

Diplomarbeit

Sedierung mit Lachgas in der Zahnheilkunde

eingereicht von

Cand. med. dent. Trivun Djumić

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klin. Abteilung für Allgemeine Anästhesiologie, Notfall -und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kröll

Graz, 16. Dezember 2015

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 16. Dezember 2015

Trivun Djumić eh

Danksagungen

Ich möchte mich sehr herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kröll für die freundliche Unterstützung und Hilfe beim Erstellen dieser Diplomarbeit bedanken, der mir zur Seite stand und mich mit wertvollen Tipps beim Erstellen der Arbeit unter die Arme gegriffen hat.

Ebenso möchte ich mich bei meinen Eltern Ljubomir und Ljubinka, sowie meiner Schwester Dragica auch für ihre Verständnis und Unterstützung danken. Sie haben ebenso zum Erfolg meines Studiums und dieser Diplomarbeit beigetragen.

Diese Arbeit widme ich meiner Schwester Dragana, die während meiner Studienzeit in guten wie in schlechten Zeiten fortwährend an meiner Seite stand und mich finanziell und moralisch unterstützt hat, in der Zeit, in der es am notwendigsten war.

„Ljubi bato.“

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 *Survey of Toluna Germany GmbH in 1003 Germans*. Modified from Statista 2010 (<http://www.statista.de>)

Abbildung 2 Der Gasaustausch in den Lungenbläschen, <http://www.patientenleitlinien.de/Asthma/Asthma-Patientenleitlinie-Alveolenstrauch.jpg>

Abbildung 3 Aufbau der Nervenzelle, <http://www.jagemann-net.de/biologie/bio13/neurobiologie/nervenzelle/nervenzelle.php>

Abbildung 4 Aufbau der chemischen Synapse, <http://www3.hhu.de/biodidaktik/Claudia/seiten/synaps1.html>

Abbildung 5 Patienteneinteilung nach ASA-Klassifikation, (American Society of Anesthesiologists), <http://www.slideplayer.org/slide/1321804/#>

Abbildung 6 Strukturformel von Lachgas, <http://www.lachgas-lehrbuch.de/Grundlagen/Lachgas-Eigenschaften-Herstellung.php>

Abbildung 7 Spektrum der Schmerzkontrolle (modifiziert nach Bennett, C.R. *Conscious sedation in dental practice, Fig. 2-1, The spectrum of pain control*. Mosby-Year Book, 2nd edition [1978]), <http://www.zmk-aktuell.de/typo3temp/pics/fe4caf79d2.jpg>

Abbildung 8 Analoges Flowmeter zur N₂O Applikation, http://www.baldus-medizintechnik.de/produkte/lachgassedierung/matrix-lachgasgeraete/matrix-lachgasgeraete_97.html

Abbildung 9 Bedieneinheit des Digital Flowmeter mit Tipp-Tasten zur N₂O Applikation, <http://www.biewer-medical.com/de/accutron-lachgasgeraete/digital-ultraTM-flowmeter/>

Abbildung 10 Reservoirbeutel für Gasgemisch O₂/N₂O, <https://www.colourbox.de/bild/medizinische-gerate-fur-sauerstoff-und-lachgas-in-krankenhaus-mix-bild-2633979>

Abbildung 11 Schlauchsystem mit mehrfach verwendbare Nasenmasken, <http://www.biewer-medical.com/de/lachgas-zubehoer/patientenschlauchsystem/>

Abbildung 12 Druckzylinder mit O₂ und N₂O mit Applikationssystem, <http://www.biewer-medical.com/de/accutron-lachgasgeraete/ultra-pcTM-flowmeter/>

Abbildung 13 Druckminderer mit Manometer für O₂, <http://www.biewer-medical.com/de/lachgas-zubehoer/druckminderer/>

Abbildung 14 Funktionsprinzip der Nasenmaske, F.G. Mathers, „Dentale Sedierung. Lachgas und orale Sedativa in der Praxis“, 2012, Deutscher Zahnärzte Verlag

Abbildung 15 Das Pulsoximeter ist ein wichtigstes Überwachungsgerät bei der Sedierung, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Pulse_oximeters?uselang=de#/media/File:Pulsoximeter.jpg

Abbildung 16 Die automatisch-digitale Blutdruckmessung, <https://www.vergleich.org/blutdruckmessgeraet/wp-content/uploads/sites/363/blutdruckmessgeraet-frau-770x330.jpg>

Abbildung 17 Die Blutdruckmessung mit mechanisches Sphygmomanometer, Aneroidmanometer und Stethoskop, <http://www.holter-internisten.de/img/blutdruck-messen-gross.jpg>

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definitionen und Klassifikation der Blutdruckwerte, <http://knhi.de/services/blutdruck/>

Tabelle 2: Vitalparameter bei steigender Lachgaskonzentration(% atm), Rampil IJ et al. , *Bispectral EEG index during nitrous oxide administration*. Anesthesiologie (1998), 89, 671-677

Tabelle 3: Dionne RA, Laskin DM, *Anaesthesia and Sedation in the Dental Office, Tabele 1 Comparison os sedative and anesthetic technique*. Elsevier Science Ltd (1986)

Glossar und Abkürzungen

AED	Automatisierter externer Defibrillator
AP	Angina pectoris
ASA	Klasifikation der Patienten nach American Society of Anesthesiologists
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EKG	Elektrokardiogramm
EEG	Elektroenzephalogramm
Hb	Hämoglobin
HWZ	Halbwertszeit
HRST	Herzrhythmusstörung
KgKG	Kilogramm Körpergewicht
KHK	Koronare Herzkrankheiten
MS	Multipler Sklerose
N ₂ O	Distickstoffmonoxid
O ₂	Sauerstoff
OZS	Orale zahnärztliche Sedierung
PPL	Peak Plasma Level (h)
RR	Blutdruckmessung nach Riva-Rocci
SpO ₂	Sauerstoffsättigung
TGRS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
ZNS	Zentralnervensystem

Zusammenfassung

Hintergrund: Angst ist ein Gefühl unter Patienten/Patientinnen, das mit dem Zahnarzt/der Zahnärztin häufig assoziiert wird. Diese Emotion entsteht durch negative schmerzhaft Erfahrungen, sei es aus der Kindheit oder aktuelle Geschehen. Angst manifestiert sich durch einen erhöhten Herzschlag, erhöhten Muskeltonus, erhöhten Blutdruck und eine gesteigerte Adrenalinsekretion. Schmerz ist eine subjektive, unangenehme Wahrnehmung, die aufgrund von äußeren Einflüssen, mechanischen, chemischen oder thermischen Gewebeschäden oder psychologischen Ursachen entstehen kann. Trotz des technologischen Fortschritts wird Nachfrage nach einem Wirkstoff, welcher den Patienten/den Patientinnen die Angst nimmt und dem Zahnarzt/der Zahnärztin eine Kooperation und erfolgreiche schmerzfreie Behandlung ermöglicht, wird immer lauter. Sedierung mit Lachgas bietet eine gute Alternative der dentalen Sedierung. Im Gegensatz zur Vollnarkose ist es eine relativ ungefährliche Methode, da kein Anästhesist/keine Anästhesistin notwendig ist.

Methoden: Diese Arbeit basiert auf Literaturrecherchen, die einen Überblick über die Möglichkeiten, Chancen, Gefahren und Risiken der dentalen Sedierung mithilfe von Lachgas verschaffen soll, die Ergebnisse diverser Studien vergleicht, um die Frage dieser Arbeit zu beantworten.

Resultate: Lachgas ist ein orales Sedativum, welches das nahezu ideale Pharmakon ist. Es bietet gute Steuerbarkeit, schnelles Ab- und Anfluten und individuelle Titrierbarkeit. Es wird vom Körper nicht metabolisiert und nahezu gänzlich über die Lunge eliminiert. Lachgas hat keine Auswirkungen auf wichtige Organe wie Nieren und Leber.

Schlüsselwörter: Dentale Sedierung, Lachgas, Zahnarztangst, Zahnschmerzen, Zahnarztphobie, orale Sedativa

Abstract

Background: Fear is a human emotion often associated with dental appointments, with the main cause being negative and painful experiences, either in childhood or in recent happenings. Fear is manifested physiologically by increased muscle tone, mouth drying, rapid heartbeat and increased secretion of adrenaline. Pain is an unpleasant personal perception provoked by external effects, mechanical, thermal or chemical tissue damages or psychological causes. Despite the technological process, the search for an adequate means of sedation that reduces the patient's fear is still ongoing.

Methods: The paper gives a general overview of the possibilities, chances, dangers and risks of dental sedation with nitrous oxide. It is based on scientific evidence from literary sources and compares different studies. It throws a light on the use in general, the judicial aspects and the future of dental sedation.

Results: Nitrous oxide, which is used as a means of dental sedation, is almost the ideal pharmaceutical product. It is characterised by its simple controllability, individual levels of titration and nearly none side effects. It is not metabolised by the human body and eliminated by the lungs without any risks of damaging vital organs such as the liver or the kidneys.

Keywords: dental sedation, nitrous oxide, dental fear, dental anxiety, dental pain, dental phobia, oral sedation

Inhaltsverzeichnis

<i>Eidesstaatliche Erklärung</i>	I
Gleichheitsgrundsatz.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Danksagungen	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Glossar und Abkürzungen	VII
Zusammenfassung.....	VIII
Abstract	IX
Inhaltsverzeichnis.....	X
1. Einleitung.....	1
1.1 Methodik	3
2. Grundlagen.....	4
2.1 Lungenfunktion,Physiologie und Anatomie der Atmung.....	4
2.2. Grundlagen des Schmerzes.....	6
2.3 Angst.....	9
2.3.1 Definition und Funktion	9
2.3.2 Physiologie und Symptome	10
2.3.3 Zahnbehandlungsangst	11
3.Präoperative Anamnese und Untersuchung.....	12
3.1 Untersuchung von Patienten/Patientinnen mit verschiedenen Krankheiten 13	
3.1.1 Herz-Kreislauf Erkrankungen.....	13
3.1.3 Patienten/Patientinnen mit Diabetes mellitus.....	15
3.1.4 Nieren- und Lebererkrankungen	15
3.1.5 Neurologische Erkrankungen.....	15
4.1 Grundlagen der dentalen Sedierung	16

4.2 Eigenschaften des Lachgases	16
4.3 Unterschiede der Vollnarkose zur dentalen Sedierung	18
4.4 Pharmakokinetik des Lachgases.....	20
4.5 Pharmakodynamik des Lachgases	22
4.5.1 Wirkung auf das ZNS.....	22
4.5.2 Kardiovaskuläre Wirkung	22
4.5.3 Auswirkungen auf das zerebrovaskuläre System	23
4.5.4 Allergien.....	23
4.5.5 Wirkung auf Niere und Leber	23
4.5.6 Gastrointestinaltrakt	24
4.5.7 Wirkung auf die Atmung.....	24
4.5.8 Metabolisierung.....	24
4.5.9 Alkohol- und Drogenabusus.....	24
4.6 Indikationen und Kontraindikationen des Lachgases	25
4.7 Ausrüstung und Applikationssysteme	26
4.8 Vor- und Nachteile und Komplikationen der Lachgassedierung.....	31
4.9 Durchführung der Lachgassedierung	32
4.9.1 Der Ablauf einer lachgassedierten Behandlung	32
5. Patienten-/Patientinnenüberwachung intra- und postoperativ	34
5.1 Pulsoxymetrie.....	34
5.2 Blutdruck	35
5.3 Postoperative Überwachung, Dokumentation und Entlassung	38
6. Sonderfälle	39
6.1 Kinder.....	39
6.2 Geriatrische Patienten/Patientinnen.....	40
6.3 Geistig und körperlich behinderte Patienten/Patientinnen.....	41
7. Rechtliche Aspekte der Lachgassedierung	43

7.1 Anforderungen	43
7.2 Aufklärung	44
7.3 Haftung	45
8. Diskussion	47
Literaturverzeichnis	49

1. Einleitung

Beinahe täglich wird man in der Zahnarztpraxis mit Patienten/Patientinnen konfrontiert, die Angst vor dem Zahnarzt/der Zahnärztin (oder vor der Behandlung an sich) haben. Trotz der Möglichkeit der überwiegend schmerzfreien Behandlung unter Lokalanästhesie nehmen viele Patienten/Patientinnen den Zahnarztbesuch und die Behandlung als bedrohliche Situation wahr. Autoren berichten, dass 60 – 80% der Allgemeinbevölkerung sich vor dem Besuch des Zahnarztes/der Zahnärztin fürchten, 20% gelten sogar als hoch ängstlich und 5% enthalten sich gänzlich des Besuchs [1].

