

VDI 2078

L. Rouvel, C. Seifert



Der Kühllastbegriff ist in der neuen VDI 2078 [1] weiter gefasst als in der bisherigen Ausgabe [2]. Die Kühllast wird nicht allein vom Gebäude und seiner Nutzung bestimmt, sie wird maßgeblich auch von der Art und Regelstrategie haustechnischer Anlagen sowie deren Rückwirkungen auf den Raum beeinflusst. Die Bilanzgröße „Kühllast“ bildet die Schnittstelle der Bilanzbereiche "Gebäude" und "TGA".

Definition

Die Kühllast ist definiert als eine, durch eine haustechnische Anlage, in den Raum konvektiv und/oder strahlend eingebrachte Kälte- oder Wärmeleistung die nötig ist, um eine vorgegebene Raumlufttemperatur (Solltemperatur) einzuhalten. Bei begrenzt verfügbarer Leistung weicht die berechnete Temperatur (Isttemperatur) von der Solltemperatur ab, wenn die verfügbare Leistung geringer als die erforderliche ist. Steht keine Leistung zur Verfügung, ist das Berechnungsergebnis eine frei schwingende Raumtemperatur.

In Übereinstimmung mit VDI 6007 Blatt 1 [3] und DIN V 18599 [4] wird die Kühllast als negativer Wert angegeben. Die Heizlast erhält demzufolge ein positives Vorzeichen.

Unter Kühllast wird nur die sensible Kühllast verstanden, da die latente Last (bzw. die Gesamtlast) im Zusammenhang mit der Volumenstromberechnung steht. Die Abführung einer eventuellen latenten Last ist bei der Anlagentechnik und deren Auslegung zu berücksichtigen.

Die in den Raum eingebrachte sensible Heiz- oder Kühlleistung darf nicht mit der „Aufbereitungsleistung“ einer Raumlufttechnischen Anlage verwechselt werden.

Erläuterungen

Die Berechnung der Kühllast und der Raumtemperatur erfolgt auf der Basis einer Wärmebilanz des Raumes unter Berücksichtigung aller strahlenden und konvektiven Wärmequellen und -senken. Die haustechnischen Anlagen, soweit sie Einfluss auf das Temperaturverhalten des Raumes nimmt, wird konform mit der DIN V 18599 als Randbedingung für die Bilanzierung einbezogen. Das Berechnungsergebnis der Bilanzierung ist die von der haustechnischen Anlage zu erbringende Leistung.

Die Regelung der Raumsolltemperatur erfolgt nach der Lufttemperatur. Die Berechnung für eine Regelung nach der empfundenen (operativen) Temperatur ist grundsätzlich möglich, jedoch wäre dazu eine iterative Vorgehensweise bei der Berechnung der Raumbilanz erforderlich, was nicht in allen Fällen möglich ist.

Der „Kälte- oder Wärmeeintrag“ in den Raum – also die Leistung – einer haustechnischen Anlage kann entweder über die Zuluft (mechanische Lüftung) und/oder durch im Raum befindliche aktive Elemente (Konvektoren, Radiatoren, Bauteilkühlung usw.) eingebracht werden. Während die Zuluft im Raum rein konvektiv wirksam wird, erfolgt die Wärme- oder Kälteabgabe in den Raum sonstiger Anlagenkomponenten teilweise strahlend, teilweise konvektiv. Thermisch aktive Raumbauteile verfügen (wie die meisten Bauteile) über ein Speichervermögen, so dass ihr Wärme- oder Kälteabgabe verzögert eintreten kann.

Anmerkung: Die Aufteilung der Lastabfuhr in Flächenheizung/-Kühlung und sonstige Lastabfuhr sowie die Aufteilung in Konvektion und Strahlung sind Eingangsgrößen der Berechnung. Die Berücksichtigung des Speicherverhaltens aktiver Raumbauteile erfolgt über die Eingabe des Schichtaufbaus.

Die Kühllast wird infolgedessen nicht allein vom Gebäude und seiner Nutzung bestimmt, sie wird maßgeblich auch von der Art und Regelstrategie haustechnischer Anlagen beeinflusst.

Das Berechnungsergebnis „Kühllast“ ist im Sinne der neuen Algorithmen als „Kälteeintrag“ haustechnischer Anlagen aufzufassen (analoges gilt für den Heizfall). Die für eine Belastungssituation des Gebäudes (Klima, Nutzung) ausgewiesene Heiz- oder Kühllast und die sich einstellende (berechnete) Raumtemperatur bilden Zwischenergebnisse für die Berechnung der erforderlichen Aufbereitungsleistung (Wärme- und Kältebedarf) an der Schnittstelle „Raum – Nutzung – Anlage“.

Anmerkung: Der „Kälteeintrag“ haustechnischer Anlagen entspricht einer Leistung und folglich ist die „Kühllast“ ebenfalls eine Leistung. Es soll der Tradition folgend der Begriff „Kühllast“ weiterhin angewandt werden.

Berechnung der Kühllast nach VDI 2078

Die Berechnung erfolgt im Stundenschritt, wobei das Berechnungsergebnis Kühllast und Raumtemperatur den Mittelwert der jeweiligen Stunde darstellt. Für eine vorgegebene Raumtemperatur wird die zugehörige Heiz-/Kühllast des Raumes entsprechend des Berechnungsmodells der VDI 6007 Blatt 1 ermittelt. Alternativ wird für eine vorgegebene Heiz-/Kühllast (die auch den Wert „0“ besitzen kann) entsprechend des Berechnungsmodells der VDI 6007 Blatt 1 für den Raum die zugehörige Temperatur \mathcal{G}_{RL} berechnet. Die Kühllast $P_{h,c}$ und die Raumtemperatur \mathcal{G}_{RL} bilden ein „verknüpftes“ Wertepaar.

