



Handrechenmethode zur Bestimmung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen für Heiz- und Warmwasserbetrieb

Herleitung des Rechenverfahrens
zur Bestimmung der Jahresarbeitszahl

Erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft:

Kostengünstige Niedrigtemperaturheizung
mit Wärmepumpe, Phase 2

G. Zweifel, M. Wetter, ZTL Luzern

26. Mai 1997



1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis.....	2
2	Zweck.....	2
3	Vorgehen.....	2
3.1.1	Korrekturfaktor für von Normtemperatur abweichende Wärmequellen- und Wärmesenkentemperatur.....	2
3.2	JAZ Raumheizung.....	3
3.2.1	Luft/Wasser-Wärmepumpe.....	3
3.2.2	Sole/Wasser-Wärmepumpe.....	5
3.3	JAZ Warmwasser.....	5
3.3.1	Korrekturfaktor für Speicher- und Verteilverluste.....	5
3.3.2	JAZ Abluftwärmepumpe.....	6
3.3.3	JAZ Warmwasser über Sole/Wasser-WP.....	6
3.4	Raumheizung und Warmwasser.....	6
4	Formelzeichen.....	7
4.1	Variablen.....	7
4.2	Indizes.....	7

2 Zweck

Das vorgestellte Verfahren erlaubt mit einer einfachen Handrechnung, die Jahresarbeitszahl JAZ von monovalenten Wärmepumpenheizungen mit oder ohne Brauchwarmwasseraufbereitung zu bestimmen. Die Berechnung erfolgt auf Grund der von Wärmepumpenherstellern gelieferten Leistungszahlen (Coefficient of Performance, COP). Die Leistungszahlen müssen an wenigen normierten Betriebspunkten (Euronorm EN 255) vorliegen.

Die Abschätzung ist ohne EDV-Rechenprogramme durchführbar. Vergleichsrechnungen der Handmethode mit Jahresarbeitszahlen, die mittels Simulationsrechnungen ermittelt wurden, ergeben eine Genauigkeit der Methode von etwa $\pm 10\%$.

3 Vorgehen

Das Vorgehen ist aufgeteilt in die getrennte Bestimmung der Jahresarbeitszahl für die Raumheizung und die Jahresarbeitszahl für die Warmwasseraufbereitung.

Diese beiden Werte können für die Bestimmung der gesamten Jahresarbeitszahl (Raumheizung und Warmwasser) kombiniert werden.

Für die Berücksichtigung der Wärmeverluste des Warmwassersystems wie auch für Betriebstemperaturen, die von den Normtemperaturen abweichen, können einfach bestimmbare Korrekturfaktoren angewendet werden.

3.1.1 Korrekturfaktor für von Normtemperatur abweichende Wärmequellen- und Wärmesenkentemperatur

Die Leistungszahl von Wärmepumpen sind sehr stark von der Wärmequellen- und Wärmesenkentemperatur abhängig. Da das hier vorgestellte Verfahren auf den Leistungszahlen bei wenigen normierten Temperaturen beruht, muss für davon abweichende Temperaturen eine Korrektur der Leistungszahl vorgenommen werden. Die Korrektur erfolgt über einen Temperaturumrechnungsfaktor, der über die Änderung der Carnotleistungszahl bestimmt wird. Dabei wird der Gütegrad des Carnotprozesses als konstant angenommen.

Die Carnotleistungszahl ist definiert als:

$$\varepsilon_{car} = \frac{T_s}{T_s - T_Q}$$

Gl. 1



Für die Carnotleistungszahl am Normpunkt gilt demzufolge

$$\varepsilon_{car,norm} = \frac{T_{VL,norm}}{T_{VL,norm} - T_{Ver,ein,norm}} \quad \text{Gl. 2}$$

und für die im Betrieb effektiven Temperaturen

$$\varepsilon_{car,eff} = \frac{T_{VL,eff}}{T_{VL,eff} - T_{Ver,ein,eff}} \quad \text{Gl. 3}$$

Der Temperaturumrechnungsfaktor, mit dem die Leistungszahl am Normpunkt auf die effektive Leistungszahl umgerechnet werden kann, erhält man durch Division von Gl. 3 durch Gl. 2:

$$f_T = \frac{\varepsilon_{car,eff}}{\varepsilon_{car,norm}} = \frac{T_{VL,eff} (T_{VL,norm} - T_{Ver,ein,norm})}{T_{VL,norm} (T_{VL,eff} - T_{Ver,ein,eff})} \quad \text{Gl. 4}$$

Mit der Temperatur in Celsius anstelle der absoluten Temperatur ergibt sich für Gl. 4:

$$f_T = \frac{(\vartheta_{VL,eff} + 273)(\vartheta_{VL,norm} - \vartheta_{Ver,ein,norm})}{(\vartheta_{VL,norm} + 273)(\vartheta_{VL,eff} - \vartheta_{Ver,ein,eff})} \quad \text{Gl. 5}$$

Für die gebräuchlichsten Temperaturkombinationen sind die Temperaturumrechnungsfaktoren f_t im Anhang aufgelistet. Dabei muss von der Normtemperatur, die am nächsten beim Betriebspunkt liegt, ausgegangen werden.