Die Zahnarztphobie entwickelt sich meist bereits in der Kindheit als Resultat angsteinflößender und schmerzereffüllter Behandlungserfahrungen. Wenn entsprechende Vorkehrungen im Kindesalter nicht getroffen werden, kann dies zur ausgeprägten Phobie und zu Vermeidung des Zahnarztbesuches führen [2]. Laut einer aktuellen Studie vermeiden 10 – 20% der US-Amerikaner sogar notwendige zahnärztliche Versorgung [3] [4]. Für den Behandler/die Behandlerin ist es demzufolge sinnvoll und notwendig, Methoden anzubieten, die der Beruhigung des Patienten/der Patientin dienen und der Angst entgegenwirken.

Die Sedierung (lat.: *sedere*, *sedatio*: „Beruhigen“) ist ein medizinisches Verfahren, bei dem den Patienten/den Patientinnen Beruhigungsmittel (Sedativa) verabreicht werden, um nachfolgende medizinische Verfahren unter örtlicher Betäubung zu erleichtern.

Sedativa sind Arzneimittel mit beruhigender Wirkung. Arzneimittel, die zur Sedierung verwendet werden können, sind z.B. Antidepressiva, Antihistaminika, Barbiturate, Benzodiazepine, Neuroleptika sowie pflanzliche Sedativa.

Trotz technologischer Entwicklung und moderner Ansätze werden die Zahnärzte/die Zahnärztinnen in vielen Fällen mit dem Verursachen von Schmerz und Angst assoziiert. Diese Angst führt den Patienten/die Patientin oftmals zur Vernachlässigung der Mundhygiene. Seit Beginn der Zahnheilkunde waren die Zahnärzte/die Zahnärztinnen fast immer ein Synonym für Angst.

Angst als eine primäre Emotion manifestiert sich durch die Wahrnehmung oder Erwartung der realen oder eingebildeten Gefahr. Hierbei muss auch erwähnt werden, dass sich Angst bei Patienten/Patientinnen nicht gleichermaßen bemerkbar macht.

Physiologisch manifestiert sich Angst durch einen schnelleren Herzschlag, erhöhter Muskeltonus, erhöhter Blutdruck, erhöhte Sekretion von Adrenalin, schnelle Atmung und Mundtrockenheit sind die häufigsten, aber bei weitem nicht alle Symptome.

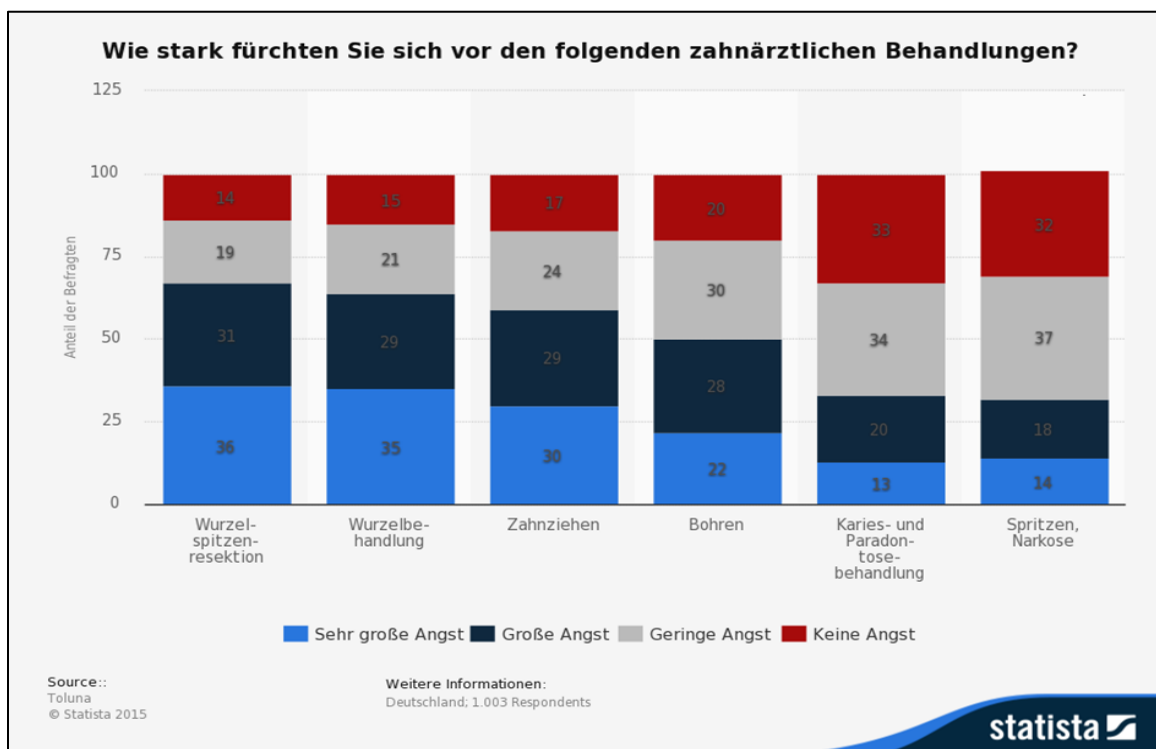


Abb.1: Umfrage der Toluna Germany GmbH an 1003 Deutschen. Modifiziert nach Statista 2010

Im Fall der Zahnmedizin ist die häufigste Angst vor dem Zahnarzt/der Zahnärztin, bzw. vor der Zahnbehandlung. Die Furcht ist insbesondere dann sehr stark ausgeprägt, wenn der Patient/die Patientin nicht gut genug über die zahnärztliche Behandlung und Vorgehensweise informiert ist.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einerseits die anatomischen und physiologischen Grundlagen der Atmungsorgane sowie des Atmungsvorganges zu verdeutlichen, andererseits die chemischen und pharmakologischen Grundlagen sowie die

Verwendung des Lachgases im Sinne der dentalen Sedierung in der Zahnmedizin zu veranschaulichen. Weiters werden die notwendigen Parameter einer Sedierung erläutert, Indikationen und Kontraindikationen angeführt und zahnmedizinische Sonderfälle besprochen. Es wird gezeigt, welche Möglichkeiten mit Lachgas sich dem Behandler bieten und welche Risiken und Komplikationen eintreten können

1.1 Methodik

Diese Arbeit basiert auf Literaturrecherchen, die einen Überblick über die Möglichkeiten, Chancen, Gefahren und Risiken der dentalen Sedierung mithilfe von Lachgas verschaffen soll, die Ergebnisse diverser Studien vergleicht, um die Frage dieser Arbeit zu beantworten. Für die Recherche dienten Internet-Datenbanken wie PubMed, die Suchmaschine Google Scholar und diverse Fachjournale sowie themenspezifische Fachliteratur der Bibliothek der Medizinischen Universität Graz sowie aus dem Internet als Quellen.

Schlüsselwörter für die Recherche: Dentale Sedierung, Lachgas, Zahnarztangst, Zahnschmerzen, Zahnarztphobie, orale Sedativa

2. Grundlagen

2.1 Lungenfunktion, Physiologie und Anatomie der Atmung

Bevor man die Wirkung des Lachgases in der Zahnmedizin besser verstehen kann, ist es notwendig, die Anatomie und Physiologie der Lunge und der Atmung zu kennen. Die Lungen sind das wichtigste Organ für die Atmung und den Austausch von Gasen. Sie befinden sich in der Brusthöhle und bestehen aus dem linken und rechten Lungenflügel. Die linke Lungenflügel ist in zwei, der rechte in drei Lungenlappen unterteilt, diese sind weiter in Lungensegmente gegliedert. Grundsätzlich kann die Lunge in einen luftführenden Abschnitt und einen, in dem der Gasaustausch stattfindet, unterteilt werden. Der luftführende wird als Bronchialsystem bezeichnet, die Luftröhre unterteilt sich hierbei in einen linken und rechten Hauptbronchus, die sich weiter in Bronchiolen aufteilen und schließlich in blind endenden Säckchen ihren Abschluss finden, den sogenannten Alveolen, von denen jede durch ein Netzwerk von Blutkapillaren umgeben ist [5]

Die physiologische Atmung kann in eine innere und äußere Atmung eingeteilt werden. Durch das Endothel der Bläschen (d.h. der Alveolen) erfolgt der Gasaustausch d.h. die Bewegung von der Luft in die Richtung der Alveolen und die Übergabe des O_2 ins Blut und die Abgabe des CO_2 aus dem Blut in die Alveolen, bezeichnet eine äußere Atmung. Die innere Atmung bezeichnet eine Übergabe der Gase zwischen dem Blut und den Zellen [6] [7]

Die Atemwege sind in eine obere und untere Atemwege aufgeteilt. Die obere Wege sind Nase und Pharynx, wo die Luft in der Nase gereinigt und aufgewärmt wird, die unteren sind Larynx, Trachea, die weiter in den rechten und linken Hauptbronchus geteilt wird. Die weitere untere Atemwege sind die Bronchien, sie teilen sich weiter in die Bronchiolen und die Bronchiolen in die Alveolen (Lungenbläschen). In den Alveolen findet der Gasaustausch statt [8]

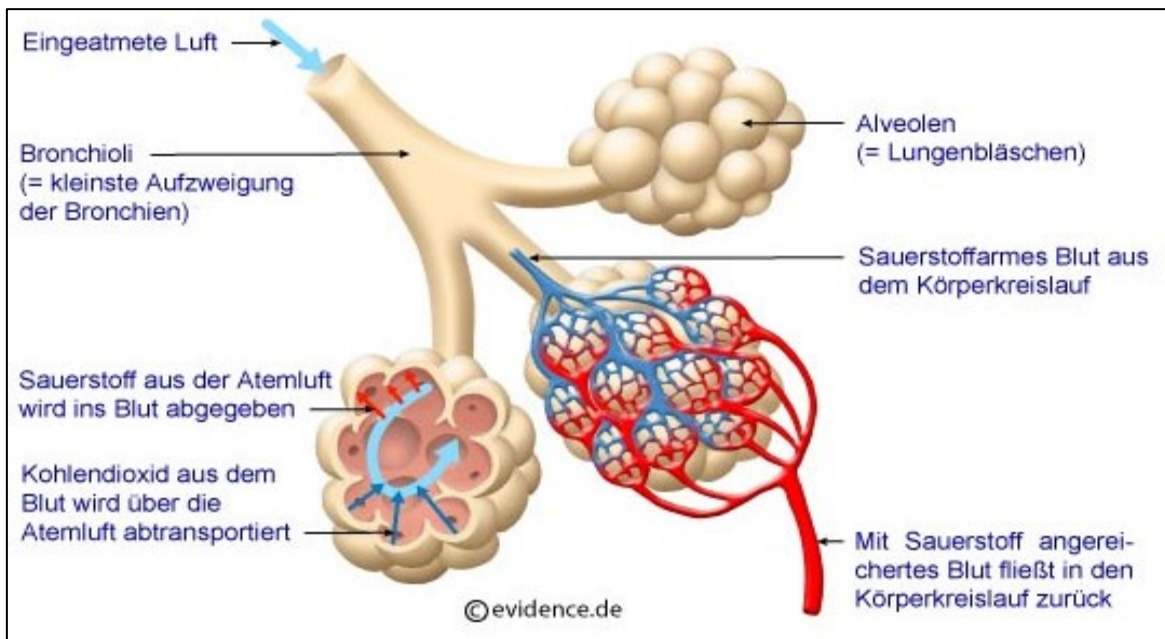


Abb. 2: Der Gasaustausch in den Lungenbläschen

Die Atmung kann als spontaner, rhythmisch-mechanischer Prozess beschrieben werden. Die Kontraktion und Relaxation der Muskeln während Atembewegungen erzeugte Gas aus der äußeren Umgebung in der Lunge, und umgekehrt, wodurch der Körper gasförmige Medium für den Austausch von Gasen. Das Atemzentrum befindet sich in der Medula oblongata und in dem Pons und die Regulierung der Atmung erfolgt durch die kontinuierliche Impulsesendung des autonomen Nervensystems [5] [6].

Das letztendliche Ziel der Atmung ist die Aufrechterhaltung eines günstigen Atemsauerstoffkonzentration, Kohlendioxid und Wasserstoffionen in den Körperflüssigkeiten also die Regulierung des Säure-Basen-Gleichgewicht im Körper. Die Zunahme von Kohlendioxid oder Wasserstoffionen wirkt Atmung, so dass reizen das Atemzentrum und führt zur Entfernung der überschüssigen Gase beschleunigt Atmung. Regulierung des Kohlendioxids Feedback-Mechanismus durchgeführt, so daß im Laufe der Pneumonie, Emphysem und anderen Lungenerkrankungen, kann dieses System Alveolarventilation atmenden 5-7 mal zu erhöhen [7] [9]

2.2. Grundlagen des Schmerzes

Der Schmerz (*lat. Dolor*) ist eine subjektive, unangenehme Wahrnehmung, die aufgrund von äußeren Einflüssen, mechanischen, chemischen oder thermischen Gewebeschäden oder psychologischen Ursachen entstehen kann. Aufgrund der Tatsache, dass es sich hierbei um einen komplexen, subjektives Phänomen handelt, bestand die Schwierigkeit immer darin, eine Definition für Schmerz festzulegen. Schmerz tritt bei nahezu allen Krankheiten und Verletzungen als Symptom auf. Es ist ein körpereigener Schutzmechanismus, dessen Funktion es einerseits ist, dem Körper eine bevorstehende Gefahr bewusst zu machen und dementsprechend darauf zu reagieren, andererseits um ein geschädigtes Körperteil während des Heilungsprozesses zu schützen und um in Zukunft ähnliche Situationen zu vermeiden [10]. Wenn der Reiz aber nicht beseitigt werden kann, besteht die Gefahr, dass der Schmerz seine Rolle der Schutzfunktion nicht mehr wahrnimmt und chronisch auftreten kann. Dies stellt eine zusätzliche Belastung für den Patienten dar [11] [12].

