

54

131,293

Xe



Xenon – Fluch oder Segen? Vollgas zum Mount Everest

Ob Xenon die Leistungsfähigkeit beim Höhenbergsteigen verbessert oder das Risiko für akute Höhenkrankungen beeinflusst, ist noch relativ unklar, da es dazu keine Studien gibt. Die mediale Aufmerksamkeit für die Xenon-Anwendung beim Höhenbergsteigen im Frühjahr 2025 haben wir zum Anlass genommen, uns dieses Edelgas und seine Verwendung beim Höhenbergsteige genauer anzuschauen.

Von Marc Moritz Berger und Wolfgang Schobersberger

Neben den logistischen, technischen und physiologischen Herausforderungen, die mit der Besteigung extrem hoher Berge verbunden sind, ist ein weiteres wichtiges Merkmal solcher Expeditionen ihre lange Dauer. Auch heutzutage erfordern Expeditionen zum Mount Everest (8849 m) in der Regel einen Zeitaufwand von sechs bis acht Wochen, obwohl die Zustiegsdauer bei Begehungen von der nepalesischen Seite durch Flüge nach Lukla bzw. von der tibetischen Seite durch Anreise zum Basislager mit dem Auto meist um einige Tage verkürzt wird. Zur Akklimatisation in großen Höhen und um die Anzahl an Durchquerungen des gefährlichen Khumbu-Eisfalls zu reduzieren, nutzen einige Expeditionen auf der Südseite des Mount Everests Besteigungen anderer Berge in der Region, wie des Lobuje Ost (6119 m). Darüber hinaus werden von vielen Bergsteiger:innen einige Wochen vor Expeditionsbeginn sogenannte Hypoxie-Zelte verwendet, um die Akklimatisation bereits vor der Expedition zu beginnen und damit den Zeitaufwand vor Ort zu verkürzen. Auf der Suche nach weiteren Methoden zur Verkürzung der Expeditionsdauer zum Mount Everest weckte im Frühjahr 2025 ein neuer Ansatz erhebliches mediales Interesse, als vier Briten unter Leitung eines österreichischen Bergführers unter der Patronanz eines Tiroler Expeditionsveranstalters im Rahmen ihrer Expeditionsvorbereitung das Edelgas Xenon anwendeten. Etwa 3 Wochen vor Beginn der Expedition atmeten die Bergsteiger einmalig Xenon in einer der Öffentlichkeit nicht bekannten Konzentration ein. Lediglich fünf Tage nach Aufbruch in London (UK) stand das Team auf dem Gipfel des Mount Everest¹. Obwohl die Inhalation von Xenon in ein umfangreiches Paket weiterer Maßnahmen eingebettet war, wurde die hohe Aufstiegs geschwindigkeit von den Expeditionsmitgliedern und dem Expeditionsveranstalter vor allem auf ebendiese Xenon-Inhalation zurückgeführt. Aus medizinischer Sicht ist jedoch unklar, ob Xenon tatsächlich von Nutzen war oder ob nicht die anderen Aspekte in der Vorbereitung und Durchführung der Expedition von wesentlich größerer Bedeutung waren.

Das Edelgas Xenon mit dem Elementsymbol Xe und der Ordnungszahl 54 steht im Periodensystem mit einer Atommasse von 131,293 u. Fotos: Weichao Deng / unsplash

Xenon

Xenon ist ein farbloses, geruchloses, geschmackloses, extrem seltenes Edelgas, das in der Produktion sehr teuer ist. Anwendung findet es insbesondere in Blitzlampen und Triebwerken für die Raumfahrt sowie in der Medizin als Narkosegas. Im Vergleich zu anderen Narkosemitteln beeinflusst es die Herz-Kreislauf-Funktion sehr wenig und führt zur schnelleren Wiederherstellung des Bewusstseins nach Beendigung der Narkose sowie zu geringerer Umweltbelastung². Einigen tierexperimentellen Berichten zufolge könnte Xenon auch zu einem Schutz des Gehirns gegenüber einer Reihe schädigender Substanzen und Verletzungen führen, wobei diese Effekte beim Menschen nicht ausreichend belegt sind. Zu den bekanntesten Nebenwirkungen einer Xenon-Anwendung gehören ein erhöhter Hirndruck, eine Verlangsamung der Herzfrequenz sowie Übelkeit und Erbrechen³.

