

Was in den meisten Büchern und Bedienungsanleitungen nicht zu finden ist!

Der Abgleich von Sauerstoffmessgeräten erfolgt in der Regel auf einen Sauerstoffanteil von 20,9 %. Je nach Umgebungsbedingungen ist diese Einstellung jedoch nicht ganz richtig. Bei genauer Betrachtung sind der Barometerstand bzw. die Ortshöhe über dem Meeresspiegel sowie der Anteil der Feuchte der Luft zu berücksichtigen.

Ein Gas befindet sich nach DIN 1343 im Normzustand, wenn die Temperatur 0 °C und der Druck 1,013 bar beträgt. Zur genaueren Einstellung sind also wie folgt zu berücksichtigen:

- a. Der mittlere Luftdruck
- b. Der Feuchtegehalt der Luft

Der mittlere Luftdruck

In der Tauchausbildung lernen wir zu dem Thema Luftdruck: „Weil Luft komprimierbar ist, nimmt mit zunehmender Höhe ihre Dichtigkeit ab“. In der Praxis verwenden wir also Austausch Tabellen entsprechend z.B. 0 – 700 m ü.N.N (DECO 2000), 701 – 1500 m ü.N.N. (DECO 2000.1) oder stellen ggf. den Tauchcomputer auf die entsprechende Höhe ein.

Dieses muss selbstverständlich auch bei unserem Sauerstoffmonitor Berücksichtigung finden. Näherungsweise gilt, dass bei einer Höhenzunahme um 5500 m der Luftdruck auf die Hälfte des vorhergehenden Wertes abnimmt. Diesen Zusammenhang müssen wir selbstverständlich auch bei unserem Sauerstoffmonitor berücksichtigen. Zur genauen Berechnung bzw. Kalibrierung unseres Sauerstoffmonitors verwenden wir also die untenstehende Tabelle. Die rechnerischen Werte ergeben sich nach der „barometrischen Höhenformel“ bei Annahme einer Temperatur von 20°C .

Die barometrische Höhenformel beschreibt die vertikale Verteilung der Gasteilchen in der Atmosphäre, also die Änderung des Luftdruckes mit der Höhe. Diese vertikalen Druckgradienten sind aber stark vom Wetter abhängig und daher eher im rechnerischen Wert ungenau. Idealerweise wird also der Luftdruck an der Tauchstelle gemessen und der einzustellende O₂-Anteil rechnerisch ermittelt.

Höhenbereich [m]	mittlere Höhe [m]	Luftdruck * [mbar]	ppO ₂ [bar]
0	0	1013,0	0,212
0 - 300	150	995,5	0,208
301 - 600	450	961,6	0,201
601 - 900	750	929,3	0,194
901 - 1200	1050	898,3	0,188
1201 - 1500	1350	868,6	0,182
1501 - 1800	1650	840,2	0,176
1801 - 2100	1950	813,0	0,170
2101 - 2400	2250	786,8	0,164
2401 - 2700	2550	761,8	0,159
2701 - 3000	2850	737,8	0,154
3001 - 3300	3150	714,7	0,149
3301 - 3600	3450	692,6	0,145
3601 - 3900	3750	671,3	0,140
3901 - 4200	4050	650,9	0,136

* bei einer angenommenen Temperatur von 20 Grad Celsius

Bild 01 Höhentabelle entnommen aus ISBN 978-8370-3307-6

Ortshöhe [m]	Ortshöhe [ft]	Druck, abs. [mbar]	Sauerstoffteildruck [bar]
0	0	1013	0,212
100	328	1002	0,210
200	656	990	0,207
300	984	978	0,205
400	1312	966	0,202
500	1640	955	0,200
600	1968	944	0,198
700	2297	932	0,195
800	2625	921	0,193
900	2953	910	0,191
1000	3281	899	0,188
1100	3609	888	0,186
1200	3937	877	0,184
1300	4265	867	0,182
1400	4593	856	0,179
1500	4921	846	0,177
1600	5249	836	0,175
1700	5577	825	0,173
1800	5905	815	0,171
1900	6234	805	0,169
2000	6562	796	0,167
2200	7218	776	0,163
2400	7874	756	0,158
2600	8530	738	0,155
2800	9186	719	0,151
3000	9842	701	0,147
3200	10499	684	0,143
3400	11155	666	0,139
3600	11811	649	0,136
3800	12467	633	0,133
4000	13123	616	0,129

