

Autor

Prof. Dr. Ing. Karl-Josef Albers¹,
Dipl.-Ing. (FH) Nicole Eyrich²

1 FHT Esslingen, Fachbereich Versor-
gungstechnik und Umwelttechnik

2 IBH Zaehle & Buse, Karlsruhe

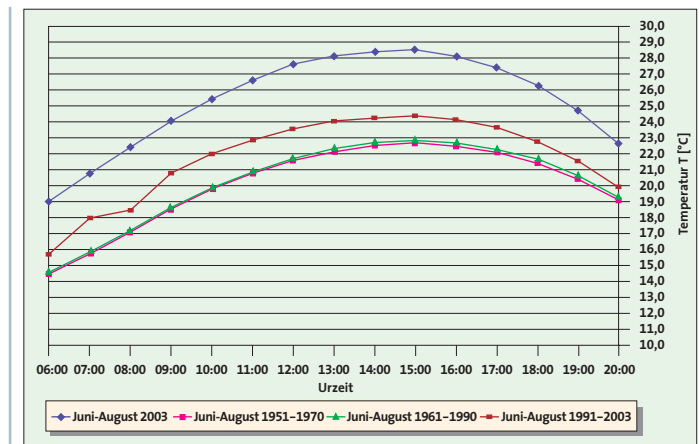


Bild 1: Mittlerer Tagesgang der Außenlufttemperatur in Mannheim

Neue sommerliche Auslegungswerte für den Außenluftzustand

Die sommerlichen Auslegungswerte für Lüftungstechnische Anlagen gelten seit langem. Es gibt jedoch einige Bereiche, in denen die Werte unzureichend sind. Mit einer Änderung des Klimas, wie es in den letzten Jahren zu beobachten ist, scheint es sinnvoll diese Werte auf den Prüfstand zu stellen.

Seit langem gelten eine Außenlufttemperatur von $t_{AU} = 32 \text{ °C}$ und eine relative Außenluftfeuchte von $\phi_{AU} = 40 \%$ als sommerliche Auslegungswerte für Lüftungstechnische Anlagen. Diese Werte sind u. a. im aktuellen Rechnagel [1] zu finden. Darüber hinaus ist den Lüftungstechnikern jedoch bekannt, dass für das Flusstalklima des Ober- und Mittelrheins diese Werte unzureichend sind. Daher werden z. B. im

Rhein-Main-Gebiet die Lüftungstechnischen Anlagen auch nach dem Außenluftzustand $28 \text{ °C} / 60 \%$ (Gewitterfall) ausgelegt. Weiterhin ist bekannt, dass das Klima zunehmend wärmer wird. Daher erschien es sinnvoll, den bisher allgemein verwendeten Auslegungszustand der Außenluft von $32 \text{ °C} / 40 \%$ auf den Prüfstand zu stellen. Hierzu wurde zunächst die Herkunft dieses Auslegungszustandes recherchiert. Anschließend wurden auf Basis von meteorologischen Daten der letzten Jahre neue Auslegungszustände ermittelt.

Tabelle 1: Klimazonen und zugeordnete Repräsentanzstationen der DIN 4710

Zone	Bezeichnung	Repräsentanzstationen
1	Nordseeküste	Bremerhafen
2	Ostseeküste	Rostock-Warnemünde
3	Nordwestdeutsches Tiefland	Hamburg-Fuhlsbüttel
4	Nordostdeutsches Tiefland	Potsdam
5	Niederrheinisch-westfälische Bucht u. Emsland	Essen
6	Nördliche u. westliche Mittelgebirge, Randgebiete	Bad Marienberg
7	Nördliche u. westliche Mittelgebirge, zentrale Bereiche	Kassel
8	Oberharz u. Schwarzwald (mittlere Lagen)	Braunlage
9	Thüringer Becken u. Sächsisches Hügelland	Chemnitz
10	Südöstliches Mittelgebirge bis 1000 m	Hof
11	Erzgebirge, Böhmer- u. Schwarzwald oberhalb 1000 m	Fichtelberg
12	Oberrheingraben u. unteres Neckartal	Mannheim
13	Schwäbisch-fränkisches Stufenland und Alpenvorland	Passau
14	Schwäbische Alb u. Baar	Stötten
15	Alpenrand und -täler	Garmisch-Partenkirchen