3.2 JAZ Raumheizung

Bei der Raumheizung wird zwischen den gebräuchlichsten Systemen Luft/Wasser-Wärmepumpe und Sole/Wasser-Wärmepumpe unterschieden.

Bei der Luft/Wasser-Wärmepumpe wird die Variation der Quelltemperatur berücksichtigt. Vereisungs- und Abtauverluste müssen in den COP-Werten bereits enthalten sein.

Bei der Sole/Wasser-Wärmepumpe wird eine mittlere Quelltemperatur angenommen, da ohne Simulationsrechnungen in der Regel keine genaue Kenntnis über den jahreszeitlichen Quelltemperaturverlauf herrscht.

3.2.1 Luft/Wasser-Wärmepumpe

Bei der Luft/Wasser-Wärmepumpe variiert die Leistungszahl über den Betriebsbereich sehr stark. Die massgebendste Einflussgrösse ist die Aussenlufttemperatur. Die Jahresarbeitszahl wird in diesem Verfahren über 3 Stützpunkte bestimmt. Es sind dies die Leistungszahlen bei den in der Euronorm EN 255 definierten Betriebspunkten A-7/W35, A2W35 und A+7/W35. Für Anlagen mit wesentlich höheren Vorlauftemperaturen sind allenfalls die Normpunkte A-7/W50, A2W50 und A+7/W50 zu verwenden.

Die Jahresarbeitszahl des Heizsystems (ohne Warmwasser) ist definiert als Verhältnis zwischen der während der Heizsaison von der Wärmepumpe abgegebenen Heizenergie und der aufgenommenen elektrischen Energie:

$$JAZ_h = \frac{Q_{h,HS}}{E_{e,HS}} = \frac{\int_{HS} \dot{Q}_h dt}{\int_{HS} P_h dt} \quad \text{Gl. 6}$$

Die elektrische Leistung lässt sich über die mit dem Temperaturfaktor korrigierte Leistungszahl bestimmen nach:

$$P_h = \frac{\dot{Q}_h}{f_T COP_h} \quad \text{Gl. 7}$$

Somit wird die Jahresarbeitszahl

$$JAZ_h = \frac{\int_{HS} \dot{Q}_h dt}{\int_{HS} \frac{\dot{Q}_h}{f_T COP_h} dt} \quad \text{Gl. 8}$$

Die Jahresarbeitszahl wird mit Hilfe der drei von den Herstellern angegebenen Leistungszahlen berechnet. Dabei wird folgende Vereinfachungen getroffen: Die Leistungszahl soll im Temperaturbereich in der Umgebung der normierten Temperatur, bei der die Messung durchgeführt wurde, konstant sein.



Wenn nun mit $Q_{h,i}$ die Wärmeenergie bezeichnet wird, die im Bereich um die Temperatur i benötigt wird, so lässt sich Gl. 8 vereinfachen zu:

$$JAZ_h = \frac{Q_{h,-7} + Q_{h,+2} + Q_{h,+7}}{\frac{Q_{h,-7}}{f_{T,-7} COP_{h,-7}} + \frac{Q_{h,+2}}{f_{T,+2} COP_{h,+2}} + \frac{Q_{h,+7}}{f_{T,+7} COP_{h,+7}}}$$

Gl. 9

oder nach Division des Zählers und Nenners durch die jährliche Heizenergiemenge:

$$JAZ_h = \frac{1}{\frac{w_{-7}}{f_{T,-7} COP_{h,-7}} + \frac{w_{+2}}{f_{T,+2} COP_{h,+2}} + \frac{w_{+7}}{f_{T,+7} COP_{h,+7}}}$$

Gl. 10

wobei mit w der Wärmeanteil, bei dem die entsprechende Leistungszahl gilt, bezeichnet wird.

Der Wärmeanteil w lässt sich über das Summenhäufigkeitsdiagramm der Aussenlufttemperatur bestimmen.