1 m = 3,28083 feet
 Volumenanteil Sauerstoff bei trockener Luft = 20,942 %

Bild 02 Barometerstand in Abhängigkeit der Ortshöhe über NN

Praktisch Anwendung der Höhentabelle

1. Die Anwendung erfolgt wenn ppO₂-Messgeräte beim Bergseetauchen kalibriert werden.
2. Wenn Gase beim Bergseetauchen auf der entsprechenden Höhe gemessen werden.

Der Feuchtegehalt der Luft

Feuchte Luft ist ein Gemisch aus trockener Luft und Wasserdampf. Beide Komponenten verhalten sich wie ideale Gase. „Normale Luft“ enthält immer eine mehr oder weniger große Wasserdampfmenge in unsichtbarer Form. Diese unsichtbare Wasserdampfmenge übt einen bestimmmbaren Dampfdruck aus.

Die Dampfmenge, die 1 m³ Luft aufnehmen kann, ist begrenzt und von der Temperatur abhängig. Je größer die Temperatur ist, desto größer ist die Dampfmenge die aufgenommen werden kann. Ist hier ein Sättigungswert erreicht schlägt sich der nicht aufgenommene Dampf in Form von kleinsten Wassertröpfchen bzw. Nebel nieder. Der Gesamtdruck der Luft setzt sich aus den Partialdrücken der Luft und des Dampfes zusammen:

$$P_{ges} = P_{Luft} + P_{Dampf}$$

Aus dieser Kenntnis können wir eine Kompensationstabelle erstellen, welche uns den genauen Sauerstoffanteil in der Luft, abhängig von Lufttemperatur und -feuchtigkeit, angibt:

Temperatur [°C]	Sättigungsdruck [mbar]	Wassergehalt [g/kg]
0	6,11	3,82
5	8,72	5,47
10	12,27	7,73
15	17,04	10,78
20	23,37	14,88
25	31,67	20,34
30	42,41	27,52
35	56,22	37,05
40	73,75	49,52
45	95,82	62,92
50	123,35	87,52

Bild 03 Sättigungsdruck bei verschiedenen Temperaturen

Temperatur [°C]	Teildruck Wasserdampf in mbar bei relativer Luftfeuchtigkeit in %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,611	1,222	1,833	2,444	3,055	3,666	4,277	4,888	5,499	6,110
5	0,872	1,744	2,616	3,488	4,360	5,232	6,104	6,976	7,848	8,720
10	1,227	2,454	3,681	4,908	6,135	7,362	8,589	9,816	11,043	12,270
15	1,704	3,408	5,112	6,816	8,520	10,224	11,928	13,632	15,336	17,040
20	2,337	4,674	7,011	9,348	11,685	14,022	16,359	18,696	21,033	23,370
25	3,167	6,334	9,501	12,668	15,835	19,002	22,169	25,336	28,503	31,670
30	4,241	8,482	12,723	16,964	21,205	25,446	29,687	33,928	38,169	42,410
35	5,622	11,244	16,866	22,488	28,110	33,732	39,354	44,976	50,598	56,220
40	7,375	14,750	22,125	29,500	36,875	44,250	51,625	59,000	66,375	73,750
45	9,582	19,164	28,746	38,328	47,910	57,492	67,074	76,656	86,238	95,820
50	12,335	24,670	37,005	49,340	61,675	74,010	86,345	98,680	111,015	123,350