Herkunft des Auslegungszustandes $32 \text{ °C} / 40 \%$

Die Befragung von bereits sich im Ruhestand befindenden Lüftungstechnikern hat ergeben, dass der Auslegungszustand $32 \text{ °C} / 40 \%$ bereits um das Jahr 1960 herum verwendet wurde. Eine Datenquelle konnte bei dieser Befragung nicht gefunden werden. Deshalb wurde die Suche mit Hilfe von alter Fachliteratur fortgesetzt. Die im Rahmen dieser Suche älteste zur Verfügung stehende Literatur war der Rechnagel aus dem Jahr 1943. Damals hieß das Werk noch „Rechnagels Kalender für Gesundheits- und Wärme-Technik“ [2]. Bereits in dieser Literatur wird der sommerliche Auslegungszustand der Außenluft mit $32 \text{ °C} / 40 \%$ angegeben. Allerdings ist auch hier keine Datenquelle vermerkt. Diese wurde schließlich in der 12. Auflage von „H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik“ aus dem Jahr 1950 [3] gefunden. Demnach wurde die Auslegungstemperatur 32 °C aus den Daten des „Handbuchs für Klimakunde des Deutschen Reiches (Zeit 1881 bis 1930)“ ermittelt. Die dazugehörige relative Auslegungsfuchte 40% wurde aus einer Korrelation der an der Wetterstation Potsdam in den Jahren 1929 und 1930 gemessenen Werten für die Außenlufttemperatur und -feuchte bestimmt.

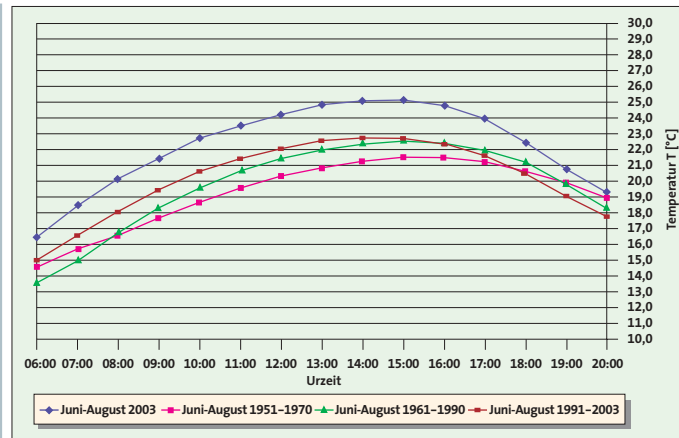


Bild 2: Mittlerer Tagesgang der Außenlufttemperatur in Potsdam

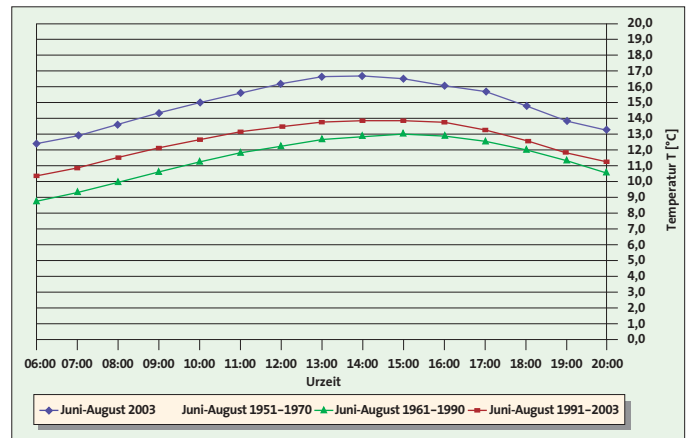


Bild 3: Mittlerer Tagesgang der Außenlufttemperatur in Fichtelberg

Für die Lüftungstechnik benötigte Zustandsgrößen der Außenluft

Für die sommerliche Auslegung von Lüftungstechnischen Anlagen muss die erforderliche Kühlerleistung sowie die vom Kühler übertragbare Kühlerleistung ermittelt werden. Die erforderliche Kühlerleistung ergibt sich aus der Gleichung

