

Hyperoxydative Ventilation während der Narkose

Diplomarbeit zur diplomierten Expertin Anästhesiepflege NDS HF

Tabitha Sidler
Kellerstrasse 32
6005 Luzern
tabithasidler@hotmail.com

Mai 2017

Mentor: Sven von Niederhäusern
Höhere Fachschule Gesundheit Zentralschweiz
Klasse 15H A



Abstract

Ziel

Die Reduktion von Wundinfekten, sowie eine optimale Wundheilung und somit eine Verringerung der postoperativen Komplikationen, liegt sowohl im Interesse der Patienten¹, wie auch in dem der involvierten Disziplinen.

Sauerstoff, das weitaus am meisten genutzte Medikament in der Allgemeinanästhesie, soll genau diese positiven Effekte auf die Wunden haben, welche durch die Operation entstanden sind. Demzufolge steht die zentrale Fragestellung, mit welcher intraoperativen Sauerstoffkonzentration das beste Outcome in Bezug auf die Gewebeoxygenierung erzielt werden kann, im Fokus dieser Arbeit.

Methodik

Seit einigen Jahren werden immer wieder Studien zu diesem Thema erarbeitet, wobei die Auswirkungen der prä-, intra- und postoperativen Sauerstoffkonzentration untersucht wurden. Während im Hauptteil der Fokus auf den Studien liegt, kann eine Verbindung zur Theorie vom ersten Abschnitt hergestellt werden, wobei vor allem der Sauerstoffpartialdruck im Zentrum steht. Die Diskussionen im Hauptteil basieren hauptsächlich auf der optimalen Menge der Sauerstoffkonzentration. In den Studien wurden Patientengruppen untersucht, welche entweder mit einer Sauerstoffkonzentration von 30% oder 80% beatmet wurden. Immer wieder konnten die Autoren der Studien evidenzbasierte Aussagen bezüglich der positiven Auswirkungen von hohen Sauerstoffkonzentrationen im Bereich von 80% machen.

Ergebnisse

Die meisten Autoren der Studien befürworten eine hohe Sauerstoffkonzentration und sehen die positiven Aspekte von Sauerstoff als dominierend. Im Gegensatz zu den negativen Auswirkungen von Sauerstoff, wie beispielsweise die Atelektasen.

Schlussfolgerungen

Bei Allgemeinanästhesien sollten immer höhere FiO_2 Werte angestrebt werden. So sind Fraction of inspired oxygen (FiO_2) von 80% zu favorisieren. Jedoch finden sich in der Literatur keine abschliessende Antworten bezüglich anzustrebenden Sauerstoffkonzentrationen, da hier schlicht und einfach Studien und Untersuchungen fehlen, die einen konkreten Wert empfehlen.

¹ Im Folgenden wird aus Gründen der sprachlichen Vereinfachung nur die männliche Form verwendet. Das männliche wie auch das weibliche Geschlecht sind aber gleichermassen gemeint.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1 Themenwahl und Motivation	4
1.2 Fragestellung.....	5
1.3 Ziel meiner Diplomarbeit	5
1.4 Eingrenzungen	5
2. Die Atmung	6
2.1 Pulmonaler Gasaustausch	6
2.2 Arterieller Sauerstoffpartialdruck (p_{aO_2})	7
2.3 Alveolärer pO_2	7
2.4 Alveolo-arterieller Sauerstoffpartialdruck.....	8
2.5 Sauerstofftransport am Hämoglobin.....	8
3. FiO_2	9
3.1 FiO_2 während der Einleitung (Präoxygenierung)	9
3.2 FiO_2 während der Ausleitung.....	9
3.3 Intraoperativer FiO_2	10
4. Outcomes von Sauerstoff	11
4.1 Gewebeoxygenierung	11
4.2 Wundinfektion und Wundheilung.....	13
5. Sauerstofftoxizität / Nebenwirkungen von Sauerstoff	16
6. Diskussion	18
7. Schlussfolgerung	22
8. Reflexion	23
9. Danksagung	25
10. Literatur- und Quellenverzeichnis	26
11. Abbildungsverzeichnis	28
12. Anhang	29

1. Einleitung

1.1 Themenwahl und Motivation

Seit ich mit meiner Weiterbildung zur diplomierten Expertin Anästhesiepflege Nachdiplomstudium (NDS) Höhere Fachschule (HF) angefangen habe, bedeutete die Gabe von Sauerstoff (O_2) immer eine gewisse Sicherheit, um die Oxygenation des Organismus aufrechtzuerhalten oder zu verbessern. Sauerstoff wird zu 100% bei der Präoxygenierung verwendet. Patienten erhalten Sauerstoff nach der Extubation, sofern die Sättigung unter 94% liegt und somit keine suffiziente Oxygenierung aufweist. Teilweise erhalten die Patienten bereits während der Vorbereitungsphase Sauerstoff und vor allem bekommen sie intraoperativ während der Narkose dieses lebenswichtige Gas. Somit ist Sauerstoff, das aus meiner Sicht am meisten gebrauchte Medikament in der Anästhesie. Demzufolge stellte ich mir die Frage, welche positiven Aspekte Sauerstoff noch aufweist. Gibt es weitere und wenn ja wie viel Sauerstoff wird für ein positives Outcome benötigt?

Durch die Auseinandersetzung mit diesen ungeklärten Fragen, liess mich der Bezug zwischen der Wundheilung und der Gabe von Sauerstoff aufhorchen. Die Wundheilung spielt während des Spitalaufenthaltes eine wichtige Rolle. Komplikationen werden verringert, Schmerzen vermindert, die Länge der Spitalaufenthalte reduziert und Kosten gespart. Können wir mit Hilfe eines beständigen intraoperativen FiO_2 die Infektionsanfälligkeit und die Wundheilung positiv beeinflussen? Ich erlebe immer wieder, wie die FiO_2 Einstellung am Respirator, vor allem intraoperativ, bei vielen Teammitgliedern variiert und ich meine eingestellte Grenze von 60% FiO_2 nicht vollumfänglich begründen kann. Am Luzerner Kantonsspital Luzern (LUKS) gibt es auch kein einheitliches Schema hinsichtlich des anzustrebenden FiO_2 intraoperativ. In mehreren Gesprächen im Arbeitsalltag habe ich dieses Thema mit Arbeitskollegen kontrovers diskutiert. Aufgrund dessen stellte ich mir viele, bis heute ungeklärte Fragen, die ich mit dieser Arbeit beantworten möchte. In meiner Diplomarbeit setze ich mich aus diesen Gründen mit dem Thema „Hyperoxydative Ventilation während der Narkose“ auseinander.

In unserer Atemluft befinden sich lediglich 21% Sauerstoff. Während einer Vollnarkose beatmen wir die Patienten aber mit einer bis zu 3 bis 5 Mal höheren Konzentration. Ist dies noch physiologisch? Aus diesen Gründen möchte ich erfahren, welches Outcome ich mit einem kontinuierlichen intraoperativen FiO_2 erzielen kann und wie hoch die Sauerstoffkonzentration gewählt werden sollte, sowohl für den Narkoseverlauf, wie auch für die postoperative Phase. Den Fokus werde ich dabei immer auf die Gewebeoxygenierung, die Infektionsrate, sowie die Wundheilung richten. Gleichzeitig möchte ich erfahren, ob es auch negative Folgen haben kann, dem Körper zu viel Sauerstoff zu zuführen. Hier spreche ich vor allem die O_2 -Toxizität an.

Aus diesen Gründen bin ich motiviert, dieses Thema zu erarbeiten, um meine Einstellungen am Respirator evidenzbasiert begründen zu können. Zudem möchte ich das Wissen erlangen, erklären zu können, wie sich die Hyperoxydation auf den Organismus und die damit verbundene postoperative Wundheilung auswirkt.

1.2 Fragestellung

Welcher intraoperative FiO_2 führt zum besten Outcome in Bezug auf die Gewebeoxygenierung?

1.3 Ziel meiner Diplomarbeit

Im Rahmen der Diplomarbeit möchte ich darlegen, welche Auswirkungen bezüglich der Gewebeoxygenierung und der Wundheilung ein erhöhtes FiO_2 auf den Organismus hat. Zudem will ich mit meiner Arbeit ein evidenzbasiertes Schema zur intraoperativen O_2 -Gabe erarbeiten, wie ich in Zukunft mit dem Thema intraoperativer FiO_2 umgehen soll. Die Teammitglieder werden durch mein neu erlangtes Wissen im Alltag unterstützt und meine Aussagen kann ich ihnen nachweislich vermitteln.

1.4 Eingrenzungen

Ich werde die Vorgaben bezüglich der Sauerstoffkonzentration, welche ich vom Luzerner Kantonsspital Luzern kenne, hinterfragen und diese Methode mit der Literatur vergleichen und kritisch evaluieren. Die Arbeit basiert auf der intraoperativen Sauerstoffkonzentration bei Allgemeinanästhesien (AA) bei Erwachsenen. Während der Vorbereitung und der Ausleitung einer Allgemeinanästhesie haben wir klare Vorgaben, bezüglich den FiO_2 Einstellungen am Respirator und diese weichen auch nicht von den Vorgaben in den Standard Operating Procedures (SOP) ab. Diese beiden Phasen der AA werde ich nur kurz erwähnen. Zudem werde ich auch keine Unterschiede zwischen gesunden und lungenkranken Patienten machen.