Die Struktureinheit des Nervensystems ist das *Neuron* (=Nervenzelle). Dieses spielt eine sehr wichtige Rolle bei der Annahme und der Umsetzung der Schmerzen. Der erste Teil der Nervenzelle, der in Kontakt mit der äußeren Umgebung kommt, ist ein Nozizeptor. Die Nozizeptoren sind die freie sensorische Endigungen des Nerven, die überall in der Haut (in der Dermis) aufgeteilt sind. Die Nozizeptoren reagieren auf die äußeren Einflüsse und erzeugen einen Nervenimpuls. Der Nervenimpuls ist ein elektrischer Impuls, der in Neuronen und einigen Sinneszellen entsteht, wenn sie einen chemischen Reiz in Form von z.B. Hitze oder Druck erhalten. Die Signalübertragung erfolgt durch eine Polarisationsumkehr des Zellinneren (initial negativ) und der Zellumgebung (initial positiv). Die Stimulation des Nerven bewirkt eine Depolarisation entlang des Axons, somit ist eine Übertragung des Impulses entlang der Axonbahn gewährleistet [13] [14].

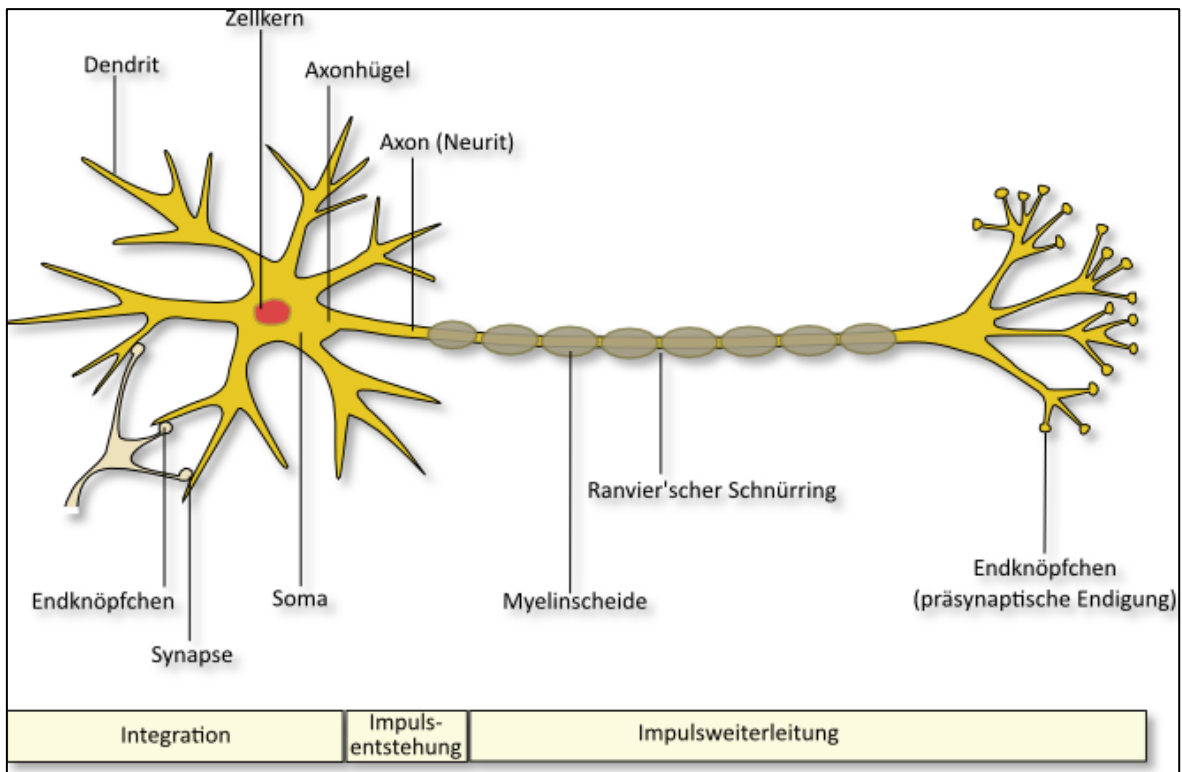


Abb.3: Aufbau einer Nervenzelle

Der Schmerzcharakter hängt von der Art und Weise der Schmerzübertragung ab. Die schnellen oder akuten Schmerzen übertragen sich über *A – Delta Fasern* bis zu den sensitiven Ganglien des Rückenmarks. Die Übertragungsgeschwindigkeit der *A – Delta Fasern* beträgt ca. 6 – 30 m/s. Der „langsame“ Schmerz wird über *C- Fasern* übertragen, mit einer Geschwindigkeit von 0,5 – 2 m/s. *A – Delta Fasern* besitzen im Gegensatz zu den *C- Fasern* eine Myelinscheide. In den Rückenmarksganglien befinden sich bipolare Zellen – sogenannte *Neuronen erster Ordnung* - die für die Übertragung von Schmerzen zuständig sind. Die Kontaktstelle zwischen zwei Nervenzellen wird als Synapse bezeichnet. Die wichtigsten Neurotransmitter an den Synapsen sind *Substanz P* (Neuropeptid), *Glutamat* und *ATP*. Die Synapsen haben die Funktion, die Übertragung der Erregung und Nervensignale sicherzustellen. Beim Menschen handelt es sich meist um chemische Synapsen, das bedeutet, dass ein elektrisches in ein chemisches Signal umgewandelt wird, im synaptischen Spalt zwischen den einzelnen Zellen übertragen und dann wiederum in ein elektrisches Signal transformiert wird [14] [15].

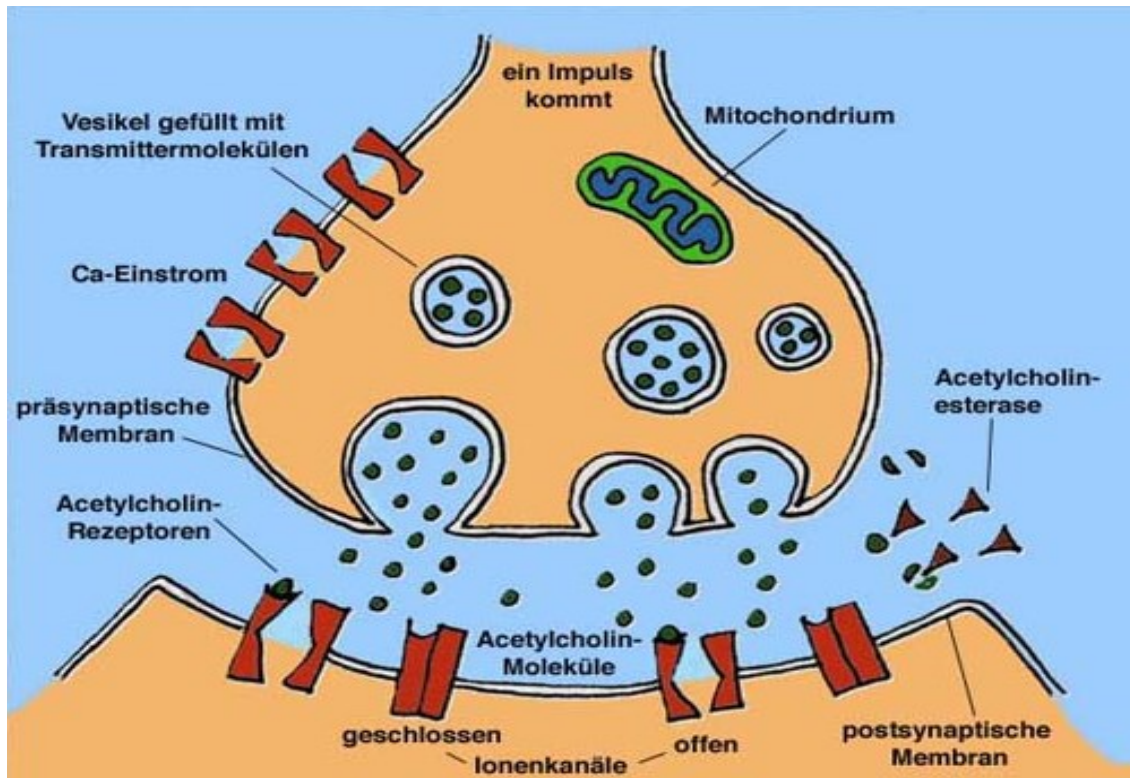


Abb.4: Aufbau einer chemischen Synapse

Als Teil des körpereigenen Abwehrsystems beeinflusst der Schmerz das geistige und körperliche Verhalten, indem reflexartig versucht wird, diesen Reiz so schnell wie möglich zu beenden. Zur gleichen Zeit, fungiert der Schmerz als Feedback, da der Körper intuitiv versuchen wird, mit potenziellen Schmerzreiz assoziierte Situationen zu vermeiden. [12]

2.3 Angst

2.3.1 Definition und Funktion

Der früheste überlieferte Hinweis auf die Bedeutung von Angst als Grundbedingung für menschliche Existenz findet sich beim arabischen Philosophen Als Ibn Hatm aus dem 11. Jahrhundert. Folgende mögliche Definitionen der Angst sollen einen Überblick über die Diversität des Begriffs schaffen:

Das Lexikon der Psychologie beschreibt die allgemeine Konnotation des Wortes als dieselbe wie die seines lateinischen Ursprungs *anxietas*, ein Erleben sich verändernder Mischungen von Ungewißheit, Erregung und Furcht [16].

Die Brockhaus Enzyklopädie definiert Angst als einen „Gefühlszustand oder Affekt, der einer unbestimmten Lebensbedrohung entspricht im Unterschied zur objektbezogenen Furcht.“ (...) [17]

Im englischen Sprachgebrauch als *anxiety* bezeichnet, beschreibt das Oxford English Dictionary den Begriff als folgenden: The quality of state of being anxious, uneasiness or trouble of mind about some uncertain event; solicitude, concern. (...) [18].

Entwicklungsgeschichtlich dient die Angst als Schutzmechanismus der Sinnesschärfung, um in entsprechenden Situationen (vermeintliche oder reale Bedrohung) ein adäquates Verhalten (z.B. Flucht) einzuleiten.

Angst ist sowohl unbewusst als auch bewusst wirksam. Wenn sie ein derartiges Ausmaß erreicht, dass zu Kontrollverlusten oder Lähmungen führt, so spricht man von Angststörung, objektgebunden wird es als Phobie bezeichnet [19] [20].

2.3.2 Physiologie und Symptome

Mittels physiologischer Vorgänge wird bei Angst der Körper in einen vigilanten Zustand versetzt. Die Reaktionen sollen im Extremfall das Überleben sichern und das Individuum auf eine *fight or flight* – Situation einstellen. Das sympathische Nervensystem wird aktiviert, es kommt zu:

- erhöhte Aufmerksamkeit,
- dilatierte Pupillen,
- empfindlichere Seh- und Hörnerven,
- erhöhter Muskeltonus, erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit
- erhöhte Herzfrequenz, erhöhter Blutdruck
- flache und schnelle Atmung
- Schwitzen, Zittern, Schwindelgefühl
- evtl. Übelkeit und Atemnot [21].

Parasympathische Aktivitäten (Blasen-, Magen- und Darmtätigkeit) hingegen werden unterdrückt. Ob eine Gefahr real ist oder nicht, kann unser „Angstzentrum“ nicht unterscheiden: Es hat keine Zeit, muss bei ersten Anzeichen von Gefahr sofort reagieren.

Bei einer Angstreaktion kommt es zur vermehrten Sekretion von Cortisol aus der Nebennierenrinde ausgehend von der Stressachse (Hypothalamus- Hypophysen- Nebennierenrinden- Achse). Dem heutigen Wissensstand zufolge spielen drei wichtige Neurotransmittersysteme bei Ängsten eine entscheidende Rolle:

- *GABA-erges System*: GABA ist der wichtigste hemmende Neurotransmitter, generalisierte Ängste sind mit einer Dysfunktion des GABA-Systems assoziiert,
- *Noradrenerges System*: eine gesteigerte noradrenerge Aktivität wird mit Angstsymptomen und Panikattacken in Verbindung gebracht,
- *Serotonerges System*: eine verminderte serotonerge Funktion wird mit Phobien und Zwangsneurosen assoziiert [22].

