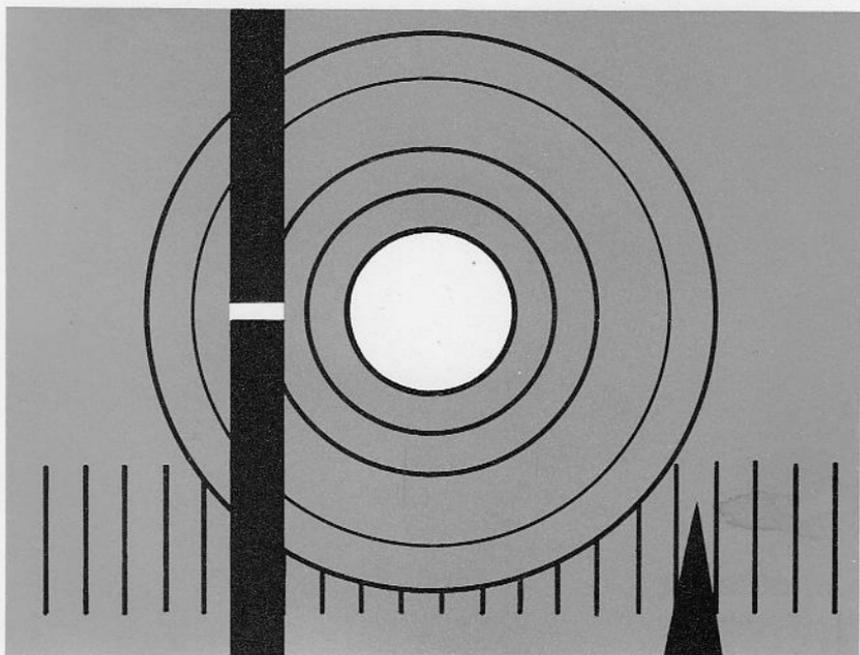

VÖTSCH

Gebrauchsanweisung für

VÖTSCH-Klima-Rechenscheibe

mit SI-Einheiten und Formelsammlung



Gebrauchsanweisung

Inhalt

1. Einzelteile

2. Handhabung der Vötsch-Rechenscheibe

3. Funktion des Getriebes

4. Skalenbilder
 - 4.1 Skalenbild – Vorderseite
 - 4.2 Skalenbild – Rückseite

5. Beschreibung
 - 5.1 Skalen-Vorderseite
 - 5.2 Skalen-Rückseite

6. Bedienungshinweise
 - 6.1 Rechenskalen
 - 6.2 Klimaskalen

7. Begriffe und Berechnungsformeln

8. Literaturhinweise

9. Umrechnung der Einheiten für den Druck p

Die Vötsch-Rechenscheibe dient zur einfachen Bestimmung der wichtigsten Zustandsgrößen von feuchter Luft. Sie ermöglicht die schnelle und exakte Auswertung von entsprechenden Messungen ohne zusätzliche Verwendung von Tabellen, Nomogrammen usw. Gleichzeitig ist die Rechenscheibe für die Auswertung psychrometrischer Messungen vorgesehen. Hierbei wird die rel. Feuchte U direkt aus den Werten von Trockentemperatur und psychrometrischer Differenz Δt gewonnen.

Alle Teilungen der Vötsch-Rechenscheibe sind aus den thermodynamischen Grundlagen abgeleitet. Die zweckmäßige Anordnung der Skalen auf Vorder- und Rückseite dieser Vötsch-Rechenscheibe ergibt ein ausgezeichnetes, universelles Hilfsmittel für die Praxis der gesamten Klima-, Luft- und Trocknungstechnik, der Gas-, Wärme- und Kältetechnik sowie für meteorologische Zwecke.

Diese patentierte Vötsch-Rechenscheibe ist eine Neuentwicklung mit wesentlich erweiterten Skalenbereichen, so daß alle in der modernen Umwelttechnik vorkommenden Klimate bestimmt werden können. Trotz des großen Taupunktbereiches von -40°C bis $+100^{\circ}\text{C}$ erhält man durch die kreisförmige Anordnung der Skalen eine vorzügliche Auflösung.