Die Rückwirkung der Anlage auf Kühllast und Raumtemperatur wird als Randbedingung in der Raumbilanz, zum Beispiel als Grenze der verfügbaren Leistung berücksichtigt. Ist die im Falle einer Leistungsbegrenzung verfügbare Kühllast geringer als die zur Einhaltung der Solltemperatur erforderliche, gilt

$$\mathcal{G}_{RL,Ist} \neq \mathcal{G}_{RL,Soll} \quad (1)$$

Diese Begrenzung kann entweder eine Festvorgabe sein oder sie ist variabel, z.B. abhängig von der Raumlufttemperatur $\mathcal{G}_{RL,Ist}$ und/oder der Außenlufttemperatur \mathcal{G}_A . Die Leistung einer Kühldecke beispielsweise ist u.a. bestimmt von der Temperaturdifferenz der Systemtemperatur der Kühldecke und der Raumlufttemperatur, wobei letztere mitunter ein Berechnungsziel ist. Steht keine Leistung zur Verfügung, zum Beispiel wenn keine Kühlung bzw. Heizung und keine mechanische Lüftung vorhanden oder abgeschaltet ist, ergibt sich mit $P_{h,c,VDI2078} = 0$ eine frei schwingende Raumtemperatur.

Anmerkung: Eine Fugen- oder Fensterlüftung wird als Wärmesenke bzw. Wärmequelle in der Raumbilanz berücksichtigt.

Es ist deshalb notwendig, für jeden Zeitschritt zu prüfen, ob die einer konkreten, vorgegeben Raumtemperatur \mathcal{G}_{RL} entsprechende Leistung $P_{h,c}$ verfügbar ist. Zwei Fälle sind zu unterscheiden:

1. Wenn $P_{h,verf} \geq P_{h,c} \geq P_{c,verf}$

ist $P_{h,c,VDI2078} = P_{h,c}$ und $\mathcal{G}_{RL,Ist} = \mathcal{G}_{RL,Soll}$

Die verfügbare Heiz-/Kühllast ist größer als die zur Einhaltung der Solltemperatur erforderliche Heiz-/Kühllast. Das Berechnungsergebnis ist gleich der Kühllast nach VDI 2078.

2. Wenn $P_{h,verf} < P_{h,c} < P_{c,verf}$

ist $\mathcal{G}_{RL,Ist} \neq \mathcal{G}_{RL,Soll}$

Unter Berücksichtigung von $P_{h,c,verf} = f(\vartheta_{RL})$ bzw. $P_{h,c,verf} = f(\vartheta_a)$ muss das „passende“ Wertepaar $P_{h,c,VDI2078}$ und $\vartheta_{RL,Ist}$ berechnet werden.

Hierzu wird der Schnittpunkt der beiden Kurven (Geraden)

verfügbare Leistung $P_{h,c,verf} = f(\vartheta_{RL})$ und

erforderliche Leistung $P_{h,c,erf} = f(\vartheta_{RL})$

ermittelt. Abbildung 1 zeigt diese Abhängigkeit.

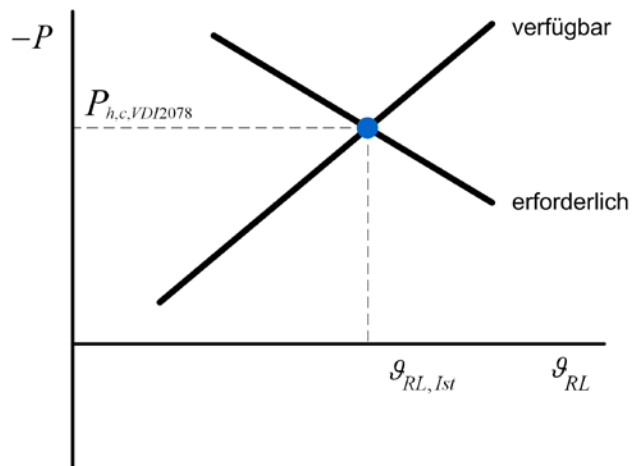


Abbildung 1: Kühllast und Raumtemperatur, verfügbare und erforderliche Leistung

Wird eine bestimmte Anlagenkonfiguration (im Beispiel Kühldecke mit Quelllüftung) betrachtet, besteht die Abhängigkeit der verfügbaren Leistung von der Raumtemperatur gemäß Abbildung 2.

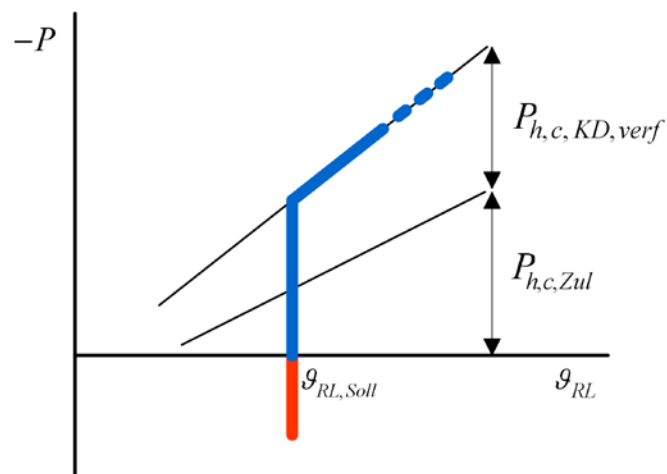


Abbildung 2: Beispiel Kühldecke mit Quelllüftung, begrenzte verfügbare Leistung

Die Darstellungen in Abbildung 1 und Abbildung 2 sind „Momentaufnahmen“ für eine konkrete Stunde. Jede Änderung der thermischen Situation des Raumes führt zur Änderung der Leistungen.