2. Die Atmung

Die Atmung ist eine der wichtigsten Funktionen unseres Körpers, ohne diese wir nicht überleben können. Unsere Sauerstoffvorräte sind ohne kontinuierliche Zufuhr bereits nach wenigen Minuten aufgebraucht. Deshalb ist es unumgänglich, dass wir während der Narkose diese lebenserhaltende Aufgabe aufrechterhalten und möglichst gut den physiologischen Prinzipien gleichsetzen (Burkhard, 2009). Hypoxische Ereignisse gehören laut Larsen (2013) zu den häufigsten Narkosezwischenfällen, welche durch verfügbares Wissen, die Aufmerksamkeit aber auch durch Erfahrung durchaus reduziert werden können.

Ungefähr 1/5 (21%) unserer Einatemluft besteht aus O₂. Der grösste Anteil nimmt Stickstoff (N₂) mit 78% ein. Hinzukommen Argon, Kohlendioxid und weitere Edelgase, welche lediglich noch 1% ausmachen (Larsen, 2013). Der Verbrauch von Sauerstoff in Ruhe beträgt circa 3 - 4 ml/kg. Dieser Faktor kann bei physischer wie auch psychischer Belastung bis zu einem zehnfachen gesteigert werden, um so den erhöhten Bedarf an Sauerstoff zu decken. Der Kompensationsmechanismus in diesem Falle ist eine erhöhte Ventilation aber auch ein gesteigertes Herzminutenvolumen. Damit der Sauerstoff überhaupt aus der Einatemluft zu den Alveolen gelangen kann, braucht es gewisse physikalische Grundprinzipien (Pape, Kurtz & Silbernagl, 2014).

Zum besseren Verständnis werden in den folgenden Kapiteln die wichtigsten physiologischen Prozesse kurz beleuchtet.

2.1 Pulmonaler Gasaustausch

Der pulmonale Gasaustausch erfolgt nach dem Prinzip der Diffusion. Das bedeutet der Gasstrom wandert so lange vom Ort der höheren zur niedrigeren Konzentration, bis es zum Konzentrationsausgleich kommt (Larsen, 2013). Zum Gasaustausch können lediglich die Bereiche beitragen, welche sowohl ausreichend perfundiert, wie auch genügend ventiliert sind. Fällt einer oder sogar beide dieser Faktoren aus, kommt es schnell zu einem beeinträchtigten Gasaustausch (Silbernagl & Despopoulos, 2007).

Durch das Wissen über die Physiologie des Menschen und die kontinuierliche Überwachung der Patienten während der Narkose, wird sowohl eine stabile Beatmung und Aufrechterhaltung der Ventilation, wie auch eine konstante Perfusion des Organismus und Erhaltung der Herzkreislauffunktion gewährleistet. Zudem wird die Sauerstoffzufuhr durch eine beständige intraoperative Applikation gewährleistet und den Bedarf an O₂ gedeckt (Burkhard, 2009). Damit der zugeführte Sauerstoff den Weg von den Atemorganen bis ins Blut überhaupt passieren kann, braucht es ein Partialdruckgefälle, welches stetig abnimmt (Larsen, 2013).

2.2 Arterieller Sauerstoffpartialdruck (p_aO_2)

Sauerstoff, wie auch Kohlenstoffdioxid haben unterschiedliche Partialdrücke und liegen im Körper somit in verschiedenen physikalisch gelösten Mengen vor. Lediglich 1-2 % des gesamten O_2 sind physikalisch gelöst und können somit in die Zellen diffundieren. Deshalb lässt sich sagen, dass der Sauerstoffpartialdruck (pO_2) ansteigt, je mehr Gas im Blut gelöst ist oder dass der pO_2 mit der im Blut gelösten Gasmenge korreliert. Der Partialdruck des Sauerstoffes in der Umgebungsluft, kurz pO_2 , beträgt in Meereshöhe 159 Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) oder 21.1 Kilopascal (kPa) (Larsen, 2013).

Im Anhang befindet sich die Berechnung des Sauerstoffpartialdruckes nach dem Boyle Gesetz.

2.3 Alveolärer pO_2

Bei zunehmenden Sauerstoffverbrauch wird parallel dazu die alveoläre Ventilation gesteigert, sodass der alveoläre pO_2 (p_AO_2) im Normbereich bleibt. Normwert für den p_AO_2 ist 105 mmHg. Wird das Sauerstoffangebot durch Anhebung der inspiratorischen Konzentration erhöht, steigt ebenfalls der p_AO_2 . Der alveoläre pO_2 ist abhängig von folgenden Faktoren: Barometerdruck (verändert sich zum Beispiel in grosser Höhe), O_2 Verbrauch und inspiratorischer Sauerstoffkonzentration (Larsen, 2013).

Die untenstehende Abbildung 1 stellt dar, welche Werte die Gasdrücke im Atemsystem aufweisen. Die Bezeichnungen sind in mmHg angegeben. Darin ist vor allem das Gefälle der Partialdrücke in der Einatmungsluft gut ersichtlich. In der Einatmungsluft beträgt der pO_2 160 mmHg, nach dem Passieren der Alveolarmembran beträgt der Wert des Partialdrucks bereits 40 mmHg (Bosshard, 2004).

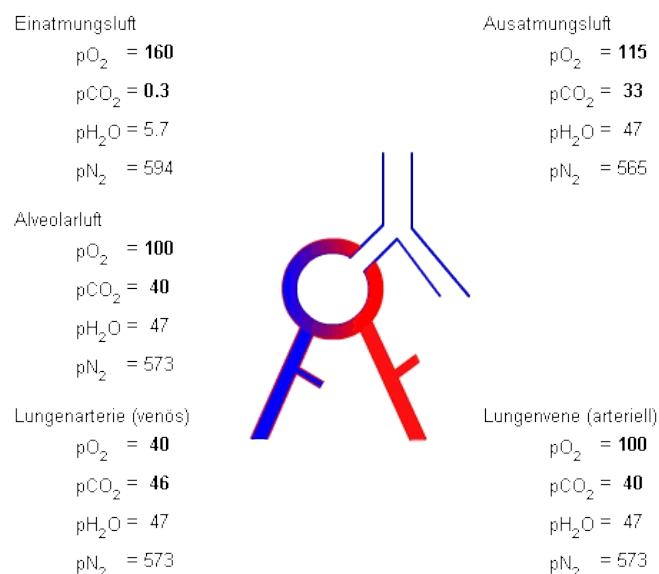


Abb.1: Pulmonaler Gasaustausch und Sauerstofftransport im Blut (Bosshard, 2004, Seite 1).

2.4 Alveolo-arterieller Sauerstoffpartialdruck

Diese auf der Abbildung 1 ersichtliche Abnahme des Partialdruckes, lässt sich mit der Vermengung des Endproduktes aus dem oxydativen Stoffwechsels, dem Kohlestoffdioxid (CO_2), erklären. Aufgrund des pO_2 -Gefälles zwischen Alveolarraum und dem gemischtvenösen Blut diffundiert der Sauerstoff so lange, bis ein Gleichgewicht zwischen dem alveolären und dem lungenkapillären pO_2 entstanden ist (Silbernagl & Despopoulos, 2007). Ist der Gasaustausch erfolgt, besteht zwischen den Alveolen und dem Blut eine Partialdruckdifferenz. Diese beträgt unter Raumluft circa 15 mmHg. Stellen wir am Respirator nun einen FiO_2 von 100% ein, wird die Differenz von 15 mmHg auf 50-60 mmHg erhöht. Werden Stoffe im Körper nicht verstoffwechselt, wie zum Beispiel Wasserstoff oder Edelgase, benötigen sie auch keine Partialdruckdifferenz. Sobald der Sauerstoff über die Alveolarmembran ins Blut gelangt ist, bindet er sich entweder chemisch ans Hämoglobin (Hb) oder bleibt in physikalisch gelöster Form bestehen (Larsen, 2013).

2.5 Sauerstofftransport am Hämoglobin

Das Hämoglobin ist ein Protein mit 4 Untereinheiten, welche je einer Häm-Gruppe angehört. Der Sauerstoff kann nun durch dieses Häm reversibel an das Porphyrin und das Eisen gebunden werden (Silbernagl & Despopoulos, 2007). Im Körper ist nur ein geringer Teil des Sauerstoffes physikalisch gelöst (1-2% des gesamten O_2), der grössere Teil bindet sich chemisch an das Hämoglobin (Hb). Aus Hb und O_2 wird somit HbO_2 . Hämoglobin kann Sauerstoff aufnehmen, für diesen Vorgang wird keine Druckdifferenz benötigt, wie dies in anderen Bereichen des Körpers der Fall ist (Larsen, 2013). Der Partialdruck des Sauerstoffs im venösen Blut beträgt circa 40 mmHg, während der Kontaktzeit von lediglich 0,1 - 0,3 Sekunden steigt dieser Wert auf bis zu 100 – 104 mmHg an. Am Ende haben wir durch physiologische Veränderungen einen arteriellen pO_2 zwischen 80 – 100 mmHg (Pape, Kurtz & Silbernagl, 2014). Folglich lässt sich sagen, dass die Konzentration des Hämoglobins einen positiven Einfluss auf das Angebot des Sauerstoffes an das Gewebe und die Zellen hat (Larsen, 2013).

3. FiO_2

Fraction of inspired oxygen bezeichnet den inspiratorischen Sauerstoffanteil, welcher vom Patienten eingeatmet wird. Bei einem Sauerstoffanteil von 21% beträgt der FiO_2 0,2 und kann somit der Raumluft gleichgesetzt werden. Er wird in Prozent- oder Dezimalzahl dargestellt. Der FiO_2 spielt von der Intubation bis zur Extubation eine zentrale Rolle und gilt als aussagekräftiger Wert, um die Sauerstoffzufuhr während der Narkose kontrollieren und gewährleisten zu können (Larsen, 2013).

