierten Räumen oder beim Betrieb eines variablen Sonnenschutzes, welcher nur zu Zeiten des direkten Strahlungseinfalls gezogen ist, wird die äußere Kühllast maßgeblich durch die Diffusstrahlung bestimmt. Es ist daher zu überprüfen, ob die mit den Mittelwerten der Trübungs-faktoren berechneten Strahlungsdaten aufgrund des höheren Diffusstrahlungsanteils höhere Kühllasten ergeben. Für die praktische Anwendung bedeutet dies, daß jeweils zwei Rechendurchgänge mit unterschiedlichen Strahlungsdaten notwendig sind.

Die Sonnenstrahlungsdaten wurden für unbewölkte Tage, jeweils für alle zwölf Monate im Jahr mit einem verbesserten Verfahren neu berechnet. In den Tabellen finden sich Angaben zur Strahlung auf der Außenseite (für den Wärmedurchgang durch Wände) und zur Strahlung hinter einer Zweifachverglasung. Die Winkelabhängigkeit der Strahlungstransmission ist in den Tabellen eingearbeitet. Durch den Bezug auf die Zweifachverglasung erhalten die Durchlaßfaktoren b eine veränderte Definition. Dies sollte bei Verwendung älterer Werte beachtet werden.

Welche Außenlufttemperaturen in der VDI 2078 als Dimensionierungsgrundlage dienen sollen, wurde in einem Forschungsvorhaben völlig neu untersucht. Insbesondere wurde berücksichtigt, welche Maximalwerte mit welcher Häufigkeit an welchen Orten in Deutschland auftreten und welche Tagesgänge typisch sind. Im Ergebnis führte dies in den meisten Fällen zu einer Reduzierung und zu einer stärkeren örtlichen Differenzierung (Klimazonen) der Werte in der Neuauflage gegenüber bisherigen Werten.

Weiterhin wurden die Angaben zu der Personenwärmeabgabe stärker differenziert und die Werte für die Beleuchtung aktualisiert. Für das Kurzverfahren finden sich in der Richtlinie die angenommenen Konvektivanteile der Lasten, die ohne den Umweg über eine Wärmespeicherung als Kühllast sofort wirksam werden. Im EDV-Verfahren sind diese Werte frei wählbar.

In beiden Verfahren wird das dynamische Verhalten durch Typ-Räume charakterisiert. Gegenüber der früheren Ausgabe sind in der neuen VDI 2078 zwei weitere Raumtypen hinzugekommen. Die bisherigen thermischen Bauschweren, Bauart I jetzt Typ-Raum L und Bauart II jetzt Typ-Raum M, wurden durch eine leichtere Bauart Typ-Raum XL und eine schwere Bauart Typ-Raum S ergänzt. Die Geometrie der Räume wurde nur geringfügig verändert.

Hilfsrechnungen

Für die Umrechnung der Sonnenstrahlung auf nicht angegebene Flächenorientierungen und für Beschattungsrechnungen enthält die Richtlinie einige Algorithmen mit Erläuterungen. Mit der Einführung der kombinierten Außentemperatur nach Nehring kommt der Einfluß der langwelligen Abstrahlung an das Himmelsgewölbe beim Wärmedurchgang durch Wände zum Ausdruck. Dem unerfahrenen Anwender soll eine neue Berechnungsvorschrift im Weißdruck die Einordnung eines Real-Raumes in einen Typ-Raum erleichtern.

Kurzverfahren

Der Wärmedurchgang durch Wände wird im Kurzverfahren weiterhin mit den äquivalenten Temperaturdifferenzen berechnet. Die instationäre Wirkung der Sonnenstrahlung und der inneren Belastungen mit Kühllastfaktoren (früher Speicherfaktoren). Diese Größen wurden für einen festgelegten Belastungsverlauf und Nutzerverhalten sowie für die 4 Typ-Räume be-

rechnet und vertafelt. Das Kurzverfahren ist daher an diese Festlegungen gebunden. Während die Kühllastfaktoren in ihrem Datenumfang eine starke Erweiterung fanden, wurden die äquivalenten Temperaturdifferenzen auf 6 typische Bauartklassen begrenzt. Mit Hilfe von Zeitkorrektur und anderen Korrekturen erfolgt die Anpassung an den gegebenen Wandaufbau.