Wie in der Klimatechnik üblich, sind sämtliche Teilungen für die druckabhängigen Zustandsgrößen für einen Gesamtdruck von 1013,2 mbar berechnet. Alle Skalen sind in den neuen SI-Einheiten aufgetragen, da einige der bisher in der Klimatechnik übliche Einheiten ab 1. 1. 1975 ihre Gültigkeit verlieren.

Einzelteile

Drehkopf zum Verdrehen
der Skalenringe

①

innere Läufer-scheibe mit
2 roten Ablesestrichen

②

äußere Läufer-scheibe mit
2 roten Ablesestrichen

③

Rechenscheibe mit Skalen
und Getriebe

④

elastischer Außenring zur
Stoßdämpfung

⑤



1. Einzelteile

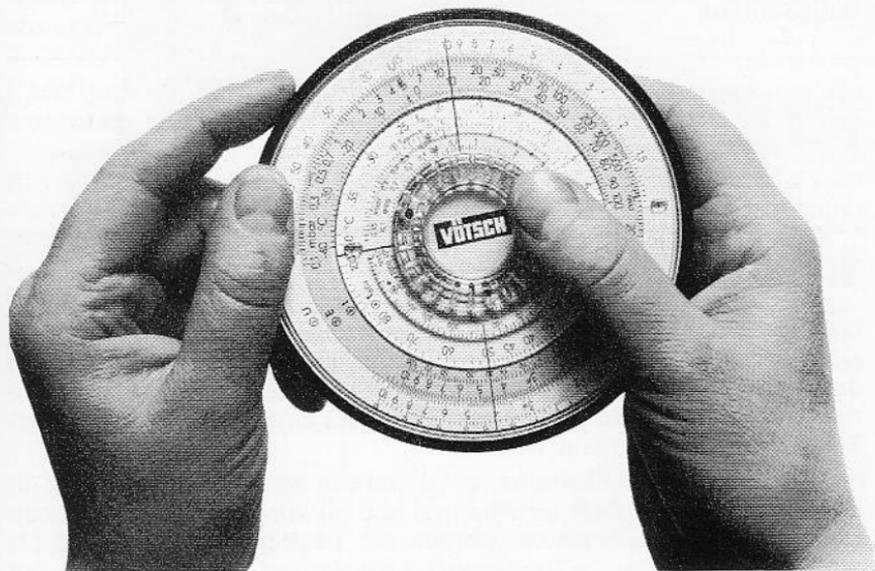
Die Vötsch-Rechenscheibe bedarf keiner Wartung. Die Skalen sind durch die durchsichtigen Läufer-scheiben vor Abnutzung und Verschmutzung gesichert. Sollte sich nach längerer Benutzung Staub auf den Skalen-ringen ansammeln, so kann dieser leicht mit einem trockenen weichen Tuch oder Leder entfernt werden.

Hierzu zieht man den Einstellknopf (1) und den elastischen Außenring (5) nach oben ab. Die Läufer-scheiben (3) und (4) können dann abgehoben werden. Zum Zusammenbau werden die Läufer-scheiben (3) und (4) wieder aufgelegt und der Drehknopf (1) aufgesteckt, so daß die 3 Zungen einrasten. Der Außenring (5) läßt sich wieder leicht von oben aufstülpen.

2. Handhabung der VÖTSCH-Rechenscheibe

Man hält die Vötsch-Rechenscheibe so mit beiden Händen, daß der Drehknopf und die Läufer­scheiben leicht mit dem Daumen bewegt werden können.

Nach kurzer Eingewöhnung kann man die Vötsch-Rechenscheibe auch mit einer Hand bedienen.



Die Skalenringe werden durch Verdrehen des Einstellknopfes (1) bewegt. Die Läuferscheiben (2) und (3) besitzen jeweils 2 rote Ablesestriche. Diese Striche kann man durch Verdrehen der Läuferscheiben auf beliebige Werte der Skalen einstellen.