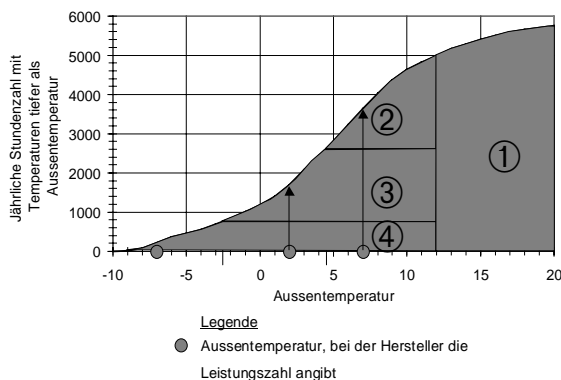


Abb. 1: Summenhäufigkeitsdiagramm für Zürich Kloten, 1. Oktober bis 31. Mai

Hierzu werden die Aussenlufttemperaturen, zu denen der Hersteller die Leistungszahlen angibt (in unserem Fall -7°C , $+2^\circ\text{C}$ und $+7^\circ\text{C}$), auf der Abszisse eingetragen. Diese Leistungszahlen werden nun innerhalb des Intervalls, das um die Normaussentemperatur gelegt wird, als konstant angenommen. Die Intervalle werden derart festgelegt, dass die Intervallgrenze in der Mitte zwischen zwei Normpunkten liegt. Die Grenze des untersten Intervalls ist durch die tiefste vorkommende Aussenlufttemperatur, die Grenze des obersten Intervalls durch die Heizgrenze festgelegt.

Geht man davon aus, dass die freie Wärme unabhängig von der Aussentemperatur konstant ist, so entspricht die Fläche ① zwischen der Raumtemperatur ($+20^\circ\text{C}$) und der Heizgrenze ($+12^\circ\text{C}$) dem Energieanteil, der durch die internen und externen Wärmegewinne abgedeckt wird (Personen, Elektro, Sonne).

Die Summe der Flächen ②, ③ und ④ entsprechen nun der Heizenergie, die dem Gebäude zugeführt werden muss. Ihr Verhältnis zueinander entspricht dem Wärmeanteil w , der mit der zugehörigen Leistungszahl erzeugt werden muss. Dieser Wärmeanteil lässt sich einfach über die Heizgradstunden bestimmen. Die Heizgradstunden von der minimalen Aussentemperatur bis zu der gewünschten Aussentemperatur ϑ_i lässt sich bestimmen über

$$HGH_i = \sum_{\substack{\vartheta_{h,m} = \vartheta_{\min} \\ HS}}^{\vartheta_i} p_{h,m} (\vartheta_{HG} - \vartheta_{h,m})$$

Gl. 11

wenn mit $p_{h,m}$ die Anzahl Stunden bezeichnet wird, bei der die Stundenmitteltemperatur $\vartheta_{h,m}$ beträgt. Abb. 2 zeigt die Summe der Heizgradstunden (Gl. 11) für Zürich Kloten bei einer Heizgrenze von 12°C .

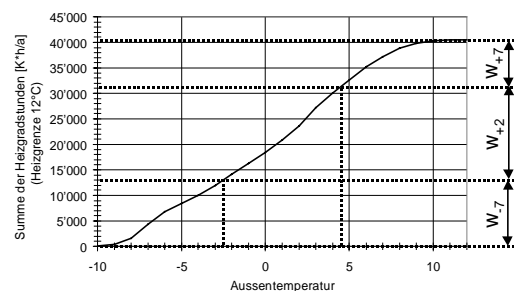


Abb. 2: Summe der Heizgradstunden für Zürich Kloten, 1. Oktober bis 31. Mai, Heizgrenze 12°C



Die Wärmeverhältnisse lassen der einzelnen Temperaturbereiche lassen sich nun wie folgt bestimmen:

$$w_{-7} = \frac{HGH_{-2.5}}{HGH_{+12}}$$

$$w_{+2} = \frac{HGH_{+4.5} - HGH_{-2.5}}{HGH_{+12}}$$

$$w_{+7} = \frac{HGH_{+12} - HGH_{+4.5}}{HGH_{+12}}$$

Gl. 12

Die Gewichtungsfaktoren w für die Klimaregion Zürich sind in Tab. 1 aufgeführt. Für andere Klimaregionen oder Heizgrenzen sind die Werte in Tab. 1 neu zu berechnen (nach Gl. 11 und Gl. 12.)

COP Normtemperatur	Gewichtungsfaktor w
-7	0.33
+2	0.45
+7	0.22

Tab. 1: Gewichtungsfaktoren für Temperaturbereiche für Klimaregion Zürich

3.2.2 Sole/Wasser-Wärmepumpe

Bei der Sole/Wasser-Wärmepumpe wird die Soletemperatur vereinfachend über den Jahresverlauf als konstant angenommen. Von den Herstellern wird in der Regel die Leistungszahl bei der Soletemperatur -5°C , 0°C und $+5^{\circ}\text{C}$ und bei Vorlauftemperaturen 35°C resp. 50°C angegeben.

Für abweichende Sole- oder Vorlauftemperaturen kann die ausgewiesene Leistungszahl mit dem Temperaturfaktor $f_{h,T}$ nach Gl. 5 (oder Tabellen im Anhang) umgerechnet werden. Die Jahresarbeitszahl der Raumheizung wird dann:

$$SPF_h = f_{h,T} \cdot COP_h$$

Gl. 13

3.3 JAZ Warmwasser

3.3.1 Korrekturfaktor für Speicher- und Verteilverluste

Die Wärmeverluste des Warmwasserspeichers und der Verteilleitungen fallen bei Warmwasseranlagen recht stark ins Gewicht. Um diesem Effekt Rechnung zu tragen, wird ein Korrekturfaktor definiert, der diese Verluste erfasst.

