



Sauerstoffmangel bei hoch

VON ADRIAN SIEBER UND KRISTIAN UNELL

Ist die Flughöhe ein Risiko für uns Segelflieger? Höhenbedingter Sauerstoffmangel (O₂-Mangel) bei Piloten führt zu einer Leistungsverminderung des Gehirns und kann somit zu einer ernsthaften Gefahr werden. Gerade die hohen Hirnfunktionen wie Charakter, Beurteilungs- und Entschlussvermögen verschlechtern sich bei ungenügender Sauerstoffversorgung als Erstes. Auf zuverlässig spürbare Warnzeichen kann sich kein Pilot verlassen.

Eine Vielzahl von Untersuchungen wie z.B. jene in der Unterdruckkammer, die auch bei Militärpiloten durchgeführt werden, zeigen eine Abnahme der geistigen Leistungsfähigkeit. Unterdruckkammerbedingungen unterscheiden sich aber wesentlich von den herrschenden Bedingungen im Cockpit eines alpinen Segelfliegers. Reelle Faktoren wie Kälte, Flüssigkeitsmangel, Stress, Turbulenzen, Funk- und Navigationsarbeit fehlen im Versuch. Zudem sind leistungsmindernde Faktoren wie Alter, Nikotinmissbrauch, Medikamente oder Lungenleiden bei jungen Militärpiloten nie vorhanden. Bei Segelfliegern liegen keine erfolgten Messwerte vor, die das Ausmaß eines Sauerstoffmangels bei Höhenflügen erahnen ließen. Um diese Informationslücke zu schließen, haben wir im Breitenförderungskurs (BFK) 2009 in Samedan damit angefangen, bei Piloten, die zusammen mit einem Fluglehrer im Doppelsitzer flogen, O₂-Messungen durchzuführen.

Wie lautet die Fragestellung?

Wie ändert sich die im Blut aufgenommene und somit für den Piloten verfügbare Sauerstoffmenge mit zunehmender Höhe beim Segelfliegen? Gelingt es uns, sie mittels Sauerstoff-Sättigung im Blut unter alltäglichen Bedingungen im hochalpinen Segelflug zu messen?

Was und wie haben wir gemessen?

Im BFK 1/09 „Hochalpiner Segelflug“ wurden bei sieben Piloten Messungen von Puls und Sauerstoffsättigung im Blut vorgenommen. In Höhen zwischen 1700 m/M bis 4600 m/M wurden insgesamt 340 Messungen protokolliert. Die Werte wurden alle

zehn Minuten abgelesen und in ein Protokollblatt eingetragen.

Das Pulsoxymeter OXIMAX® N-65 der Firma NELLCOR mit einem Fingersensor diente als Messgerät. Das Gerät war mit Klettenband am linken Oberschenkel, der Fingersensor am linken Ringfinger angebracht. Bei jeder Ablesung wurde auch notiert, ob zu diesem Zeitpunkt Sauerstoff genommen wurde oder nicht (O₂ ON oder O₂ OFF).

Die O₂-Zufuhr erfolgte via Nasensonde. Diese war am meistverbreiteten EDS-D1 Sauerstoffgerät angeschlossen. Das EDS-D1 war in N-Position (= „Now Mode“) eingestellt, was automatisch und höhenabhängig zunehmend mehr O₂ zu Beginn des Einatmens spendet. Bis zu einer Höhe von 4600 m/M war es den Piloten gestattet, unter Einwilligung des Safety Piloten an Bord, die Sauerstoffzufuhr für bis zu zwei Messungen zu unterbrechen.

Was zeigen unsere Ergebnisse?

Sieben Piloten haben sich an den Messungen beteiligt. Es wurden auf Flughöhen zwischen 1700 m/M und 4600 m/M (QNH) über 340 Messungen protokolliert. Die Sauerstoffsättigungen im Blut dieser Piloten erreichten höhenabhängig folgende Durchschnittswerte:

Die Sauerstoffsättigung im Blut liegt mit eingeschalteter Sauerstoffzufuhr (**Tabelle 1, rote Säulen**) bis zu einer Höhe von 4500 m/M stets im Bereich um oder über 95%, also einem normalen, physiologischen Bereich, der volle Leistungsfähigkeit und alle Hirnfunktionen gewährleistet.