Der Fokus dieser Arbeit liegt hauptsächlich bei dem intraoperativen FiO_2 , daher werden die Phasen der In- und Extubation nur kurz erwähnt, da sie ebenfalls eine zentrale Rolle während der Allgemeinanästhesie spielen. In den nächsten Zeilen werden die 3 wichtigsten Phasen einer Allgemeinanästhesie genauer unter die Lupe genommen, damit ein Bezug zur Fragestellung gemacht werden kann.

3.1 FiO_2 während der Einleitung (Präoxygenierung)

In den Standard operating procedures des Luzerner Kantonsspitals Luzern (2014) wird die Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff, sowie die Gabe der Induktionsdosis ab einer Fraction of expiration oxygen (FeO_2) von über 80% vorgeschrieben (Klinik für Anästhesie, Rettungsmedizin und Schmerztherapie des Luzerner Kantonsspitals Luzern kurz KLIFAiRS, 2014). Über eine dichtsitzende Maske atmet der Patient während der Einleitung reinen Sauerstoff ein, dadurch wird der Stickstoff denitrogenisiert. Eine optimale Präoxygenierung kann die Apnoetoleranz eines lungengesunden Erwachsenen auf bis zu 10 Minuten verlängern und uns so wertvolle Sicherheitszeit verschaffen, ohne dass der Patient hypoxisch wird (Roewer & Thiel, 2013).

3.2 FiO_2 während der Ausleitung

Während der Ausleitungsphase einer Allgemeinanästhesie bestehen am LUKS ebenfalls klare Leitlinien zur Einstellungen des FiO_2 Wertes am Respirator, welche in einem Schema in den SOP`s abgelegt sind. Einen FiO_2 von 80% gibt uns, wie bei der Einleitung, eine optimale Sauerstoffreserve, um den Patienten nach der Extubation mit genügender Oxygenation an die nachkommende Station abgeben zu können (KLIFAiRS, 2014). Wie auch Fischer (2008) in seiner Studie erkannte, senkt die Zufuhr von Sauerstoff nach der Narkose das Risiko kardialer Komplikationen, welche durch Hypoxämie oder Tachykardie ausgelöst werden können. Zudem bietet die Gabe von O_2 dem Organismus eine gewisse Sauerstoffreserve für die Zeit zwischen der Ausleitung und dem Weg in den Aufwachraum oder die folgende Bettenstation.

3.3 Intraoperativer FiO₂

Während der Intubation verschafft genügend Sauerstoff im Organismus eine Sicherheitsspanne bei Apnoephasen und Zeit bei schwierigen Intubationen oder kritischen Ereignissen. In der Ausleitungsphase gewährleistet eine ausreichende Menge an O₂ eine gute Oxygenation des Organismus für die postoperative Zeit (Roewer & Thiel, 2013). Die intraoperative Phase ist jedoch oftmals die längste Zeit einer Narkose. Daher werden vor allem in diesem Bereich der Allgemeinanästhesie die positiven Aspekte von Sauerstoff in Bezug auf die Gewebeoxygenierung und die Wundheilung aufgezeigt und diese mit einem konstanten FiO₂ hervorgehoben.

Sauerstoff ist ein kostengünstiges, effizientes und gut steuerbares Medikament und sollte aufgrund der vielen positiven Eigenschaften intraoperativ in einer möglichst hohen Konzentration von 80% genutzt werden. Zudem können hypoxische Ereignisse durch die Sauerstoffreserve verzögert und abgeschwächt werden. Experimente an Tieren zeigten, dass die Erhöhung der Sauerstoffkonzentration von 40% auf 100% eine optimale Oxygenation des Gewebes zur Folge hatte, dies auch bei einem niedrigen Gehalt an Hämoglobin im Körper. Dies ist am ehesten auf die optimale Nutzung des physikalisch gelösten O₂ zurückzuführen (Danzeisen & Priebe, 2005). Greif verglich in seiner Studie von 2005 ebenfalls die Gabe von Sauerstoffkonzentrationen in den Bereichen des FiO₂ von 30% und 80%. Er kam zum Ergebnis, dass ein FiO₂ von 80% die bestmögliche Konzentration sei, um den optimalsten Outcome bezüglich Infektionen und der Wundheilung zu erreichen. Vor allem die ersten Stunden nach einer bakteriellen Kontamination sind ausschlaggebend für die Entstehung von Wundinfektionen. Deshalb sei eine konstant hohe Sauerstoffgabe unerlässlich, um diesen Infektionen vorzubeugen. In einer Untersuchung mit 300 Patienten erhielt die eine Gruppe einen FiO₂ von 30% und die andere 80%. Da die Gruppe welche 80% FiO₂ erhielt, ein 40% tieferes Risiko aufzeigte eine Wundinfektion zu erleiden, wurde am Ende dieser Studie ebenfalls empfohlen eine möglichst hohe intraoperative Sauerstoffkonzentration von 80% anzustreben (Fischer, 2007).

Franzke und Jähne schrieben im Jahr 2013 über die Wichtigkeit von Sauerstoff in Bezug auf die Anastomoseninsuffizienzen nach Gastrektomie. Die Infektionsrate konnte auch hier durch erhöhte Sauerstoffkonzentrationen gesenkt werden (5,8%), während die mit geringeren Konzentrationen versorgte Gruppe mit einem Resultat von 12,9% abschloss. Sie wollten dessen ungeachtet keine genaue Empfehlung dafür machen, wie hoch der intraoperative Sauerstoff gewählt werden sollte. Trotzdem sprachen sie sich einer vermehrten Gabe von Sauerstoff zu, genaue Werte dazu gaben sie in ihrer Studie aber nicht an (Franzke und Jähne, 2013).

4. Outcomes von Sauerstoff

4.1 Gewebeoxygenierung

Der subkutane Gewebepartialdruck und die Infektionsentstehung stehen eng im Zusammenhang miteinander. Aufgrund dieser Erkenntnisse entstand bereits 2005 die Aussage, dass eine gute Gewebeoxygenierung die Infektionsentstehung mindern oder gar vermeiden kann. In dieser Studie wurde untersucht wie viel Sauerstoff intraoperativ benötigt wird, um einen optimalen Sauerstoffpartialdruck zu erreichen und in diesem Zusammenhang einen positiven Wundheilungsverlauf zu gewähren. Arterielle Sauerstoffpartialdrücke von 120 – 350 mmHg führten während und nach der Operation zu einem subkutanen Sauerstoffpartialdruck (P_{scO_2}) zwischen 57 – 76 mmHg. Ein P_{scO_2} von unter 40 mmHg erhöhte das postoperative Infektionsrisiko. Wobei sich ein P_{scO_2} von über 60 mmHg positiv auf die Gewebeoxygenierung und somit auf die Wundheilung auswirkt. Sie untersuchten zudem den FiO_2 , welcher intraoperativ angestrebt werden soll, um diese Sauerstoffpartialdrücke der Subkutis zu erreichen und eine positives Outcome bezüglich der Oxygenation des Gewebes zu erzielen. Sie kamen zum Entschluss, dass möglichst hohe Werte an FiO_2 zugeführt werden sollten, um den P_{scO_2} in einen für den Körper und die Wunden schützenden Abschnitt zu bringen (Danzeisen & Priebe, 2005).

Der Sauerstoffanteil ist stark abhängig vom Blutfluss im betroffenen Gebiet, sowie dem arteriellen Sauerstoffgehalt. Denn diese Faktoren beeinflussen den Anteil von Sauerstoff im Gewebe. Genügend hohe O_2 -Mengen sind für eine optimale Gewebeoxygenierung unerlässlich. Durch eine Minderperfusion oder eine Gefäßverletzung, werden die betroffenen Gebiete zu wenig bis gar nicht mehr mit Sauerstoff versorgt. Ebenfalls wird für den Wundheilungsprozess den Verbrauch an Sauerstoff gesteigert und es kommt somit zu einem Missverhältnis zwischen Sauerstoff Angebot und Verbrauch. Hinter dieser unausgeglichene Balance birgt sich auch die Gefahr der Hypoxie. Um diesen postoperativen Gefahren vorzubeugen, sind gewisse Faktoren notwendig, damit die Sauerstoffkonzentration im Wundbereich überhaupt genügend hoch ist. Dabei steht vor allem ein ausreichend hoher arterieller Sauerstoffgehalt, eine optimale Hb-Konzentration sowie eine entsprechende lokale Perfusion im Vordergrund (Greif, 2005). Die Gabe eines intraoperativen FiO_2 von 80% versus 30% hatte eine deutliche Erhöhung des Sauerstoffpartialdrucks in der Subkutis (P_{sqO_2}) zu Folge. Auch Greif (2005) kam zum Ergebnis, dass ein subkutaner Sauerstoffpartialdruck von unter 40 mmHg die Entstehung von Infektionen begünstigt, er stützte somit die Aussage von Danzeisen und Priebe.

Auf der Abbildung 2 ist eindrücklich zu sehen, wie sich die Hypoxie auf den Sauerstoffpartialdruck der Subkutis auswirkt. Je höher der FiO_2 , desto besser der Partialdruck. Während der Gabe eines FiO_2 von 80% lässt sich schon ab der ersten Operationsstunde eine deutliche Erhöhung des $PsqO_2$ erkennen. Nach circa 2 Stunden haben sich die Werte der beiden Gruppen deutlich verändert. Während die Gruppe mit der höheren Sauerstoffkonzentration deutlich aufsteigende $PsqO_2$ Werte aufzeigt, fallen die der Gruppe 30% unverkennbar ab. Erst circa 3 Stunden postoperativ treffen die beiden Gruppen wieder aufeinander (Greif, 2005). Aufgrund seiner Erkenntnisse aus der Studie, kam er zu folgender Aussage: „Die Häufigkeit von Infektionen korreliert mit dem Partialdruck des Sauerstoffs im Gewebe“ (Greif, 2005, S.1).