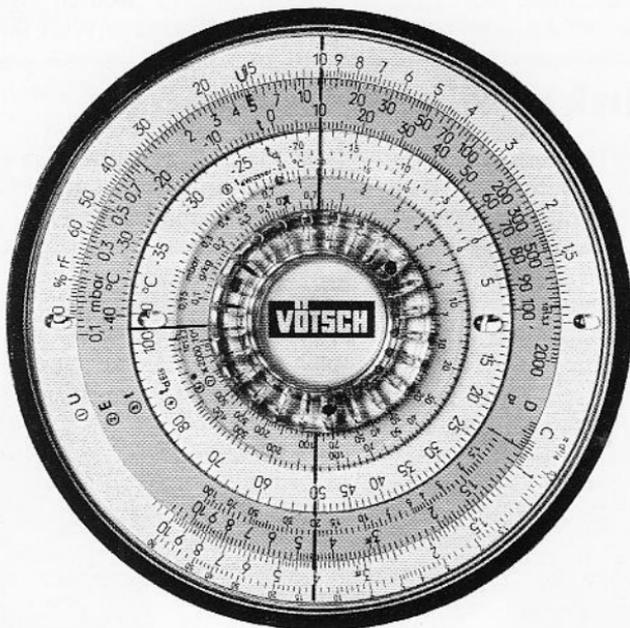
Mit den so festgehaltenen Werten läßt sich leichter weiterrechnen. Ebenso ist es vorteilhaft, das Ergebnis einer Rechnung dadurch festzuhalten, daß man einen Ablesestrich auf den entsprechenden Wert stellt.

3. Funktion des Getriebes

Die Vötsch-Rechenscheibe enthält ein Planetengetriebe, das beim Verdrehen der äußeren und der inneren Scheibe gegeneinander den mittleren Skalenring um den halben Drehwinkel mitschleppt.

4. Skalenbilder

4.1 Skalenbild – Vorderseite



Ablesebeispiele

Klimawerte

$$U = 10 \%, \quad t = +10^\circ \text{C}$$

$$E = 12,4 \text{ mbar}$$

$$t_{d_{\text{Eis}}} = -18,1^\circ \text{C}, \quad t_{d_w} = -20,1^\circ \text{C}$$

$$e = 1,24 \text{ mbar}$$

$$x = 0,76 \text{ g/kg}$$

Rechenskalen

$$a) 1,11 \times 4 = 4,5$$

$$b) 4/4,5 = 0,89$$

$$c) 4,5^2 = 20,2$$

$$d) d = 4$$

$$F_o = \pi d^2/4 = 12,6$$

4.2 Skalenbild – Rückseite



Ablesebeispiel:

$$\begin{aligned}
 t &= 70^{\circ}\text{C}, & \Delta t &= 5^{\circ}\text{C} \\
 U &= 80\% \\
 U &= 17\%, & t &= 70^{\circ}\text{C} \\
 \Delta t &= 30^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

5. Beschreibung

5.1 Skalen-Vorderseite

Klimaskalen:

Skala 1	relative Feuchte U in %
Skala 2	Sättigungsdampfdruck E in mbar
Skala 3	Lufttemperatur t in °C
Skala 4	Taupunkttemperatur t_d in °C über Eis
Skala 5	Taupunkttemperatur t_d in °C über Wasser
Skala 6	Partialdampfdruck e in mbar
Skala 7	Wassergehalt x in g _{Wasser} /kg _{Luft}

Rechenskalen:

Skalen C und D sind Basisskalen für Multiplikation und Division wie auf jedem Rechenschieber.

Skala D² ist als Quadratskala zu D aufgetragen. Es können damit Quadratwurzeln und Quadratzahlen bestimmt werden.

Skala $\pi \cdot d^2/4$ dient zur direkten Berechnung von Kreisflächen, z. B. zur Bestimmung von Volumenströmen.