Xenon, Leistungssteigerung und Doping

Vorab gilt es, den Begriff „Doping“ zu klären. Doping wird von der World Anti-Doping Agency (WADA) mit Sitz in Montreal definiert. Alljährlich wird eine Liste mit verbotenen Substanzen und Methoden veröffentlicht, die sog. WADA Prohibited List (<https://www.wada-ama.org>). Gemäß der WADA-Definition ist Doping, nebst anderen Punkten, das Vorhandensein einer verbotenen Substanz im Körper eines: einer Sportler:in und/oder die (versuchte) Anwendung einer verbotenen Substanz oder einer verbotenen Methode. Damit eine Substanz oder eine Methode in die Verbotsliste aufgenommen wird, sind 2 von 3 der nachfolgenden Kriterien zu erfüllen. Die nachweisbare Leistungssteigerung ist somit kein Muss, sollten die Punkte 2 und 3 erfüllt sein:

1. steigert potentiell die Leistung
2. schädigt potentiell die Gesundheit
3. verstößt gegen den Sportsgeist

Der Begriff „Doping“ ist für den organisierten Sportbereich reserviert. Außerhalb dieses gesellschaftlichen Teilsystems wird von „Substanzmissbrauch“ gesprochen, auch wenn die verwendeten Substanzen oder die Motiv-Lagen oftmals identisch sind.

Marc Berger ist Ärztlicher Direktor der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie am Klinikum Ludwigsburg (D). Er ist Mitglied des Präsidiums der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin. Sein wissenschaftlicher Schwerpunkt sind die akuten Höhenkrankheiten.

„Eine nicht fachgerechte Anwendung kann im Extremfall zu Atemstillstand und schließlich zum Tod führen.“

Bergsport und Gesundheit #12

Diese in jeder zweiten Ausgabe erscheinende Serie (im Wechsel mit der Serie „Bergrettung“) organisieren und betreuen Dr. Nicole Slupetzky (Vizepräsidentin des ÖAV und Präsidentin des Clubs Arc Alpin) und Prof. Dr. Marc Moritz Berger (Ärztlicher Direktor der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie in Ludwigsburg; Präsidiumsmitglied der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin). Der Experte für Prävention und Therapie der akuten Höhenkrankheiten und für alpine Notfallmedizin ist Mitinitiator des Symposiums für Alpin- und Höhenmedizin Salzburg, das gemeinsam mit dem Österreichischen Alpenverein organisiert wird.

Doping im Bergsport

Es ist an dieser Stelle wichtig festzuhalten, dass unabhängig von der angewendeten Substanz oder Methode im nicht wettkampforientierten Bergsport der Begriff „Doping“ keine Gültigkeit hat. Ausgenommen sind jene Wettkämpfe mit Athlet:innen, deren Verbände international/national die WADA-Kriterien anerkennen. Beispiele hierfür sind Veranstaltungen im Sportklettern. Austria Climbing, der Kletterverband Österreich (KVÖ), bekennt sich zu dopingfreiem Leistungssport. Ähnlich sind die Regularien der International Ski Mountaineering Federation (ISFM), welche bei internationalen Wettkämpfen Dopingkontrollen durchführen lässt. Eine diesbezüglich neue Sportart mit internationalen Wettkämpfen ist das Trailrunning.