2.3.3 Zahnbehandlungsangst

Diese Angst zählt zu den am häufigsten in unserer Gesellschaft vertretenen und umfasst alle physiologischen und psychologischen Ausprägungen des Gefühls einer vermeintlichen Gefahr. Aufgrund der Schwierigkeit, Angst klar zu definieren, variieren auch die Zahlen diesbezüglich. Eine schwedische Studie hat mittels standardisierter Fragebögen bei 6,7% der Befragten extreme Angst nach dem 10-Punkte-Dental-Fear-Score besteht. Generell muss man die Angst vor der Zahnbehandlungsphobie abgrenzen, die laut *Jöhren* zu den einfachen Phobien gezählt wird; Übergänge von normaler begründeter hin zur pathologischen Angst können jedoch fließend sein [1] [23].

Hakeberg et al. befragten Patienten/Patientinnen hinsichtlich ihrer Angst mithilfe der Corah Dental Anxiety Scale (s. Abb.) und stellten fest, dass 5,4% der Bevölkerung unter extremer Zahnbehandlungsangst leiden, hierbei war die Altersgruppe 20 – 39 Jahre am stärksten vertreten [24].

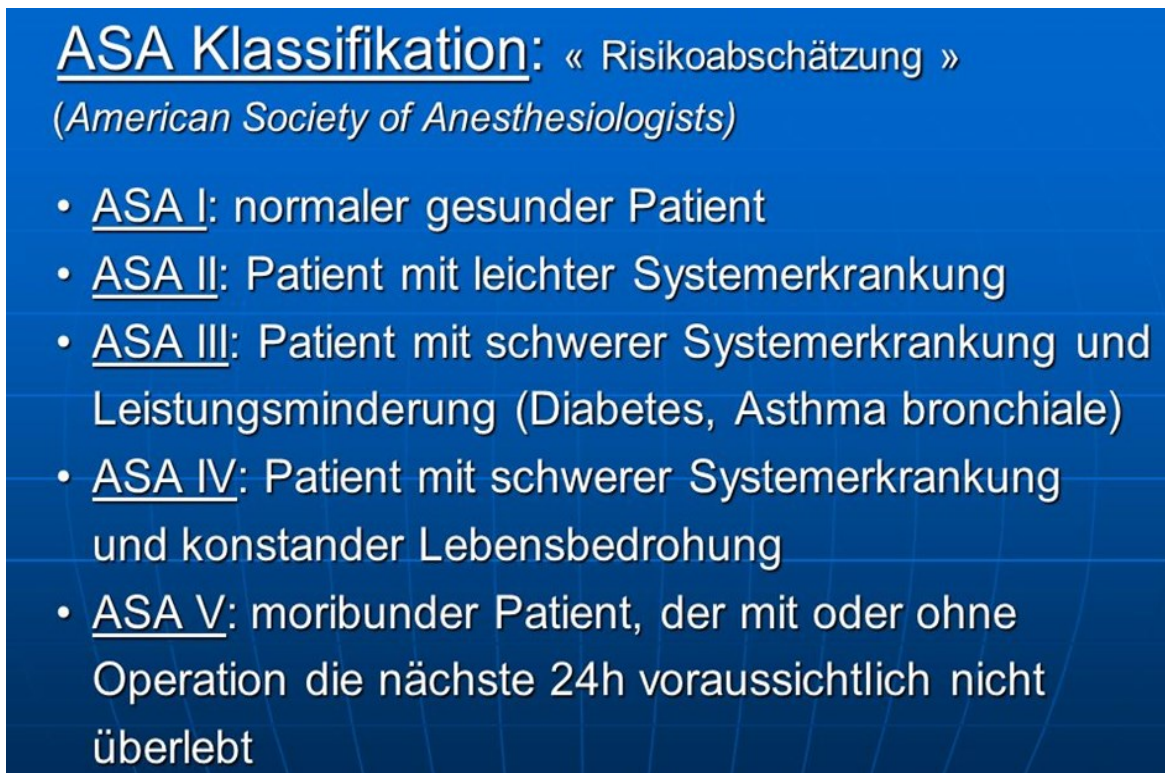
Meist ist das Zusammenspiel mehrerer Faktoren für die Angstenstehung ausschlaggebend, Lindsay und Jackson berichten, dass traumatische Erlebnisse, die bei einer vorhergehenden Zahnbehandlung aufgetreten sind, die häufigste Ursache für das Entstehen der Zahnbehandlungsangst sind [25]. Interessant ist auch die Beobachtung, dass eigentliche schmerzfreie Stimuli über klassische Konditionierung als Reiz angstausslösend sein können: so kann die Berührung des Patienten/der Patientin vor einer Injektion diesen in einen ängstlichen Zustand verfallen lassen. Die Ungewissheit darüber, ob Schmerzen bei der bevorstehenden Behandlung entstehen könnten, löst bei Patienten/Patientinnen die sogenannte Erwartungsangst in unterschiedlichem Ausmaß aus [26].

Viele berichten auch über das Gefühl, ausgeliefert zu sein und den bevorstehenden Verlust der Selbstkontrolle, die Unvorhersehbarkeit der nächsten Behandlungsschritte sowie das Verhalten des Zahnarztes/der Zahnärztin selbst sind Stimuli, die für betroffene Personen beängstigend sein können.

3.Präoperative Anamnese und Untersuchung

Schwerpunkte für eine sichere und richtige dentale Sedierung sind die Untersuchung und Anamnese des Patienten/der Patientin. Viele Studien haben gezeigt, dass die verschiedenen Erkrankungen kein größeres Problem in Bezug auf die Anwendung des Lachgases darstellen. Obwohl die Sedierung mit Lachgas eine der sichersten Methoden der inhalativen Sedierung darstellt, ist es für eine präoperative Untersuchung notwendig, die Vorbereitung und Durchführung der Behandlung zu planen und die genaue Anamnese des Patienten/der Patientin zu erheben [23].

Die gültige präoperative Einteilung der Patienten/der Patientinnen nach der Klassifikation der ASA (American Society of Anesthesiologists) von 1978 sieht wie folgt aus:



ASA Klassifikation: « Risikoabschätzung »
(*American Society of Anesthesiologists*)

- ASA I: normaler gesunder Patient
- ASA II: Patient mit leichter Systemerkrankung
- ASA III: Patient mit schwerer Systemerkrankung und Leistungsminderung (Diabetes, Asthma bronchiale)
- ASA IV: Patient mit schwerer Systemerkrankung und konstanter Lebensbedrohung
- ASA V: moribunder Patient, der mit oder ohne Operation die nächste 24h voraussichtlich nicht überlebt

Abb. 5: Patienteneinteilung nach ASA-Klassifikation

Selbst die Anwendung der Sedierung ist erschwert und gefährlich, wenn der Patient schwerkrank ist. Die ASA-Einteilung der Patienten hat keine klar definierten Abstufungen und Grenzen, so „werden Patienten i.d.R. unabhängig

von der beurteilenden Person (Personal im Gesundheitswesen) in die gleiche ASA-Gruppe eingeteilt“ [27].

3.1 Untersuchung von Patienten/Patientinnen mit verschiedenen Krankheiten

3.1.1 Herz-Kreislauf Erkrankungen

Patienten/Patientinnen mit Herzinsuffizienz verzeichnen eine verminderte Aktivität der Herzmuskelkontraktion, daher verringert sich das Blutejektionsvolumen aus dem Herz, was zum Rückstau von Blut in der Lunge führt. Dies erhöht das Entstehungsrisiko eines Ödems, sei es in der Lunge oder in weiterer Folge in den Extremitäten. Um die Schwellung in der Peripherie reduzieren, ist es notwendig, eine geeignete Therapie einzusetzen, in dem Fall sind Diuretika zur Vermeidung der Ödeme und ACE-Hemmer die Mittel der Wahl. Zusätzlich wird Digitalis als Medikament für die Stärkung des Herzens eingesetzt. Die liegende Position ist ungünstig für Patienten/Patientinnen mit Herzinsuffizienz [28].

Koronare Herzkrankheiten oder ischämische Herzerkrankung sind Bezeichnungen für eine Gruppe von Herzkrankheiten, die durch eine verminderte Durchblutung der Herzkranzarterien auftritt. Die häufigste Ursache der reduzierten Strömung ist die Atherosklerose. Patienten/Patientinnen mit KHK haben paradoxerweise sogar einen Vorteil bei der Sedierung, weil der Sauerstoffverbrauch des Herzens vermindert und damit die kardiale Versorgung mit Sauerstoff verbessert wird [29] [30].

Hypertonie ist eine der häufigsten Erkrankungen in der Gesellschaft, daher ist es nicht verwunderlich, dass auch viele Zahnärzte mit Patienten/Patientinnen konfrontiert werden, die an Bluthochdruck leiden. Der häufigste Grund für die Hypertonie ist Atherosklerose (Gefäßverkalkung). Um den Tonus zu senken, erhält der Patient/die Patientin Diuretika, um Flüssigkeit auszustoßen, Betablocker und ACE-Hemmer einzeln oder in Kombination. Patienten/Patientinnen mit Bluthochdruck können auch stark von der zahnärztlichen Sedierung profitieren, weil die endogene Sekretion von Adrenalin nicht zu Blutdrucksteigerung führt [31].

Patienten/Patientinnen mit Herzschrittmacher stellen keine besondere Risikogruppe dar. Der Schrittmacher selbst wurde in Vollnarkose eingesetzt, somit bedarf es keiner besonderen Maßnahmen bei geplanter dentaler Sedierung. Der Behandler/die Behandlerin sollte nur abklären, ob der Patient/die Patientin regelmäßig zu seinen Kontrollterminen beim zuständigen Facharzt/Fachärztin erscheint [32].

Bei Patienten/Patientinnen mit Herzklappenfehler ist es wichtig, dass sie einerseits asymptomatisch sind und andererseits unter regelmäßige Kontrolle des behandelnden Kardiologen/Kardiologinnen stehen. Vor jeder zahnärztlichen Behandlung bei diesen Patienten/Patientinnen muss eine antibiotische Prophylaxe durchführen um die Keime aus der Mundhöhle in Endokard zu reduzieren und damit ein Endokarditis vermeiden [33].

3.1.2 Atemwegserkrankungen

Die Behandlung von Personen mit Lungenerkrankungen verläuft in der Regel komplikationslos. Die Patienten/Patientinnen sollten ihre Medikamente wie gewohnt einnehmen. Da durch die reguläre Behandlung Stress und Aufregung die Atmung des Patienten/der Patientin verschlechtern können, wird mit der dentalen Sedierung bei Betroffenen Abhilfe geschaffen. Eine erhöhte Zufuhr des Sauerstoffes hat auf jedem Fall eine positive Wirkung, außer bei Personen mit COPD.

Eine spezielle Behandlung haben Patienten mit chronischen Lungenobstruktion (COPD), dazu gehören das Emphysem und die chronische Bronchitis, wo die Sedierung mit Lachgas eine spezielle intraoperative Kontrolle erfordert. Bei solchen Patienten/Patientinnen sind die Kohlendioxidwerte sehr oft erhöht und der Atemantrieb, der normalerweise durch CO_2 gesteuert ist, wird durch die Sauerstoffkonzentration gesteuert. Infolge dessen würde ein erhöhtes Sauerstoffangebot zur Atemdepression führen. Eine normale Dosis an Sauerstoff beträgt ca. 2 Liter pro Minute [23].

Die asthmatischen Patienten/Patientinnen haben eine höhere Disposition für Atemwegsreizungen und jeder Stimulus kann zu einem Bronchospasmus führen. Die Sedierung von Patienten/Patientinnen mit Asthma ist sehr günstig, weil die stressbedingte Disposition geringer werden kann. Wichtig hierbei ist, dass Asthmatiker/Asthmatikerinnen ihre Medikamenteneinnahme nicht unterbrechen sollten [34].

Höchste Vorsicht ist bei Personen mit einem Pneumothorax geboten, da ihre Behandlung lebensgefährlich wäre, weil der Druck im intrathorakalen Raum schnell ansteigen könnte und eine Mediastinalverschiebung zur Folge hätte [35].

3.1.3 Patienten/Patientinnen mit Diabetes mellitus

Diabetiker/Diabetikerinnen sind eine besondere und sehr häufige Gruppe von Patienten/Patientinnen, die den Zahnarzt/die Zahnärztin besuchen. Das Lachgas hat eine sehr günstige Rolle bei der Sedierung des Patienten/der Patientinnen mit Diabetes. Wichtig für die Behandlung ist, dass Diabetiker/Diabetikerinnen nicht unbedingt nüchtern sein sollten bzw. keine Nahrungskarenz betreiben [23].