$\dot{V} = \pi \cdot d^2/4 \times v$ mit der Geschwindigkeit v
aus

$p = \rho/2 \cdot v^2 =$ Staudruck

5.2 Skalen-Rückseite

Auf der Rückseite sind nach der Sprungschenschen Formel

$$e \text{ (Torr)} = E' \text{ (Torr)} - 0,5 \times \Delta t \text{ (}^\circ\text{C)}$$

bzw. $e \text{ (mbar)} = E' \text{ (mbar)} - 0,63 \times \Delta t \text{ (}^\circ\text{C)}$

für 980 bis 1033 mbar, bei Luftgeschwindigkeit ≥ 2 m/s die Skalen für t , Δt und U angebracht.

Es kann aus psychrometrischer Differenz Δt und Lufttemperatur t die rel. Feuchte U ermittelt werden.

6. Bedienungshinweise

6.1 Rechenskalen

Skala C, D

Multiplikation:

$$a \times b = c$$

a wird auf D unter 1 von C gestellt. Unter b auf C wird das Ergebnis c auf D abgelesen.

Beispiel: $2 \times 3,5 = 7$

Division:

$$a/b = c$$

b auf C wird über a auf D gestellt. Ergebnis c wird auf D unter 1 auf C abgelesen.

Beispiel: $\frac{7}{3,5} = 2$

Skala D²

Quadratzahlen:

$$D \times D = D^2$$

Wird auf D ein entsprechender Wert eingestellt, so kann die Quadratzahl auf D² abgelesen werden.

Quadratwurzel: $\sqrt{D^2} = D$

Wird auf Skala D^2 ein entsprechender Wert eingestellt, so kann die Quadratwurzel auf der Skala D abgelesen werden.

Skala $\pi d^2/4$:

Wird auf Skala C ein entsprechender Wert (z. B. Rohrdurchmesser d) eingestellt, so kann auf Skala $\pi d^2/4$ die dazugehörige Kreisfläche abgelesen werden.

Wird umgekehrt auf $\pi d^2/4$ ein bestimmter Kreisflächeninhalt F eingestellt, so kann auf C der dazugehörige Kreisdurchmesser d abgelesen werden.

6.2 Klimaskalen

geg.: U, t

ges.: t_d, E, e, x

Läufer über U und mittlere Skala mit t unter Strich stellen! Inneren Läuferstrich mit äußerem in Übereinstimmung bringen.

Ablesung von t_d, E, e, x auf den entsprechenden Skalen.

Beispiel: $U = 35 \text{ ‰}, t = 21 \text{ °C}$

ergibt: $E = 24,9 \text{ mbar}$

$t_d = +5 \text{ °C}$

$e = 8,7 \text{ mbar}$

$x = 5,4$

Im negativen T_p -Bereich ist noch die Ablesung $t_{p\text{Wasser}}$ auf Skala (5) möglich!

Erscheint ebenfalls unter dem Läuferstrich!

geg.: t, t_d

ges.: übrige Werte

Die Werte auf (3) und (4) einstellen. Läuferstrich auf Deckung bringen. Übrige Werte ablesen!

Die Ablesung auf der Rückseite erfolgt wie auf einer Psychrometertafel entsprechend Punkt 4.2.

7. Begriffe und Berechnungsformeln

Formelzeichen	SI-Einheit	Begriffe und Formeln
U	%	relative Feuchte $U = 100 \cdot e/E = 100 \cdot \frac{p}{E} \cdot \frac{x}{0,622 + x} = 100 \cdot \frac{f}{f_s}$ für Temperaturen unter 0 °C wird die Dampfdruckkurve über Eis zur Bestimmung von E verwendet.
E	Pa 1 kPa = 10 mbar	Sättigungsdruck des Wasserdampfes
e	Pa 1 kPa = 10 mbar	Partialdruck des Wasserdampfes $e = f \cdot R_w \cdot T = \frac{U \cdot E}{100} = \frac{p \cdot x}{0,622 + x}$
t _{dEis}	°C	Taupunkttemperatur über Eis $t_d = f(E_{Eis})$
t _{dWasser}	°C	Taupunkttemperatur über Wasser $t_{dWasser} = f(E_{Wasser})$ für $t \geq 0^\circ\text{C}$ ist $t_{dWasser} = t_{dEis}$