Die Jahresarbeitszahl ist definiert als

$$JAZ_{ww} = \frac{Q_{ww,n}}{E_{e,ww}}$$

Gl. 14

wobei mit $Q_{ww,n}$ die effektiv genutzte Warmwasserenergie (Energiebedarf Warmwasser) bezeichnet ist.

Zusätzlich zum Energiebedarf Warmwasser sind die Speicher- und Verteilverluste zu decken. Der effektiv benötigte Wärmebedarf für die Warmwasserdeckung setzt sich also zusammen aus

- dem Energiebedarf Warmwasser
- den Wärmeverlusten der Verteilleitung
- den Speicherverlusten, falls diese nicht bereits in der Leistungszahl beinhaltet sind.

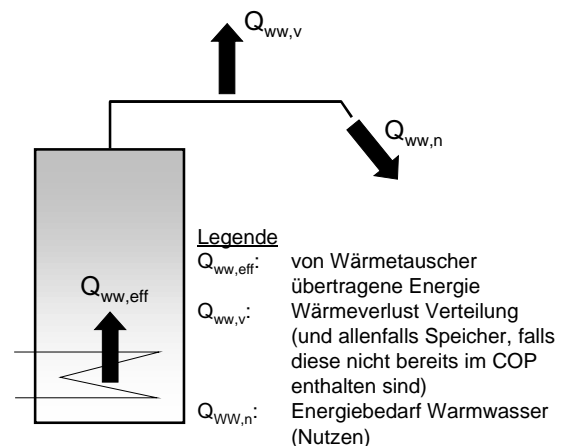


Abb. 3: Wärmeströme im Warmwassersystem



Nach Abb. 3 gilt für die dem Warmwasser zugeführte Wärmeenergie

$$Q_{ww,eff} = Q_{ww,n} + Q_{ww,v} \quad \text{Gl. 15}$$

Somit lässt sich Gl. 14 schreiben als

$$\begin{aligned} JAZ_{ww} &= \frac{Q_{ww,eff} - Q_{ww,v}}{E_{e,ww}} \\ &= \frac{Q_{ww,eff}}{E_{e,ww}} - \frac{Q_{ww,v}}{E_{e,ww}} \end{aligned} \quad \text{Gl. 16}$$

Der Elektrizitätsverbrauch kann über die Leistungszahl bestimmt werden:

$$E_{e,ww} = \frac{Q_{ww,eff}}{COP_{ww}} \quad \text{Gl. 17}$$

Gl. 17 in Gl. 16 eingesetzt ergibt für die Jahresarbeitszahl des Warmwassersystems

$$\begin{aligned} JAZ_{ww} &= COP_{ww} - \frac{COP_{ww} Q_{ww,v}}{Q_{ww,eff}} \\ &= COP_{ww} \left(1 - \frac{Q_{ww,v}}{Q_{ww,eff}} \right) \end{aligned} \quad \text{Gl. 18}$$

Mit Gl. 15 für $Q_{ww,eff}$ lässt sich die Jahresarbeitszahl bestimmen mit

$$JAZ_{ww} = COP_{ww} \left(1 - \frac{Q_{ww,v}}{Q_{ww,n} + Q_{ww,v}} \right) \quad \text{Gl. 19}$$

Der Faktor, mit dem der COP-Wert des Herstellers multipliziert werden muss, um die darin nicht erfassten Wärmeverluste mit zu berücksichtigen, lautet folglich

$$f_{ww,v} = \frac{JAZ_{ww}}{COP_{ww}} = \left(1 - \frac{Q_{ww,v}}{Q_{ww,n} + Q_{ww,v}} \right) \quad \text{Gl. 20}$$

Da die Speicherverluste äusserst stark ins Gewicht fallen, ist abzuklären, ob die Deckung der Speicherstillstandsverluste bereits in der Leistungszahl des Herstellers enthalten ist. Ansonsten sind sie zu den Verlusten der Verteilungen $Q_{ww,v}$ zu addieren.

3.3.2 JAZ Abluftwärmepumpe

Bei der Abluftwärmepumpe wird die Temperaturschwankung der Eintrittsluft in den Verdampfer vernachlässigt. Die Jahresarbeitszahl wird also direkt über die vom Hersteller angegebene Leistungszahl bestimmt.

Falls die Warmwasser- oder Ablufttemperatur nicht den Herstellerdaten entspricht, so muss die Leistungszahl mit dem Temperaturumrechnungsfaktor nach Gl. 5 (oder Anhang) umgerechnet werden.