Ohne zugeführten Sauerstoff (**Tabelle 1, blaue Säulen**) dagegen sinken die O₂-Sättigungswerte bereits auf 2500 m/M unter diese Marke ab. Ab 3000 m/M liegt der



Bei Segelflugpiloten ab dem 40. Lebensjahr ist Sauerstoffzufuhr zwingend zu empfehlen

Durchschnitt der gemessenen Sättigungswerte ohne Sauerstoffzufuhr unter 92%, also in einem für zuverlässige Cockpitarbeit bereits bedenklichen Bereich.

Der Einfluss des Alters auf die Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut ist in unseren Messungen ebenfalls darstellbar: Je älter der Pilot, desto weniger Sauerstoffsättigung bringt er mit zunehmender Höhe zustande. Dies gilt erwartungsgemäß für Messungen sowohl mit wie auch ohne Nasensauerstoffzufuhr:

Mit zunehmender Höhe erreichen ältere Piloten schlechtere O₂-Sättigungswerte als ihre jüngeren Kollegen. Zudem unterschreiten ältere Piloten ohne zusätzliche Sauerstoffzufuhr schon ab Flughöhen von 2500 m/M die kritische Grenze von 95% Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut.

Alter und Rauchen haben je einen negativen Einfluss auf die Sauerstoffsättigung im Pilotenblut: Proband YVP ist 40-jährig und starker Raucher (ca. dreißig Zigaretten pro Tag seit zwanzig Jahren) und VB ist ein 70-jähriger Nichtraucher. Die **Tabelle 3** zeigt die O₂-Abnahme beim Raucher im Vergleich zu TW, einem gleichaltrigen Nichtraucher. Ebenso liegen die Werte des 70-jährigen VB je mit und ohne O₂ unter denjenigen des um Jahre jüngeren Referenz-Kollegen.

Die Pulsmessungen haben noch kein plausibles Bild ergeben. Die zu geringe Zahl der Messdaten mag hierfür eine Erklärung sein.

alpiner Segelflügen

Zudem werden Pulsraten durch momentane Stress- oder Beanspruchungsunterschiede in den jeweiligen Flugphasen beeinflusst.

Was bedeuten diese Ergebnisse für uns Segelflieger?

Es ist plausibel und spricht für die Qualität der erhobenen Messdaten, dass mit zunehmender Höhe die aufgenommene und somit verfügbare O₂-Menge (gemessen an der Sättigung in %) im arteriellen Blut sinkt (Tabelle 1). Im medizinischen Bereich wird bei beatmeten Patienten beispielsweise eine Sauerstoff-Sättigung von 95% oder höher angestrebt, damit die Organfunktionen nicht beeinträchtigt werden durch O₂-Mangel. Sicher sollte die O₂-Sättigung für die Cockpitarbeit so hoch wie möglich gehalten werden im Interesse einer tadellosen Hirnleistungsfähigkeit. Ein Absinken unter 92% sollte unbedingt vermieden werden, weil da die Hirnleistungen für



qualifizierte Arbeit im Cockpit möglicherweise nicht mehr voll genügen.

Tabelle 2 zeigt, dass bei älteren Piloten bereits Durchschnitts-Sättigungswerte unter 92% bei Höhen um oder über 3000 m/M gemessen werden konnten. Eine Abnahme der geistigen, intellektuellen Leistungen ist dabei vermutlich bereits zu erwarten. Dies spricht für einen Bedarf zur Beimischung

Oben: Pulsoxymeter OXYMAX® N-65 (links) mit Fingersensor zum Kleben (rechts). Pulsoxymeter mit Display, auf welchem Puls und O₂-Sättigung im Blut angezeigt werden

Rechts: EDS – D1 Sauerstoffgerät: Am blauen Adapter wird die Nasenkanüle angeschlossen

