

B. FACHRECHNEN

1. Berechnungen im Zusammenhang mit Beobachtungen am Tier

1.1 Atmung

Begriffe: Atemfrequenz, Atemvolumen, Vitalkapazität der Lunge, Volumseinheiten

Formeln:

Atemminutenvolumen [ml / min] = Atemzugvolumen [ml] * Atemfrequenz [1/min]

Beispiele

a) Umrechnungen:

350 ml = cl = dl = l

2500 cm³ = dm³ = m³

b) Das Atemzugvolumen eines Tieres wird mit 500 ml angegeben, Von diesem gelangen 2/3 in die Alveolen und 1/3 der Luftmenge verbleibt im Totraum. Wie viel ml Luft gehen in die Alveolen und in den Totraum?

c) Ein Patient hat eine Atemfrequenz von 17 Atemzügen pro Min. bei einem Atemzugvolumen von 500 ml. Wie hoch ist sein Atemminutenvolumen?

d) Ein Patient hat eine Atemfrequenz von 18 Atemzügen pro Min. bei einem Atemzugvolumen von 480 ml. Wie hoch ist sein Atemstundenvolumen?

e) Ein Patient hat eine Atemfrequenz von 18 Atemzügen pro Min. bei einem Atemzugvolumen von 480 ml. Wie hoch ist sein Tagesvolumen?

f) Die Luft besteht zu 78% aus Stickstoff und zu 21% aus Sauerstoff. 1% verteilt sich auf andere Gase.
Wie viel ml Sauerstoff gelangen bei einem Atemzugvolumen von 400 ml in die Lunge?

g) Die Vitalkapazität eines Tieres wird in der Literatur mit einer Spanne von 3500 ml bis 5300 ml angegeben. Als Altersveränderung beziffert man einen durchschnittlichen Rückgang um 1,0 l bis 1,5 l. Wie groß ist die mögliche Spanne der Vitalkapazität bei älteren Tieren?

h) Bei der Inhalationsbehandlung werden Nebel mit einer Tröpfchengröße von 10µm benötigt, um in die Alveolen zu gelangen. Wie viele mm sind das?

Tabelle 1.8.3: Atemfrequenzen und Atemzugvolumina einiger Wirbeltiere

Werte nach BERTELSMANN 1979, Enzyklopädie 1979, KRUMBIEGEL 1953., MEYER 1964, OPPENHEIMER u. PINKUSSEN 1925, PENZLIN 1977, ZISWILER 1976

Art	Frequenz/Min	Volumen in cm ³
Bussard	20	
Elefant	6	
Ente	42	30
Erlenzeisig	114	
Finnwal	0,5	
Fledermaus	50	
Fuchs	24	
Giraffe	9	3400
Goldhamster	74	0,83
Gorilla	19	
Huhn	27	31
Hund	18	320
Igel, wach	20	
Igel, Winterschlaf	5	
Kaninchen	37	21
Kapuzineraffe	46	
Katze	30	34
Katzenhai	52	
Kolibri	250 (!)	
Löwe	10	
Lungenfisch (<i>Neoceratodus</i>)	28	15
Mauersegler	90	
Maus	163	0,15
Meeraal	48	
Meerschweinchen	90	1,75
Mensch	11	500
Muräne	26	
Petermännchen	26	
Pferd	10	7500
Rabenkrähe	25	
Ratte	85	0,86
Rind	30	3400
Schaf	20	362
Schimpanse	19	
Schriftbarsch	56	
Schwertwal	1,1	46200
Sperling	90	
Spitzmaus	120	
Storch	8	
Strauß	3	
Taube	30	4,7
Tümmler	1,1	9000
Wolf	14	
Zitterrochen	60	

1.2 Blutdruck

Begriffe: Druck, Druckeinheiten, systolischer Blutdruck, diastolischer Blutdruck, Blutdruckamplitude, mittlerer arterieller Blutdruck

Formeln:

Blutdruckamplitude = systol. Blutdruck – diastol. Blutdruck

mittlerer arterieller Blutdruck = diastolischer Blutdruck + 43% der Blutdruckamplitude

Manschettenbreite [cm] = (Umfang * 0,6) - 1,25 cm

Beispiele:

a) Bei ihrem Patienten haben sie einen Blutdruck in mm Hg ermittelt und sollen diesen Wert in kPa notieren.