3.1.4 Nieren- und Lebererkrankungen

Alle Sedativa, außer die Lunge, werden über der Leber und über die Niere ausgeschieden. Deshalb, die Sedierung mit Lachgas stellt nicht ein höheres Risiko und eine Gefahr für die lebenswichtigen Organe dar [23].

3.1.5 Neurologische Erkrankungen

Patienten/Patientinnen mit neurologischen Erkrankungen sind in vielen Fällen leicht und problemlos zu behandeln. Die häufigsten Vertreter/Vertreterinnen dieser Erkrankungsgruppe sind hierbei die Epileptiker/die Epileptikerinnen, diese Menschen sollten ihre Medikamente vor und nach der Behandlung nicht absetzen, sondern weiterhin normal einnehmen.

Immer häufiger finden sich neurologische Erkrankungen bei älteren Menschen, bei denen ohnehin eine Dosisreduktion zu empfehlen ist.

Bei Patienten/Patientinnen mit Duchenne-Dystrophie oder Myasthenie ist eine Sedierung durch den Zahnarzt/die Zahnärztin nicht empfehlenswert, es ist hier zumindest die Anwesenheit bzw. die Durchführung durch einen Anästhesisten/eine Anästhesistinnen (entweder ambulant oder stationär) vorzuziehen [36].

4.Sedierung mit Lachgas

4.1 Grundlagen der dentalen Sedierung

Unter der Berücksichtigung, dass jeden Tag eine große Anzahl von Patienten/Patientinnen zum Zahnarzt/zur Zahnärztin mit mehr oder weniger Angst kommt, ist es notwendig, eine der Methoden der Sedierung zu verwenden. Die Rolle des Zahnarztes/der Zahnärztin ist, dass Angst und Schmerz des Patienten/der Patientinnen auf die niedrigst mögliche Grenze reduziert werden, um eine Behandlung erfolgreich und ungehindert durchführen zu können.

Deswegen ist das grundlegende Ziel einer Sedierung im Wachzustand eine Reduktion der Angst im Sinne der Beruhigung des Patienten/der Patientinnen. Um die Grundlagen der zahnärztlichen Sedierung besser zu verstehen, ist es notwendig, einen Vergleich zwischen dentaler Sedierung und der Allgemeinanästhesie durchzuführen.

4.2 Eigenschaften des Lachgases

Das Lachgas, auch bekannt unter der Bezeichnung Distickstoffmonoxid, Stickoxydul oder Azo-oxid, ist ein geschmack-, geruch- und farbloses anorganisches Gas und gehört zu der Gruppe der Stickoxide. Es sind auch sehr oft Beschreibungen in der Literatur zu finden, dass das Lachgas einen leicht süßen Geschmack und Geruch hat. Die chemische Summenformel des

Distickstoffmonoxid ist N_2O , die Strukturformel wird näher in der Abbildung 6 erläutert [37].

Lachgas ist gut wasserlöslich, hat eine molare Masse von $44,01 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ und die Dichte von ca. $1,85 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, daraus folgt, dass das Lachgas ca. 1,5-mal schwerer als die Luft ist [38]. Der Schmelzpunkt des Lachgases beträgt $-90,8^\circ\text{C}$ und der Siedpunkt ist $-88,5^\circ\text{C}$. Der Dampfdruck bei einer Zimmertemperatur ca. 20°C ist $50,6 \text{ bar}$ [39].

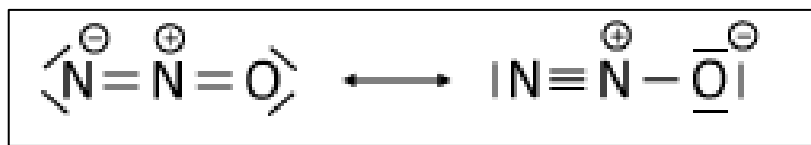
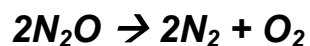


Abb.6 Strukturformel von Distickstoffmonoxid (Lachgas)

Die Herstellung des Lachgases für medizinische Zwecke erfolgt aus Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) durch eine thermische Zersetzung, bei der die Temperatur 300°C nicht überschreiten darf, da es sonst zu einem explosiven Zerfall von Ammoniumnitrat kommt [40].



Bei einer Temperatur von ca. über 600°C wird das Lachgas auf seine Elemente, den Stickstoff und Sauerstoff, zerfallen [41].



Die Wirkung des Lachgases ist ausschließlich schmerzstillend (analgetisch) und schwach narkotisch bzw. bewusstseinsausschaltend – hypnotisch. Die schmerzstillende Effekte treten in Kraft, wenn eine Konzentration von ca. 20% des Distickstoffmonoxid im zugeführten Gasmisch vorhanden ist. Die Verwendung von Lachgas in größeren Mengen kann zu einer Oxidation des Vitamins B12 im

Körper führen, wodurch das Enzym Methionin-Synthase nicht mehr zur Verfügung steht [42]. Methionin ist eine essenzielle Aminosäure, die B12 als Cofaktor zur Synthese benötigt.

Natürliche Quellen für Lachgas sind Ozeane/Seen und natürliche Böden, die mehrere Tonnen pro Jahr emittieren. Lachgas wird zudem bei natürlichen Prozessen freigesetzt, so auch bei der Nitrifikation (der bakteriellen Oxidation von $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) [43].

Lachgas dient in der (Zahn-)Medizin als Gas zu Narkosezwecken, wo es als Sedierungs- bzw. Beruhigungsmittel bei Patienten/Patientinnen mit ausgeprägter Angst oder bei Kindern verwendet wird.

Weiters wird Lachgas in der Nahrungsindustrie als Treibgas für Milchprodukte, z.B. zum Aufschäumen von Schlagsahne benutzt. Das Lachgas verwendet man bei der Antriebstechnik von Ottomotoren, um die Leistung von Motoren kurzfristig um etwa 20 – 50% zu steigern. Distickstoffmonoxid selbst ist nicht brennbar, aber bei hohen Temperaturen baut es sich schnell ab und führt dazu, dass mehr Sauerstoff zur Verbrennung in den Motor gelangt, um eine bessere und schnellere Kraftstoffverbrennung zu ermöglichen.

4.3 Unterschiede der Vollnarkose zur dentalen Sedierung

Die Vollnarkose:

- Hauptrolle und Ziel sind die Schmerzkontrolle durch Ausschaltung des Bewusstseins des Patienten/der Patientinnen
- der Patient/die Patientin ist nicht ansprechbar
- die Schutzreflexe sind erloschen
- die Vitalparameter sind instabil
- erfordert ein unbedingtes technisches Monitoring

Die dentale Sedierung:

- Hauptrolle und Ziel sind die Angstkontrolle
- Patient/Patientin ist bei Bewusstsein und ansprechbar
- Schutzreflexe sind vorhanden
- Stabile Vitalparameter
- Beobachtung des Patienten/der Patientinnen ist weiterhin notwendig [44]

Daher stuft man die dentale Sedierung zwischen den Wachzustand und die Allgemeinanästhesie ein, wo die Tiefe der Sedierung immer in einem mittleren Bereich der UMSS (University of Michigan Sedation Scale) liegen sollte. (s.Abb.1)

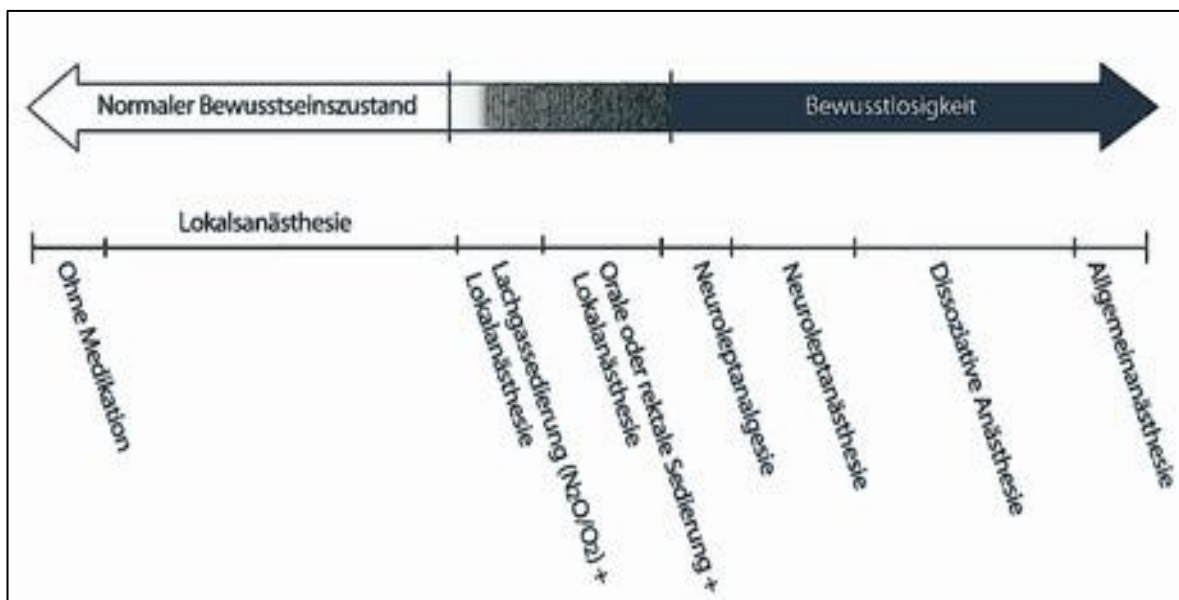


Abb. 7: Spektrum der Schmerzkontrolle (modifiziert nach Bennett, C.R. Conscious sedation in dental practice, Fig. 2-1, The spectrum of pain control. Mosby-Year Book, 2nd edition [1978]).

Wir unterscheiden 4 Sedierungsstadien:

- Minimale Sedierung - (*Lachgassedierung*)
- Moderate Sedierung - (*orale Sedierung*)
- Tiefe Sedierung - (*i.v. Sedierung*)
- Allgemeinanästhesie - (*Narkose mit der Intubationsnarkose mit Anästhesisten*)

Um die gewünschte und sichere Wirkung der Sedierung mit Lachgas zu erreichen, muss man das Konzept der Titration verstehen. „*Titration bedeutet in diesem Zusammenhang das langsame Steigern der Dosis bis zur erwünschten Sedierungstiefe.*“ [23]

Titration ist von Patient/Patientin zu Patient/Patientin unterschiedlich, weil nicht jeder Patient/Patientinnen gleich reagiert. Diese Titration ermöglicht dem Zahnarzt/der Zahnärztin eine Kontrolle über die Intensität der Sedierung, sodass es zu keiner Unter- oder Überdosierung kommt. Bei jedem Patienten/jeder Patientin muss die individuell passende Dosierung ermittelt werden, um die gewünschte anxiolytische Wirkung zu erzielen.

4.4 Pharmakokinetik des Lachgases

Eines der wichtigsten Merkmale des Lachgases ist, dass es keine schädlichen Auswirkungen auf lebenswichtige Vitalfunktionen und Reflexe zeigt. Die Tab.3 zeigt, wie die Vitalfunktionen der lebenswichtigen Organe bei steigender Lachgaskonzentration größtenteils unverändert bleiben [45].

**Tabelle 3: Vitalparameter bei steigender Lachgaskonzentration (% atm)
(Rampil et al. 1998)**

	Lachgaskonzentration (% atm)							
	0 Baseline	10	20	30	40	50	0 Abbruch	0 Erholung
MAP (mmHg)	79,6 ±11,4	78,8±9,6	83,4±9,5	80,4±8,3	81,9±10,3	84,2±11,4	82,9±13,6	84,8±15,1
HR (bpm)	58,5±10,4	57,7±10,6	53,3±10,0	57,2±7,8	59,0±12,8	58,8±9,6	55,8±8,0	56,9±8,5
ETCO ₂ (mmHg)	36,4±5,2	38,0±5,9	37,8±4,9	35,7±5,1	34,2±5,1	37,6±5,6	37,4±5,2	38,3±4,7
RR (breaths/ min)	15,0±2,5	16,7±2,5	18,1±3,1	16,5±2,6	16,9±3,4	15,8±4,4	17,1±1,7	16,3±2,1
MV (l/min)	6,3±1,9	6,7±1,8	6,6±1,9	7,1±2,4	6,8±3,0	6,6±2,1	5,8±1,5	6,6±2,2
SpO ₂	99,9±0,3	99,6±0,9	99,7±0,3	99,7±0,5	99,5±0,7	99,4±0,8	99,7±0,5	99,6±0,7

Alle Werte sind Durchschnittswerte (\pm Standardabweichung).