$$\Phi_K = q_{m,L} \cdot \Delta h = q_{m,L} \cdot (h_{AU} - h_{ZU}) \quad (1)$$

Die vom Kühler übertragbare Kühlerleistung ergibt sich aus

$$\Phi_K = U \cdot A_{Kühler} \cdot \Delta t_{Kühler}$$

mit
$$\Delta t_{Kühler} = \frac{(t_{ZU} - t_{AB}) - (t_{AU} - t_{FO})}{\ln \frac{(t_{ZU} - t_{AB})}{(t_{AU} - t_{FO})}} \quad (2)$$

mit:

- Φ_K = Kühlerleistung bzw. Kühlerleistung (früher: \dot{Q}_K)
- $q_{m,L}$ = Massenstrom der trockenen Luft (früher: \dot{m}_L)
- U = Wärmedurchgangskoeffizient (früher: k)

Gemäß den Gleichungen 1 und 2 werden für die sommerliche Auslegung von Lüftungstechnischen Anlagen die Außenlufttemperatur sowie die Außenluftenthalpie benötigt. Dementsprechend werden aus den meteorologischen Daten die Auslegungswerte für diese beiden Zustandsgrößen ermittelt.

Während in der Prozesslufttechnik zur Auslegung der Lüftungstechnischen Anlagen in der Regel die absoluten (einmalig vorkommenden) Extremwerte für die Außenluftzustände erforderlich sind, ist es für die Komfortklimatisierung wegen der Wärme- und Feuchtespeicherkapazität der Gebäude akzeptabel, wenn kurzfristig der erforderliche Zuluftzustand nicht erreicht wird. Hier werden daher die mittleren Extremwerte für die Auslegung verwendet. Unter den mittleren Extremwerten versteht man die Werte, die an mehreren Tagen erreicht bzw. überschritten werden. So werden als Auslegungswerte für die Außen-

Tabelle 2: Überschreitungen der Außenlufttemperatur für Mannheim

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
39°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	08.08 09.08
38°C	-	-	-	-	11.08	-	-	-	-	20.07 04.08 12.08 13.08
37°C	-	-	-	-	12.08	-	-	-	-	05.08 07.08 10.08
36°C	05.08	21.07	-	-	-	-	-	-	18.06	03.08 06.08 11.08
35°C	04.08	10.07	-	-	20.07	-	-	15.08	-	23.06 16.07

Tabelle 3: Überschreitungen der Außenlufttemperatur für Potsdam

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
37°C	31.07 01.08	-	-	-	-	-	21.06	-	-	-
36°C	-	-	-	-	-	-	20.06	-	-	-
35°C	30.07 05.08	-	-	-	21.07	05.07	-	16.08	-	13.08
34°C	25.07 28.07	-	-	-	06.06	19.07	19.06	15.08	09.07	09.08
33°C	29.06 23.07 24.07 27.07	09.07 21.07	-	29.06	-	-	10.06 19.06	26.08 30.07	18.06 20.07	04.06 21.07

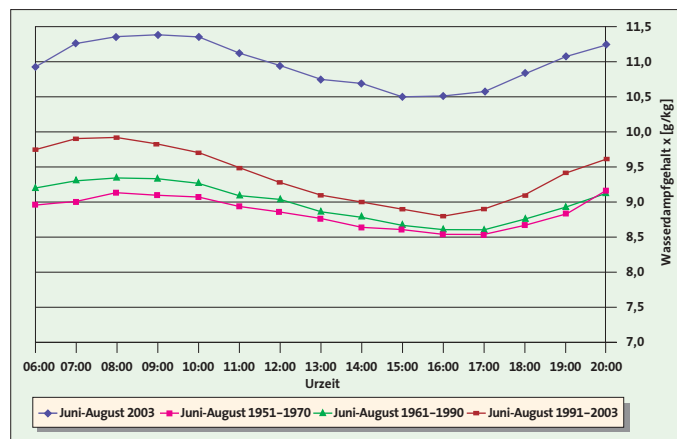


Bild 4: Mittlerer Tagesgang des Wasserdampfgehalts in Mannheim

Lufttemperatur in der VDI 2078 [4] die mittleren Extremtemperaturen der 40 wärmsten Tage in 20 Jahren (1953 bis 1972) an ausgewählten repräsentativen Stationen verwendet.