110/75 mm Hg =

165/95 mm Hg =

145/80 mm Hg =

180/120 mm Hg =

b) Wie vielen mm Hg entsprechen die folgenden Blutdruckwerte

12/7,3 kPa =

17,3/9,3 kPa =

20/13,3 kPa =

28/15,3 kPa =

c) Wie hoch ist die Blutdruckamplitude bei folgenden Messwerten in Einheiten von mm Hg und kPa

110/75 mm Hg

165/95 mm Hg

145/80 mm Hg

180/120 mm Hg

d) Wie hoch ist der mittlere Blutdruck bei folgenden Messwerten:

12/7,3 kPa =

17,3/9,3 kPa =

20/13,3 kPa =

28/15,3 kPa =

e) Berechne die Manschettenbreite für folgende Durchmesser:

35 mm

100 mm

150 mm

Tabelle 1.6.4: Blutdruck verschiedener Tiere

Die durch Schrägstrich getrennten Werte bedeuten vor dem Strich den systolischen und nach dem Strich den diastolischen Blutdruck. Einzelne Zahlen sind Mittelwerte.

Nach ALTMAN u. DITTMER 1974, BUDDENBROCK 1967, HALTENORTH 1977, KOLB 1962

Art	Blutdruck in mm Hg	(hPa)
Aal	35–40	(47–53)
Ente	180/134	(240/179)
Forelle	39/34	(52/45)
Frosch	32/19	(43/25)
Giraffe	340/230 (!)	(453/307)
Goldhamster	170/120	(227/160)
Haifisch	32/16	(43/21)
Hecht	35,5	(47)
Huhn	150/120	(200/160)
Hummer	8	(11)
Hund	156/100	(208/133)
Kanarienvogel	220/154	(293/205)
Kaninchen	110/80	(147/107)
Katze	155/100	(207/133)
Krokodil	50	(67)
Lachs	75	(100)
Maus	147/106	(196/141)
Meerschweinchen	77/47	(103/63)
Mensch	120/80	(160/107)
Pferd	190/120	(253/160)
Ratte	145/105	(193/140)
Riesenkänguruh	122/79	(163/105)
Rind	134/88	(179/117)
Ringelnatter	89	(119)
Salamander	22/12	(29/16)
Schaf	103/85	(137/113)
Schimpanse	136/80	(181/107)
Schmuckschildkröte	30/26	(40/35)
Schwein	169/108	(225/144)
Seehund	150/105	(200/140)
Sperling	180/140	(240/187)
Star	180/130	(240/173)
Taube	187/138	(249/184)
Tintenfisch	44/22	(59/29)
Ziege	120/84	(160/112)
Zitterrochen	16/14	(21/19)

1.3 Puls

Formeln:

Herzminutenvolumen = Schlagvolumen * Pulsfrequenz [1/min]

Herzzykluslänge [s] = $0,043 * \text{Masse [g]}^{0,27}$

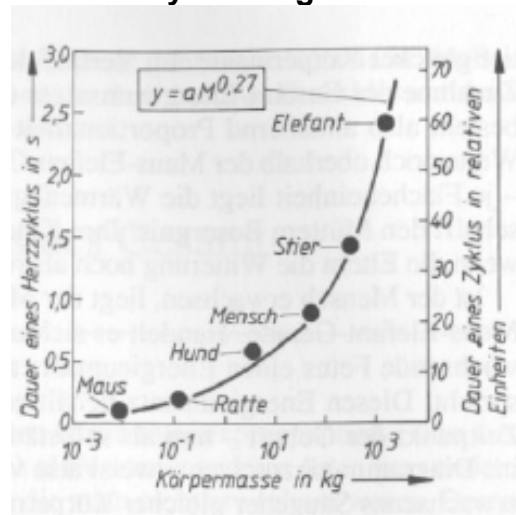
Pulsfrequenz [1/min] = $60 / \text{Herzzykluslänge [s]}$

Herzminutenvolumen (HMV)

Angaben aus BUDDENBROCK 1967

Art	HMV in cm ³ /Min
Frosch	20– 30
Huhn	400
Hund	2000– 3000
Mensch	5500– 6000
Pferd	18000–24000
Rind	45800
Schildkröte	148
Schwein	4500
Tintenfisch (<i>Octopus</i>)	57– 81
Wanderheuschrecke	0,015

Herzzykluslänge



Beispiele:

a) Zur Ermittlung der Pulsschläge / min wird beim Patienten routinemäßig der Puls 15 s gezählt und dann das ermittelte Ergebnis mit 4 multipliziert. Welche Pulsfrequenz ergibt sich demnach bei folgenden Zahlen:

14 Schläge =

17 Schläge =

23 Schläge =

28 Schläge =

b) Errechnen Sie für ein Tier das Herzminutenvolumen, das einen Puls von 76 Schlägen/min haben wenn das Schlagvolumen ca. 70 ml ausmacht.

c) Errechnen Sie das Schlagvolumen für einen Hund (Werte siehe Tabellen).

d) Fieber erhöht die Pulsfrequenz eines Patienten um 8-12 Schläge/min je 1°C Temperaturerhöhung.