Xenon ist gemäß WADA verboten. Die WADA-Verbotsliste setzt sich aus einer Auflistung verbotener Substanzen und verbotener Methoden zusammen, eine weitere Unterteilung erfolgt danach, ob ein Verbot nur im Wettkampf oder generell über das ganze Jahr besteht. Xenon ist zu allen Zeiten, also während und außerhalb des Wettkampfs verboten. Die Hintergründe, warum Xenon auf der WADA-Verbotsliste steht, sind komplex und reichen in das Jahr 2014 zurück, wo in Sochi, Russland, die Olympischen Winterspiele durchgeführt wurden. Zu Beginn dieser Olympischen Spiele gab es eine Zeitungsmeldung des „Economist“⁴, in welcher behauptet wurde, dass Xenon leistungssteigernd sei und russische Athlet:innen in der Vorbereitung für Sochi Xenon inhaliert hätten. Diese Spekulationen basierten auf einem offiziellen Dokument des russischen Staatsinstitutes für Forschung als Teil des Verteidigungsministeriums, wo Empfehlungen und Richtlinien zur Xenon-Gabe für Athlet:innen zur Leistungssteigerung und Regeneration (u. a. Schlafoptimierung) verschriftlicht waren (Details siehe⁵). Unmittelbar nach den Olympischen Winterspielen von Sochi nahm sich die WADA dieser Problematik an und setzte Xenon mit 1.9.2014 auf die Verbotsliste.

Xenon beim Bergsteigen

Ob Xenon die Leistungsfähigkeit beim Höhenbergsteigen erhöht und/oder das Risiko für akute Höhenkrankungen beeinflusst, ist vollkommen unklar. Bisher gibt es keine Studien, die diese Fragestellungen untersucht haben. Ein möglicher Effekt von Xenon kann daher bestenfalls indirekt aus Schnittmengen abgeleitet werden, die zwischen Xenon und den Prozessen bestehen, die beim Höhenbergsteigen und bei akuten Höhenkrankungen eine Rolle spielen. Diese möglichen Schnittmengen sollen im Folgenden kurz beleuchtet werden.

Akklimatisation

Ein Aufstieg in die Höhe löst eine Reihe von Akklimatisationsprozessen aus, die dem Körper helfen, sich an die sauerstoffarme Umgebung anzupassen. Einer der wichtigsten Prozesse für die Aufrechterhaltung der körperlichen Leistungsfähigkeit in der Höhe ist ein Anstieg der Erythropoietin-Konzentration im Blut. Erythropoietin (Epo) wiederum führt zu einem



Prof. Dr. Wolfgang Schoberberger, Direktor des ISAG Institut für Sportmedizin, Tirol Kliniken Innsbruck und der Privatuniversität UMIT Tirol Hall; Gründungs- und Vorstandsmitglied der ÖGAHM.

Anstieg der Anzahl der roten Blutkörperchen und somit zu einer Zunahme der zirkulierenden Hämoglobin-Menge und trägt dazu bei, die Sauerstoffversorgung des Gewebes in der Höhe aufrechtzuerhalten, wodurch die körperliche Leistungsfähigkeit verbessert wird. Bisher gibt es nur eine einzige Studie, die untersucht hat, ob auch Xenon über eine Steigerung der Epo-Produktion zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit führt. In dieser Studie⁶ unterlagen die Effekte von Xenon auf die Epo-Konzentration im Blut einer hohen individuellen Schwankungsbreite und es war der Anstieg der Epo-Konzentration zu klein, um die körperliche Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Prävention der akuten Höhenkrankheiten

Im Rahmen der Everest-Expedition im Frühjahr 2025 wurde von den Expeditionsveranstaltern vielfach betont, dass Xenon die Sicherheit am Berg verbessert und das Risiko für akute Höhenkrankheiten – also der akuten Bergkrankheit, des Höhenhirnödems und des Höhenlungenödems – reduziert. Hierzu gibt es bisher jedoch keine einzige Studie. Die akute Bergkrankheit und das Höhenhirnödem sind Erkrankungen, die primär durch den Sauerstoffmangel des Gehirns ausgelöst werden. Ob Xenon das Gehirn vor Sauerstoffmangelbedingten Schäden in großer Höhe schützen kann, ist mehr als fraglich. Die Annahme, dass Xenon das Gehirn vor einem Sauerstoffmangel schützen kann, wird häufig fälschlicherweise aus einer Reihe von Tierstudien abgeleitet. In diesen wurden die Wirkungen von Xenon untersucht, wenn es entweder vor oder nach verschiedenen Formen von Hirnverletzungen verabreicht wurde, darunter Herzstillstand, Schlaganfall und traumatische Hirnverletzungen⁷.