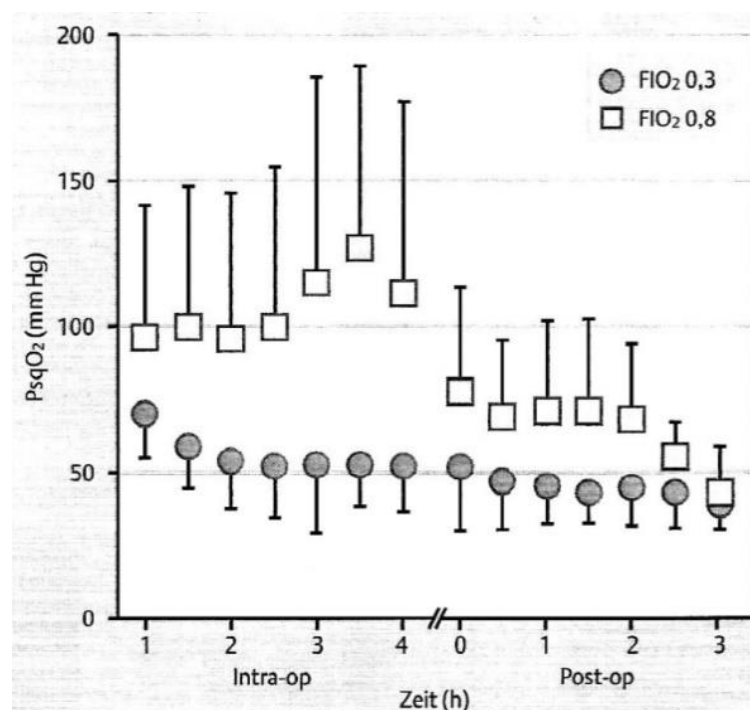


Abb. 2: Outcome-Verbesserung durch FiO_2 1,0: Realität oder Mythos? (Greif, 2005, Seite 2).

In einer Studie aus dem Jahr 2007 wies der Autor ebenfalls auf die Wichtigkeit von Sauerstoff in Bezug auf die Widerstandkraft des Gewebes und die Immunabwehr hin. Je höher der Sauerstoffpartialdruck in der Wunde, desto besser die Abwehr gegenüber Infektionen. Substanzen der Immunabwehr, wie Granulozyten, können erst vollumfänglich funktionieren, wenn das betroffene Gewebe genügend oxygeniert wird. Zudem wird darüber berichtet, wie wichtig Sauerstoff in Bezug auf die Kollagensynthese des Gewebes ist. Durch ausreichende Sauerstoffmengen, kann das Bindegewebe gestärkt werden und somit optimal funktionieren (Fischer, 2007).

Hachenberg, Sentürk, Jannasch und Lippert kamen 2010 desgleichen zum Ergebnis, dass der Sauerstoffpartialdruck eng in Verbindung mit der Wundheilung steht. Sobald der Wert des subkutanen Sauerstoffpartialdruckes unter 40 mmHg fällt, wird die Gewebeoxygenierung negativ beeinflusst und die Stoffe der Immunabwehr können nur eingeschränkt bis gar nicht mehr funktionieren. Um diesem Prozess entgegenzuwirken, empfehlen auch sie die Zufuhr von zusätzlichem Sauerstoff perioperativ (Hachenberg et al., 2010).

4.2 Wundinfektion und Wundheilung

Nach einem operativen Eingriff bleiben immer grössere oder kleinere Wunden zurück, weshalb eine schnelle und komplikationsfreie Wundheilung nach einer Operation angestrebt wird. Die Rate der an einer Wundheilungsstörung betroffenen Patienten nach kolonchirurgischen Eingriffen beträgt 10-30%. Für die Entstehung postoperativer Wunden, sind die ersten Stunden die entscheidendsten. Durch die Manipulation einzelner Gebiete, kommt es zu einer verminderten Sauerstoffversorgung. Die Studien bezüglich Wundinfektion stehen vor allem in Verbindung mit Patienten nach kolorektalen Eingriffen (Fischer, 2007).

In der Studie von 2006 wurden insgesamt 291 Patienten nach einer Darmoperation untersucht. Die eine Gruppe wurde mit einem FiO_2 von 30% beatmet, während die andere Gruppe eine Sauerstoffzufuhr von 80% erhielt. Der Fokus lag vor allem auf der Entstehung der Wundinfekte innerhalb von 2 Wochen. Die beiden Gruppen wurden sowohl intraoperativ, wie auch 6 Stunden postoperativ mit einer kontinuierlichen Sauerstoffzufuhr überwacht. Die Gruppe, welche mit einem FiO_2 von 80% beatmet wurde, zeigte deutlich weniger Wundinfekte auf, als dies in der anderen Gruppe der Fall war. Die Rate sank von 24,4% auf 14,9%. Zudem erkannte der Autor, dass weder das Alter, noch das Geschlecht oder das Körpergewicht in dieser Studie eine Rolle spielte. Bezüglich Heilungsverlauf oder Hospitalisationsdauer konnten am Ende der Studie jedoch keine Aussagen gemacht werden (Meier, 2006). Mit diesen Aussagen und Erkenntnissen kam er somit auf dasselbe Resultat wie die bereits erläuterte Studie von Greif (2005), welcher ebenfalls aufzeigte, dass bei einem tieferen intraoperativen FiO_2 mehr postoperative Wundinfekte entstehen.

2005 wurde eine Studie von Danzeisen und Priebe herausgegeben, welche ebenfalls 2 Gruppen mit unterschiedlichen FiO_2 beatmen liessen. Die erste Gruppe mit 30% und die zweite mit 80%. Die Infektionen traten bei der Gruppe mit der tieferen Sauerstoffkonzentration in 11,2% auf, in der anderen Gruppe bei 5,2%. Die subkutanen Sauerstoffpartialdruckwerte betrugen in der ersten Gruppe 60 mmHg und in der zweiten Gruppe 110 mmHg. Aus diesem Grund befürworteten sie in ihrer Studie das Anstreben einer erhöhten Sauerstoffkonzentration, um die Wundheilung zu verbessern. Danzeisen und Priebe (2005) verglichen in derselben Untersuchung eine weitere Studie von Pryor, Fahey, Lien und Goldstein aus dem Jahr 2004, welche genau das Gegenteil aufzeigten.

Die Voraussetzungen waren dieselben und die Gruppen wurden ebenfalls eingeteilt in 35% und 80% FiO₂. Am Ende gingen die Befunde deutlich auseinander und die höhere Sauerstoffkonzentration wurde mit einem schlechteren Outcome beschrieben. Die Infektionsrate stieg bei erhöhter Sauerstoffgabe auf 25%, während die der 35% FiO₂ am Ende der Untersuchung bei 11,3% lag. Danzeisen und Priebe erklärten sich diese unterschiedlichen Ergebnisse so: Bei der Arbeit von Pryor et al. von 2004 war die Studie weniger gut kontrolliert. Es gab einige Einschränkungen in der Untersuchung und es nahmen deutlich weniger Patienten teil. 165 Männer und Frauen wurden in der Studie von 2004 untersucht, gegensätzlich waren es 500 Patienten in der Studie von 2005.

Einige Jahre später kam ein weiterer Autor erneut zur Erkenntnis, dass ein erhöhter FiO₂ die Wundheilung optimal beeinflusst und ein positiver Aspekt zur Wundheilung aufzeigt. Seine Studie bestand aus 300 Patienten mit kolorektalen Eingriffen, die eine Gruppe erhielt 30% Sauerstoff appliziert, während die Gegengruppe 80% Sauerstoff bekam. Das Risiko einer Wundinfektion, war in der ersten Gruppe, mit der tieferen Sauerstoffkonzentration 40% höher als in der zweiten Gruppe. Optimal sei auch, die Sauerstoffgabe bei dieser Eingriffsart 2 Stunden postoperativ weiterzuführen, um den bestmöglichen Ertrag zu erhalten (Fischer, 2007). In einer weiteren randomisierten Studie wurden 500 Patienten während abdominalen Operationen und 2 Stunden postoperativ untersucht. Auch hier wurde die eine Gruppe mit 80% Sauerstoff versorgt, während die zweite Gruppe 30% O₂ erhielt. In mehreren Stichproben erkannte man, dass in der Gruppe, welche 80% O₂ bekam, ein deutlich vermindertes Risiko für Wundinfektionen herrschte. Lediglich 5,2% hatten ein Risiko für Wundinfektionen, während die zweite Gruppe mit 11,2% deutlich schlechter abschnitt. Sie konnten in ihren Untersuchungen jedoch nicht darlegen, dass bei der 80%igen Sauerstoffgruppe der Spitalaufenthalt verlängert gewesen wäre. Zudem verglichen sie in ihrer Arbeit zudem eine Studie aus Dänemark, welche zwischen 2006 und 2008 durchgeführt worden ist und insgesamt 1400 Patienten miteinschloss (Hachenberg et al., 2010). Hier standen die Ergebnisse bezüglich Wundinfektionen fast gleichauf. In der 30% Gruppe 20,1% in der 80% Gruppe 19,1% (Meyhoff et al., 2009). Hachenberg et al. (2010) gingen nicht weiter auf diese Ergebnisse der Studie ein, sie äusserten sich lediglich dazu, dass die erhöhte Gabe von 80% Sauerstoff überlegt eingesetzt werden sollte, da es für gewisse Patienten zu schädlichen Auswirkungen kommen kann.