Nach Schmidt [5] gelten meteorologische Messreihen als statistisch gesichert, wenn sie über einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren erfolgen. Dementsprechend werden die meteorologischen Daten eines 10-Jahres-Zeitraums ausgewertet. In Analogie zur VDI 2078 werden als Auslegungswerte die Werte definiert, die in diesen zehn Jahren an 20 Tagen erreicht oder überschritten werden.

Meteorologische Daten

Für die vorliegende Untersuchung wurden die meteorologischen Daten der Jahre 1994 bis 2003 ausgewertet. Dieser 10-Jahres-Zeitraum wird durch den schwülheißen Sommer 1994 und den sehr heißen, aber trockenen Sommer 2003 eingerahmt.

In der DIN 4710 [6] ist Deutschland in 15 Klimazonen eingeteilt. Jeder Klimazone ist eine so genannte Repräsentanzstation zugeordnet. In Tabelle 1 sind die 15 Klimazonen mit den zugeordneten Repräsen-

tanzstationen aufgelistet. Da der Aufwand für die Auswertung der meteorologischen Daten für alle 15 Repräsentanzstationen zu groß war, wurden drei Stationen ausgewählt. Als Repräsentant für ein heißes Klima in Deutschland wurde die Station Potsdam gewählt. Die weiterhin gewählte Station Mannheim steht für ein feucht-heißes und die Station Fichtelberg für ein kühles Klima. Um auch Aussagen über die übrigen zwölf Klimazonen treffen zu können, werden die neu ausgewerteten Daten der drei o. g. Stationen mit denen in der DIN 4710 enthaltenen Daten verglichen.

Veränderung des Klimas in den letzten Jahrzehnten

In den Bildern 1 bis 3 sind für die Stationen Mannheim, Potsdam und Fichtelberg der mittlere Tagesgang der Lufttemperatur in den Sommermonaten Juni bis August aufgetragen, und zwar für die Zeiträume 1951 bis 1970 (Zeitraum der alten DIN 4710 [7]), 1961 bis 1990 (Zeitraum der neuen DIN 4710 [6]) und 1994 bis 2003 (eigener Untersuchungszeitraum) sowie für das sehr heiße Jahr 2003. Da es für Potsdam keine Daten in der alten DIN 4710 gibt, sind in Bild 2 für den Zeitraum 1951 bis 1970 ersatzweise die Daten der unmittelbar zu Potsdam benachbarten Wetterstation Berlin-Tempelhof aufgetragen. Für die Station Fichtelberg stehen für den Zeitraum 1951–1970 keine Wetterdaten zur Verfügung. Aus diesen Bildern ist für die Sommermonate eine Klimaerwärmung in den letzten Jahrzehnten erkennbar, wobei diese Erwärmung am deutlichsten in Mannheim festzustellen ist.

Tabelle 4: Überschreitungen der Außenlufttemperatur für Fichtelberg

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
29°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.08
28°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27°C	31.07.	-	-	-	21.07. 12.08.	-	-	-	-	-
26°C	01.08. 05.08.	-	-	-	11.08.	-	-	16.08.	-	-
25°C	04.07. 29.07. 30.07.	21.05. 08.06.	07.06.	-	20.07.	-	20.06. 20.08.	15.08.	-	12.08.
24°C	28.06. 28.07.	22.07.	-	-	06.06. 08.08.	05.07.	21.06.	14.08.	18.06. 19.06. 20.06.	12.06. 23.06. 21.07.
										27.07. 03.08. 04.08. 08.08. 09.08. 10.08.