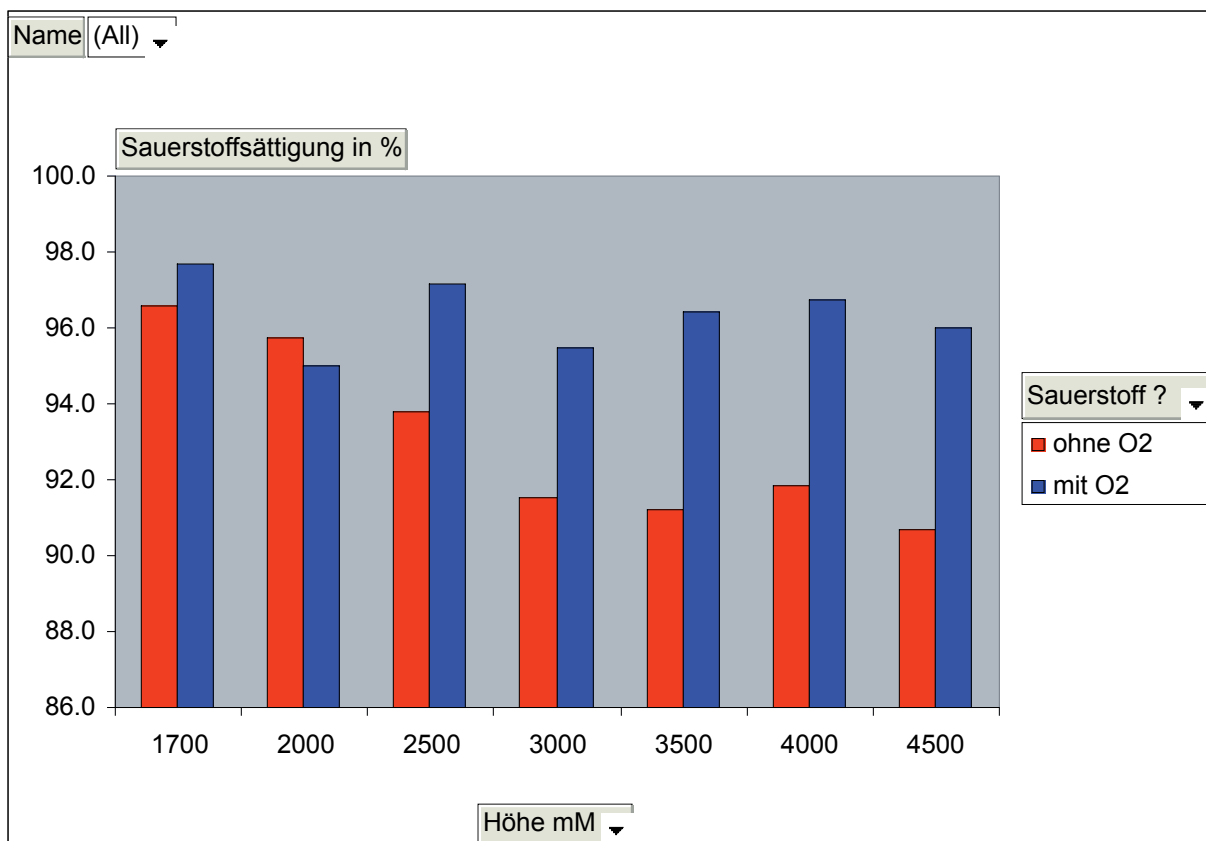


Tabelle 1: Durchschnittswerte der Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut mit (= rote Säulen) und ohne (= blaue Säulen) Sauerstoffzufuhr via Nasensonde bei 7 Segelflugpiloten