Der Anhang A der künftigen VDI 2078 beschreibt die Berechnung der Kühllast und der Raumtemperatur für eine Auswahl von Anlagenkonfigurationen und gibt Hinweise für komplexere Fälle.

Kühllast und Kältebedarf

Die Berechnung des Leistungs- und Energiebedarfes der TGA-Anlage basiert auf dem Berechnungsergebnis Heiz-/Kühllast $P_{h,c,VDI2078}$. Um von der Heiz- oder Kühllast zum Wärme- und Kältebedarf (Nutzleistungsbedarf) der TGA-Anlage zu kommen, muss $P_{h,c,VDI2078}$ prinzipiell in zwei Komponenten entsprechend Abbildung 3 aufgeteilt werden.

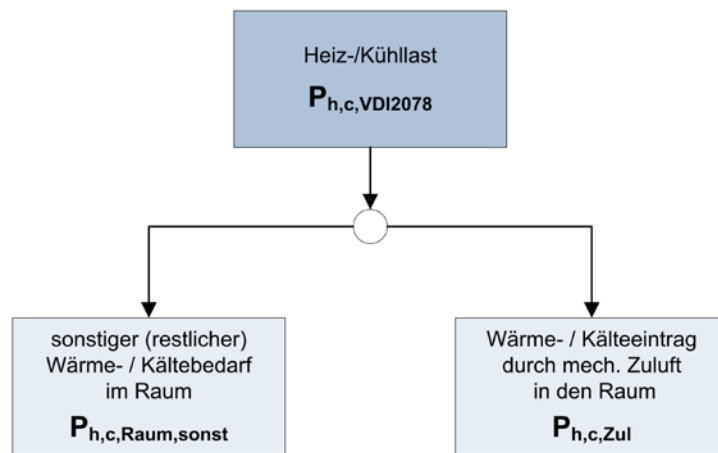


Abbildung 3: Komponenten der Heiz- oder Kühllast

Mit der durch mechanische Zuluft in den Raum eingebrachten Wärme-/Kälte $P_{h,c,Zul}$

$$P_{h,c,Zul} = \dot{V}_{Zul} \cdot c_{p,Zul} \cdot \rho_{Zul} \cdot (g_{Zul} - g_{RL,ist}) \quad (2)$$

wird der sonstige bzw. restliche im Raum (durch eine Kühldecke beispielsweise) zu deckende Wärme-/Kältebedarf berechnet:

$$P_{h,c,Raum,sonst} = P_{h,c,VDI2078} - P_{h,c,Zul} \quad (3)$$

$P_{h,c,Raum,sonst}$ wird auch sekundärer Wärme-/Kälteeintrag genannt. Der in Gl. (3) dargestellte Zusammenhang gilt grundsätzlich. Wenn keine mechanische Zuluft vorhanden ist (bei alleiniger Fensterlüftung beispielsweise), gilt

$$P_{h,c,Raum,sonst} = P_{h,c,VDI2078} \quad (4)$$

Der Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen bildet sich aus der Summe des Wärme- oder Kältebedarfes $P_{h,c,Raum,sonst}$ und dem Aufwand zur Luftaufbereitung vom Außenluftzustand auf den Zuluftzustand.

$$P_{h,ges} = P_{h,Raum,sonst} + P_{h,Luftaufb} \quad (5)$$

$$P_{c,ges} = P_{c,Raum,sonst} + P_{c,Luftaufb} \quad (6)$$

Während die Berechnungsergebnisse für den Auslegungsfall (Ziel ist hier i. d. R. die maximale Kühllast) keiner besonderen Interpretation bedürfen, sind bei der Bewertung des Teillastverhaltens Besonderheiten zu beachten.

Beispiele

Der Zusammenhang gemäß der Gleichungen (2) bis (6) wird anhand von Fallbeispielen deutlich. Abbildung 4 zeigt ausführlich die Gebäude- und Anlagenbilanz einer Stunde für eine kombinierte Anlage, bestehend aus einer Kühldecke und einer mechanischen Zuluftanlage (Quellluft). Um die Bilanzen nachzuvollziehen zu können, sind in Tabelle 1 und

Tabelle 2 die für diese Stunde (Zeitpunkt der maximalen Kühllast am Cooling Design Day) geltenden Randbedingungen gegeben. Die Gebäude- und Anlagenbilanzen verschiedener Anlagenkonzepte zeigt Abbildung 5.