Tabelle 5: Ermittlung der Auslegungsaußenluftenthalpie für Mannheim

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
$h_{\text{ext}} \geq 68,5 \text{ kJ/kg}$	26.06.									
	27.06.									
	28.06.									
	29.06.									
	02.07.	10.07.	-	-	-	-	-	-	17.06.	-
	03.07.	11.07.	-	-	-	-	-	-	18.06.	-
	04.07.	22.07.	-	-	-	-	-	-	20.06.	-
	17.07.									
	25.07.									
	30.07.									
	05.08.									

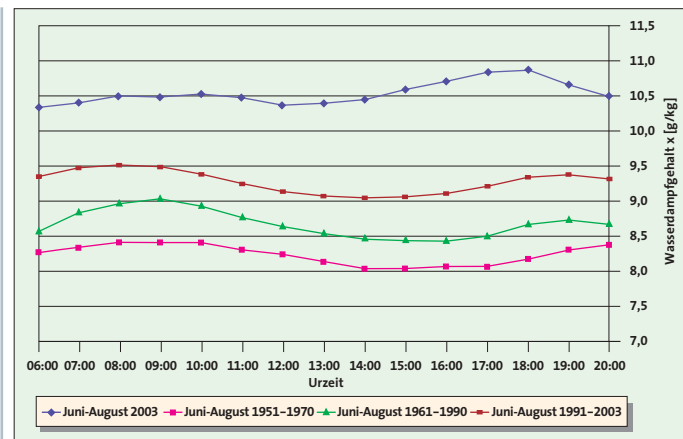


Bild 5: Mittlerer Tagesgang des Wasserdampfgehalts in Potsdam

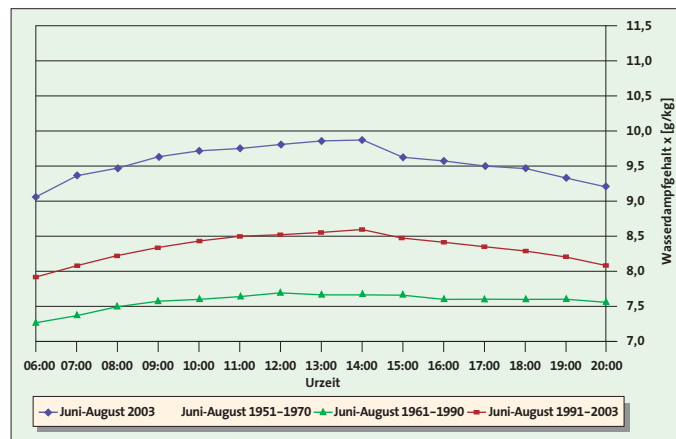


Bild 6: Mittlerer Tagesgang des Wasserdampfgehalts in Fichtelberg

Weiterhin ist erkennbar, dass langfristige Mittelwerte in einem heißen Jahr (hier das Jahr 2003) noch deutlich überschritten werden. Dieselbe Zunahme ist auch beim mittleren Tagesgang des Wasserdampfgehalts (absolute Feuchte) zu sehen (Bilder 4 bis 6).

Neubestimmung der Auslegungswerte für die drei untersuchten Stationen

Für die Bestimmung der Auslegungstemperatur für die Komfortklimatisierung wird in Anlehnung an die oben beschriebenen Festlegung der VDI 2078 vorgegangen. Es wird der Wert ermittelt, der in den untersuchten zehn Jahren mindestens an 20 Tagen erreicht oder überschritten wurde. In den Tabellen 2 bis 4 sind die Überschreitungen der Außenlufttemperatur für die drei untersuchten Wetterstationen zusammengetragen. Demnach ergeben sich die Auslegungstemperaturen für Mannheim zu 35 °C, für Potsdam zu 33 °C und für Fichtelberg zu 24 °C.