Die Jahresarbeitszahl für die Warmwasseraufbereitung lautet demzufolge

$$JAZ_{ww} = f_{ww,T} f_{ww,v} COP_{ww} \quad \text{Gl. 21}$$

3.3.3 JAZ Warmwasser über Sole/Wasser-WP

Die Bestimmung der Jahresarbeitszahl der Warmwasseraufbereitung erfolgt analog der Jahresarbeitszahl der Raumheizung. Wie bei der Raumheizung wird eine konstante Wärmequellentemperatur angenommen. Als Vorlauftemperatur ist ein Mittelwert von 55°C sinnvoll, falls von einer Warmwassertemperatur von 45°C mit einmaliger Aufheizung pro Tag auf 55°C ausgegangen wird. Die Jahresarbeitszahl lässt sich demzufolge bestimmen mit

$$JAZ_{ww} = f_{ww,T} f_{ww,v} COP_{ww} \quad \text{Gl. 22}$$



3.4 Raumheizung und Warmwasser

Die gesamte Jahresarbeitszahl der Raumheizung und der Warmwasseraufbereitung erfolgt durch die Gewichtung der beiden Energieanteile.

Die gesamte Jahresarbeitszahl ist definiert als

$$JAZ_{h+ww} = \frac{Q_h + Q_{ww,n}}{E_{e,h} + E_{e,ww}}$$

Gl. 23

Der Elektrizitätsverbrauch für die Raumheizung und die Warmwasseraufbereitung kann über die einzelnen Jahresarbeitszahlen bestimmt werden:

$$E_{e,h} = \frac{Q_h}{JAZ_h}$$

$$E_{e,ww} = \frac{Q_{ww,n}}{JAZ_{ww}}$$

Gl. 24

Setzt man Gl. 24 in Gl. 23 ein, so erhält man

$$JAZ_{h+ww} = \frac{Q_h + Q_{ww,n}}{\frac{Q_h}{JAZ_h} + \frac{Q_{ww,n}}{JAZ_{ww}}}$$

Gl. 25

Dividiert man in Gl. 25 Zähler und Nenner durch den gesamten Wärmebedarf ($Q_h + Q_{ww,n}$) und führt die Wärmeanteile w für Raumheizung und Warmwasser

$$w_h = \frac{Q_h}{Q_h + Q_{ww,n}}$$

$$w_{ww} = \frac{Q_{ww,n}}{Q_h + Q_{ww,n}}$$

Gl. 26

ein, so vereinfacht sich Gl. 25 zu

$$JAZ_{h+ww} = \frac{1}{\frac{w_h}{JAZ_h} + \frac{w_{ww}}{JAZ_{ww}}}$$

Gl. 27

4 Formelzeichen

4.1 Variablen

ϵ	Leistungszahl Vergleichsprozess
ϑ	Celsiustemperatur
COP	Leistungszahl (Coefficient of Performance)
E	elektrische Energie
f	Umrechnungsfaktor
HGH	Heizgradstunden
P	elektrische Leistung
p	Häufigkeit
Q	Energie
\dot{Q}	Leistung
JAZ	Jahresarbeitszahl (Seasonal Performance Factor)
T	absolute Temperatur
w	Wärmeanteil

4.2 Indizes

car	Carnot
e	Elektrizität
eff	effektiv
ein	Eintritt
h	Raumheizung
HG	Heizgrenze
HS	Heizsaison
m	mittel
min	minimal
norm	Normpunkt
n	Nutzen
Q	Quelle
S	Senke
T	Temperatur
v	Verlust
Ver	Verdampfer
VL	Heizungsvorlauf
ww	Warmwasser



Handrechenmethode zur Bestimmung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen für Heiz- und Warmwasserbetrieb

Anhang
Temperaturumrechnungsfaktoren



Normpunkt A-7/W35

	Quelle	Senke
Normtemperatur	-7	35

	Quellentemperatur										
	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
25	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23	1.27	1.31	1.35	1.40	1.45	1.51
26	1.07	1.10	1.13	1.16	1.20	1.24	1.27	1.32	1.36	1.41	1.46
27	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.41
28	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	1.21	1.24	1.28	1.32	1.37
29	1.00	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25	1.29	1.33
30	0.98	1.01	1.03	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	1.22	1.25	1.29
31	0.96	0.99	1.01	1.04	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	1.22	1.26
32	0.95	0.97	0.99	1.01	1.04	1.07	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22
33	0.93	0.95	0.97	0.99	1.02	1.04	1.07	1.10	1.13	1.16	1.19
34	0.91	0.93	0.95	0.97	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.13	1.16
35	0.89	0.91	0.93	0.95	0.98	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.14
36	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.08	1.11
37	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.01	1.03	1.06	1.08
38	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.99	1.01	1.03	1.06
39	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.95	0.97	0.99	1.01	1.04
40	0.82	0.84	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.02
41	0.81	0.82	0.84	0.86	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	1.00
42	0.80	0.81	0.83	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.93	0.95	0.98
43	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
44	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94
45	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92