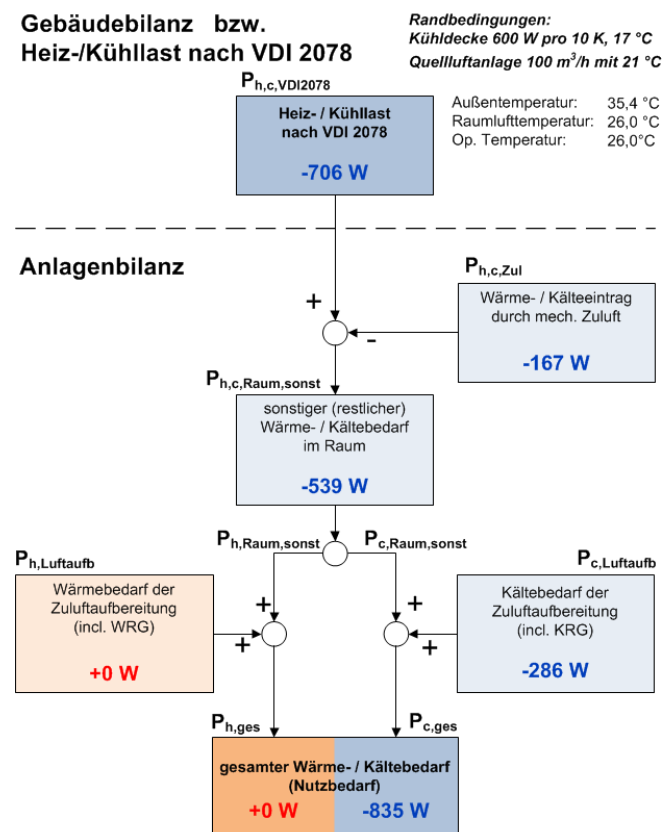


Abbildung 4: Gebäude- und Anlagenbilanz einer Stunde, Kühldecke mit Quelllüftung

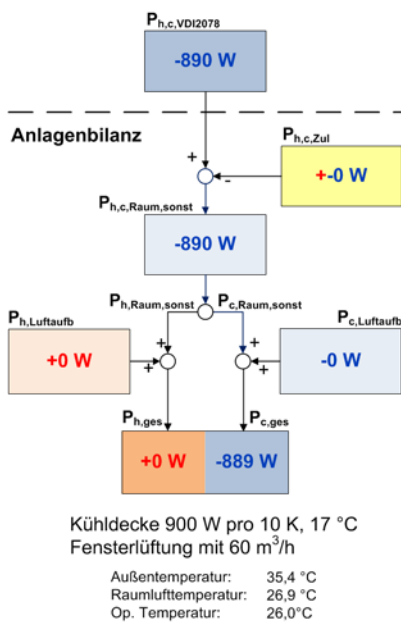
Tabelle 1: Legende zur Abbildung 4

$P_{h,c,VDI\ 2078}$	Heiz-/Kühllast nach VDI 2078	-707 W
$P_{h,c,Zul}$	Wärme-/Kälteeintrag durch mechanische. Zuluft	-167 W = $100\ m^3/h * (1.2 / 3.6)\ Wh/m^3K * (21.0 - 26.0)\ K$
$P_{h,c,Raum,sonst}$	sonstiger (restlicher) Wärme-/Kältebedarf im Raum	-539 W = -706 W - (-167 W)
$P_{c,KD,verfügbar}$	Kontrolle: verfügbare Leistung der Kühldecke	-539 W = $-600\ W * (1/10\ K) * (26.0 - 17.0)\ K$
$P_{h,Luftaufb}$	Wärmebedarf zur Zuluftaufbereitung (incl. WRG)	0 W
$P_{c,Luftaufb}$	Kältebedarf zur Zuluftaufbereitung (incl. KRG)	-286 W
$P_{h,ges}$	gesamter Wärmebedarf (Nutzleistungsbedarf)	0 W = 0 W + 0 W
$P_{c,ges}$	gesamter Kältebedarf (Nutzleistungsbedarf)	-835 W = -539 W + (-286 W)

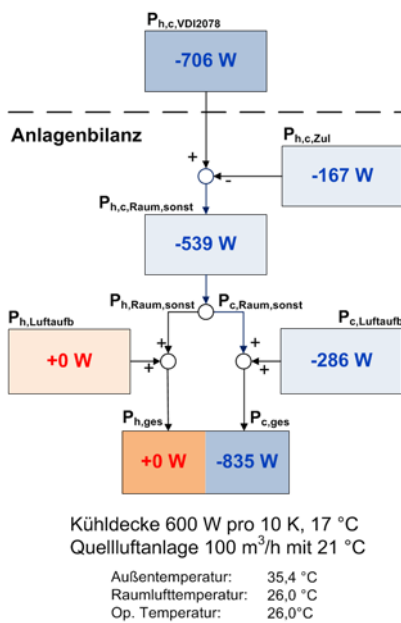
Tabelle 2: Anlagenkonzept und Auslegungsdaten

Raum, Auslegung	Daten bzw. Randbedingung
Raum, Wandaufbauten, Maße	Raumtyp M (neue VDI 2078), Raumnutzung usw. nach Testbeispiel 3.1
Sollwert Raum	$\mathcal{G}_{Raum} = 22\ ^\circ C$
Leistungsbegrenzung	Die Kühlleistung der haustechnischen Anlage ist so begrenzt, dass eine operative Raumtemperatur $\mathcal{G}_{Raum,op} = 26\ ^\circ C$ nicht überschritten wird.
Auslegung Sommer	neue VDI 2078, Kühllastzone 4, Großstadtzentrum
Jahressimulation mit dem Testfrenzjahr	TRY 2010 des DWD für Mannheim, mittleres Jahr, Berücksichtigung des Stadteffektes für „eng bebaute Innenstadt“