Wie aus Gleichung 1 ersichtlich wird, ist neben der Außenlufttemperatur die Außenluftenthalpie der zweite erforderliche Auslegungsparameter. Mit zunehmender Außenluftenthalpie steigt nicht nur die erforderliche sensible sondern auch die latente Kühlleistung des Luftkühlers. Daher sind die Auswirkungen für den Fall, dass die Außenluftenthalpie den Auslegungswert überschreitet, erheblich größer, als bei einer Überschreitung der Außenlufttemperatur. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird für die Außenluftenthalpie als Auslegungswert der Wert gewählt, der in den untersuchten zehn Jahren

bereits an mindestens zehn Tagen erreicht oder überschritten wurde. Die ermittelten Auslegungswerte sind in den Tabellen 5 bis 7 zusammen mit den Tagen, an denen es zu Überschreitungen gekommen ist, angegeben. Aus den so ermittelten Auslegungswerten für die Außenluftenthalpie und Außenlufttemperatur wird die Auslegungsfeuchte berechnet.

Die Ergebnisse für die Auslegungsfeuchte sind zusammen mit den Werten der Auslegungstemperatur in Tabelle 8 zusammengefasst. Für die Auslegung von raumlufttechnischen Anlagen in der Prozesslufttechnik sind in Tabelle 9 die Höchstwerte für die Außenlufttemperatur und -enthalpie angegeben. In Klammern ist jeweils das Datum angegeben, an denen die Höchstwerte aufgetreten sind. Die maximale absolute Außenluftfeuchte wurde aus dem Höchstwert der Außenluftenthalpie und der dazugehörigen Außenlufttemperatur berechnet (siehe Tabelle 9).

Neubestimmung der Auslegungswerte für die übrigen zwölf Stationen

Die anhand der tatsächlichen Wetterdaten ermittelten Außenluftzustände der drei Stationen, dienen als Basis für die Bestimmung der Auslegungswerte der verbleibenden zwölf Repräsentanzstationen der DIN 4710. Dafür werden die oben ermittelten Auslegungstemperaturen den höchsten Monatsmitteltemperaturen der DIN 4710 gegenüber gestellt.

Tabelle 6: Ermittlung der Auslegungsaußenluftenthalpie für Potsdam

$h_{\text{tat}} \geq 66,4 \text{ kJ/kg}$	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	29.06.	10.07.	08.06.	29.06.	06.06.	05.07.	-	16.08.	10.07.	-
		13.07.		07.06.				24.08.	01.08.	
		21.07.		21.07.						

Tabelle 7: Ermittlung der Auslegungsaußenluftenthalpie für Fichtelberg

$h_{\text{tat}} \geq 54,6 \text{ kJ/kg}$	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	27.06.	13.07.	07.06.	29.06.	21.07.	05.07.	-	16.08.	18.06.	27.07.
	28.08.	22.07.							19.06.	03.08.
									20.06.	04.08.
									10.07.	

Tabelle 8: Auslegungsparameter der untersuchten Repräsentanzstationen

Station	Temperatur in °C	absolute Feuchte in g/kg
Mannheim	35	13
Potsdam	33	13
Fichtelberg	24	12

Tabelle 9: Höchstwerte für die Prozesslufttechnik

Station	Höchsttemperatur in °C	größte Enthalpie in kJ/kg	Temperatur/Feuchte bei größter Enthalpie in °C / g/kg
Mannheim	38,6 (09.08.03)	82,6 (04.07.94)	33/19,3
Potsdam	37,3 (01.08.94)	71,9 (08.06.96)	32/15,5
Fichtelberg	28,6 (13.08.03)	77,3 (19.06.02)	24/21,1

Wie der Tabelle 10 entnommen werden kann, ist die Differenz der ermittelten Auslegungstemperatur zur höchsten Monatsmitteltemperatur der DIN 4710 für Potsdam und Fichtelberg in etwa gleich groß. Dagegen ist diese Differenz für Mannheim deutlich größer. Schließt man nun anhand der Temperaturdifferenz der Stationen Potsdam und Fichtelberg auf die restlichen Stationen, würde dies für die Festlegung der Auslegungstemperatur bedeuten, dass zur höchsten Monatsmitteltemperatur der DIN 4710 ein Wert von 4,9 K addiert werden muss.