Welche Pulsfrequenz erwarten Sie bei einem Patienten dessen Pulsfrequenz in den letzten Tagen bei einer Körpertemperatur von 37°C etwa 68 Schläge/min betrug und bei dem Sie jetzt eine Körpertemperatur von 39,5°C messen?

e) Puls- und Atemfrequenz stehen bei einer Tierart im Verhältnis 4:1. Welche Atemfrequenz erwarten Sie beim Patienten bei einer Pulsfrequenz von 60 Schlägen pro Minute, 90 Schlägen pro Minute und 120 Schlägen pro Minute.

f) Berechnen Sie Herzzykluslänge und Pulsfrequenz für ein Tier mit 800 kg, für ein Tier mit 50 g und für Sie persönlich.

Tabelle 1.6.2: Herzfrequenzen von Tieren

Die Werte sind nur bei den Vögeln und Säugetieren direkt vergleichbar. Sie hängen bei den wechselwarmen Tieren stark von der Temperatur ab. In der Höhe der Herzfrequenz zeigt sich der bei kleinen gleichwarmen Tieren erhöhte Grundumsatz gegenüber größeren Vertretern. Siehe auch Tabelle 1.4.1.

Nach BUDDENBROCK 1967, HALTENORTH 1977, KOLB 1974, OPPENHEIMER u. PINKUSSEN 1925, ZISWILER 1976

Art	Herzschläge pro Minute	Art	Herzschläge pro Minute
Wirbellose			
Bernsteinschnecke	26	Taschenkrebs	90–120
Fiebertmücke	110	Taufliege	235
Garnele	146	Teichmuschel	4–6
Hirschkäfer	16	Tintenfisch (<i>Octopus</i>)	33–40
Hummer	50	Urinsekt (<i>Machilis</i>)	150–160
Kellerassel	180–200	Wanderheuschrecke	80–130
Kohlweißling	29	Wasserassel	310
Kreuzspinne	130–134	Wattwurm	13–22
Küchenschabe	60–80	Weinbergschnecke	40–50
Libelle (<i>Anax</i>)	60		
Ligusterschwärmer, Imago	40–50		
Ligusterschwärmer (Raupe)	39–82		
Manteltier (<i>Ciona</i>)	17		
Miesmuschel	10–15		

Art	Herzschläge pro Minute	Art	Herzschläge pro Minute
Wirbeltiere			
Aal	10–15	Mauersegler	700
Blindschleiche	64	Maus	450–550
Delfin	84–140	Meerschweinchen	200–312
Elefant	22–28	Mensch	60–90
Ente	229–420	Panther	60
Erdkröte	40–50	Pferd	32–44
Fledermaus (<i>P. pipistrellus</i>)	660	Rabe	300–352
Fuchs	100	Riesenschildkröte	30–40
Gans	80	Rind	45–50
Giraffe	66	Ringelnatter	23–40
Goldfisch	36–40	Schaf	60–80
Goldhamster	350–500	Schwein	60–80
Grasfrosch	35–40	See-Elefant	
Hecht	30–42	an der Wasseroberfläche	60
Huhn	330–375	beim Tauchen	4
Hund	60–180	Smaragdeidechse	60–66
Igel, wach	280–320	Sperling	745–850
Igel, Winterschlaf	18	Spitzmaus	500–1320 (!)
Kaiman	36–50	Storch	270
Kaninchen	150–280	Strauß	60–70
Kapuzineraffe	160	Taube	150–250
Karpfen	40–80	Truthahn	93
Katze	110–130	Wal	15–16
Katzenhai	65	Wanderratte	260–450
Klapperschlange	44–47	Zauneidechse	60–70
Kräh	380	Ziege	70–80
Kreuzotter	40	Zitterrochen	16–50
Löwe	40	Zwergfledermaus	972
Mäusebussard	206–351		

1.4 Körpertemperatur

Temperaturskalen

- Celsius-Skala: [°C] Andreas Celsius (1701-1744) hat die Ausdehnung von Quecksilber in einem Steigrohr mit einem Maßband gemessen. 0°C=Gefrierpunkt von Wasser, 100°C=Siedepunkt von Wasser
- Kelvin-Skala [K] (Lord Kelvin (1824-1907)): Basiert auf dem Teilchenmodell. Bei 0K (= -273°C) bewegen sich Teilchen nicht mehr. Schrittweite wie bei Celsius-Skala. 0°C=273K 100°C=373K. Die Kelvin-Skala ist die in der Physik verwendete Einheit.
- Fahrenheit-Skala [°F] (Daniel Fahrenheit(1686-1736): Wird noch in den USA verwendet. 0°C=32°F, Körpertemperatur (37°C)=100°F
- Rankine-Skala [°Rank] (Wiliam Rankine 1820-1872). Rankine ist die auf den absoluten Nullpunkt bezogene Fahrenheit-Skala und war in den USA üblich.