Franzke und Jähne (2013) beschrieben ebenfalls, dass sie mit 80% Sauerstoff ein besseres Outcome erreichten, im Gegensatz zu der Gruppe, welche mit 30% O₂ beatmet wurde. Sie untersuchten insgesamt 171 weibliche und männliche Patienten, während und nach einer abdominalen Operation (Gastrektomie). Bei einem FiO₂ von 80% lag die Rate der Anastomoseninsuffizienten bei 49% weniger als bei einem FiO₂ von 30%. Insgesamt starben während dieser Studie 12 Patienten, 4 an den Folgen der Anastomoseninsuffizienz.

Davon waren drei Patienten aus der Gruppe der 30% Sauerstoffkonzentration. Trotz dieser Erkenntnisse wollten sie keine Empfehlungen zur Gabe der intraoperativen Sauerstoffmenge machen. Laut ihnen bedarf dieses Thema noch weiteren Studien und Untersuchungen (Franzke und Jähne, 2013).

2009 wurde bei insgesamt 3001 Patienten die Auswirkung von Sauerstoff auf die Wundinfekte in einer randomisierten Metaanalyse erforscht. In der hyperoxydativ beatmeten Gruppe lag die Infektionsrate bei 9%, während die Rate bei der Gruppe, welche mit 30% beatmet wurden mit 12% deutlich höher lag. Zudem konnte das Infektionsrisiko in der 80% Gruppe mit 25,3% deutlich reduziert werden. Weiter fanden sie heraus, dass vor allem die Patienten nach einem kolorektalen Eingriff von höheren Sauerstoffkonzentrationen profitieren können (Quadani, Akça, Mahid, Hornung & Polk, 2009). In einer weiteren umfangreichen Studie wurden insgesamt 7001 Patienten mit kolorektalen, abdominalen und gynäkologischen Eingriffen untersucht. Die Analysen reichten von 14 Tage bis 30 Tage postoperativ. Sie verglichen mehrere Studien miteinander und kamen zum Ergebnis, dass die Wundheilung und das Infektionsrisiko mit einer Beatmung von 80% FiO₂ von 14,1% auf 11,4% reduziert werden konnte. Bei kolorektalen Eingriffen fiel das Resultat wie folgt aus: Die Rate der Wundentstehung und Infektanfälligkeit sank von 19,3% auf 15,2% (Hovaguimian et al., 2013).

5. Sauerstofftoxizität / Nebenwirkungen von Sauerstoff

Bei einem Überschuss an Sauerstoff entstehen freie Radikale, welche dem Körper normalerweise zur Entgiftung und Immunabwehr dienen. Kommen diese im Organismus jedoch in zu hohen Mengen vor, ist der Körper nicht mehr im Stande diese Radikale zu verarbeiten. Sie beginnen den Körperzellen zu schaden und sind beteiligt an der Entstehung von Krebs, Arteriosklerose sowie neurodegenerative Erkrankungen wie Parkinson und Alzheimer (Marian, 2009).

Fischer erkannte in seiner Studie von 2007, dass erst ab einer Zeit von über 24 Stunden Behandlung mit 95% Sauerstoff Schäden am Organismus und negative körperliche Auswirkungen nachzuweisen sind. Aufgrund dessen sagt er aus, dass die Gabe von 80% Sauerstoff bis 24 Stunden ohne Bedenken verabreicht werden kann. Trotzdem ist die Bildung von Atelektasen, welche durch die erhöhte Gabe von Sauerstoff entsteht, nicht zu vernachlässigen. Während der Narkose sollten diese Atelektasen unbedingt therapiert werden, um allfällige Komplikationen postoperativ zu verhindern. Werden die von Atelektasen betroffenen Lungenregionen wieder eröffnet, sollte der FiO_2 zwischen 40 - 60% gewählt werden, um die positive Auswirkung des Recruitmentmanövers möglichst lange anhalten zu lassen. Gegenwärtig erwähnt er aber auch die positiven Auswirkungen, welche nach Sauerstofftherapien über längere Zeit erkannt wurden, wie beispielsweise verbesserte Überlebenschancen. Ebenfalls spricht er zudem das Auftreten von Zellschäden bei einem tiefen FiO_2 um 0,28 während einer Stunde an. Der Oxydative Stress war bei dem Experiment erhöht und somit kommt es zu einer vermehrten Freisetzung von Sauerstoffradikalen (Fischer, 2007).

Meier (2006) konnte bereits ein Jahr zuvor nachweisen, dass die Bildung von Atelektasen in Bezug auf die vielen positiven Aspekte von Sauerstoff, eine bedeutungslose Rolle spielt und somit bei gesunden erwachsenen Patienten vernachlässigbar sei. Er fand heraus, dass bei der Beatmung mit einem FiO_2 von 30% und einem FiO_2 von 80% das Auftreten von Atelektasen fast kein Unterschied macht und somit ausser Acht gelassen werden kann. Interessant ist auch die Feststellung, dass ein FiO_2 von 40% nach Eröffnung der Atelektasen eine acht Mal längere Wirkung zeigt (40 Minuten), als mit einem FiO_2 von 100% (5 Minuten). Somit lässt sich sagen, dass es besser ist, nach dem Recruitmentmanöver den FiO_2 niedriger zu halten, als direkt auf 100% zu erhöhen. Bis zu 50% aller Patienten erleiden postoperativ Atelektasen nach einer abdominalen Operation. 2 Stunden nach der Narkose sind bei 80% der Patienten Atelektasen nachzuweisen, wie Fischer (2007) in seiner Studie schrieb. Er kam durch seine Erkenntnisse zu folgender Aussage: „Je grösser die atelektatische Fläche, desto ausgeprägter waren die Verschlechterungen des paO_2 “ (Fischer, 2007, S. 6). Im Gegensatz zu dieser Aussage schrieb Fischer (2007) aber auch

davon, dass ein FiO_2 von 80% für bis zu 24 Stunden als sicher angesehen werden kann und die Gefährdung der Sauerstoffnebenwirkungen, wie beispielsweise die Toxizität, ohne Bedenken vernachlässigt werden können. Die während der Denitrogenisierung aufgetretenen Atelektasen können als physiologisch angesehen werden und sind klinisch mit grosser Wahrscheinlichkeit als bedeutungslos zu betrachten. Zudem tritt die häufig diskutierte Sauerstofftoxizität während Vollnarkosen bis zu 12 Stunden gar nicht erst auf (Greif, 2005).

Akça et al. schrieben bereits 1999 über postoperativ durchgeführte Computertomografien (CT) bei Patienten, welche intraoperativ mit einem FiO_2 von 80% beatmet wurden. Überraschenderweise wurden keine bedeutsame Atelektasen Zunahme erfasst. Einzig bei spontanatmenden Patienten, welche einen FiO_2 von 1,0 erhielten, wurden bei den CT-Aufnahmen Atelektasen sichtbar, ein sinkendes Tidalvolumen und eine Entwicklung des arteriovenösen Shuntvolumen erkennbar. Diese negativen Reaktionen der erhöhten O_2 Zufuhr können aber mit einer optimalen Einstellung am Respirator oftmals verbessert oder sogar behoben werden (Akça et al., 1999). Auch laut Danzeisen und Priebe (2005) entsteht eine bedenkliche Toxizität der Lunge erst nach Zufuhr von hohen Sauerstoffkonzentrationen während einigen Tagen. Die perioperative Gabe über mehrere Stunden sei laut ihrer Studie von 2005 ohne bedenkliche Nebenwirkungen und sei für die Immunabwehr der Lunge eventuell sogar von Vorteil. Auf diese Hypothese gingen sie nicht weiter ein.

Zu diesem Thema äusserte sich auch Laux wie folgt dazu: „Das Maß für die inspiratorische O_2 -Konzentration ist die ausreichende Oxygenierung. Die Sorge um mögliche Schäden durch hohe inspiratorische O_2 -Konzentrationen ist zweitrangig“ (Laux, 2012, S. 585).

6. Diskussion

In 2 Punkten waren sich die Autoren der verschiedenen Studien einig. Einerseits, dass die Infektionsvorbeugung sowie die Wundheilung ein zentraler Punkt ist um Komplikationen postoperativ zu verringern und Kosten in den Spitälern zu sparen. Andererseits, dass der Sauerstoff ein kostengünstiges und gut steuerbares Medikament ist. Sie konnten jedoch bezüglich des ersten Punktes keine einheitliche Aussage diesbezüglich machen, ob die Aufenthaltstage im Spital durch eine erhöhte Sauerstoffkonzentration intraoperativ verkürzt werden konnten. Meier (2006) konnte zudem aufzeigen, dass weder das Alter, noch das Geschlecht oder das Gewicht das Resultat beeinflussten und somit zu einem schlechteren Outcome führten. Die Untersuchungen liefen immer in 2 Gruppen ab, die eine Gruppe erhielt einen FiO_2 zwischen 30 und 35% während die zweite Gruppe eine deutlich höhere Sauerstoffkonzentration von 80% bekam.

Während sich die Mehrheit der Autoren einig waren, dass die Gruppe des 80%igen FiO_2 besser abschnitt, widerlegten Pryor et al., 2004 sowie Meyhoff et al., 2009 interessanterweise die Resultate der anderen Studien. Diese zeigten in ihren Untersuchungen auf, dass eine erhöhte Gabe von Sauerstoff (ebenfalls 80%) ein schlechteres Outcome aufweist als umgekehrt. Die Studie aus dem Jahr 2004 musste sogar abgebrochen werden, da die Patienten der Gruppe FiO_2 80% zu viele Komplikationen aufwiesen. Danzeisen und Priebe (2004), welche gegenteilig eine erhöhte Gabe von 80% Sauerstoff erwiesen, begründeten das Resultat von Pryor et al., (2004) folgendermassen: Die Studie wurde weniger gut kontrolliert, als die andere Studie, zudem gab es Einschränkungen, auf welche die Autoren nicht näher hinweisen wollten. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass viel weniger Patienten in dieser Untersuchung teilnahmen.