Gebäudebilanz bzw. Heiz-/Kühllast nach VDI 2078



Gebäudebilanz bzw. Heiz-/Kühllast nach VDI 2078



Gebäudebilanz bzw. Heiz-/Kühllast nach VDI 2078

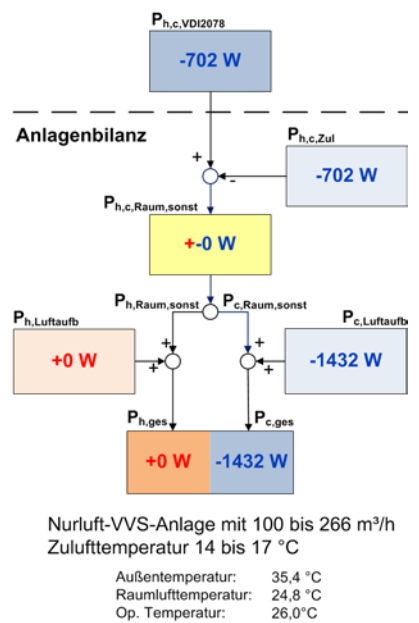


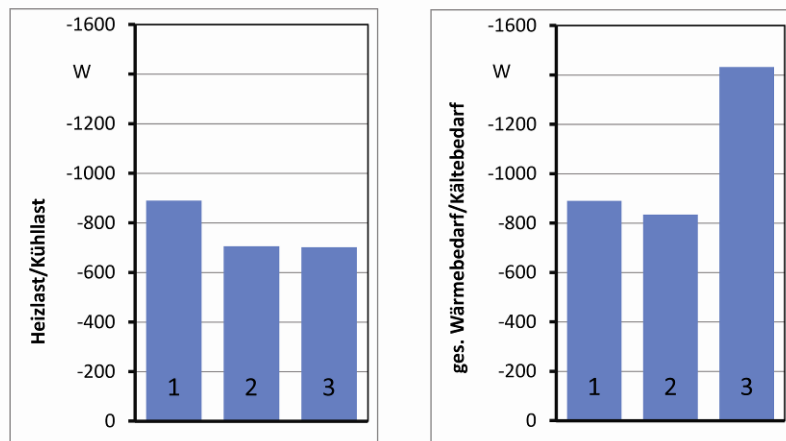
Abbildung 5: Kühllast und der Kältebedarf, Anlagenkonzepte im Vergleich, Bilanz in einer Stunde

Über den Zeitpunkt des sommerlichen Auslegungsfalls hinaus wurden gemäß obigem Berechnungsschema Leistungs- und Energiebedarf der drei Anlagenkonzepte auch für eine Stunde in der Übergangszeit und als Jahressumme für das Testreferenzjahr berechnet.

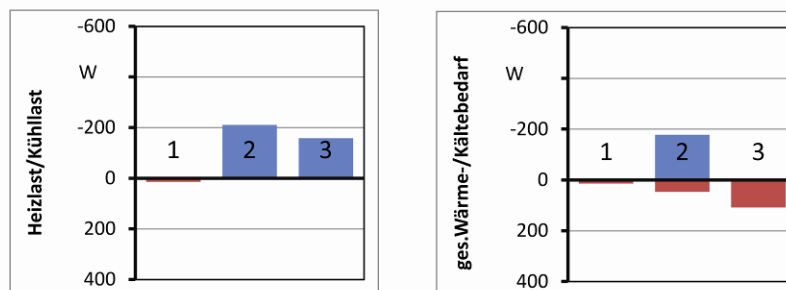
Abbildung 6 stellt alle Berechnungsergebnisse gegenüber. Die TGA-Anlage mit Kühldecke und Fensterlüftung erzeugt, wie bereits in Abbildung 5 sichtbar, am Cooling Design Day (obere Diagrammreihe) die höchste Kühlleistung; die Kühlleistung der Anlagen mit gekühlter, mechanischer Zuluft ist um etwa 21% geringer. Während die Quellluft im Wesentlichen nur den hygienisch erforderlichen Außenluftvolumenstrom sicherstellt und nur wenig zur Kühlung beiträgt, übernimmt die Zuluft der Nurluft-VVS-Anlage die Funktion der Kühlung und die Sicherstellung des hygienisch erforderlichen Außenluftvolumenstroms. Ein Teil des Energiebedarfes wird für das Kühlen vom Außenluft- auf den isothermen Zuluftzustand benötigt. Erst eine weitere Temperaturabsenkung erzeugt einen Kühleffekt im Raum. Die Entfeuchtungsleistung ist hierbei noch nicht eingerechnet. Die Nurluft-VVS-Anlage erfordert unter Auslegungsbedingungen die geringste Kühlleistung, jedoch den höchsten, gegenüber den beiden anderen Anlagen mit Kühldecke doppelten, gesamten Kältebedarf.

Umgekehrt sind die Verhältnisse, vergleicht man den Jahresenergiebedarf (untere Diagrammreihe). Der gesamte Kältebedarf der Nurluft-VVS-Anlage „schneidet“ hier am günstigsten ab, weil über längere Zeiträume eine gegenüber der Raumtemperatur niedrigere Außenlufttemperatur „Kälte“ verfügbar macht. Besonders deutlich wird das in der 10. Stunde am 2. März (Übergangszeit, mittlere Diagrammreihe). Hier besteht für diese Anlage sogar ein Heizenergiebedarf, da die Außenluft ein zu hohes Kältepotenzial aufweist.