Formelzeichen	SI-Einheit	Begriffe und Formeln
x	g/kg	Wasserdampfgehalt in g_{WASSER} pro kg trockene Luft $x = 0,622 \cdot \frac{e}{p - e}$ bei 1013,2 mbar Gesamtdruck
T	K	absolute Temperatur $T = t + 273,15$
p	Pa 1 Pa = 1 N/m ² 1 kPa = 10 mbar	Luftdruck = Gesamtdruck
f	kg/m ³	absolute Luftfeuchte $f = \frac{e}{R_w \cdot T}$ $R_w = 462 \text{ g/kgK} = \text{Gaskonstante von Wasserdampf}$
f _s	kg/m ³	absolute Luftfeuchte im Sättigungszustand
t'	°C	Naßtemperatur nach Assmann gemessen
t	°C	Lufttemperatur $\Delta t = t - t'$ Sprung'sche Formel für Luftgeschwindigkeiten $\geq 2 \text{ m/s}$ und einen Gesamtdruck von 100,6 kPa $e = E' - 0,5 \times \Delta t$ für Druck in Torr bzw. $e = E' - 0,66 \times \Delta t$ für Druck in mbar mit $E' = \text{Sättigungsdruck bei Naßtemperatur } t'$

8. Literaturhinweise

Krist
Neue internationale Einheiten – SI
Technik Tabellen Verlag Darmstadt

W. Koch
VDI-Wasserdampf tafeln
Verlag Oldenburg

Bosnjakovic
Technische Thermodynamik
Steinkopfverlag – Dresden

Deutscher Wetterdienst
Aspirations-Psychrometer-Tafeln
Vieweg-Verlag, Braunschweig

Lück
Feuchtigkeit
Oldenburg-Verlag, München

Sonntag
Hygrometrie
Akademie-Verlag, Berlin

DIN 1358
Beuth-Verlag

9. Umrechnung der Einheiten für den Druck p

Einheiten für p	Pascal $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	Bar bar (10^6 dyn/cm^2)	Mikrobar μbar ($= \text{dyn/cm}^2$)
$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa}$ $= 1 \frac{\text{Newton}}{\text{Quadratmeter}}$ $= 1 \text{ N/m}^2 =$	1	10^{-5}	10
$1 \text{ Bar} =$ $= 1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$ $(= 10^6 \text{ dyn/cm}^2)$	10^5	1	10^6
$1 \text{ Microbar} = 1 \mu\text{bar}$ $(= 1 \text{ dyn/cm}^2)$	10^{-1}	10^{-6}	1
$1 \frac{\text{Kilopond}}{\text{Quadratmeter}}$ $= 1 \frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = 1 \text{ mm WS} =$	$9,80665 \approx 9,81$	$9,80665 \cdot 10^{-5}$ $\approx 9,81 \cdot 10^{-5}$	$98,0665 \approx 98,1$
$1 \text{ techn. Atmosphäre}$ $= 1 \text{ at} = 1 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} =$	$9,80665 \cdot 10^4$ $\approx 9,81 \cdot 10^4$	$9,80665 \cdot 10^{-1}$ $\approx 9,81 \cdot 10^{-1}$	$9,80665 \cdot 10^5$ $\approx 9,81 \cdot 10^5$
$1 \text{ phys. Atmosphäre}$ $= 1 \text{ atm} =$ $(= 760 \text{ Torr})$	$1,01325 \cdot 10^5$ $\approx 1,01 \cdot 10^5$	$1,01325 \approx 1,01$	$1,01325 \cdot 10^6$ $\approx 1,01 \cdot 10^6$
$1 \text{ Torr} =$ $(= 1/760 \text{ atm})$	$1,333224 \cdot 10^2$ $\approx 1,33 \cdot 10^2$	$1,333224 \cdot 10^{-3}$ $\approx 1,33 \cdot 10^{-3}$	$1,333224 \cdot 10^3$ $\approx 1,33 \cdot 10^3$