Allerdings sind diese Krankheiten nicht mit dem Bergsteigen in großen Höhen vergleichbar, da sie entweder eine direkte Verletzung des Gehirns beinhalten oder auf einer vollständigen Unterbrechung des Blutflusses zum Gehirn beruhen. Bei Bergsteigern hingegen kommt es zwar zu einem Sauerstoffmangel, jedoch bleiben die Hirndurchblutung und die Sauerstoffversorgung des Gehirns bis zu einem gewissen Grad erhalten. Es gibt keine Daten, die darauf hindeuten, dass Xenon beim Höhenbergsteigen vor Hirnschädigungen schützt. Auch bezüglich der Effekte von Xenon auf das Höhenlungenödem gibt es keinerlei Daten. Das Höhenlungenödem beruht im Wesentlichen auf einer Steigerung des Blutdrucks in den Lungengefäßen, wodurch Flüssigkeit in das Lungengewebe abgepresst wird (dies wird als Ödem, also als Wasseransammlung im Gewebe bezeichnet). Wie Xenon den Blutdruck in den Lungengefäßen beeinflusst, ist unklar. Einige Studien zeigen, dass Xenon den Blutdruck erhöht, andere, dass Xenon den Blutdruck vermindert, und wiederum andere, dass Xenon den Blutdruck in den Lungengefäßen gar nicht beeinflusst.

Selbst wenn Xenon die Entstehung der akuten Höhenkrankheiten unterbrechen könnte – was, wie oben erläutert, nicht klar ist –, ist es unwahrscheinlich, dass eine Verabreichung Tage oder Wochen vor einem geplanten Aufstieg ausreichend lang wirksam wäre um während des eigentlichen Aufstiegs einen Nutzen zu bringen.

Risiken der Xenon-Verwendung

Das größte Risiko in der Anwendung von Xenon liegt darin, dass es ein Narkosegas ist und ab einer bestimmten Konzentration zur Bewusstlosigkeit führt. Daher muss es in einer medizinischen Umgebung von einem ausgebildeten Anästhesisten verabreicht werden. Angesichts der ausführlichen Berichterstattung über Xenon in der Laienpresse und in den sozialen Medien besteht jedoch das Risiko, dass die Xenon-Gabe auch durch nicht medizinisch ausgebildete Personen in einer nicht geeigneten Umgebung erfolgt. Eine nicht fachgerechte Anwendung kann im Extremfall zu Atemstillstand und schließlich zum Tod führen. Weitere, relativ häufige Nebenwirkungen von Xenon sind Übelkeit und Erbrechen.

Andere Aspekte der Expeditionsvorbereitung

Im Rahmen der Everest-Expedition im Frühjahr 2025 zog die Xenon-Inhalation die meiste Aufmerksamkeit auf sich, obwohl sie nur ein Bestandteil eines umfangreicheren Maßnahmenpaketes war. Zahlreiche Argumente lassen vermuten, dass andere Praktiken der Bergsteiger eine größere Rolle für den erfolgreichen Aufstieg in sehr kurzer Zeit gespielt haben als die Xenoninhalation an sich. Für diese Annahme spricht, dass dem Ukrainer Andrew Ushakow am 19. Mai 2025 ein noch schnellerer Aufstieg auf den Mount Everest von Meeressniveau aus gelang: 3 Tage, 23 Stunden und 7 Minuten nach Aufbruch in New York (USA) stand er auf dem Gipfel – mit Flaschensauerstoff, aber ohne Anwendung von Xenon⁸.