EDV-Verfahren

Das EDV-Verfahren basiert auf der Gewichtsfaktorenmethode [4]. Mit Hilfe eines Simulationsprogrammes wurden die Gewichtsfaktoren für alle 4 Typ-Räume berechnet und normiert. Da bei der Simulation der gesamte Raum betrachtet wurde, enthalten die Gewichtsfaktoren auch den Effekt der Strahlungsankopplung der Wände. Durch die Normierung auf stationäre Kennwerte und Flächen bilden die Gewichtsfaktoren eine von den Randbedingungen und weitgehend auch von der Raumgeometrie unabhängige dynamische Eigenschaft des Raumes ab. Durch eine geschickte Auswahl und Zusammenfassung von Randbedingungen (Aktionsgrößen) werden nur 6 Sätze von Gewichtsfaktoren je Typ-Raum benötigt. Die Anzahl der notwendigen Gewichtsfaktoren konnte durch ein rekursives Rechenverfahren weiter verringert werden. Mit dem EDV-Verfahren der VDI 2078 wird eine neue Möglichkeit bei der Planungsarbeit geschaffen. Neben der Vorgabe eines beliebigen Verlaufes der Raumlufttemperatur kann auch die sich einstellende Raumlufttemperatur bei einer Minderleistung bzw. Null-Leistung der Anlage ermittelt werden.

Berechnungsbeispiele

Im letzten Teil der Richtlinie wird das aus früheren Ausgaben bekannte Zeichensaalbeispiel mit unterschiedlichen Rechenverfahren durchgeführt. Für das EDV-Verfahren wurden die Randbedingungen um die neuen Möglichkeiten erweitert und die Ergebnisse verschiedener Programmhersteller verglichen (Weißdruck). Im Vergleich sind auch die Ergebnisse eines Simulationsprogrammes enthalten.

Abgrenzung Kurzverfahren - EDV-Verfahren

Zu den festgelegten Randbedingungen im Kurzverfahren gehören :

- Außen(luft)temperatur und Sonnenstrahlung
- keine wandernde Schatten auf der Fassade
(Die Schattenwirkung geht nur näherungsweise durch einen reduzierten Maximalwert ein)
- zeitlich konstanter Sonnenschutz
- zeitlich konstante Raumlufttemperatur
- 24-Stunden-Anlagenbetrieb
- feste Konvektivanteile der Raumbelastungen
- eingeschwungener Zustand

Vorstehende Einschränkungen entfallen im EDV-Verfahren. Darüberhinaus können mit diesem voll instationären Verfahren Anfahrspitzen, Raumlufttemperaturen bei begrenzten Kühlleistungen und frei schwingende Raumlufttemperaturen untersucht werden. Da Hitzeperioden erfahrungsgemäß nur maximal 14 Tage andauern, kann auch der nicht eingeschwungene Zustand von Interesse sein. Durch Vorhalten entsprechender Klimadaten ist mit dem gleichen Verfahren auch die Ermittlung des Jahresenergiebedarfes des Raumes möglich.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der EDV-basierten Lösung. Für die zeitliche Überlagerung der Raumkühllasten zur Berechnung der Gebäudekühllast sind zu mehreren Berechnungszeitpunkten Ergebnisse notwendig. Außerdem kann eine wiederholte Rechnung mit höheren

Diffusstrahlungsanteilen erforderlich sein. Eine derartiger Aufwand ist mit dem Kurzverfahren wirtschaftlich nicht vertretbar.

Das in der Neuauflage angegebene Kurzverfahren schließt an die Historie frühere Ausgaben an. Es dient zum besseren Verständnis der Vorgänge bei der Kühllastberechnung und sollte für Überschlagsrechnungen in der Vorentwurfsphase geeignet sein. Hierzu wäre jedoch eine weitere Straffung sinnvoll. Die Anwendung des EDV-Verfahrens ist ab der Entwurfsphase geeignet und wird sich wohl zukünftig auch durchsetzen. Die freie Wahl der Randbedingungen hat jedoch auch einen höheren Beschaffungsaufwand für projektbezogene Daten zur Folge.

Literatur

- [1] *VDI 2078 Entwurf Nov. 1990* : Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)
- [2] *Masuch, J.*: Die Berechnung der Kühllast nach VDI 2078. Zur Herausgabe des Weißdrucks 1992
Teil 1: Änderungen gegenüber dem Entwurf von 1990. HLH 43 (1992) Heft 12
Teil 2: Methodik von Kühllastberechnungen und EDV-Einsatz. HLH 44 (1993) Heft 1
- [3] *Jahn, A.; Nadler, N.; Guo, J.*: Neuauflage der VDI-Kühllastregeln - VDI 2078/1993. Erläuterungen zum EDV-Verfahren. GI 114 (1993), Heft 3
- [4] *Jahn, A.*: Das Faltungsprinzip und die Simulation des dynamischen thermischen Raumverhaltens. GI 98 (1977) Heft 10, 12.
- [5] *VDI 2078 Oktober 1994* : Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)