Temperatur [°C]	Teildruck Luft in mbar bei relativer Luftfeuchtigkeit in %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	1012,39	1011,78	1011,17	1010,56	1009,95	1009,33	1008,72	1008,11	1007,50	1006,89
5	1012,13	1011,26	1010,38	1009,51	1008,64	1007,77	1006,90	1006,02	1005,15	1004,28
10	1011,77	1010,55	1009,32	1008,09	1006,87	1005,64	1004,41	1003,18	1001,96	1000,73
15	1011,30	1009,59	1007,89	1006,18	1004,48	1002,78	1001,07	999,37	997,66	995,96
20	1010,66	1008,33	1005,99	1003,65	1001,32	998,98	996,64	994,30	991,97	989,63
25	1009,83	1006,67	1003,50	1000,33	997,17	994,00	990,83	987,66	984,50	981,33
30	1008,76	1004,52	1000,28	996,04	991,80	987,55	983,31	979,07	974,83	970,59
35	1007,38	1001,76	996,13	990,51	984,89	979,27	973,65	968,02	962,40	956,78
40	1005,63	998,25	990,88	983,50	976,13	968,75	961,38	954,00	946,63	939,25
45	1003,42	993,84	984,25	974,67	965,09	955,51	945,93	936,34	926,76	917,18
50	1000,67	988,33	976,00	963,66	951,33	938,99	926,66	914,32	901,99	889,65

Temperatur [°C]	Teildruck Sauerstoff in mbar bei relativer Luftfeuchtigkeit in %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	211,59	211,46	211,33	211,21	211,08	210,95	210,82	210,70	210,57	210,44
5	211,53	211,35	211,17	210,99	210,81	210,62	210,44	210,26	210,08	209,89
10	211,46	211,20	210,95	210,69	210,43	210,18	209,92	209,67	209,41	209,15
15	211,36	211,00	210,65	210,29	209,94	209,58	209,22	208,87	208,51	208,16
20	211,23	210,74	210,25	209,76	209,27	208,79	208,30	207,81	207,32	206,83
25	211,06	210,39	209,73	209,07	208,41	207,75	207,08	206,42	205,76	205,10
30	210,83	209,94	209,06	208,17	207,29	206,40	205,51	204,63	203,74	202,85
35	210,54	209,37	208,19	207,02	205,84	204,67	203,49	202,32	201,14	199,97
40	210,18	208,63	207,09	205,55	204,01	202,47	200,93	199,39	197,84	196,30
45	209,71	207,71	205,71	203,71	201,70	199,70	197,70	195,70	193,69	191,69
50	209,14	206,56	203,98	201,40	198,83	196,25	193,67	191,09	188,51	185,94

Bild 04 Herleitung der Kompensationstabelle

Kompensationstabelle Sauerstoffanteil in Abhängigkeit von Druck und Temperatur

Oxygen compensation for moisture in the atmosphere

Temperatur [°C]	Teildruck Sauerstoff in % bei relativer Luftfeuchtigkeit in %										
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
0	21,2	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,0
5	21,2	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,0	21,0	21,0	21,0
10	21,1	21,1	21,1	21,1	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	20,9	20,9
15	21,1	21,1	21,1	21,0	21,0	21,0	20,9	20,9	20,9	20,9	20,8
20	21,1	21,1	21,0	21,0	20,9	20,9	20,8	20,8	20,7	20,7	20,7
25	21,1	21,0	21,0	20,9	20,8	20,8	20,7	20,6	20,6	20,6	20,5
30	21,1	21,0	20,9	20,8	20,7	20,6	20,6	20,5	20,4	20,3	20,3
35	21,1	20,9	20,8	20,7	20,6	20,5	20,3	20,2	20,1	20,0	20,0
40	21,0	20,9	20,7	20,6	20,4	20,2	20,1	19,9	19,8	19,8	19,6
45	21,0	20,8	20,6	20,4	20,2	20,0	19,8	19,6	19,4	19,4	19,2
50	20,9	20,7	20,4	20,1	19,9	19,6	19,4	19,1	18,9	18,9	18,6

Bild 05 Kompensationstabelle

Praktische Anwendung der Kompensationstabelle

1. Exakte Kalibrierung von Sauerstoffmessgeräten

Beispiel: Gasherstellung und Messung in subtropischen Gebieten

2. Herstellung von Gasgemischen nach dem Konstantbeimischungsverfahren