$\frac{\text{kp}}{\text{m}^2} = \text{mm WS}$	$\text{at} = \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$	atm	Torr
$\frac{1}{9,80665} = 0,101972$ $\approx 0,102$	$\frac{1}{9,80665} \cdot 10^{-4}$ $= 1,01972 \cdot 10^{-5}$ $\approx 1,02 \cdot 10^{-5}$	$0,98692 \cdot 10^{-5}$ $\approx 0,99 \cdot 10^{-5}$	$0,75006 \cdot 10^{-2}$ $\approx 0,75 \cdot 10^{-2}$
$\frac{1}{9,80665} \cdot 10^5$ $= 0,101972 \cdot 10^5$ $\approx 1,02 \cdot 10^4$	$\frac{1}{9,80665} \cdot 10^5$ $= 1,01972 \approx 1,02$	$0,98692$ $\approx 0,99 \approx 1$	$0,75006 \cdot 10^3$ ≈ 750
$\frac{1}{9,80665} \cdot 10^{-1}$ $= 0,101972 \cdot 10^{-1}$ $\approx 1,02 \cdot 10^{-2}$	$\frac{1}{9,80665} \cdot 10^{-5}$ $= 0,101972 \cdot 10^{-5}$ $\approx 1,02 \cdot 10^{-6}$	$0,98692 \cdot 10^{-6}$ $\approx 0,99 \cdot 10^{-6}$ $\approx 1 \cdot 10^{-6}$	$0,75006 \cdot 10^{-3}$ $\approx 0,75 \cdot 10^{-3}$
1	10^{-4}	$9,80665 \cdot 0,98692 \cdot 10^{-5}$ $= 9,67841 \cdot 10^{-5}$ $\approx 9,68 \cdot 10^{-5}$	$9,80665 \cdot 0,75006 \cdot 10^{-2}$ $= 7,35558 \cdot 10^{-2}$ $\approx 7,36 \cdot 10^{-2}$
10^4	1	$9,80665 \cdot 0,98692 \cdot 10^{-1}$ $= 9,67841 \cdot 10^{-1}$ $\approx 0,97$	$9,80665 \cdot 0,75006 \cdot 10^2$ $= 7,35558 \cdot 10^2$ ≈ 736
$\frac{1,01325 \cdot 10^3}{9,80665}$ $= 1,03323 \cdot 10^4$ $\approx 1,033 \cdot 10^4$	$\frac{1,01325}{9,80665} \cdot 10$ $= 1,03323$ $\approx 1,03$	1	$1,01325 \cdot 0,75006 \cdot 10^3$ $= 7,59998 \cdot 10^2$ ≈ 760
$\frac{1,333224 \cdot 10^3}{9,80665}$ $= 1,35951 \cdot 10^4$ $\approx 13,6$	$\frac{1,333224}{9,80665} \cdot 10^{-2}$ $= 1,35951 \cdot 10^{-3}$ $\approx 1,36 \cdot 10^{-3}$	$1,333224 \cdot 0,98692 \cdot 10^{-3}$ $= 1,31579 \cdot 10^{-3}$ $\approx 1,32 \cdot 10^{-3}$	1

Beachte: Fett gedruckte und eingerahmte Einheiten sind SI-Einheiten

VÖTSCH-Programm

Prüfanlagen zur Simulation von Umweltbedingungen für Industrie und Forschung

Temperatur- und Klimaprüfschränke

Großraumanlagen für Temperatur- und Klimaprüfung

Lager- und Materialprüftruhen

Salznebel- und Baustoffprüftruhen

Temperatur-Schocktestschränke

Temperatur- und Klima-Vakuumpüfschränke

Vibrationstest-Schränke

Schränke und Großraumanlagen für biologische Untersuchungen

Thermotron-Temperiergeräte für Be- und Verarbeitungsmaschinen
der Industrie.

Vötsch GmbH
Anlagen zur Umweltsimulation
D - 7462 Frommern
Beethovenstraße 34
Postfach 40
Telefon 0 74 33 / 24 81
Telex 07 63 629

VÖTSCH