$$t_{\text{Ausl.}} = t_{\text{h,m}} + 4,9 \text{ K} \quad (3)$$

mit

$t_{\text{Ausl.}}$ = Auslegungstemperatur

$t_{\text{h,m}}$ = höchster Monatsmittelwert der Temperatur

Berücksichtigt man aber auch Mannheim bei der Mittelwertbildung, ergibt dies einen Auslegungswert von:

$$t_{\text{Ausl.}} = t_{\text{h,m}} + 5,7 \text{ K} \quad (4)$$

Aufgrund der enormen Temperaturzunahme in den vergangenen Jahren (siehe Bilder 1 bis 3) sowie der weiterhin prognostizierten globalen Temperaturerhöhung wird Gleichung 4 zur Neubestimmung der Auslegungstemperaturen der übrigen 12 Repräsentanzstationen verwendet. Analog zur Vorgehensweise für die Auslegungstemperatur wird der Auslegungswert für den Wasserdampfgehalt der einzelnen Stationen ermittelt. Das heißt, dass dem ermittelten Wasserdampfgehalt der höchste mittlere Wasserdampfgehalt der DIN 4710 gegenüber gestellt wird (Tabelle 11).

Entgegen den Ergebnissen für die Temperatur ist die Differenz des ermittelten Auslegungs-Wasserdampfgehaltes zum höchsten mittleren Wasserdampfgehalt der DIN 4710 für alle drei Stationen in etwa gleich groß. Es ergibt sich damit für die Ermittlung des Auslegungs-Wasserdampfgehaltes der übrigen Stationen der folgende Zusammenhang:

$$x_{\text{Ausl.}} = x_{\text{h,m}} + 4,9 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \quad (5)$$

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Temperatur

Station	Auslegungstemperatur in °C	höchste Monatsmitteltemperatur in °C (DIN 4710)	Δt in K
Mannheim	35,0	27,6	7,4
Potsdam	33,0	28,0	5,0
Fichtelberg	24,0	19,2	4,8

Tabelle 11: Gegenüberstellung des Wasserdampfgehalts

Station	Auslegungs-Wasserdampfgehalt in g/kg	höchster mittlerer Wasserdampfgehalt in g/kg (DIN 4710)	Δx in g/kg
Mannheim	13,0	8,7	4,3
Potsdam	13,0	8,7	4,3
Fichtelberg	12,0	8,0	4,0

mit

$x_{\text{Ausl.}}$ = Auslegungswert des Wasserdampfgehaltes

$x_{\text{h,m}}$ = höchster Monatsmittelwert des Wasserdampfgehaltes

Die so gewonnen Ergebnisse sind in der Tabelle 12 zusammengefasst. Zusätzlich sind in dieser Tabelle auch die Rechenergebnisse für die dazugehörige Außenluftenthalpie und relative Außenluftfeuchte angegeben. Auch sind in dieser Tabelle noch einmal die Ergebnisse für die drei näher untersuchten Repräsentanzstationen Mannheim, Potsdam und Fichtelberg enthalten.

Fazit

Die Ergebnisse für die neuen Auslegungszustände zeigen, dass es nicht möglich ist, für Deutschland nur einen einheitlichen Auslegungszustand zu verwenden. Dafür weichen die Ergebnisse für die 15 Klimazonen zu weit von einander ab. Gegenüber dem bisher allgemein verwendeten Auslegungszustand der Außenluft von $t_{\text{AU}} = 32 \text{ °C}$ und $\phi_{\text{AU}} = 40 \%$ (Dieses entspricht $h_{\text{AU}} = 63 \text{ kJ/kg}$ und $x_{\text{AU}} = 12,1 \text{ g/kg}$) weisen die meisten Stationen einen höheren Auslegungszustand auf. Für die höher gelegenen Repräsentanzstationen Bad Marienberg, Braunlage, Hof, Fichtelberg und Stötten ist der Auslegungszustand jedoch niedriger. Die Ergebnisse spiegeln auch die Erfahrung wieder, dass für das Flusstalklima des Ober- und Mittelrheins der bisher verwendete Auslegungszustand $32 \text{ °C}/40 \%$ ($12,1 \text{ g/kg}$) unzureichend ist. Der Wert für die Wetterstation Mannheim, die diese Klimazone repräsentiert, liegt mit $35 \text{ °C}/37 \%$ (13 g/kg) deutlich höher.