Normpunkt A+2/W35

	Quelle	Senke
Normtemperatur	2	35

	Quellentemperatur										
	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
25	1.14	1.18	1.23	1.28	1.33	1.39	1.45	1.52	1.60	1.68	1.77
26	1.10	1.14	1.19	1.23	1.28	1.33	1.39	1.46	1.53	1.60	1.69
27	1.07	1.11	1.15	1.19	1.24	1.29	1.34	1.40	1.46	1.53	1.61
28	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.24	1.29	1.34	1.40	1.47	1.54
29	1.01	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.29	1.35	1.41	1.47
30	0.98	1.01	1.05	1.08	1.12	1.16	1.20	1.25	1.30	1.35	1.41
31	0.96	0.99	1.02	1.05	1.09	1.12	1.16	1.21	1.25	1.30	1.36
32	0.93	0.96	0.99	1.02	1.05	1.09	1.13	1.17	1.21	1.26	1.31
33	0.91	0.94	0.96	0.99	1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	1.21	1.26
34	0.89	0.91	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17	1.22
35	0.87	0.89	0.92	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.10	1.14	1.18
36	0.85	0.87	0.89	0.92	0.95	0.97	1.00	1.03	1.07	1.10	1.14
37	0.83	0.85	0.87	0.90	0.92	0.95	0.98	1.01	1.04	1.07	1.11
38	0.81	0.83	0.85	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.01	1.04	1.07
39	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.96	0.98	1.01	1.04
40	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.91	0.93	0.96	0.99	1.02
41	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99
42	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.84	0.87	0.89	0.91	0.94	0.96
43	0.74	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.92	0.94
44	0.72	0.74	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.92
45	0.71	0.72	0.74	0.76	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.90

Normpunkt A+7/W35



	Quelle	Senke
Normtemperatur	7	35

	Quellentemperatur										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	1.18	1.23	1.29	1.35	1.43	1.51	1.59	1.69	1.81	1.94	2.08
26	1.13	1.18	1.24	1.29	1.36	1.43	1.51	1.60	1.70	1.81	1.94
27	1.09	1.14	1.19	1.24	1.30	1.36	1.44	1.52	1.60	1.70	1.82
28	1.05	1.09	1.14	1.19	1.24	1.30	1.37	1.44	1.52	1.61	1.71
29	1.02	1.06	1.10	1.14	1.19	1.25	1.31	1.37	1.44	1.53	1.61
30	0.98	1.02	1.06	1.10	1.15	1.20	1.25	1.31	1.38	1.45	1.53
31	0.95	0.99	1.02	1.06	1.11	1.15	1.20	1.26	1.32	1.38	1.45
32	0.92	0.96	0.99	1.03	1.07	1.11	1.16	1.21	1.26	1.32	1.39
33	0.90	0.93	0.96	0.99	1.03	1.07	1.11	1.16	1.21	1.26	1.32
34	0.87	0.90	0.93	0.96	1.00	1.03	1.07	1.12	1.16	1.21	1.27
35	0.85	0.88	0.90	0.93	0.97	1.00	1.04	1.08	1.12	1.17	1.22
36	0.83	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.00	1.04	1.08	1.12	1.17
37	0.81	0.83	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.01	1.04	1.08	1.13
38	0.79	0.81	0.83	0.86	0.88	0.91	0.94	0.97	1.01	1.05	1.09
39	0.77	0.79	0.81	0.83	0.86	0.89	0.91	0.95	0.98	1.01	1.05
40	0.75	0.77	0.79	0.81	0.84	0.86	0.89	0.92	0.95	0.98	1.02
41	0.73	0.75	0.77	0.79	0.82	0.84	0.87	0.89	0.92	0.95	0.98
42	0.72	0.73	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.87	0.89	0.92	0.95
43	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.87	0.90	0.93
44	0.69	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90
45	0.67	0.69	0.71	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.83	0.85	0.88

Normpunkt A-7/W50

	Quelle	Senke
Normtemperatur	-7	50

	Quellentemperatur										
	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
40	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23	1.26	1.28	1.32
41	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23	1.26	1.29
42	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.16	1.18	1.21	1.24	1.26
43	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.12	1.14	1.16	1.19	1.21	1.24
44	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.17	1.19	1.22
45	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.15	1.17	1.19
46	0.97	0.99	1.01	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17
47	0.96	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15
48	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13
49	0.93	0.95	0.96	0.98	1.00	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11
50	0.92	0.93	0.95	0.97	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10
51	0.91	0.92	0.94	0.95	0.97	0.99	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08
52	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.99	1.01	1.02	1.04	1.06
53	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01	1.03	1.05
54	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.98	0.99	1.01	1.03
55	0.86	0.88	0.89	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.98	1.00	1.02
56	0.85	0.87	0.88	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.97	0.98	1.00
57	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.94	0.95	0.97	0.99
58	0.83	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97
59	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.96
60	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.92	0.93	0.95