Cooling Design Day im Juli, 15 bis 16 Uhr



2. März im TRY, 9 bis 10 Uhr



Jahressummen für das TRY

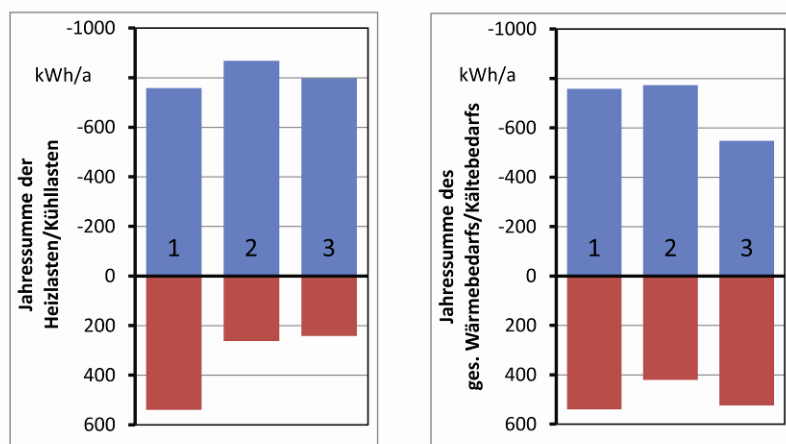


Abbildung 6: Heizlast/Kühllast und gesamter Wärme-/Kältebedarf für drei Anlagenvarianten

- 1 - Kühldecke mit Fensterlüftung
- 2 - Kühldecke mit Quelllüftung,
- 3 - Nur-Luft-VVS-Anlage

Diese Beispiele zeigen, dass der alleinige Vergleich der Kühllasten keine Aussage zur Energieeffizienz von Anlagen liefern kann, erst die Betrachtung von Kühllast und Energiebedarf ermöglicht eine Wertung. Eine Aussage, welche Anlage die beste Anlage ist, kann daraus nicht getroffen werden, da Leistungs- und Energiebedarf meist gegenläufigen Tendenzen unterliegen. Es müssen Prioritäten gesetzt und für den konkreten Fall ein Kompromiss gefunden werden.

Mit diesen Beispielen wird aufgezeigt, dass das Berechnungsergebnis Kühllast als „Kälteintrag“ haustechnischer Anlagen aufzufassen und nach welchem Schema aus dem Leistungsbedarf der Nutzenergiebedarf zu berechnen ist.

Schlussbemerkung

Abschließend sei – als eine Art Zusammenfassung – die Frage aufgeworfen, welche Kühllast $P_{h,c,VDI2078}$ für einen Raum bei folgenden Randbedingungen ausgewiesen wird?

Randbedingungen: Ein Raum verfügt über eine Heizung und eine mechanische Lüftungsanlage ohne Kühlung wie zum Beispiel bei einer Wohnungslüftung. Die Zulufttemperatur sei vereinfachend gleich der Außenlufttemperatur.

Situation: Im Laufe der Sommerperiode wird es zu warm. Selbstverständlich wird nicht geheizt, aber wegen fehlender Kühlmöglichkeit kann nicht gekühlt werden.

Frage: Vorausgesetzt, es wird korrekt gerechnet, welcher Wert wird für die Kühllast $P_{h,c}$ nach VDI 2078 ausgewiesen?

$$P_{h,c,VDI2078} > 0 ?$$

$$P_{h,c,VDI2078} = 0 ?$$

$$P_{h,c,VDI2078} < 0 ?$$

Antwort: **Es kann sowohl eine Heizlast ($P_{h,c,VDI2078} > 0$) als auch eine Kühllast auftreten ($P_{h,c,VDI2078} < 0$).**

Begründung: Da sich keine Kühlung im Raum befindet und nicht geheizt wird, gilt $P_{h,c,Raum,sonst} = 0$

Die Zuluft wird nicht aufbereitet. Damit ist die $P_{h,c,Luftaufb} = 0$

Somit gilt für den Nutzenergiebedarf (Heiz-/Kältebedarf) nach Gl. (5) und (6) richtigweise $P_{h,c,ges} = 0$

Für die Kühllast nach VDI 2078 bedeutet das nach Gl. (3)

$$P_{h,c,VDI2078} = 0 + P_{h,c,Zul} = P_{h,c,Zul}$$

Fallunterscheidung: Wenn \mathcal{G}_a und somit $\mathcal{G}_{Zul} > \mathcal{G}_{RL}$ errechnet sich eine Heizlast mit $P_{h,c,VDI2078} > 0$ (z. B. an einem Sommernachmittag)

Wenn \mathcal{G}_a und somit $\mathcal{G}_{Zul} < \mathcal{G}_{RL}$ errechnet sich eine Kühllast mit $P_{h,c,VDI2078} < 0$ (z. B. an einem Sommervormittag)

Nur wenn \mathcal{G}_a und somit $\mathcal{G}_{Zul} = \mathcal{G}_{RL}$ tritt bei der betrachteten Anlagenkonzeption weder Kühllast noch Heizlast auf ($P_{h,c,VDI2078} = 0$).

(Der Fall, dass \mathcal{G}_a genau gleich \mathcal{G}_{RL} ist, tritt fast nie auf)

Fazit: **Selbst wenn weder geheizt noch gekühlt wird, kann die Heiz-/Kühllast $P_{h,c,VDI2078} \leq 0$ sein.**
Auch kann es eine frei schwingende Raumlufttemperatur ϑ_{RL} geben, obwohl die Heiz-/Kühllast $P_{h,c,VDI2078} \leq 0$ ist.