Bereits 2005 erkannten 2 Autoren unterschiedlicher Studien, dass ein zu tiefer Sauerstoffpartialdruck die Entstehung von Wunden begünstigt und daher verhindert werden sollte. Sie kamen allesamt zum Ergebnis, dass ein Sauerstoffpartialdruck von unter 40 mmHg postoperativ zur Entstehung von Infektionen beiträgt und deshalb zu einem schlechteren Outcome bezüglich Wundheilung führt (Greif, 2005; Danzeisen und Priebe, 2005). Greif (2005) kam mit seiner Studie zudem zum Resultat, dass ein FiO_2 von 80% nötig sei, um den Partialdruck des Sauerstoffes in einen für die Wundheilung prophylaktischen Bereich zu bringen. Auf der Abbildung 2 ist deutlich ersichtlich, dass eine erhöhte Sauerstoffgabe von 80% intraoperativ bereits zu einem postoperativ besseren Partialdruck für sicherlich 2 bis 3 Stunden führt. Die zusätzliche Gabe von Sauerstoff nach einer Operation würde den Partialdruck zusätzlich für eine längere Zeit erhöhen und kann somit gut fortgesetzt werden. Danzeisen und Priebe (2005) zeigte den Zusammenhang zwischen dem intraoperativen Sauerstoff und den Sauerstoffpartialdrücken deutlich auf: Einen FiO_2

von 30% führte zu einem P_{scO_2} von 60 mmHg. Während der Sauerstoffpartialdruck bei einem FiO_2 von 80% auf 110 mmHg ansteigt. Somit zeigten sie deutlich auf, dass eine erhöhte Sauerstoffkonzentration den Partialdruck parallel ansteigen lässt und die Wundheilung positiv beeinflusst. 2 Jahre später führte eine Untersuchung desgleichen zum Resultat, dass die Immunabwehr durch eine zu tiefe Sauerstoffkonzentration nicht mehr vollumfänglich funktioniert und die Kollagensynthese und die Beweglichkeit des Gewebes deutlich eingeschränkt wird (Fischer, 2007). Nicht überraschend kamen auch Hachenberg et al., 2010 auf dasselbe Schlussergebnis wie bereits Greif so wie auch Danzeisen und Priebe im Jahr 2005 aufzeigten. Sie bestätigten mit ihrer Studie 5 Jahre später, dass ein zu tiefer P_{sqO_2} unter 40 mmHg negative Einflüsse auf die Gewebeoxygenation und somit auf die Wundheilung hat. Interessanterweise empfahlen sie die Sauerstoffgabe postoperativ weiterzuführen, um optimale Bedingungen zu schaffen. Die postoperative Gabe von Sauerstoff empfahl auch Fischer (2007) in seiner Studie. Er befürwortete diese Gabe für 2 Stunden nach kolorektalen Eingriffen. Beide äusserten sich aber nicht zu der Menge der postoperativen Sauerstoffgabe.

Die Resultate der obenstehenden Studien lassen sich nun optimal mit dem Theorieteil der ersten Seiten verknüpfen. Je mehr Sauerstoff im Körper vorhanden ist, desto mehr kommt in gelösten Mengen im Blut vor und kann ins Gewebe diffundieren und dort eine bestmögliche Oxygenierung des Gebietes gewährleisten. Meier (2006) legte seinen Fokus vor allem auf Patienten während und nach Darmoperationen. Seine Analyse erfolgte sowohl intraoperativ, wie auch 2 Wochen postoperativ. Die Patienten seiner Untersuchung erhielten für 6 Stunden postoperativ eine kontinuierliche Sauerstoffgabe. Auch hier zeigte die Gruppe, welche mit einem FiO_2 von 80% beatmet wurde, eine deutliche Reduktion der Wundinfekte.

In der Studie von Franzke und Jähne im Jahr 2013 drehte sich der Inhalt der Studie um Patienten während und nach Gastrektomie. Die Anastomoseninsuffizienz konnte mit einem höheren FiO_2 um 49% gesenkt werden. Trotz dieser deutlichen Ergebnisse, wollten sie keine einheitlichen Empfehlungen zur O_2 -Konzentration machen, befürworteten aber eine erhöhte Sauerstoffkonzentration.

Hovaguimian et al., (2013) untersuchten mit 7001 wohl am meisten Patienten. Sie verglichen verschiedene Studien aus den vergangenen Jahren miteinander. Auch ihr Fokus lag auf kolorektalen und abdominalen Eingriffen. Zusätzlich zu den anderen Studien untersuchten sie auch gynäkologische Eingriffe. Sie kamen ebenfalls zum Ergebnis, dass eine erhöhte Sauerstoffkonzentration von 80% das Infektionsrisiko deutlich senken konnte. Während der Fokus dieser Studien auf der Entstehung und Vermeidung von Infektionen und Wunden lag, äusserten sich die Autoren in ihren Studien auch immer wieder zum Sauerstoff und seinen Nebenwirkungen. Sie waren sich auch hier einig, dass eine erhöhte Gabe von Sauerstoff zur Atelektasenbildung führt und dies eine ungewollte Reaktion auf die Denitrogenisierung ist.

Die Sauerstofftoxizität und die Nebenwirkungen von Sauerstoff waren nebst der Wundheilung und Infektionsentstehung ein bedeutendes Thema in den Studien. Greif äusserte sich 2005 in seiner Studie dazu, dass die Gabe von hohen Sauerstoffkonzentrationen bis 12 Stunden ohne Bedenken gegeben werden kann, da die O₂-Toxizität bis dahin gar nicht erst vorhanden sei. Fischer (2007) erkannte 2 Jahre später auch, dass die Gabe von 80% Sauerstoff sogar bis 24 Stunden eine bedeutungslose Rolle spielt. Wird der perioperative Zeitraum mit der Aufenthaltszeit im Aufwachraum gerechnet, ist es gut möglich, dass diese Zeit 12 Stunden erreicht und Sauerstoff somit toxisch wirken könnte. Deshalb ist die Gabe von Sauerstoff postoperativ mit Vorsicht anzuwenden. Zusätzlich zu der Sauerstofftoxizität ist das Auftreten von Atelektasen bei der Gabe von O₂ nicht zu vermeiden, deshalb wird auch das Recruitmentmanöver angewendet, um die durch das „Auswaschen“ des Stickstoffes entstandenen Atelektasen zu eröffnen. Ebenfalls versuchen wir in der Ausleitungsphase die Atelektasen durch eine erhöhte Positive End Expiratory Pressure (PEEP) Gabe während der Extubation zu eröffnen.

Abschliessend zu diesem Thema äusserten sich die Autoren auch dazu, dass es wichtiger sei, die Oxygenierung aufrecht zu erhalten und zu verbessern, als die Toxizität zu beheben. Sie befürworteten deshalb eine hohe Sauerstoffkonzentration, mit dem Wissen, dass Atelektasen entstehen, diese aber vernachlässigbar seien und mit einem erhöhten PEEP oftmals auch reduziert werden können. Zudem kann hier die Überleitung zur Sauerstoffdissoziationskurve gemacht werden. Wird die obenstehende Aussage von Fischer (2007) bezüglich der Atelektasen und die damit verbundene Veränderung des paO₂ angeschaut, kann gesagt werden, dass eher eine Rechtsverschiebung in der Sauerstoffdissoziationskurve angestrebt werden sollte. Die dadurch entstandene Azidose trägt dazu bei, dass eine optimale Gewebeversorgung mit Sauerstoff erreicht werden kann. Eine sogenannte Linksverschiebung in der Kurve bedeutet eine gute Sauerstoffaufnahme am Hämoglobin aber eine schlechte O₂-Abgabe an das Gewebe. Bei der Verschiebung der Kurve nach rechts erfolgt genau da Gegenteil. Das heisst, das Hb kann Sauerstoff schlecht aufnehmen, kann aber die Zellen gut mit O₂ versorgen, da die Abgabe gut ist (Pape et. al. 2014). Der Anteil an Hämoglobin im Blut ist ein wichtiger Faktor dafür, wie viel Sauerstoff ans Gewebe abgegeben werden kann und hat somit einen Einfluss auf die Wundheilung. Ist das Hb tief, so kann weniger Sauerstoff gebunden werden als bei einem hohen Anteil an Hb. Denn wie bereits im Theorieteil erwähnt, bindet sich der grössere Anteil an Sauerstoff chemisch ans Hämoglobin.

Während der Nachforschung wurde festgestellt, dass Sauerstoff nicht nur für die Wundheilung positive Auswirkungen hat, sondern auch auf einige weitere Aspekte, welche eine erhöhte Gabe von Sauerstoff durchaus befürworten.