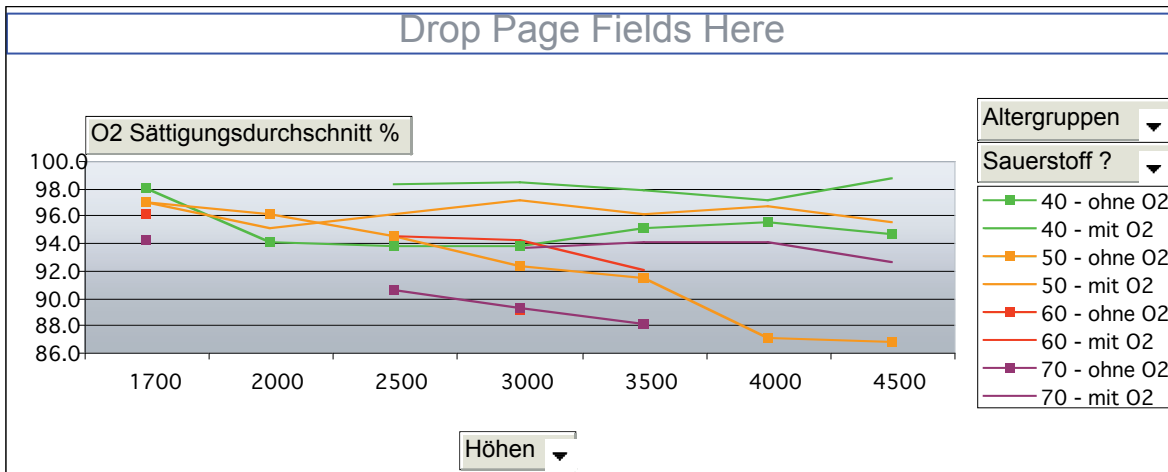


Tabelle 2: O₂-Sättigungsdurchschnitt im arteriellen Blut nach Altersgruppen, je mit und ohne (= Linien mit Quadraten drin) Nasensauerstoffzufuhr im Segelflugzeug in verschiedenen Höhen

von Sauerstoff in der Einatemluft spätes-tens ab 3000 m/M. Bisher lautete der landläufige Konsens in dieser Frage, dass ab 4000 m/M O₂ zu nehmen sei. Höhere Hirnfunktionen sind z.B. Risikoabschätzung, Entscheidungsfähigkeit des Piloten und kognitive Fähigkeiten, d.h. Informationen erkennen und verarbeiten können. Sie sind für eine kompetente Cockpitarbeit eines jeden Segelfliegers lebenswichtig. Nimmt einmal die verfügbare Sauerstoffmenge im Blutkreislauf ab, so hat auch das Gehirn weniger Sauerstoff zur Verfügung. Es wird dann zuerst in seinen höheren Funktionen gebremst. Niemand weiß genau, wo dieser kritische Grenzwert liegt. Er ist ganz einfach für Piloten nicht erforscht. Aus anderen Gebieten der Medizin (Bergsteiger- oder auch Intensivmedizin) ist be-

kannt, dass bei rückläufigen Sauerstoffsättigungen im Blut bei Werten unter 95% vermutlich bereits Funktionseinbußen des Gehirns auftreten.

Fazit für uns Segelflieger

Die Daten zeigen, dass Piloten je nach Alter zwischen 2500 m/M und 3000 m/M im Flug mit einer signifikanten Reduktion ihrer Sauerstoffsättigung im Blut zu rechnen haben. Ab 2500 m/M Flughöhe treten bei über 40-jährigen Piloten ohne Sauerstoffzufuhr bereits Sättigungswerte auf, die für eine tadellose Cockpitarbeit kritisch sein können. Unsere Ergebnisse sprechen für eine Empfehlung, dass Piloten ab dem 40. Lebensjahr bereits ab 2500 m/M Flughöhe Sauerstoffzufuhr nehmen sollten. Ältere Piloten sollten schon in tieferen Lagen zum

Sauerstoff greifen.

Unsere Daten müssen in einem nächsten BFK mit zusätzlichen Messungen auf größeren Flughöhen noch konsolidiert werden.

Dank

An den BFK-Kursleiter Domenic Planta für seine Zustimmung zu Protokoll und Messungen, an die Firma LEUAG (Technik für Medizin und Wissenschaft) Unterseen und besonders an Herrn Augstburger für die kostenlose Ausleihe der Oxymeter. Kristian Unell für die Tabellengestaltung und IT Unterstützung sowie M. Hostettler (Mitarbeiterin LW) für das kritische Gegenlesen des Textes.

Tabelle 3: O₂ Sättigungswerte bei einem gesunden 44 jährigen Nichtraucher(A), einem 41 jährigen Raucher(B) und bei einem gesunden 72 jährigen Nichtraucher (C). A = TW, B = YVP und C = VB