MAP= Mean arterial pressure (mittlere arterieller Druck), HR= Heart rate(Herzfrequenz), ETCO₂= End-tital concetration of carbon dioxide (endexpiratorische Kohlendioxidkonzetration), RR= Respiratory rate (Atemfrequenz), MV= Minute volume (Atemminutvolumen), SpO₂= partielle Sauerstoffsättigung.

Wie andere inhalative Anästhetika wird Lachgas über die Lunge ins Blut aufgenommen und erreicht im ZNS bzw. Gehirn seine Wirkung. Wegen seiner minimalen Blutlöslichkeit (Blut-Gas-Koeffizient 0,47) besitzt Lachgas einen sehr schnellen Wirkungseintritt [46].

Aufgrund dieser Eigenschaften erreicht das Lachgas sehr schnell seine Wirkung auf das Zentralnervensystem. Das Niveau der Sedierung bzw. die Sedierungstiefe kann vom Zahnart/Zahnärztin durch eine Dosierung des inhalierten Gases reguliert und verändert werden. Das Lachgas besitzt eine hohe Lipidlöslichkeit im Blut und damit einen schnellen Wirkeintritt. Durch seinen Transport im Blut bindet sich Lachgas nicht mit Hämoglobin, insofern kommt es zu keinen metabolischen Prozessen und wird zu beinahe 100% über die Lunge (bzw. Alveolen) und ein vernachlässigbarer Teil über die Haut eliminiert. Das Lachgas, im Gegensatz zu anderen gasförmigen Anästhetika, hat die schnellste Anflutungszeit.

Beim Inhalieren des Lachgases wird Stickstoff im Blut verdrängt, da es eine höhere Löslichkeit aufweist. Infolge dessen entsteht ein relatives Vakuum, das zum sogenannten Konzentrationseffekt führt [47]. Dadurch lassen sich folgende Eigenschaften des Lachgases erklären: einerseits diffundiert es sehr schnell in abgekapselte Gastaschen, dadurch besteht die Möglichkeit einer Hohlraumexpansion, in der das Lachgas schneller eintritt als Stickstoff austreten kann – die Folge ist ein Druckanstieg, der bei Patienten/Patientinnen mit Pneumothorax lebensgefährlich werden kann [35]; andererseits kommt es nach Beendigung der Lachgaszufuhr zur Umkehr des Konzentrationseffekts: durch das schnelle Entweichen des Lachgases wird der Sauerstoff verdünnt, dies führt zur sogenannten Diffusionshypoxie. Deshalb werden Patienten/Patientinnen instruiert, nach der Behandlung für drei Minuten 100% O₂ zu inhalieren, um diese Hypoxie zu überbrücken. Allerdings haben Studien bewiesen, dass auch ohne

nachfolgende dreiminütige Sauerstoffinhalation es zu keinen nennenswerten Problemen kam [48].

4.5 Pharmakodynamik des Lachgases

Die Pharmakodynamik beschreibt das Wirkprofil sowie die Auswirkungen des Pharmakons auf die Organfunktionen. Bis heute weiß man über den genauen Wirkmechanismus von Lachgas nicht gänzlich Bescheid.

Geht man von der äquipotenten Konzentration aus, so ist Lachgas das schwächste verfügbare Anästhetikum [49], jedoch haben Untersuchungen im Jahr 1943 an der Harvard Medical School gezeigt, dass eine 20%-ige N₂O-Inhalation die gleiche analgetische Potenz wie 15 mg Morphin s.c. hat [50]. Man geht davon aus, dass Lachgas eine Endorphinausschüttung hervorruft und diese die opiatähnlichen Symptome der Analgesie und Euphorie erklärt. Studien haben gezeigt, dass der Opiatantagonist Naloxon auch das Lachgas antagonisieren kann [51]. Die anxiolytische Wirkung beruht auf der Wirkung der GABA-ergen Rezeptoren [52].

4.5.1 Wirkung auf das ZNS

Der genaue Wirkmechanismus des Lachgases im Zielorgan ZNS ist unbekannt. Durch die in der Zahnmedizin verwendeten Konzentrationen von 30 – 70% wird der Körper in einen entspannten, somnolenten Bewusstseinszustand mit psychischer Entkopplung versetzt, ähnlich einer hypnotischen Trance [52]. Vorteilhaft ist auch, dass keine Amnesie entsteht, wie es bei der Verwendung von Benzodiazepinen der Fall ist. Zudem ist die subjektive Zeiteinschätzung der Behandlungsdauer wesentlich kürzer.

4.5.2 Kardiovaskuläre Wirkung

Bekanntlich kommt es aufgrund des hohen Stresspegels, dem Patienten/der Patientin vor und während einer Behandlung ausgesetzt sind, oft zu kardiovaskulären Nebenwirkungen. Diverse Anästhetika wie Halothan und andere

halogenierte Kohlenwasserstoffe können diese Komplikationen erhöhen. Die Wirkung von Lachgas auf das kardiovaskuläre System ist hingegen vernachlässigbar, es kommt lediglich zu einer leichten Erhöhung des peripheren Widerstands und zu einer geringen Abnahme der Herzschlagfrequenz. Durch die Anxiolyse folgt meist auch eine leichte Blutdrucksenkung. Daher wird sogar Patienten/Patientinnen mit Herzerkrankungen dazu geraten, sich einer Lachgasanwendung aufgrund ihrer guten Eignung zu unterziehen [23].

4.5.3 Auswirkungen auf das zerebrovaskuläre System

Es sind keine negativen Wirkungen des Lachgases auf das zerebrovaskuläre System bekannt, im Gegenteil, Patienten/Patientinnen mit einer Karotisstenose oder anderen Gefäßverengungen profitieren durch die Anwendung des Lachgases wegen des erhöhten Sauerstoffangebots.

4.5.4 Allergien

Eine Allergie gegen Lachgas gilt natürlich als absolute Kontraindikation, es ist allerdings in den letzten 150 Jahren noch nie ein klinischer Fall von Lachgasallergie dokumentiert worden [23].

4.5.5 Wirkung auf Niere und Leber

Lachgas ist als Sedativum ideal geeignet, da es inert ist und unabhängig von der Leber wirkt, es hat auch keine hepatische Wirkung und wird nicht von der Leber metabolisiert. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Patienten/Patientinnen mit Leberzirrhose die Gabe von N₂O zu keiner weiteren hepatischen Schädigung geführt hat [53].

Ähnliches gilt bei Nierenfunktionsstörungen: da Lachgas pulmonal eliminiert wird, erweist sich die Sedierung nicht als Hindernis. Die Durchblutung weder der Leber noch der Nieren wird durch Lachgas beeinträchtigt.

4.5.6 Gastrointestinaltrakt

Untersuchungen haben gezeigt, dass sich Lachgas in keiner Weise auf den Gastrointestinaltrakt auswirkt. Jedoch sollte es im Fall einer Darmobstipation nicht angewendet werden, da sich das Gas intrainestinal ausdehnen könnte [35].

4.5.7 Wirkung auf die Atmung

Laut der AAPD ist die Wirkung auf den Respirationstrakt beim gesunden Menschen dermaßen gering, dass sie keine klinische Relevanz aufweist [54]. Die einzige Voraussetzung für eine erfolgreiche Sedierung ist eine intakte Nasenatmung, da das Gas per Nasenmaske inhaliert wird. Somit können Infektionen der oberen Atemwege, die in einer Undurchgängigkeit der Nasenatmung resultieren, dazu führen, dass keine suffiziente Konzentration des Lachgases erreicht wird.

Durch die Lachgasapplikation kommt es zur Dämpfung der peripheren Chemorezeptoren und in weiterer Folge zur ausbleibenden Gegenregulation im Fall einer Hypoxie. Dieses und das Phänomen des Konzentrationseffekts führten zu Beginn der Applikationen zu hohen Morbiditäts- und Mortalitätsraten, da bis zu 80%-ige Konzentrationen verwendet wurden.

4.5.8 Metabolisierung

Lachgas ist größtenteils inert und wird nahezu unverändert über die Lunge wieder ausgeschieden. Ein geringer Anteil entweicht über Haut, Schweiß, Urin und Darmgase [23].

4.5.9 Alkohol- und Drogenabusus

Falls beim Patienten/bei der Patientin ein Drogen- oder Alkoholmissbrauch offensichtlich ist, so ist die Lachgasanwendung strikt zu unterbinden, da oben erwähnte Substanzen eine klare Kontraindikation darstellen. Die summierende Wirkung könnte nicht abgeschätzt werden und daher ist es verboten. Ebenfalls vorsichtig sein muss der Behandler bei unbekanntem Beruhigungsmitteln, die der

Patient ohne Rücksprache mit dem Zahnarzt/der Zahnärztin eingenommen hat [23].

4.6 Indikationen und Kontraindikationen des Lachgases

Zu den primären Zielen des Lachgases – zumeist in Kombination mit Lokalanästhetika – zählen die Reduktion von präoperativem Stress und Angst bei Patienten/Patientinnen aller Altersgruppen, besonders bei Kindern, um sie gleichzeitig vor dem Eingriff zu entspannen [55]. Weitere Einsatzgebiete von Lachgas sind die Applikation bei leicht oder mäßig schmerzhaften Eingriffen, die bis zu 10-15 min dauern, Berichten zufolge hat sich der ambulante Einsatz bei bis zu vierstündigen Behandlungen bewährt [23].

Einen großen Vorteil für den Behandler bietet Lachgas bei Patienten/Patientinnen, die einen für den Eingriff störenden leicht hervorrufbaren Würge- oder Schluckreflex haben [56]. Wegen der schnellen Diffusion und des dadurch resultierenden raschen Wirkeintritts ist Distickstoffmonoxid auch bei Röntgenaufnahmen im Behandlungsstuhl oder für die Abdruckerstellung indiziert. Die geeignetsten Responder für Lachgasapplikation sind Kinder im Alter von ca. 4-6 Jahren [23].

Sowie für alle anderen Medikamente muss man auch die Kontraindikationen des Lachgases bekannt geben. Zwar wäre eine Allergie eine absolute Kontraindikation, es wurde aber noch nie ein solcher Fall dokumentiert. Die am häufigsten für Lachgassedierung ungeeigneten Patienten/Patientinnen sind jene mit einer chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) [57]. Weiters sind schwangere Patientinnen, die im 1. und 2. Trimester sind sowie stillende Mütter ebenfalls eine Kontraindikation für die Applikation [58]. Bei geistig behinderten Patienten/Patientinnen, wo die Kommunikation und Kooperation schwierig und kaum durchführbar ist, wird die Lachgassedierung nicht empfohlen, sondern zu einer Vollnarkose geraten. Patienten/Patientinnen mit Schizophrenie, Psychosen, Angststörungen und mit anderen Störungen des psychiatrischen Formenkreises sind meistens nur mit Allgemeinanästhesie behandelbar. Die Sedierung mit Lachgas kann bei solchen Patienten/Patientinnen eine Symptomverstärkung verursachen [59]. Weitere Kontraindikationen, die zwar seltener vorzufinden sind,

aber dennoch bei der Anwendung von Lachgas bedacht werden müssen, sind: Augenoperationen, Pneumothorax, Emphysem, erhöhter Hirndruck, Ileus, Otitis media und Mastoiditis. Die Mechanismen bei diesen Patienten/Patientinnen, die zur Schädigungen führen, sind immer gleich: es kommt zu einer raschen Diffusion des Lachgases in Hohlräume; infolge dessen entsteht der Schaden.

4.7 Ausrüstung und Applikationssysteme

Die wichtigste und zentrale Voraussetzung für die Applikation des Lachgases ist ein Flowmeter. Auch bekannt als Durchflusssensor, ist es ein Gerät, das den Durchfluss eines Gases mithilfe von Sensoren durch ein Rohr misst. In diesem Fall ist es ein Gemisch bestehend aus Sauerstoff und Lachgas.

Die Hauptkomponenten des Flowmeters sind:

- Messröhrenblock mit markierten Flowmessröhren
- Bedienfeld bzw. Bedienelemente
- Reservoirbeutel (ein „Gasspeicher“ für O₂/N₂O) [23]



Abb. 8: Analoges Flowmeter zur N₂O Applikation



Abb. 9: Bedieneinheit des Digital Flowmeter mit Tipp-Tasten zur N₂O Applikation

Die Bedieneinheit ermöglicht bei einem Notfall eine schnellere Sauerstoffversorgung des Patienten/der Patientin mithilfe eines O₂-Flush-Knopfes, der gleichzeitig das gesamte Lachgas aus dem System eliminiert und den Patient/die Patientin mit sauerstoffreicher Luft versorgt [23].