In der Recherche der Studien wurde zudem das Thema postoperative Nausea und Vomitus (PONV) sehr kontrovers diskutiert. Die PONV ist, neben den Schmerzen, eine der häufigsten Komplikation, welche Patienten postoperativ erleiden. Laut Ellecosta und Huber (2012), liegt das PONV Risiko nach einer Vollnarkose bei 20-30%. Vielfach dreht sich die Angst der Patienten bereits präoperativ um diese unangenehmen und teils auch vermeidbaren Nebenwirkungen einer Narkose. Doch nicht nur für den Patienten hat die PONV wesentliche Folgen, auch für das Spital kann eine PONV gravierende Auswirkungen haben: Spitalaufenthalte werden verlängert, Kosten erhöht, zusätzliche Medikamente benötigt, Komplikationen und Schmerzen entstehen (Kranke, P. & Eberhart, L. 2012). Auch bei dieser Studie wurden die Patienten mit 30% sowie mit 80% FiO₂ beatmet. Die Fragestellung lautete: Wie wirkt sich die Sauerstoffkonzentration auf die postoperative Nausea und Vomitus während anderen Operationen aus. Aus diesem Grund wurden Operationen an der Schilddrüse, an den Augen sowie an den Brüsten überprüft. Fischer (2007) kam zur Erkenntnis, dass lediglich bei kolorektalen Operationen die intraoperative Sauerstoffzufuhr positive Auswirkungen auf die PONV hat, das Risiko konnte um die Hälfte reduziert werden. Er bestätigte somit die Erkenntnisse, die bereits Meier (2006) ein Jahr zuvor in seiner Studie herausfand. Er fand aber auch heraus und wiederlegte mit dieser Aussage, die bereits bestehenden Studien. Er verglich 2007 die Wirksamkeit zwischen Ondansetron und dem intraoperativen FiO₂ von 80%. Diesen Vergleich machte er bei gynäkologischen Laparoskopien. Er kam zur Erkenntnis, dass es keine Evidenz gibt, welche zeigt, dass Ondansetron eine bessere Wirkung auf die PONV hat als einen intraoperativen FiO₂ von 80% (Fischer, 2007). Es ist bis jetzt noch sehr umstritten, welche definitiven Auswirkungen Sauerstoff wirklich auf die PONV hat. Orhan-Sungur, Kranke, Sessler und Apfel (2008) widersprachen den vergangenen Studien und deren Ergebnissen. Sie äusserten in ihrer Studie von 2008, dass Sauerstoff nicht länger als wirksame Methode gegen PONV angesehen werden darf und soll.

Eine erhöhte Sauerstoffgabe hat auch positive Einflüsse, sowohl bei kardial vorbelasteten Patienten, wie auch beim herzgesunden Klientel. Zusätzlicher Sauerstoff konnte, nicht nur intraoperativ, sondern auch postoperativ zu einer verbesserten Herzfrequenz und arteriellen Sauerstoffsättigung beitragen. Die häufig entstandenen Tachykardien und Hypoxämie, ohne begründetes Auftreten wie zum Beispiel Schmerzen, können reduziert oder normalisiert werden (Fischer, 2007).

7. Schlussfolgerung

Aus den gewonnenen Erkenntnissen der gelesenen und überprüften Studien, kann abschliessend gesagt werden, dass ein FiO_2 von 100% während der Einleitung durchaus Sinn macht. Es verlängert die Apnoetoleranzzeit und gibt somit im Arbeitsalltag eine Sicherheit im Falle von schwierigen Intubationen. Ebenfalls ist ein FiO_2 von 80% während der Ausleitung sinnvoll. Obwohl es die Atelektasen-Entstehung fördert, wirkt es sich auch positiv auf die postoperative Phase des Patienten aus. Die Wundheilung wird positiv beeinflusst, die Gewebeoxygenation bleibt erhalten und kardialen Komplikationen wird vorgebeugt.

Während der intraoperativen Phase wird in den Studien mehrheitlich davon gesprochen, dass eine hohe Sauerstoffkonzentration um 80% anzustreben ist. In den Studien wurden grösstenteils Patienten während und nach abdominalen Eingriffen untersucht. Aufgrund der hohen Datenlage bezüglich 80% FiO_2 und der verbesserten Wundheilung, sowie der verringerten Infektanfälligkeit wird für Operationen am Abdomen eine intraoperative Sauerstoffkonzentration von 80% empfohlen. Auch sollte die postoperative Sauerstoffgabe grosszügig gewählt werden, vor allem während der Zeit im Aufwachraum. Bei Anastomoseneingriffen wird ebenfalls ein intraoperativer FiO_2 von 80% vorgeschlagen, auch hier überzeugen die Resultate der Studie, welche eine Verbesserung der Insuffizienz der Anastomosen durch eine erhöhte Sauerstoffgabe aufzeigt. Obwohl die Datenlage bezüglich anderer Eingriffsarten rar oder gar nicht vorhanden ist, befürworten die Resultate der Studien im Allgemeinen während der Narkose eine hohe Konzentration des inspiratorischen Sauerstoffes anzustreben. Die Begründungen, dass Sauerstoff ein kostengünstiges und gut steuerbares Medikament ist, haben grundsätzlich überzeugt und zeigen nicht nur in Bezug auf die Wundheilung und die Infektanfälligkeit positive Aspekte auf. Auch für die Herztätigkeit weist Sauerstoff einige zusagende Wirkungen auf.

Obwohl viel O_2 zu unvermeidbaren Atelektasen führt, kann mit Hilfe des Recruitmentmännovers diese Nebenwirkung von Sauerstoff zu einem grossen Teil eliminiert werden. Somit können die befürwortenden Seiten von O_2 hervorgehoben und angewendet werden. Zudem ist die Datenlage überzeugend, dass die Sauerstofftoxizität erst ab einer Dauer von 12 – 24 Stunden auftritt. Da es in den seltensten Fällen vorkommt, dass die Patienten derart lange bei uns im Operationssaal verweilen, wird diese Nebenwirkung von Sauerstoff als zweitrangig erachtet und vorwiegend die vielen Vorteile und positiven Outcomes von O_2 im Vordergrund angesehen und angestrebt.

Abschliessend kann gesagt werden, dass eine hohe Sauerstoffkonzentration um 80% durchaus positive Aspekte bezüglich der Infektanfälligkeit und der Wundheilung aufweist. Es macht somit durchaus Sinn, eine höhere und vor allem konstante perioperative

Sauerstoffkonzentration anzustreben. Für ein eindeutig umsetzbares Schema im Alltag bedarf es aber noch weiteren Untersuchungen und Studien. Die Datenlage ist bis anhin zu extrem auf die FiO_2 Werte 30% und 80% fixiert. Ebenfalls kann gesagt werden, dass eine erhöhte Gabe von Sauerstoff erst ab 12 Stunden toxische Nebenwirkungen aufzeigt und die positiven Eigenschaften von Sauerstoff deutlich überwiegen. Hinzugefügt können diese nicht vermeidbaren Folgen von O_2 bis zu 12 Stunden als bedeutungslos angesehen werden.

8. Reflexion

Zukünftig werde ich darauf achten, die Sauerstoffkonzentration am Respirator, vor allem bei abdominalen Eingriffen, im Bereich eines FiO_2 von 80% zu halten. Bei anderweitigen Eingriffen werde ich ebenfalls versuchen eine konstante Sauerstoffkonzentration um 80% anzustreben. Schwierig war für mich, dass die Gruppen in den Studien entweder mit einem FiO_2 von 30 – 35 % oder 80% beatmet wurden. Diese Spannweite ist extrem gross und ebenfalls auch die daraus resultierenden Ergebnisse. Spannend wäre zu wissen, wie sich ein FiO_2 von beispielsweise 50% auf die Wundheilung und die Infektionsanfälligkeit auswirkt. Hierzu fehlen bis anhin jedoch noch die benötigten Studien. Aus diesem Grund hinterfragte ich die am LUKS gängige FiO_2 Einstellung von 60%. Aus meiner Sicht ist diese Menge an Sauerstoff sicherlich adäquat hinsichtlich der Prophylaxe bezüglich der Wundheilung und der Infekt Vorbeugung. Trotzdem empfehle ich in Zukunft, die intraoperative Sauerstoffkonzentration sicherlich über 60% eher im Bereich von 80% zu halten. Die vielen positiven Eigenschaften von Sauerstoff waren eine interessante Erkenntnis für mich. Ebenfalls, dass die Toxizität erst ab einer gewissen Zeit zwischen 12 – 24 Stunden auftritt. Dies kann ich in der Praxis als Argument einsetzen, sofern die von mir eingestellte hohe Sauerstoffkonzentration während einer Operation hinterfragt wird. In meiner Arbeit konnte ich aufzeigen, welche Auswirkungen Sauerstoff auf den Körper hat. Ich werde in Zukunft mehr darauf achten, in wie weit der Patient von einer postoperativen Sauerstoffgabe profitieren würde. Das Recruitmentmanöver wende ich nun gezielter an, da mir bewusst ist, dass ich aufgrund hoher Sauerstoffkonzentrationen auch vermehrt Atelektasen hervorrufe. Die zweite Zielsetzung, ein evidenzbasiertes Schema für die Praxis zu erarbeiten, konnte aufgrund fehlender Daten von anderen FiO_2 Werten nicht erreicht werden. Ich bin jedoch bereit dazu, evidenzbasierte Aussagen machen zu können, bezüglich meiner eingestellten Werte am Respirator. Da in den meisten Studien die Wundheilung und die Infektionsanfälligkeit im Vordergrund standen, musste ich meine ursprüngliche Fragestellung, in welcher auch die PONV eine grosse Rolle spielte, umschreiben und neu verfassen. Das Thema wurde aus meiner Sicht zu kontrovers diskutiert, so dass ich zu wenige Daten für meine Arbeit fand. Dies war jedoch auch interessant, denn so erhielt ich eine neue Sichtweise auf meine Arbeit.