Tabelle 12: Auslegungsparameter Komfortklimatisierung (mittlere Extremwerte) für die 15 Wetterstationen der DIN 4710

Klimazone	Station	Temperatur in °C	Wasserdampfgehalt in g/kg	relative Feuchte in %	Außenluftenthalpie in kJ/kg
1	Bremerhafen ²	30	14	53	65,9
2	Rostock-Warnemünde ²	28	14	59	63,8
3	Hamburg-Fuhlsbüttel ²	32	13	44	65,4
4	Potsdam ¹	33	13	41	66,4
5	Essen ²	32	13	44	65,4
6	Bad Marienberg ²	29	12	48	59,8
7	Kassel ²	33	12	38	63,9
8	Braunlage ²	29	12	48	59,8
9	Chemnitz ²	30	13	49	63,4
10	Hof ²	30	12	45	60,8
11	Fichtelberg ¹	24	12	64	54,6
12	Mannheim ¹	35	13	37	68,5
13	Passau ²	32	13	44	65,4
14	Stötten ²	29	13	52	62,3
15	Garmisch-Partenkirchen ²	30	14	53	65,9

¹ Ermittelt anhand von Wetterdaten

² Näherungsweise ermittelt

Wegen des sehr hohen Aufwands für die Auswertung der meteorologischen Daten wurden nur die Auslegungswerte der Repräsentanzstationen Mannheim, Potsdam und Fichtelberg auf Basis der meteorologischen Daten der Jahre 1994 bis 2003 ermittelt. Die Werte für die übrigen zwölf Repräsentanzstationen wurden durch Vergleiche zu den meteorologischen Daten der DIN 4710 ermittelt. Dieses stellt nur eine Näherung dar. Die beiden Stationen Mannheim und Potsdam haben gemäß den Daten der DIN 4710 annähernd dieselben höchsten Monatsmitteltemperaturen. Die Auswertung der Daten der letzten zehn Jahre hat aber ergeben, dass für Mannheim ein Auslegungswert für die Außenlufttemperatur bestimmt wurde, der 2 K über der Auslegungstemperatur von Potsdam liegt. Daher verbleibt noch eine gewisse Unsicherheit, wenn man anhand von drei Klimazonen auf die restlichen Zonen schließt. Will man diese beseitigen, müssen die meteorologischen Daten für die übrigen zwölf Repräsentanzstationen in derselben Weise ausgewertet werden, wie für die Stationen Mannheim, Potsdam und Fichtelberg.

Danksagung

Für die Bereitstellung der Wetterdaten gilt der Dank dem Deutschen Wetterdienst (DWD) in Offenbach.

Literatur

- [1] Schramek, E.-R. (Hrsg.): Recknagel – Sprenger, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik; 72. Auflage, München, Oldenbourg Industrieverlag 2005
- [2] Gehrenbeck, K.: (Hrsg.): Recknagels Kalender für Gesundheits- und Wärme-Technik; 45. Auflage, München, Berlin, R. Oldenbourg Verlag 1943
- [3] Rietschel, H.; Gröber, H.; Bradke, F.: Heiz- und Lüftungstechnik; Neudruck der 12. Auflage, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag 1950
- [4] VDI 2078 07/1996: Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln); Berlin, Beuth-Verlag 1996
- [5] Schmidt, M.: Meteorologische Grundlagen; in: Baumgarth, S.; Hörner, B.; Reeker, J.: Handbuch der Klimatechnik, Band 1: Grundlagen; 4. Auflage, Heidelberg, C. F. Müller Verlag 2000
- [6] DIN 4710 01/2003: Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumlufttechnischen Anlagen in Deutschland; Berlin, Beuth-Verlag 2003
- [7] DIN 4710 11/1982: Meteorologischer Daten zur Berechnung des Energieverbrauches von heiz- und raumlufttechnischen Anlagen; Berlin, Beuth-Verlag 1982