Eine Gasmischung aus O₂ und N₂O fließt aus dem Flowmeter in den Reservoirbeutel und weiter über eine Nasenmaske in Richtung der Atemwege. Das Volumen des Reservoirbeutels ist für Erwachsene ca. 2-3 Liter und für Kinder ca. 1-2 Liter. Der Zahnarzt/die Zahnärztin bestimmt ein Atemminutenvolumen von ca. 10 ml/kg KG und mit zunehmender Zufuhr des Lachgases wird die erwünschte Sedierung erreicht [23].



Abb. 10: Reservoirbeutel für Gasgemisch O_2/N_2O

Die weiteren benötigten Komponenten zur Lachgassedierung sind:

- N_2O und O_2 in Flaschen oder Tanks
- Kodierte Verbindungsschläuche
- Absaugsystem
- Nasenmasken in verschiedenen Größen
- Pulsoximeter
- Blutdruckmesser
- Notfallkoffer



Abb. 11: Schlauchsystem mit mehrfach verwendbare Nasenmasken

Sauerstoff und Lachgas sind immer im Druckzylinder gespeichert und müssen immer vertikal gelagert werden. Der Druckzylinder mit blauer Schulter ist markiert für das Lachgas und mit der weißen für Sauerstoff. Die Flaschen mit O_2 und N_2O müssen im Behandlungsraum immer gut fixiert sein, stabil gelagert und weit von jeglichen Wärmequellen entfernt gehalten werden, um das Risiko einer Explosion der Gase in den Behältern zu verhindern. Aufgrund des großen vorherrschenden Drucks in der Flasche werden das Lachgas und der Sauerstoff über den Druckminderer mit Manometer an das Flowmeter transportiert. Der Druck wird hierbei auf ca. 50 bar reduziert und so weiter in die Schläuchen geleitet [23].



Abb. 12: Druckzylinder mit O_2 und N_2O mit Applikationssystem



Abb. 13: Druckminderer mit Manometer für O₂

Die Absaugsysteme ermöglichen eine minimale Kontamination des Lachgases im Behandlungsraum und vermindern damit das Risiko der Gasexposition des Arbeitspersonals [60]. Die Absaugung des Narkosemittels kann man über eine eigene Anlage oder über ein externes System durchführen. Wichtige Punkte für die Reduzierung der Lachgasexposition fürs Arbeitspersonal nach Whitcher sind:

- Verwendung von modernen Geräten für Absaugung des abgeatmeten Lachgases
- Regelmäßige Belüftung des Behandlungsraum
- Ein Minimum der Sprechanteile des Patienten/der Patientin [61]

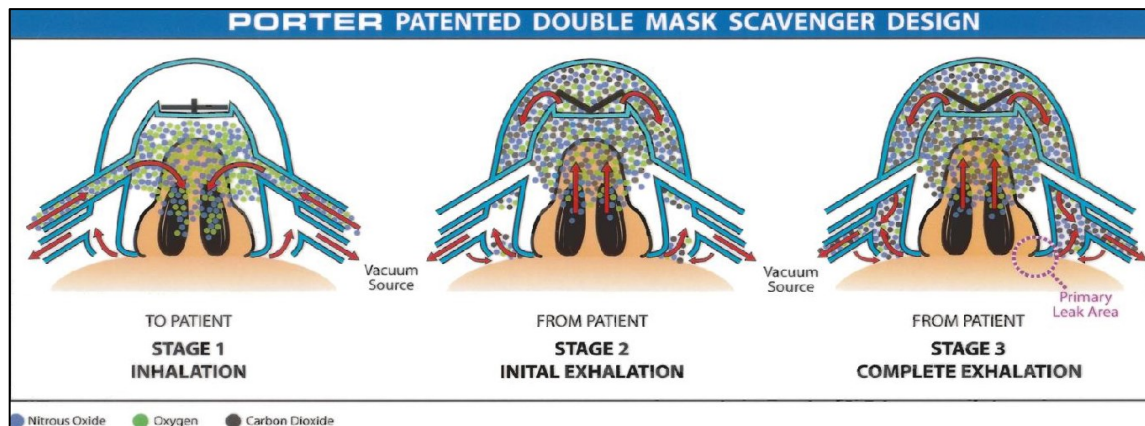


Abb. 14: Funktionsprinzip der Nasenmaske. Absaugsysteme von ausgeatmete N_2O

4.8 Vor- und Nachteile und Komplikationen der Lachgassedierung

Die Vorteile der Lachgassedierung im Überblick:

- Gut analgetisch
- Eine sichere, einfache und effiziente Behandlungsmethode
- Leichte Anwendung durch den Zahnarzt/die Zahnärztin, ein Anästhesist/eine Anästhesistinn ist nicht notwendig
- Lachgassedierung stellt eine „Lücke“ zwischen Lokalanästhesie und Vollnarkose dar
- Gut geeignet für die Sedierung von Angstpatienten, Kindern und schmerzempfindlichen Patienten/Patientinnen
- Einfache und sichere Verwendung der Lachgasgeräte
- Schneller Wirkungseintritt, schnelles An- und Abfluten
- Potente Analgesie und Anxiolyse
- Keine Einwirkung auf vitale Organe wie Leber oder Nieren
- relativ geringe Kosten

Die Nachteile der Lachgassedierung im Überblick:

- Druckerhöhung durch Diffusion des Lachgases in luftgefüllte Hohlräume
- Übelkeit, Erbrechen (häufig), Müdigkeit, Blähungen, Mittelohrdruck (selten)
- Übermäßige Zufuhr führt zu Bewusstseinsverlust, Verlust der Schutzreflexe
- Gefahr der Diffusionshypoxie
- Exposition der Mitarbeiter von Lachgas

4.9 Durchführung der Lachgassedierung

Der Arzt/die Ärztin sollte die Patienten/Patientinnen vor der ersten Anwendung mit dem Lachgas vertraut machen und ihnen die einzelnen Schritte ausführlich erklären, um eine Vorstellung des Vorgangs vermitteln zu können. Zudem gewinnt man als Behandler/Behandlerin durch ein derartiges klärendes Gespräch an Vertrauen.

Das Distickstoffmonoxid sollte hierbei in seiner Wirkung positiv beschrieben werden, als Gefühl der Entkoppelung, kribbelndes Gespür und ein Wärmegefühl sind wenige der vielen individuell ausgebildeten Erscheinungen, die Patienten/Patientinnen während der Inhalation verspüren. Patienten/Patientinnen sollten während der Behandlung auch immer wieder daran erinnert werden, sich auf die Nasenatmung zu konzentrieren und die Mundatmung so gut wie möglich zu unterbinden, da letzteres zu einer unnötigen Exposition des Personals führt [23].

4.9.1 Der Ablauf einer lachgassedierten Behandlung

Nach erfolgter Anamnese, ausführlicher Aufklärung und schriftlicher Einverständiserklärung seitens des Patienten/der Patientin wird vor Beginn noch das maschinelle Lachgassystem auf Funktionalität überprüft. Der Arzt/die Ärztin stellt zunächst so das Atemminutenvolumen ein, dass der Patient/die Patientin angenehm und entspannt mit dem Gasgemisch geflutet wird und ohne Anstrengung durch die Nase atmen kann, als Faustregel kann man hierbei am Gerät ein Zehntel des Patienten-/Patientinnengewichts einstellen, d.h. ein 80 kg schwerer Patient/schwere Patientin erhält ein Atemminutenvolumen von acht Litern.

Dem Patienten/der Patientin wird das Pulsoximeter angeschlossen und die Nasenmaske überreicht, um ihn/sie diese selbst aufsetzen zu lassen, sodass weniger ein Gefühl des Ausgeliefert-Seins besteht. Eine Minute lang wird 100% Sauerstoff ohne Beigabe von N₂O inhaliert, danach beginnt der Titrationsvorgang bis zur gewünschten Konzentration, die nach Ermessen des Zahnarztes/der Zahnärztin für die Behandlung ausreicht.

Als Richtwert für die maximale Sedierungstiefe des Patienten/der Patientin ist der schleichende Verlust der Kommunikationsfähigkeit bzw. der Fähigkeit, den Mund offen zu halten. Sobald eines dieser beiden Phänomene auftritt, weiß der Behandler/die Behandlerin, dass die Konzentration zu hoch für das Individuum ist. Eigentlich besteht keine Begrenzung der Behandlungsdauer, aus klinischen Erfahrungen, weiß man, dass nach vierstündigem Eingriff auch Ermüdungserscheinungen seitens des Behandlers/der Behandlerin, des Assistenzpersonals sowie des Patienten/der Patientin eintreten.

Gegen Ende der Behandlung wird die Konzentration des Lachgases sukzessive reduziert, danach erhält der Patient/die Patientin verpflichtend für drei Minuten 100% Sauerstoff zur Inhalation. Dies ist eine Präventionsmaßnahme gegen das Entstehen einer Diffusionshypoxie [23].

Laut Dental Clinical Guidance bestehen nach der Observanzzeit keine Einschränkungen des Patienten/der Patientin hinsichtlich der Fahrtauglichkeit [62]. Jedoch muss der Zahnarzt/die Zahnärztin im Zweifelsfall dem Patient/der Patientin vom Bedienen eines Kraftfahrzeugs abraten.

5. Patienten-/Patientinnenüberwachung intra- und postoperativ

Das Monitoring bezeichnet den Vorgang, bei dem während des Eingriffs der Facharzt/die Fachärztin alle notwendigen Vitalfunktionen des Körpers beobachtet und kontrolliert. Anders als bei der Vollnarkose ist im Falle der dentalen Sedierung mit Lachgas der behandelnde Zahnarzt/die behandelnde Zahnärztin auch gleichzeitig für die Überwachung der Vitalparameter zuständig.

Zu den allgemeinen Monitoringparametern einer Sedierung gehören:

- Pulsoxymetrie,
- Blutdruck
- EKG
- CO₂ in der Ausatemluft
- EEG

Für die intraoperative Patientenüberwachung bei Lachgassedierung in der Zahnarztpraxis reicht die Überprüfung der Parameter Pulsoxymetrie und Blutdruck [23].

5.1 Pulsoxymetrie

Die Pulsoxymetrie hat die Funktion, die Sättigung des Hämoglobins (Hb) im Blut mit Sauerstoff zu messen und stellt sich als ein wichtiger Parameter in der Überwachung bei der dentalen Sedierung dar. Die Geräte sind sehr einfach zu bedienen und sind nicht belastbar für die Patienten. Der Pulsoximeter funktioniert nach Prinzip der Messung der Lichtabsorption und –remission. Ein Sensor besteht aus zwei Beleuchtungsquellen, die Licht im Infrarotbereich emittieren, und wird in einem leicht zugänglichen Teil des Körpers (am häufigsten an einem Finger, Zeh oder am Ohrläppchen) angebracht, und einem Fotosensor, wodurch über die unterschiedliche Färbung des Hämoglobins, eine unterschiedliche Absorption

entsteht. Der Sensor misst diese Sättigung des Hämoglobins im Blut mit Sauerstoff [63].

Die Sauerstoffsättigung wird als SpO_2 bezeichnet, die Normwerte für die Pulsoxymetrie sind $>95\%$. Von einer Hypoxie (die Mangelversorgung des Gewebes mit Sauerstoff) spricht man ab Werten zwischen 86% und 90% , die Werte unter 86% führen zur schwere Hypoxie bzw. Lebensgefahr. Neben der Sättigung misst der Sensor auch den Puls in den kapillaren Blutgefäßen [64].



Abb. 15: Das Pulsoximeter ist ein wichtigstes Überwachungsgerät bei der Sedierung.

5.2 Blutdruck

Der Blutdruck stellt neben der Pulsoxymetrie einen der wichtigsten Parameter bei der Überwachung der Patienten/Patientinnen während der Sedierung dar. Der Blutdruck ist der Druck, der auf die Blutgefäßwand (Arterien) in jedem Teil des Körpers wirkt. In jedem Ausstoß von Blut aus dem Herzen (Systole) steigt der Druck an, beim Fließen des Blutes zum Herzen zurück (Diastole) senkt sich der Blutdruck. Von normalem Blutdruck, der das Leben ermöglicht und das System der Blutgefäße nicht schädigt, spricht man bei einem Mittelwert von $120/80$ mmHg [65].

Die Messung des Blutdrucks kann man manuell mit einem Stethoskop oder mit digital-automatischen Geräten durchführen. Die batteriebetriebenen Geräte sind überall im Handel verfügbar, die Messungen sind allerdings nicht so präzise. Bei den Digitalmessgeräten für den Blutdruck sollte das Gerät auf Herzhöhe sein und der Blutdruck in einer sitzenden Position gemessen werden.