Ich bin der Meinung, dass ich geeignete Antworten auf meine ausgebesserte Fragestellung gefunden habe. Ich konnte jedoch nicht aufzeigen, dass es eine einheitliche Konzentration des Sauerstoffes intraoperativ gibt, denn mehrheitlich wurden Patienten während und nach abdominalen Eingriffen untersucht. Obwohl die Arbeit mit viel Zeit und Elan verbunden war, bin ich stolz darauf, dieses Thema erarbeitet zu haben. Ich freue mich bereits darauf, meine gewonnenen Erkenntnisse und Schlussfolgerungen in der Praxis meinen Arbeitskollegen zu präsentieren und darüber zu diskutieren.

9. Danksagung

Einen grossen Dank geht an meinen Mentor, Sven von Niederhäusern, für die tolle Begleitung und die Hilfestellung während der ganzen Diplomarbeitszeit. Er konnte mich immer wieder motivieren und mir hilfreiche Tipps und Hilfestellungen geben.

Ebenfalls danke ich all meinen Arbeitskollegen, die immer ein offenes Ohr für meine Fragen und Unklarheiten haben und mich mit ihrer Erfahrung und Professionalität weiterbringen.

Zudem danke ich meinen Freunden und meiner Familie, welche mich immer wieder unterstützten und motivierten.

10. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Akça, O., Podolsky, A., Eisenhuber, E., Panzer, O., Hetz, H., Lampl, K., Lackner, F., Wittman, K., Grabenwoeger, F., Kurz, A., Schultz, A.-M., Negishi, C., Sessler, D. (1999). Comparable Postoperative Pulmonary Atelectasis in Patients Given 30% or 80% Oxygen during and 2 Hours after Colon Resection. *Anesthesiology*, 91(4), 991-8.
- Bosshard, B. (2004). *Pulmonaler Gasaustausch und Sauerstofftransport im Blut*. [Zugriff 02.03.2017 auf <https://novaria.ch/php/news.php?aktion=detail&id=226>]
- Burkhard, P. (2009). *Chirurgie für Pflegeberufe*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Danzeisen, O. & Priebe, H.-J. (2005). *Routinemässige Verwendung hoher inspiratorischer Sauerstoffkonzentrationen – Pro*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Ellecosta, E., Huber, S., Mantovan F. (12.03.2012). *Verabreichung von Sauerstoff und intravenöse Flüssigkeitszufuhr zur Vorbeugung postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV)*. [Zugriff 14.01.2016 auf <https://www.pflege-wissenschaft.info/archiv/2012/mai/1524-BYWJELSCVGHMTNKXRUDZPF>]
- Fischer, L. (2007). *Intraoperative Beatmung FiO₂ bei Narkoseeinleitung, Eingriff und postoperativ*. Münster: Thieme.
- Franzske, T. & Jähne, J. (2013). *Perioperative Sauerstoffgabe*. Berlin: Springer-Verlag.
- Greif, R. (2005). *Outcome-Verbesserung durch FIO₂ 1,0: Realität oder Mythos?*. Stuttgart: George Thieme Verlag KG.
- Hachenberg, T., Sentürk, M., Jannasch, O. & Lippert, H. (2010). *Postoperative Wundinfektionen*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hovaguimian, F., Lysakowski C., Elia, N., Tramèr, M. & Phil, D. (2013). Effect of Intraoperative High Inspired Oxygen Fraction on Surgical Site Infection, Postoperative Nausea and Vomiting, and Pulmonary Function. *Anesthesiology*, 119(2), 303-16.

- Kranke, P. & Eberhart, L. (2012). *Übelkeit und Erbrechen in der postoperativen Phase (PONV)*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag GmbH.
- Larsen, R. (2013). *Anästhesie*. (10. Auflage). München: Urban & Fischer.
- Laux, G. (2012). *Lungenphysiologie und Beatmung in Narkose*. [Zugriff 21.01.2017 auf http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-21125-6_33]
- Marian, B. (2009). *Krankheit, Krankheitsursache -und bilder*. (3. Auflage). Austria: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Meier, J. (2006). *Sauerstoff*. Frankfurt: Springer.
- Meyhoff, C., Wetterslev, J., Jorgensen, L., Henneberg, S., Hogdall, C., Lundvall, L., Svendsen, P., Mollerup, H., Lunn, T., Bundgaard, L., Bugge, L., Hansen, E., Riber, C., Gocht-Jense, P., Walker, L., Bendtsen, A., Johansson, G., Skovgaard, N., Helto, K., Poukinski, A., Korshin, A., Walli, A., Bulut, M., Carlsson, P., Rodt, S., Lundbech, L., Rask, H., Buch, N., Perdawid, S., Reza, J., Jensen, K., Carlsen, C., Rasmussen, L. (2009). Effect of High Perioperative Oxygen Fraction on Surgical Site Infection and Pulmonary Complications After Abdominal Surgery. *JAMA*, 302(14), 1543-50.
- Orhan-Sungur, M., Kranke, P., Sessler, D. & Apfel, C. (2008). Does Supplemental Oxygen Reduce Postoperative Nausea and Vomiting? A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Anesth Analg.*, 106(6), 1733-8.
- Pape, H., Kurtz, A. & Silbernagl, S. (2014). *Physiologie*. (7. Auflage). Stuttgart: Thieme.
- Pryor, k., Fahey, T., Lien, C. & Goldstein, P. (2004). Surgical Site Infection and the Routine Use of Perioperative Hyperoxia in a General Surgical Population. *JAMA*, 291(1), 79-87.
- Quadan, M., Akça, O., Mahid, S., Hornung, C. & Polk, H. (2009). Perioperative Supplement Oxygen Therapy and Surgical Site Infection. *Arch Surg.*, 144(4),359-66.
- Roewer, N. & Thiel, H. (2013). *Taschenatlas Anästhesie*. (5. Auflage). Stuttgart: Thieme.

Silbernagl, S. & Despopoulos, A. (2007). *Taschenatlas Physiologie*. (7. Auflage). Stuttgart: Thieme.

Standard operating procedures am LUKS. (04.03.2015) Checkliste Monitoring und Beatmung. [Zugriff 07.01.2017 auf http://www.sop.klifairs.ch/?page_id=1449]

11. **Abbildungsverzeichnis**

Titelblatt:

Shaff, A. (2017). *A woman blowing on a dandelion muted colors vintage toned*. [Zugriff 04.03.2017 auf <https://www.shutterstock.com/de/image-photo/woman-blowing-on-dandelion-muted-colors-159554021?src=9NMKGBw1g9dl9OSlyYcU6Q-4-12>]

Abb. 1: Bosshard, B. (2004). *Pulmonaler Gasaustausch und Sauerstofftransport im Blut*. [Zugriff 02.03.2017 auf <https://novaria.ch/php/news.php?aktion=detail&id=226>]

Abb. 2: Greif, R. (2005). *Outcome-Verbesserung durch FIO₂ 1,0: Realität oder Mythos?*. Stuttgart: George Thieme Verlag KG.

12. Anhang

I. Abkürzungsverzeichnis

AA:	Allgemeinanästhesie
CO ₂ :	Kohlenstoffdioxid
CT:	Computertomografie
FeO ₂ :	Fraction of expired oxygen (Expiratorischer Sauerstoffanteil)
FiO ₂ :	Fraction of inspired oxygen (Inspiratorischer Sauerstoffanteil)
Hb:	Hämoglobin
HbO ₂ :	Sauerstoff chemisch am Hämoglobin gebunden/Oxyhämoglobin
KLIFAiRS:	Klinik für Anästhesie, Rettungsmedizin und Schmerztherapie des Luzerner Kantonsspitals Luzern
kPa:	Kilopascal
LUKS:	Luzerner Kantonsspital
mmHg:	Millimeter Quecksilbersäule
N ₂ :	Stickstoff
O ₂ :	Sauerstoff
p _a O ₂ :	Arterieller Partialdruck
p _A O ₂ :	Alveolärer Partialdruck
PEEP:	Positive EndExpiratory Pressure
P _{H₂O} :	Wasserstoff Partialdruck
pO ₂ :	Sauerstoff Partialdruck
PONV:	Postoperative Nausea und Vomitus
PsqO ₂ :	Subkutaner Sauerstoffpartialdruck
SOP:	Standard Operating Procedures

II. Berechnung des Sauerstoffpartialdruckes:

Sobald die Luft in die Atemwege gelangt, wird sie mit Wasserdampf angereichert und die Einatemluft somit befeuchtet. Aufgrund dieser Beimischung muss der Wasserdampfpartialdruck (P_{H_2O}) ebenfalls subtrahiert werden (Silbernagl & Despopoulos, 2007).

Um den inspiratorischen Sauerstoffpartialdruck berechnen zu können, benötigt es folgende Formel nach dem Boyle-Gesetz:

(Atmosphärendruck – Wasserdampfdruck bei 37 °C) x O_2 -Konzentration

in mmHg: $(760 - 47) \times 0,2094 = 149 \text{ mmHg}$

in kPa: $(101,3 - 6,3) \times 0,2094 = 19,9 \text{ kPa}$

(Larsen, 2013).

Erklärung zur Diplomarbeit

Ich bestätige,

dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst habe und dass fremde Quellen, welche in der Arbeit enthalten sind, deutlich gekennzeichnet sind.

dass alle wörtlichen Zitate als solche gekennzeichnet sind.

dass ich das Prorektorat vorgängig informiere, wenn die Arbeit als Ganzes oder Teile davon veröffentlicht werden.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die HFGZ über die Aufnahme der Diplomarbeit in der Bibliothek, einer Aufschaltung auf der Homepage der HFGZ oder auf Homepages von Fachgesellschaften entscheidet. Sie kann ebenso zu Schulungszwecken für den Unterricht in den NDS Studien AIN verwendet werden.

Ort und Datum: Luzern, 1.5.2017

Vorname, Name: Tabitha Sidler

Unterschrift:

