

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/54f5a7e7-fa4e-3f79-969f-512bbeac48ea>

Bibliografie	
Titel	Praxishandbuch Brandschutz
Herausgeber	Scheuermann
Auflage	2016
Abschnitt	6 Anlagentechnischer Brandschutz → 6.4 Brandvermeidungs-/Sauerstoffreduzierungsanlagen
Autor	[keine Angabe]
Verlag	Carl Heymanns Verlag

6.4.14 Formen der beruflichen Exposition gegenüber Hypoxie (Quelle: UIAA)

Im Hinblick auf die derzeitige Debatte in verschiedenen Ländern (Österreich, Großbritannien, Frankreich Deutschland) ist hervorzuheben, dass eine (leichte) Hypoxie im Allgemeinen keine Gefahr darstellt. Für das Risikoprofil der Hypoxieexposition müssen fünf wichtige Faktoren berücksichtigt und unterschieden werden:

- Höhe bzw. äquivalente Höhe (%O₂)
- Dauer der Exposition
- Höhenprofil/Aklimatisation (einschließlich intermittierende Hypoxie)
- Arbeitsbelastung unter Hypoxie
- Hochlandbewohner vs. Flachlandbewohner.

6.4.14 Formen der beruflichen Exposition gegenüber Hypoxie (Quelle: UIAA) – Seite 27 – 01.06.2016 >>

Mithilfe der fünf Hauptpunkte oben können mindestens vier Arten der Exposition mit jeweils völlig unterschiedlichem Risikoprofil unterschieden werden (s. Abb. 1).

Extrem kurze Exposition

Die extrem kurze Exposition findet im Allgemeinen bei Höhen zwischen 1.800 m und 2.500 m und für einen Zeitraum von einigen Minuten bis einigen Stunden statt.

Bei einer isobaren Hypoxie von 17–14,8 % Sauerstoffgehalt ($\pm 0,2$) in mit Hypoxiesystemen ausgestatteten Brandschutzräumen werden die Angestellten einer äquivalenten Höhe von 1.700–2.600 m ausgesetzt (basierend auf der ICAO-Standardatmosphäre, s. Abb. 2). Diese Höhe liegt im Bereich der sogenannten »Schwellenhöhe«, also der Höhe, in der der Körper eine erste Reaktion auf die Hypoxie zeigt. Je nach System variiert die Schwellenhöhe zwischen 1.500 m (leichter Anstieg des Ruhepulses) und 2.400 m (Erhöhung der Erythropoietin-Serumkonzentration).

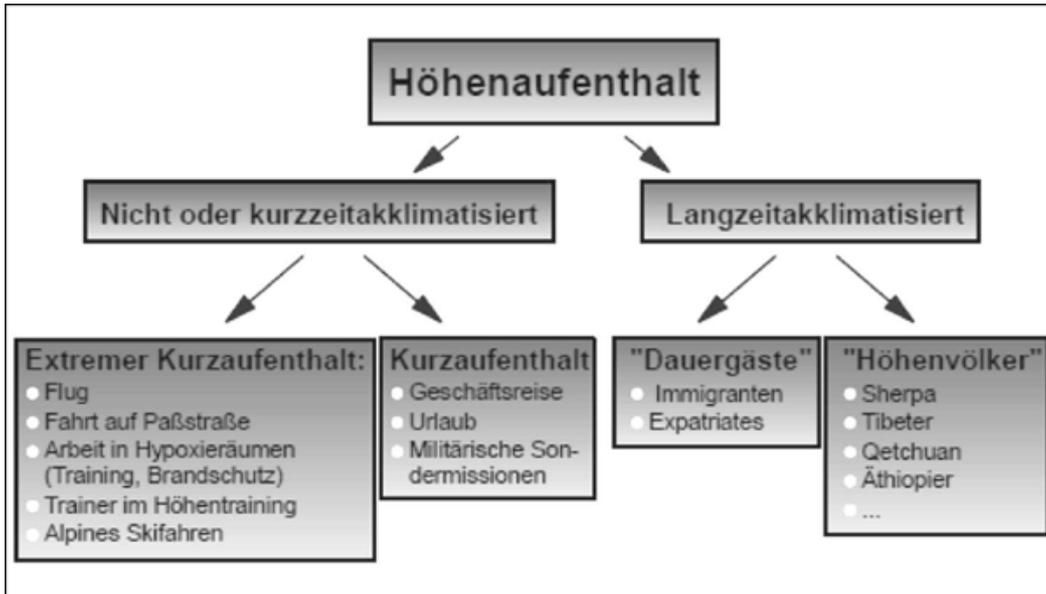


Abb. 14: Verschiedene Formen der Hypoxieexposition unter besonderer Berücksichtigung beruflicher Exposition (s. auch Tab. 1) Folglich stellen Höhen um den Schwellenwert keine Hypoxiegefahr für gesunde Menschen dar. Auch stellt dies keine Gefahr für Menschen mit chronischen Erkrankungen mittlerer Schwere dar. Auf eine mögliche Gefahr für schwerkranke Personen wird später eingegangen.

Unter besonderen Rahmenbedingungen werden Mitarbeiter Höhen zwischen 2.700 und 3.800 m in Brandschutzräumen ausgesetzt. Diese Exposition beschränkt sich auf höchstens einige Stunden, oftmals auf weniger als 60 Minuten. Typisch für eine derartige Exposition ist, dass die Mitarbeiter die Hypoxiebereiche jederzeit verlassen können, falls sie sich unwohl fühlen.

6.4.14 Formen der beruflichen Exposition gegenüber Hypoxie (Quelle: UIAA) – Seite 28 – 01.06.2016 << >>

Tab. 4: Merkmale der Aussetzungstypen

Gruppe	Typische (äquivalente) Höhe	Typische Aussetzungszeit	Typische Gefahr
Extrem kurze Aussetzung (Flugzeug, Seilbahn, Skifahren, Straßenverkehr, Brandschutzräume)	1.800–2.600 m 2.600–3.800 m	Minuten bis Stunden	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Druckwechsel (Menschen mit Infektion der oberen Atemwege) ▪ Keine Gefahr durch Hypoxie für Menschen, die an keiner Herz-Lungenkrankheit leiden ▪ Keine Gefahr für gesunde Menschen
Eingeschränkte Aussetzung	2.000–3.000 m	Tage bis Wochen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Akute Bergsteigerkrankheit, wenn die nicht akklimatisierte Person auf dieser Höhe schläft ▪ Neben der akuten Höhenkrankheit besteht für Personen im Allgemeinen keine Gefahr, vorausgesetzt, sie leidet nicht an einer Herz-Lungenkrankheit. (Ein Lungenödem ist bei dieser Höhe höchst selten.)
Auswanderer	3.000–4.500 m	Jahre	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhenlungenödem-Hypertonie (Bluthochdruck) ▪ Rechtsventrikuläre Insuffizienz ▪ Chronische Bergsteigerkrankheit

Gruppe	Typische (äquivalente) Höhe	Typische Aussetzungszeit	Typische Gefahr
Höhenbevölkerungen	> 3.000 m	Mehrere Generationen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chronische Bergsteigerkrankheit (s.o.) ▪ Lungenödem bei Rückkehr in die Höhe

Einige verbreitete Aktivitäten setzen Menschen sogar noch wesentlich größeren Höhen aus, z.B. Skifahren auf 3.800 m Höhe (Europa) oder auf über 4.000 m (USA), oder Straßenverkehr auf fast 3.000 m (Europa), über 4.000 m (USA und Tibet) und über 5.000 m (Südamerika). Hier kann das Hauptproblem die Druckänderung sein, insbesondere für Kinder oder Menschen, die an einer Infektion der oberen Atemwege leiden.

Die längste Exposition dieser Art (»extreme kurze Exposition«) sind Fernflüge, die zum Teil auch als »begrenzte Exposition« (s.u.) bezeichnet werden können. Es liegen Daten vor, dass einige Fluggesellschaften eine höhere Kabinenhöhe als den von der ICAO vorgegebenen Grenzwert von 2.400 m betreiben, insbesondere, wenn es sich um moderne Flugzeuge handelt. Im Allgemeinen dauert die Zeit der Exposition nur wenige Stunden. Bis zu 3.000 m (oder sogar noch höher) besteht in diesem Zeitraum keine Gefahr, eine Höhenkrankheit zu entwickeln. Das Hauptproblem für diese Gruppe kann der akute Druckwechsel sein, insbesondere, wenn jemand erkältet ist. Im Allgemeinen fühlen sich alle – sogar Schwangere und Kinder – in diesen Höhen gut. Ausnahmen sind Menschen mit schweren bereits vorhandenen Krankheiten (s.u. und Tab. 4).

Innerhalb dieser Gruppe mit »extrem kurzer Exposition« gibt es eine kleine Untergruppe mit besonderen Bedingungen: Personen, die andere Menschen trainieren, insbesondere Bergsteiger, die sich für extreme Höhenexpeditionen akklimatisieren, oder Mitarbeiter, die eine solche

6.4.14 Formen der beruflichen Exposition gegenüber Hypoxie (Quelle: UIAA) – Seite 29 – 01.06.2016 << >>

Vorakklimatisierung für die Arbeit in großer Höhe durchführen. Diese Vorakklimatisierung wird immer häufiger in Einrichtungen mit isobarer Hypoxie durchgeführt. Die Teilnehmer setzen sich einer Höhe von 5.300 m oder mehr aus. In den meisten Fällen beschränkt sich die Exposition auf einige wenige Minuten bis zu einer halben Stunde. Der besondere Vorteil der isobaren Hypoxie liegt darin, dass diese Personen leicht und jederzeit in eine normale Atmosphäre zurückkehren können, falls sie sich unwohl fühlen. *Tab. 5: Bedingungen entsprechend der ICAO-Standardatmosphäre (Müller 1967) und der Zeitraum der uneingeschränkten Aktionsfähigkeit (»Time of Useful Consciousness«) für nichtakklimatisierte Personen (Ernsting u. King 1994, Amsler 1971), die dazu genutzt werden kann, um den Hypoxiebedingungen zu »entkommen«. Unter Sicherheitsaspekten beachte man, dass es keine Limits hinsichtlich der »Time of Useful Consciousness« bis in Höhen von 5.000 m bzw. 11,1 Vol.-% gibt. Exponierte Personen können sich also in jedem Fall aus dem Bereich zurückziehen.*

(Äquivalenz-) Höhe [m]	Vol.-% O ₂ , isobare Bedingungen	Atmosphärendruck		pO ₂		Uneingeschränkte Aktionsfähigkeit [Time of Useful Consciousness]
		[mmHg]	[hPa]	[mmHg]	[hPa]	
0	20,9	760,0	1.013,2	158,8	211,7	Keine Begrenzung
500	19,7	716,0	954,6	149,6	199,5	Keine Begrenzung
1.000	18,5	673,8	898,3	140,8	187,7	Keine Begrenzung
1.500	17,4	634,0	845,3	132,5	176,7	Keine Begrenzung
2.000	16,4	596,0	794,6	124,6	166,1	Keine Begrenzung
2.500	15,4	560,0	746,6	117,0	156,0	Keine Begrenzung
3.000	14,5	525,8	701,0	109,9	146,5	Keine Begrenzung
3.500	13,6	493,0	657,3	103,0	137,3	Keine Begrenzung

(Äquivalenz-) Höhe [m]	Vol.-% O ₂ , isobare Bedingungen	Atmosphärendruck		pO ₂		Uneingeschränkte Aktionsfähigkeit [Time of Useful Consciousness]
4.000	12,7	462,0	616,0	96,6	128,8	Keine Begrenzung
4.500	11,9	432,6	576,8	90,4	120,5	Keine Begrenzung
5.000	11,1	404,8	539,7	84,6	112,8	Keine Begrenzung
5.500	10,4	378,6	504,8	79,1	105,5	> 30 min
6.000	9,7	353,6	471,4	73,9	98,5	> 30 min
6.500	9,1	330,0	440,0	69,0	92,0	> 30 min
7.000	8,5	307,8	410,4	64,3	87,7	3–5 min
10.500	5,0	183,0	244,0	38,2	50,9	ca. 1 min
12.900	3,4	123,5	164,7	25,8	34,4	15–30 sec

Menschen mit einigen vorbestehenden Erkrankungen können ggf. schwerwiegende Probleme bei dieser Höhe entwickeln, während gesunde Menschen diese Exposition in der Regel gut vertragen: Die Expositionsdauer ist zu kurz, um eine akute Höhenkrankheit zu entwickeln, und auch zu kurz, um relevante neurologische Probleme zu verursachen. In der Flugmedizin wird dieser Zeitraum als »Time of Useful Consciousness« bezeichnet (s. Tab. 5).