Übersicht über die Temperaturskalen

Skala	Kelvin	Celsius	Fahrenheit	Rankine	Delisle	Newton	Réaumur	Romer
Einheit	Kelvin	Grad Celsius	Grad Fahrenheit	Grad Rankine	Grad Delisle	Grad Newton	Grad Réaumur	Grad Romer
Einheitenzeichen	K	°C	°F	°Ra, °R	°De, °D	°N	°Ré, °Re, °R	°Ro
unterer Fixpunkt F ₁ =	T ₀ = 0 K	T _{Schm} (H ₂ O) ** = 0 °C	Kältemischung*** = 0 °F	T ₀ = 0 °Ra	T _{Schm} (H ₂ O) = 150 °De	T _{Schm} (H ₂ O) = 0 °N	T _{Schm} (H ₂ O) = 0 °Ré	T _{Schm} (Lake) **** = 0 °Ro
oberer Fixpunkt F ₂ =	T _{Tr} (H ₂ O) = 273,16 K	T _{Sied} (H ₂ O) ** = 100 °C	T _{Mensch} *** = 96 °F	–	T _{Sied} (H ₂ O) = 0 °De	T _{Sied} (H ₂ O) = 33 °N	T _{Sied} (H ₂ O) = 80 °Ré	T _{Sied} (H ₂ O) = 60 °Ro
Skalenintervall	(F ₂ -F ₁) / 273,16 *	(F ₂ -F ₁) / 100	(F ₂ -F ₁) / 96	1 °Ra ≡ 1 °F	(F ₁ -F ₂) / 150	(F ₂ -F ₁) / 33	(F ₂ -F ₁) / 80	(F ₂ -F ₁) / 60
Erfinder	William Thomson Baron Kelvin	Anders Celsius	Daniel Fahrenheit	William Rankine	Joseph-Nicolas Delisle	Isaac Newton	René-Antoine Ferchault de Réaumur	Ole Romer
Entstehungsjahr	1848	1742	1714	1859	1732	~ 1700	1730	1701
Verbreitungsgebiet	weltweit (SI-Einheit)	weltweit	USA	USA	Russland (19.Jhd.)	–	Westeuropa bis Ende 19. Jhd.	–

* Ursprünglich über Celsius-Skala definiert (Temperaturunterschied 1 K ≡ 1 °C)

** Traditionelle Fixpunkte; ursprünglich umgekehrt (ähnlich wie Delisle-Skala); heute über Kelvin-Skala definiert (Temperaturunterschied 1 °C ≡ 1 K)

*** Genutzt wurde die Temperatur einer Kältemischung von Eis, Wasser und Salmiak oder Seesalz (-17,8 °C) und die „Körpertemperatur eines gesunden Menschen“ (35,6 °C)

**** Genutzt wurde die Schmelztemperatur einer Salzlake (-14,3 °C)

Umrechnungsformeln:

$$K = °C + 273,16$$

$$K = 5/9 * (°F + 459,67)$$

$$K = 5/9 * °Rank$$

$$°C = K - 273,16$$

$$°C = 5/9 * (°F - 32)$$

$$°C = 5/9 * (°Rank - 491,67)$$

$$°F = 1,80 * (K - 273,16) + 32$$

$$°F = 1,80 * °C + 32$$

$$°F = °Rank - 459,67$$

$$°Rank = 1,80 * K$$

$$°Rank = 1,80 * °C + 491,67$$

$$°Rank = °F + 459,67$$

Körpertemperatur von einigen Tieren

PENZLIN 1977, PRECHT et coll. 1955, 1956, 1957

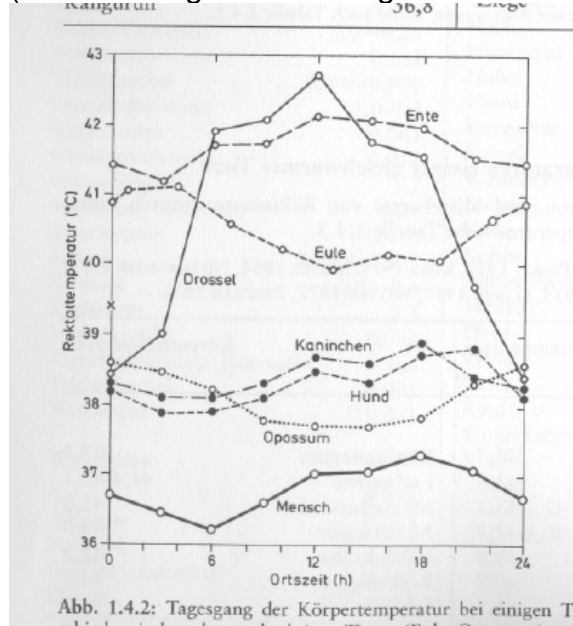
Art	Körpertemperatur in °C	Art	Körpertemperatur in °C
Vögel			
Albatros	40,7	Königspinguin	37,7
Amsel	43,6	Lachmöwe	41,4-42,1
Buntspecht	42,1-43,3	Mäusebussard	42,0
Ente	40,5-42,5	Mauersegler	44,0
Fuchskolibri	39,0	Rabenkrähe	42,0
Gans	40,7	Rotkehlchen	44,6
Habicht	41,9	Sperber	41,2
Huhn	41,5	Sperling	41,4

Fortsetzung →
55

Art	Körpertemperatur in °C	Art	Körpertemperatur in °C
Star	41,3	Kaninchen	39,2-39,6
Storch	40,0	Kapuzineraffe	38,5
Strauß	37,4	Katze	38,8-39,0
Taube	41,8	Maulwurf	39,4
Waldkauz	41,0	Maus	38,0
Zaunkönig	41,8	Meerschweinchen	36,0-39,2
Säugetiere			
Ameisenigel	32,0	Mensch	36,2-37,8
Dromedar	38,1	Murmeltier	36,0
Elefant	36,2	Pferd	37,6-37,8
Fledermaus	31,0	Ratte	38,1
Flusspferd	35,4	Rentier	37,5-39,8
Fuchs	38,5	Rind	38,5
Haselmaus	30,0	Schaf	39,5
Hund	38,3-39,0	Schimpanse	37,0
Igel, wach	35,0	Schnabeligel	30,0
Igel, Winterschlaf	6,0	Schwein	39,0
Känguruh	36,8	Spitzmaus	42,0
		Wale	36,5
		Ziege	40,0

Temperaturschwankungen

(Schwankung: Abweichungen in beide Richtungen vom Mittelwert: ±)



Werte nach NIETHAMMER 1979, Precht et coll. 1955

Art	Schwankung in °C
Drossel	4,0
Ente	0,9
Eule	0,9
Habicht	1,8
Hund	0,9
Igel	2,0
Kamel	3,0
Kaninchen	0,8
Meerschweinchen	0,8
Mensch ♀	1,2
Mensch ♂	1,4
Möwe	1,7
Rhesusaffe	3,6
Schnabeligel	3,0
Star	3,3
Taube	1,4

Abb. 1.4.2: Tagesgang der Körpertemperatur bei einigen Tieren

Temperaturextreme

Winterstarre (Poikilotherme): -17°C (Mehlkäfer)

Winterschläfer (Fledertiere, Nagetiere, Insektenesser): $+0,2^{\circ}\text{C}$ bis $+5^{\circ}\text{C}$

Winterruhe (Nagetiere, Reißtiere, Bären): $+15^{\circ}\text{C}$ bis $+30^{\circ}\text{C}$

Rechenbeispiele:

a) Wie viel Kelvin entsprechen die folgenden Temperaturangaben?

$32^{\circ}\text{F} =$

$77^{\circ}\text{F} =$

$635^{\circ}\text{Rank} =$

$553^{\circ}\text{Rank} =$

$37,0^{\circ}\text{C} =$

$90^{\circ}\text{C} =$

b) Wie viel $^{\circ}\text{Celsius}$ entsprechen die folgenden Temperaturangaben?

$32^{\circ}\text{F} =$

$100^{\circ}\text{F} =$

$559^{\circ}\text{Rank} =$

$672^{\circ}\text{Rank} =$

$256\text{ K} =$

$277,16\text{ K} =$

c) Berechnen Sie den Körpertemperaturbereich (siehe Tabellen) in $^{\circ}\text{C}$ und Kelvin eines Schnabeligels und einer Taube

d) Bestimmen Sie maximale und minimale Körpertemperatur einer Drossel aus obigem Diagramm. Berechnen Sie daraus die Temperaturschwankung. Versuchen Sie die mittlere (durchschnittliche) Körpertemperatur aus obigem Diagramm abzuschätzen.