Normpunkt A+2/W50



	Quelle	Senke
Normtemperatur	2	50

	Quellentemperatur										
	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
40	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.22	1.26	1.29	1.33	1.37	1.41
41	1.06	1.09	1.11	1.14	1.17	1.20	1.23	1.26	1.30	1.33	1.37
42	1.04	1.06	1.09	1.11	1.14	1.17	1.20	1.23	1.27	1.30	1.34
43	1.02	1.04	1.07	1.09	1.12	1.15	1.17	1.20	1.24	1.27	1.30
44	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27
45	0.98	1.01	1.03	1.05	1.07	1.10	1.13	1.15	1.18	1.21	1.24
46	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.08	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22
47	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.06	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19
48	0.94	0.95	0.97	0.99	1.01	1.04	1.06	1.08	1.11	1.14	1.16
49	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.09	1.11	1.14
50	0.91	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.07	1.09	1.12
51	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.05	1.07	1.09
52	0.88	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07
53	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03	1.05
54	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03
55	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.99	1.02
56	0.83	0.84	0.86	0.87	0.89	0.91	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00
57	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.98
58	0.81	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96
59	0.80	0.81	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.95
60	0.79	0.80	0.81	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.93

Normpunkt A+7/W50

	Quelle	Senke
Normtemperatur	7	50

	Quellentemperatur										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	1.10	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.30	1.34	1.39	1.44	1.49
41	1.07	1.10	1.13	1.16	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	1.44
42	1.05	1.08	1.10	1.13	1.16	1.20	1.23	1.27	1.31	1.35	1.40
43	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	1.20	1.24	1.27	1.31	1.36
44	1.00	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17	1.21	1.24	1.28	1.32
45	0.98	1.01	1.03	1.06	1.09	1.11	1.14	1.18	1.21	1.25	1.28
46	0.97	0.99	1.01	1.04	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	1.21	1.25
47	0.95	0.97	0.99	1.01	1.04	1.07	1.09	1.12	1.15	1.18	1.22
48	0.93	0.95	0.97	0.99	1.02	1.04	1.07	1.10	1.12	1.15	1.19
49	0.91	0.93	0.95	0.97	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.13	1.16
50	0.90	0.91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.02	1.05	1.08	1.10	1.13
51	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.08	1.11
52	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1.01	1.03	1.06	1.08
53	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.99	1.01	1.03	1.06
54	0.84	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.04
55	0.82	0.84	0.86	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.02
56	0.81	0.83	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	1.00
57	0.80	0.81	0.83	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.93	0.96	0.98
58	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
59	0.78	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94
60	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92

Normpunkt B-5/W35



	Quelle	Senke
Normtemperatur	-5	35

	Quellentemperatur						
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
25	1.17	1.21	1.25	1.29	1.33	1.38	1.43
26	1.14	1.18	1.21	1.25	1.29	1.34	1.39
27	1.11	1.15	1.18	1.22	1.26	1.30	1.34
28	1.09	1.12	1.15	1.18	1.22	1.26	1.30
29	1.06	1.09	1.12	1.15	1.19	1.23	1.27
30	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.23
31	1.01	1.04	1.07	1.10	1.13	1.16	1.20
32	0.99	1.02	1.04	1.07	1.10	1.13	1.17
33	0.97	0.99	1.02	1.05	1.07	1.10	1.14
34	0.95	0.97	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11
35	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.08
36	0.91	0.93	0.96	0.98	1.00	1.03	1.06
37	0.89	0.91	0.94	0.96	0.98	1.01	1.03
38	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.99	1.01
39	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.99
40	0.85	0.86	0.88	0.90	0.92	0.95	0.97
41	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95
42	0.82	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93
43	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.89	0.91
44	0.79	0.81	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89
45	0.78	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.88

Normpunkt B0/W35

	Quelle	Senke
Normtemperatur	0	35

	Quellentemperatur						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
25	1.21	1.25	1.30	1.35	1.41	1.47	1.54
26	1.17	1.21	1.26	1.31	1.36	1.42	1.48
27	1.14	1.18	1.22	1.26	1.31	1.36	1.42
28	1.10	1.14	1.18	1.22	1.27	1.32	1.37
29	1.07	1.11	1.14	1.18	1.23	1.27	1.32
30	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.23	1.28
31	1.02	1.05	1.08	1.11	1.15	1.19	1.23
32	0.99	1.02	1.05	1.08	1.12	1.16	1.20
33	0.97	0.99	1.02	1.05	1.09	1.12	1.16
34	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.09	1.13
35	0.92	0.95	0.97	1.00	1.03	1.06	1.09
36	0.90	0.92	0.95	0.98	1.00	1.03	1.06
37	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.01	1.04
38	0.86	0.88	0.91	0.93	0.96	0.98	1.01
39	0.84	0.86	0.89	0.91	0.93	0.96	0.98
40	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.94	0.96
41	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.94
42	0.80	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.92
43	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.88	0.90
44	0.77	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88
45	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.84	0.86