6.4.14 Formen der beruflichen Exposition gegenüber Hypoxie (Quelle: UIAA) – Seite 30 – 01.06.2016 <<

Bei steigender Höhe nimmt die maximale Arbeitsbelastbarkeit um 10–15 % pro 1.000 m Höhe ab (beginnend bei 1.500 m über NN), wobei gut trainierte Menschen proportional die größte LeistungseinbuÙe zeigen (s. Abb. 15).

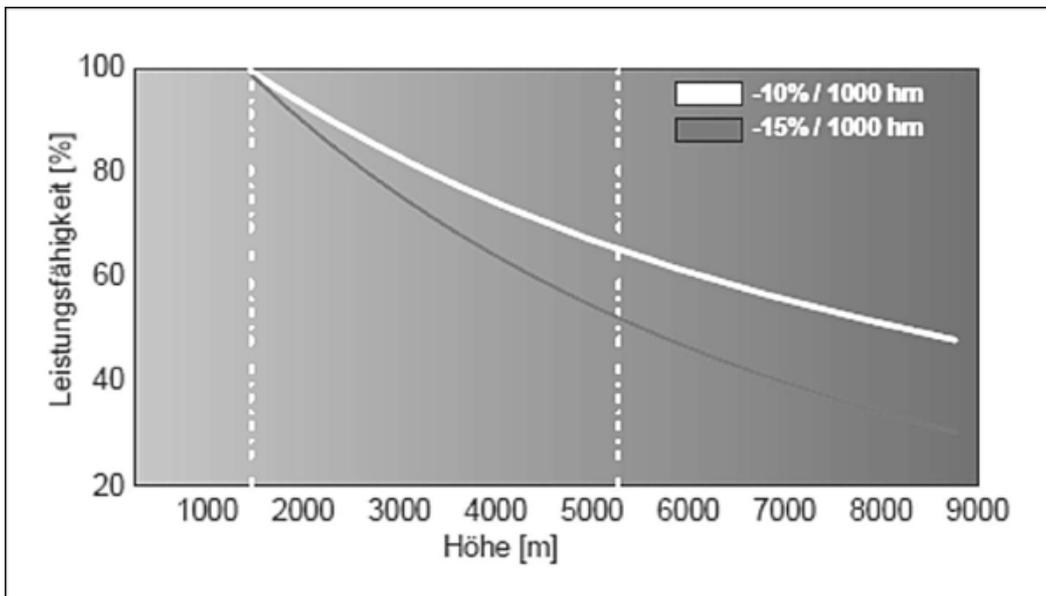


Abb. 15: Abfall der maximalen Belastbarkeit mit zunehmender Höhe: –10 % pro 1.000 m bei niedrigem Trainingszustand, bis zu –15 % pro 1.000 m bei hohem Trainingszustand, beginnend ab 1.500 m Höhe. 1.500 m: »Schwellenhöhe«; 5.300 m: Grenze der vollständigen Akklimatisation/des langfristigen Aufenthalts.

Da die in der Höhe verrichtete Arbeit zumeist eine begrenzte Belastung darstellt (schätzungsweise 0,5–1,0 W/kg Körpergewicht), stellt dieser Effekt normalerweise keine Limitierung dar. Bei sehr anstrengender Arbeit oberhalb von 3.000 m Höhe ist die O₂-Diffusion ein zunehmend limitierender Faktor und Menschen, die intensive Arbeiten verrichten, können ihre SaO₂ nicht auf einem Niveau stabilisieren, das für die entsprechende Höhe in Ruhe zu erwarten wäre. Aus diesem Grund sinkt die SaO₂.

Derartige Arbeiten sollten ausschließlich von gesunden Personen durchgeführt werden, und selbst für diese muss eine eingeschränkte (niedrigere) Belastbarkeit berücksichtigt werden, wenn die erforderliche Tätigkeit und die Ressourcen dafür geplant werden (s. Abb. 15).

Bearbeitungsdatum: Dezember 2016