Literatur

- [1] VDI 2078: „Berechnung von Kühllast und Raumtemperaturen von Räumen und Gebäuden (VDI Kühllastregeln)“, Entwurf April 2012
- [2] VDI 2078: „Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)“, Juli 1996
- [3] VDI 6007 Blatt 1: „Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden, Raummodell“, Oktober 2007
- [4] DIN V 18599: „Energetische Bewertung von Gebäuden“, Februar 2011

veröffentlicht in der HLH:

Rouvel, L. Der Begriff Kühllast in der künftigen VDI 2078
Seifert, C.: HLH Bd. 63 (2012) Nr. 2 - Februar S. 24/29

PROF. DR.-ING. HABIL. LOTHAR ROUVEL

FACHGEBIET ENERGIETECHNIK UND -VERSORGUNG · THERMISCHE GEBÄUDESIMULATION

SÄULINGSTRASSE 4
80686 MÜNCHEN

TEL.: 089-576804 FAX: 089-5706641
ROUVEL@GEBSIMU.DE WWW.GEBSIMU.DE



Zusammenhang zwischen Gebäude- und Anlagenbilanz - Raumbilanz bei Zuluftanlage -

Die Berechnung des Leistungs- und Energiebedarfes der TGA-Anlage basiert auf dem Berechnungsergebnis Heiz-/Kühllast $\dot{Q}_{HK,Raum}$.

Um von der Heiz- oder Kühllast zum Wärme- und Kältebedarf (Nutzleistungsbedarf) der TGA-Anlage zu kommen, muss $\dot{Q}_{HK,Raum}$ nach [1]¹ prinzipiell in zwei Komponenten entsprechend Bild 1 aufgeteilt werden.

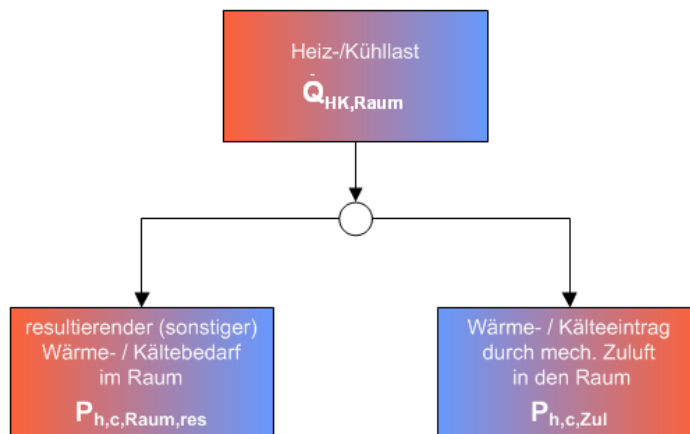


Bild 1: Komponenten der Heiz- oder Kühllast

¹ [1] L. Rouvel, C. Seifert: Der Begriff Kühllast in der künftigen VDI 2078
HLH Bd. 63 (2012) Nr. 2 - Februar S. 24/29

Mit der durch mechanische Zuluft in den Raum eingebrachten Wärme-/Kälte $P_{h,c,Zul}$

$$P_{h,c,Zul} = \dot{V}_{Zul} \cdot c_{p,Zul} \cdot \rho_{Zul} \cdot (g_{Zul} - g_{RL,ist}) \quad (1)$$

wird der resultierende bzw. sonstige im Raum (durch eine Kühldecke beispielsweise) zu deckende Wärme-/Kältebedarf berechnet:

$$P_{h,c,Raum,res} = \dot{Q}_{HK,Raum} - P_{h,c,Zul} \quad (2)$$

$P_{h,c,Raum,res}$ wird auch sekundärer Wärme-/Kälteeintrag genannt. Der in Gl. (2) dargestellte Zusammenhang gilt grundsätzlich. Wenn keine mechanische Zuluft vorhanden ist (bei alleiniger Fensterlüftung beispielsweise), gilt

$$P_{h,c,Raum,res} = \dot{Q}_{HK,Raum} \quad (3)$$

Der Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen bildet sich aus der Summe des Wärme- oder Kältebedarfes $P_{h,c,Raum,res}$ und dem Aufwand zur Luftaufbereitung vom Außenluftzustand auf den Zuluftzustand.

$$P_{h,ges} = P_{h,Raum,res} + P_{h,Luftaufb} \quad (4)$$

$$P_{c,ges} = P_{c,Raum,res} + P_{c,Luftaufb} \quad (5)$$

Das Bild 2 zeigt den prinzipiellen Zusammenhang Gebäude und Anlage.