Normpunkt B+5/W35



	Quelle	Senke
Normtemperatur	5	35

	Quellentemperatur						
	2	3	4	5	6	7	8
25	1.26	1.32	1.38	1.45	1.53	1.61	1.71
26	1.21	1.27	1.32	1.39	1.46	1.53	1.62
27	1.17	1.22	1.27	1.33	1.39	1.46	1.54
28	1.13	1.17	1.22	1.27	1.33	1.40	1.47
29	1.09	1.13	1.18	1.23	1.28	1.34	1.40
30	1.05	1.09	1.14	1.18	1.23	1.28	1.34
31	1.02	1.06	1.10	1.14	1.18	1.23	1.29
32	0.99	1.02	1.06	1.10	1.14	1.19	1.24
33	0.96	0.99	1.03	1.06	1.10	1.15	1.19
34	0.93	0.96	1.00	1.03	1.07	1.11	1.15
35	0.91	0.94	0.97	1.00	1.03	1.07	1.11
36	0.89	0.91	0.94	0.97	1.00	1.04	1.07
37	0.86	0.89	0.91	0.94	0.97	1.01	1.04
38	0.84	0.87	0.89	0.92	0.95	0.98	1.01
39	0.82	0.84	0.87	0.89	0.92	0.95	0.98
40	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	0.95
41	0.78	0.80	0.83	0.85	0.87	0.90	0.93
42	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.88	0.90
43	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.88
44	0.74	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.86
45	0.72	0.74	0.76	0.77	0.79	0.82	0.84

Normpunkt B-5/W50

	Quelle	Senke
Normtemperatur	-5	50

	Quellentemperatur						
	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2
40	1.11	1.13	1.16	1.18	1.21	1.24	1.27
41	1.09	1.11	1.14	1.16	1.19	1.22	1.24
42	1.07	1.09	1.12	1.14	1.17	1.19	1.22
43	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.17	1.20
44	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.15	1.17
45	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11	1.13	1.15
46	1.01	1.02	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13
47	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11
48	0.98	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09
49	0.96	0.98	1.00	1.02	1.03	1.05	1.08
50	0.95	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06
51	0.94	0.95	0.97	0.99	1.00	1.02	1.04
52	0.92	0.94	0.95	0.97	0.99	1.01	1.02
53	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.99	1.01
54	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.98	0.99
55	0.89	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.98
56	0.88	0.89	0.90	0.92	0.93	0.95	0.97
57	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95
58	0.85	0.87	0.88	0.89	0.91	0.92	0.94
59	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93
60	0.83	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91

Normpunkt B0/W50



	Quelle	Senke
Normtemperatur	0	50

	Quellentemperatur						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
40	1.13	1.15	1.18	1.21	1.24	1.28	1.31
41	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22	1.25	1.28
42	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.22	1.25
43	1.06	1.09	1.11	1.14	1.16	1.19	1.22
44	1.04	1.07	1.09	1.12	1.14	1.17	1.20
45	1.03	1.05	1.07	1.09	1.12	1.14	1.17
46	1.01	1.03	1.05	1.07	1.10	1.12	1.15
47	0.99	1.01	1.03	1.05	1.08	1.10	1.13
48	0.97	0.99	1.01	1.04	1.06	1.08	1.10
49	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08
50	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06
51	0.93	0.95	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04
52	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01	1.03
53	0.90	0.92	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01
54	0.89	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.99
55	0.88	0.89	0.91	0.92	0.94	0.96	0.98
56	0.86	0.88	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96
57	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.95
58	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93
59	0.83	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92
60	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90

Normpunkt B+5/W50

	Quelle	Senke
Normtemperatur	5	50

	Quellentemperatur						
	2	3	4	5	6	7	8
40	1.15	1.18	1.21	1.25	1.28	1.32	1.36
41	1.12	1.15	1.18	1.22	1.25	1.29	1.33
42	1.10	1.13	1.15	1.19	1.22	1.25	1.29
43	1.07	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22	1.26
44	1.05	1.08	1.10	1.13	1.16	1.19	1.23
45	1.03	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	1.20
46	1.01	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17
47	0.99	1.01	1.04	1.06	1.09	1.11	1.14
48	0.97	0.99	1.02	1.04	1.06	1.09	1.12
49	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.07	1.09
50	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.05	1.07
51	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05
52	0.91	0.92	0.94	0.96	0.98	1.01	1.03
53	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99	1.01
54	0.88	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.99
55	0.86	0.88	0.90	0.91	0.93	0.95	0.97
56	0.85	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95
57	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94
58	0.82	0.84	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92
59	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.89	0.91
60	0.80	0.81	0.83	0.84	0.86	0.88	0.89