Die Bergsteiger, die vor ihrer Everest-Expedition im Jahr 2025 Xenon verwendeten, schliefen und trainierten mehrere Wochen in sogenannten Hypoxie-Zelten, um die Akklimatisation an Hypoxie zu erleichtern, das Risiko einer akuten Höhenkrankheit zu verringern und die körperliche Leistungsfähigkeit zu verbessern. Mit Hilfe eines elektrisch betriebenen Generators wird ein Gasgemisch mit einer reduzierten Sauerstoffkonzentration erzeugt. Dieses wird in ein großes Zelt geleitet, in dem geschlafen und/oder trainiert wird. Die Menge an Sauerstoff kann im Laufe der Zeit variiert werden, sodass bei der Vorbereitung auf eine Expedition das Ausmaß des Sauerstoffmangels schrittweise erhöht werden kann. Zahlreiche Studien haben die Effekte einer Anwendung solcher Hypoxie-Zelte vor einer Höhenreise untersucht. Die Ergebnisse sind jedoch widersprüchlich: Einige Studien haben gezeigt, dass die Vorakklimatisierung in solchen Hypoxie-Zelten das Auftreten oder den Schweregrad einer akuten Bergkrankheit während des anschließenden Höhengaufenthalts verringert^{9, 10, 11}, während andere keinen Nutzen gezeigt haben^{12, 13}. Die widersprüchlichen Ergebnisse sind wahrscheinlich auf Unterschiede zwischen den Studien in Bezug auf Schwere, Dauer und Häufigkeit der Hypoxie-Exposition während der Präakklimatisierungsphase sowie auf das Profil des anschließenden Aufstiegs in die Höhe zurückzuführen. Allerdings hat die Verwendung solcher Hypoxie-Zelte zur Vorbereitung auf das Bergsteigen in extremer Höhe in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Einige Expeditionsanbieter verlangen sogar die Verwendung von Hypoxie-Zelten in der

Referenzen

1. Wolfe J, Sharma B (2025). Up Everest in a Flash, Assisted by Xenon Gas. In: The New York Times. The New York Times Company, New York.
2. McGuigan S, Marie DJ, O'Bryan LJ et al. The cellular mechanisms associated with the anesthetic and neuroprotective properties of xenon: a systematic review of the preclinical literature. *Front Neurosci* 2023; 17: 1225191.
3. Law LS, Lo EA, Gan TJ (2016). Xenon Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Anesth Analg* 122: 678–697.
4. Anonymous (2014). Breathe it in: an obscure gas improves athletes' performance. In: Economist. Retrieved from: <https://www.economist.com/science-and-technology/2014/02/08/breathe-it-in>.
5. Bezuglov E, Morgans R, Khalikov R et al. (2023). Effect of xenon and argon inhalation on erythropoiesis and steroidogenesis: A systematic review. *Heliyon* 9: e15837.
6. Dias KA, Lawley JS, Gatterer H et al. (2019). Effect of acute and chronic xenon inhalation on erythropoietin, hematological parameters, and athletic performance. *J Appl Physiol* 127: 1503–1510.
7. Liang M, Ahmad F, Dickinson R (2022). Neuroprotection by the noble gases argon and xenon as treatments for acquired brain injury: a preclinical systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 129: 200–218.
8. Alpin Magazin (2025). Rekord am Mount Everest: Andrew Ushakov besteigt Gipfel in knapp vier Tagen! Retrieved from: https://www.alpin.de/home/news/62482/artikel_neuer_rekord_am_mount_everest__andrew_ushakov_bestellt_gipfel_in_nur_drei_tagen.html
9. Beidleman BA, Muza SR, Fulco CS et al. (2004). Intermittent altitude exposures reduce acute mountain sickness at 4300 m. *Clin Sci (Lond)* 106: 321–328.
10. Lyons TP, Muza SR, Rock PB et al. (1995). The effect of altitude pre-acclimatization on acute mountain sickness during reexposure. *Aviat Space Environ Med* ; 66: 957–962.
11. Wille M, Gatterer H, Mairer K et al. (2012). Short-term intermittent hypoxia reduces the severity of acute mountain sickness. *Scand J Med Sci Sports* 22: e79–85.
12. Burse RL, Forte VA, Jr (1988). Acute mountain sickness at 4500 m is not altered by repeated eight-hour exposures to 3200–3550 m normobaric hypoxic equivalent. *Aviat Space Environ Med* 59: 942–949.
13. Faulhaber M, Pocecco E, Gatterer H et al. (2016). Seven Passive 1-h Hypoxia Exposures Do Not Prevent AMS in Susceptible Individuals. *Med Sci Sports Exerc* 48: 2563–2570.