Raumbilanz / Gebäudebilanz

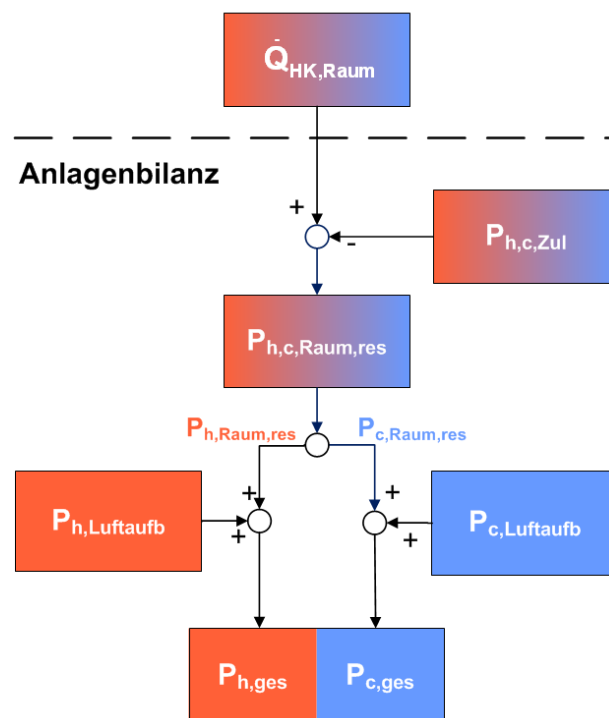


Bild 2: Zusammenhang zwischen Gebäude- und Anlagenbilanz

Während die Berechnungsergebnisse für den Auslegungsfall (Ziel ist hier i. d. R. die maximale Kühllast) keiner besonderen Interpretation bedürfen, sind bei der Bewertung des Teillastverhaltens Besonderheiten zu beachten.

Anmerkung: Der Wärme-/Kälteeintrag durch die Zuluft $P_{h,c,Zul}$ ist immer rein konvektiv. Dagegen kann der resultierende (sonstige) Wärme-/Kältebedarf im Raum $P_{h,c,Raum,res}$ einen konvektiven Anteil und/oder strahlenden Anteil bzw. Anteile von Flächenheizung oder -kühlung haben. Daher müssen bei der Ermittlung von $\dot{Q}_{HK,Raum}$ die entsprechenden Anteile für $P_{h,c,Zul}$ und $P_{h,c,Raum,res}$ berücksichtigt werden.

Dabei ist zu beachten, dass $\dot{Q}_{HK,Raum}$, $P_{h,c,Zul}$ und $P_{h,c,Raum,res}$ im gleichen Zeitbereich unterschiedliche Vorzeichen (Wärme-/Kältebedarf) haben können.

Die Ermittlung der Heiz- bzw. Kühllast $\dot{Q}_{HK,Raum}$ ist daher für folgenden Fall nicht korrekt, wenn in der betrachteten Stunde gilt:

- $\dot{V}_{Zul} > 0$ und (d.h. mechanische Zuluft ist vorhanden)
- $P_{h,c,Zul} < 0$ und (d.h. $\mathcal{G}_{Zul} < \mathcal{G}_{Rl,ist}$)
- $\dot{Q}_{HK,ges} > P_{h,c,Zul}$ und (d.h. mit der mechanischen Zuluft wird mehr Kälte in den Raumgeblasen als benötigt)
- Die Art der Heiz-/Kühllast $\dot{Q}_{HK,ges}$ **nicht** rein konvektiv.

In einem solchen Fall (z.B. bei einer Quellluftanlage kombiniert mit einer Radiatorheizung) kann folgendermaßen vorgegangen werden:

- Berücksichtigung der mech. Lüftung \dot{V}_{Zul} in der Raumbilanz wie eine Luftinfiltration von außen und/oder aus einem Nebenraum mit vorgegebener Temperatur \mathcal{G}_{Zul}
- Dadurch wird der resultierende Wärme-/Kältebedarf im Raum $P_{h,c,Raum,res}$ ermittelt
- Berechnung der korrigierten Heiz-/Kühllast $\dot{Q}_{HK,ges,kor}$ entsprechend Gl. (2) nach

$$\dot{Q}_{HK,ges,kor} = P_{h,c,Raum,res} + P_{h,c,Zul} \quad (6)$$

- Für die Ermittlung der operativen Temperatur sind die identischen Vorgaben zur Berücksichtigung der mech. Lüftung vorzugeben
- Eine evtl. vorhandene Begrenzung der maximalen/verfügbaren Heiz-/Kühllast ist entsprechend der jeweils angesetzten Bilanzgrenze zwischen Gebäude- und Anlagensimulation anzupassen.

Diese Vorgehensweise entspricht den Anforderungen der künftigen VDI 6020 [1]²

Anmerkungen:

1. Selbstverständlich gibt es auch den Fall, dass mit einer Zuluftanlage (**ohne Zuluftkühlung**) **mehr Wärme** in den Raum gefördert wird, als im Raum benötigt wird. D.h. weil keine Raumkühlung vorgesehen ist, steigt die Raumtemperatur aufgrund des zusätzlichen Wärmeeintrags (wegen hoher Außenlufttemperaturen) durch die Zuluftanlage an. **Es gelten andere Bedingungen wie oben beschrieben; es kann aber sinngemäß vorgegangen werden.**
2. Es ist zwar keine Zuluftkühlung, aber eine Raumkühlung (z.B. Bauteilaktivierung) vorgesehen. Diese Anlagenkonzeption sollte eigentlich nicht realisiert werden, da es zu Taupunktunterschreitungen im Raum kommen kann. **Es gelten andere Bedingungen als oben beschrieben; die Vorgehensweise ist allerdings analog.**

² [1] VDI 6020: Anforderungen an thermisch energetische Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation

**Das Kapitel „
Zusammenhang zwischen Gebäude- und Anlagenbilanz,
Raumbilanz bei Zuluftanlage “
des vorstehenden Manuskripts mit Stand August 2015
ist im Juni 2016 als**

**Anhang C2
in die
VDI-Richtlinie VDI 6007-1
Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäude
– Raummodell
aufgenommen worden.**