Vorbereitung auf die höchsten Berge dieser Erde und haben die Dauer ihrer Expeditionen zu diesen Bergen entsprechend verkürzt. Eine weitere wichtige Maßnahme für die Bergsteiger, die bei ihrer Everest-Expedition im Jahr 2025 Xenon verwendeten, bestand in der Gabe großzügiger Mengen Sauerstoff. Dass die Anwendung von Sauerstoff die Erfolgchancen auf den Gipfel erhöht und das Risiko von akuten Höhenkrankheiten, Erfrierungen und Unterkühlungen verringert, ist gut untersucht. Eine in Publikation befindliche Studie (Wakeham et al., persönliche Mitteilung) zeigt, dass unter Ruhebedingungen die Gabe von 2 l/min Sauerstoff die effektive Höhe des Mount Everest (8849 m) auf eine Höhe von 4489 Metern reduziert und dass 6 l/min Sauerstoff den Mount Everest auf eine Höhe von 2116 Metern schrumpfen lassen. Es zeigt sich also, dass die Anwendung hoher Sauerstoffmengen beim Bergsteigen die effektive Höhe und das Ausmaß des Sauerstoffmangels deutlich reduziert und damit die Risiken des Bergsteigens in extremer Höhe mindert und die Zeit, die zur Akklimatisierung an eine schwere Hypoxie erforderlich ist, verkürzt.

Schlussfolgerungen

Die mediale Aufmerksamkeit, welche die Verwendung von Xenon beim Höhenbergsteigen im Frühjahr 2025 erlangt hat, als vier Bergsteiger den Mount Everest nach Xenon-Anwendung in nur 5 Tagen bestiegen, steht in keinem Verhältnis zu den wissenschaftlichen Daten, die es zur Bedeutung von Xenon für das Höhenbergsteigen gibt. Es gibt keine Belege dafür, dass Xenon die Akklimatisierung oder die körperliche Leistungsfähigkeit verbessert oder die akuten Höhenkrankheiten verhindert. Zahlreiche Argumente legen nahe, dass andere Praktiken der vier Bergsteiger – wie die Verwendung von Hypoxie-Zelten zur Präakklimatisierung vor der Expedition und die Verwendung liberaler Mengen Sauerstoff ab einer relativ geringen Höhe während der Expedition – eine größere Rolle für den erfolgreichen Aufstieg in sehr kurzer Zeit gespielt haben als die Xenoninhalation an sich.

Betrachtet man diese Aspekte zusammen mit den Kosten dieser Intervention und den Risiken, die mit der Xenon-Anwendung außerhalb einer streng überwachten Umgebung durch geschulte Anbieter verbunden sind, gibt es derzeit keine Grundlage, Xenon für das Höhenbergsteigen anzuwenden. Die Erfahrungen des leitenden Bergführers dieses Unternehmens sind sicherlich faszinierend, liefern aber keinen Beweis für einen Nutzen. Bevor der Einsatz von Xenon auf breiterer Basis in Betracht gezogen werden kann, müssen weitere Untersuchungen zur Sicherheit und zum Nutzen dieser Maßnahme durchgeführt werden. ■