Tab. 2: Definitionen und Klassifikation der Blutdruckwerte

Klassifikation	Systolisch	Diastolisch
Optimal	<120	<80
Normal	<130	<85
„noch“ normal	130-139	85-89
Leichter Bluthochdruck (Schweregrad 1)	140-159	90-99
Mittelgradiger Bluthochdruck (Schweregrad 2)	160-179	100-109
Schwerer Bluthochdruck (Schweregrad 3)	≥180	≥110
Isolierter systolischer Bluthochdruck	>140	<90

In der klinischen Praxis am häufigsten verwendete Methode ist die Auskultation. Zu diesem Zweck verwendet man ein Quecksilber-Sphygmomanometer, eine Manschette am Oberarm und ein Stethoskop. Die Manschette wird am Oberarm angelegt und festgezogen, das Stethoskop wird am Ellbogen platziert. Durch Verwendung der Pumpe erhöht sich der Druck in der Manschette bis zu dem Moment, wenn der Behälter vollständig zusammengedrückt ist, und kein Herzschlag mehr zu hören ist. Danach wird das Ventil langsam gelöst und in dem Moment, wenn die ersten Töne vernommen werden, entspricht der Wert auf der Skala des Sphygmomanometers dem systolischen Druck. Der letzte noch hörbare Ton stellt den diastolischen Druck dar. Dieses Verfahren zur Messung des Blutdrucks ist viel präziser und zuverlässiger als das der batteriebetriebenen digital-automatischen Geräte [66].



Abb.16: Eine automatisch-digitale Blutdruckmessung

Das EKG und EEG erfordern kontinuierliche Überwachung der Patienten/Patientinnen in der Anästhesiologie bei einer Vollnarkose. Ein EKG ist verpflichtend während der allgemeinen Sedierung bzw. Vollnarkose, aber bei der dentalen Sedierung hat das EKG keine wirkliche Relevanz [67].



Abb. 17: Die Blutdruckmessung mit mechanisches Sphygmomanometer, Aneroidmanometer und Stethoskop

5.3 Postoperative Überwachung, Dokumentation und Entlassung

Bei allen Patienten/Patientinnen, die unter dem Einfluss dentaler Sedierung während einer zahnärztlichen Behandlung standen, besteht die Gefahr und Möglichkeit des Auftretens von Nebenwirkungen, solange die Inhaltsstoffe der Sedierung noch ihre Wirkung zeigen. Daher ist es notwendig, die Patienten in einem separaten Ruheraum unterzubringen, bis ihre lebenswichtigen Vitalfunktionen sich vollständig erholen. Die Aufgabe und Rolle des Zahnarztes/der Zahnärztin ist es, kurz nach der Behandlung die Sauerstoffsättigung und Blutdruck in der Erholungsphase weiter zu beobachten und kontrollieren. Zu den möglichen Komplikationen nach der Sedierung mit Lachgas zählen Übelkeit, Ateminsuffizienz und kardiovaskuläre Komplikationen [68].

Die Dokumentation sowie die mündliche und schriftliche Aufklärung vor und nach der Sedierung beim Zahnarzt/bei der Zahnärztin besteht aus den folgenden Punkten:

- Anamnese des Patienten
- Untersuchung
- Sedierungsmittel
- Dosierung und Sedierungstiefe
- Mögliche Komplikationen
- Intra- und postoperative Werte
- Entlassungskriterien

Jeder Patient/jede Patientin sollte über den Verlauf nach der Behandlung mit Lachgas informiert werden. Bei erwachsenen Patienten/Patientinnen ist es wichtig, dass bei der Entlassung aus der Klinik oder Ordination eine Begleitperson anwesend ist. Insbesondere bei Kindern ist eine weitere Person neben dem Elternteil erforderlich, da man einer Person allein die Observanz des Kindes und gleichzeitige Verkehrsteilnahme nicht zumuten kann. Da es nach der Behandlung immer wieder zu Schmerzen kommen kann, sollte der Patient/die Patientin über die notwendige Schmerzmedikation verfügen. Die annehmbarsten Medikamente sind aus der Gruppe der nichtsteroidalen Antiphlogistika, NSAR wie z.B.

Diclofenac oder Ibuprofen. Ihre gute Verträglichkeit mit Sedativa wurde klinisch bestätigt [69].

6. Sonderfälle

Da es Patienten-/Patientinnengruppen gibt, die besondere Aufmerksamkeit bei der Sedierung verlangen, folgt nun ein Überblick über jene.

6.1 Kinder

Bei Kindern muss sich das manuelle Geschick, das eine adäquate Mundhygiene abverlangt, erst entwickeln, so ist es nicht verwunderlich, dass durch die hohe Kariesinzidenz der Großteil der Patienten/Patientinnen für dentale Sedierungen Kinder sind [70]. Jährlich werden in den USA ungefähr 100.000 – 250.000 dentale Sedierungen an Kindern durchgeführt, behandelnde Ärzte/Ärztinnen berichten von einem gesteigerten Bedarf an pharmakologischem Management [71] [72]. Bei diesen jungen Patienten/Patientinnen besteht die Herausforderung nicht nur darin, Sicherheit zu gewährleisten, es ist auch eine komplikationslose Sedierung unabdingbar [73]. Es muss hierbei bedacht werden, dass die kindliche Anatomie, Physiologie und die Reaktion auf Medikamente sich überwiegend von der des Erwachsenen unterscheidet.

Eine orale Sedierung als nicht titrierbares Verfahren ist aufgrund der Möglichkeit der Überdosierung bei Kindern nicht zu empfehlen, daher wird überwiegend auf die Lachgassedierung zurückgegriffen, da eine optimale Sedierungstiefe akkurater ermittelt werden kann. Da man hier allerdings auf die Kooperation der jungen Patienten/Patientinnen angewiesen ist, ist es nicht verwunderlich, dass man in gewissen Fällen auf die Vollnarkose oder kombinierte Verfahren ausweichen muss [74].

In den Zahnarztpraxen kommt Lachgas als Sedierungsmittel für Kinder am häufigsten zum Einsatz und versetzt den Patienten/die Patientin in die Sedierungsebene 1 der UMSS. Es bietet den Vorteil des schnellen An- und Abflutens, somit kann je nach Ausmaß der Zahnbehandlung die Wirkstärke angepasst werden. In der Regel liegt die optimale Konzentration zwischen 40%

und 60% [75] (bei Kleinkinder findet sich in der Literatur die Angabe von 30-50%-iger Konzentration), jedoch bleibt die individuelle patienten-/patientinnenkonforme Titration der Goldstandard [76]. Die analgetische Wirkung ist allerdings so minimal, dass es immer mit der Lokalanästhesie kombiniert eingesetzt werden soll.

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten bei Kindern (kurze Hälse, große Zungen, enge Atemwege, weniger Alveolen) gestaltet sich das Atemwegsmanagement als besondere Aufgabe. Somit ist bei unkooperativen Kindern oder weinenden Kindern, die durch den Mund atmen, die Lachgassedierung ungeeignet, da die Nasenatmung für das Verabreichen definierter Konzentrationen unbedingt notwendig ist.

Da der kindliche Grundumsatz erhöht ist, können hypoxische Komplikationen bei Atemwegsverlegungen viel schneller eintreten. Im Falle eines Atemstillstands haben Kinder auch einen geringeren Sauerstoffpuffer, da deren funktionelle Residualkapazität ebenfalls niedriger ist. Als Behandler/Behandlerin sollte man daran denken, dass eine Bradykardie das erste Anzeichen einer beginnenden Hypoxie sein kann und die notwendige Erstmaßnahme eine 100%-ige Sauerstoffgabe ist.

Zu den Nebenwirkungen bei Kindern zählen Übelkeit und Erbrechen nach der Sedierung, man findet jedoch keine schwerwiegenderen Komplikationen vor. Grundsätzlich hat sich Lachgas als sicherstes Medium der Sedierung bei Kindern erwiesen [77] [78].

6.2 Geriatrische Patienten/Patientinnen

Zu den geriatrischen Patienten/Patientinnen zählen jene Menschen, die das 65. Lebensjahr erreicht haben. Durch den steigenden Anteil der älteren Bevölkerung in unserer Gesellschaft besteht ein hoher Prozentsatz der zahnärztlichen Patienten/Patientinnen aus jener Bevölkerungsgruppe.

Das Alter an sich stellt kein Problem für die Sedierung dar, dennoch gibt es individuelle Diskrepanzen zwischen dem chronologischen und physiologischen Alter. Ausschlaggebend für die Lachgassedierung sind das geringere

Körpergewicht, reduzierte Nieren- und Leberfunktion, ein verändertes Verteilungsvolumen für Pharmaka und eventuell sogar eine veränderte Hirnfunktion. Die glomeruläre Filtrationsrate ist reduziert und die verlängerte Wirkdauer von Medikamenten muss berücksichtigt werden. In der Leber ist analog dazu die hepatische Durchblutung und die Enzymaktivität reduziert.

Vorsicht ist bei diesen Menschen insofern geboten, als durch die Polypharmazie es natürlich zu unvorhergesehenen Wechselwirkungen mit dem Sedativum kommen kann, so besteht die Möglichkeit, dass der chronische Gebrauch von Benzodiazepinen zu unerwarteten Sedierungstiefen führen könnte. Zu den weiteren Substanzgruppen, die Komplikationen nach sich ziehen könnten, zählen Neuroleptika, Antidepressiva, Diuretika, Betablocker und Antiarrhythmika [79] [80].

Maßgeblich beeinflusst die verminderte Lungenfunktion die Clearance des Sedativums, zumal ein verminderter Atemantrieb, ein reduziertes Lungenvolumen und erniedrigte Sauerstoffpartialdrücke gehören zu den pulmonalen Besonderheiten. In diesem Fall könnte man die verminderten kardiopulmonalen Reserven mit erhöhtem Sauerstoffangebot unterstützen. Im Rahmen der physiologischen Alterung finden sich kardiovaskuläre Prozesse wie Herzinsuffizienz, HRST, erhöhte periphere Widerstände und koronare Durchblutungsstörungen. Das verminderte kardiale Auswurfsvolumen führt folglich auch zu einer verminderten arteriellen Oxygenierung. Als obligat erweist sich bei älteren Patienten/Patientinnen die Überwachung der Pulsfrequenz, des Blutdrucks und der Sauerstoffsättigung im Blut mittels Pulsoximeter.

Bei der Lachgasapplikation ist eine geringere Konzentrationssteigerung als beim jungen Menschen indiziert, außerdem erweist sich das erhöhte Sauerstoffangebot sowie die fehlende Metabolisierung des Lachgases als ideal [81].

6.3 Geistig und körperlich behinderte Patienten/Patientinnen

Die Behandlung geistig behinderter Patienten/Patientinnen in der Praxis erweist sich als Herausforderung für das gesamte Team, zumal diese Menschen nur mithilfe von Sedierung oder Vollnarkose behandelt werden können. Je nach Behinderungsgrad müssen entsprechende Vorkehrungen getroffen werden,

teilweise ist es sogar möglich, Patienten/Patientinnen mit geringgradiger geistiger Einschränkung wie geistig Gesunde gewöhnlich zu behandeln, während bei schweren Behinderungen oft nur die Intubationsnarkose die einzige Option darstellt [82].

Bei Patienten/Patientinnen mit spastischer Lähmung wirkt sich die Lachgassedierung positiv auf die Spastik aus und reduziert die Angst soweit, dass eine Behandlung möglich ist. Bei unzureichender Sedierungstiefe muss eventuell auf den Anästhesisten zurückgegriffen werden [83].

Durch die mangelnde Kommunikationsfähigkeit der geistig Behinderten fällt die Überwachung grundsätzlich anders aus, da es für den Behandler/die Behandlerin schwer einzuschätzen ist, ob der Patient/die Patientin Schmerzen leidet. Oft ist die Anwesenheit von Begleitpersonen (Eltern/Angehörige) hilfreich, die denjenigen besser und länger kennen und sein Verhalten genau einschätzen können.

Falls nach dem Eingriff Schmerzen vermutet werden, so sollte von Opiaten Abstand genommen werden, da diese atemdepressiv wirken. Sofern keine Nieren- oder Magenerkrankung vorliegen, werden die Patienten/Patientinnen mit NSAR (Diclofenac, Ibuprofen, o.Ä.) abgeschirmt.

Angst beim Zahnarzt/bei der Zahnärztin kann zerebrale Krampfanfälle sowie dadurch resultierende muskuläre Symptome verstärken, andererseits können Schluckstörungen das Aspirationsrisiko erhöhen. Wiederum ist Vorsicht geboten und das Hinzuziehen eines Anästhesisten/einer Anästhesistin wäre zu empfehlen.

Die Lachgassedierung erweist sich auch bei Behinderungen als sichere Methode, da bei keiner geistigen oder körperlichen Einschränkung Kontraindikationen bestehen. Sollte dies dennoch nicht ausreichend sein, so ist die Sanierung unter Vollnarkose vorzuziehen [23].

7. Rechtliche Aspekte der Lachgassedierung

Einerseits stellt sich hier die Frage, ob der Zahnarzt/die Zahnärztin durch seine Aus- und Weiterbildung befähigt ist, die Sedierung des Patienten/der Patientin durchzuführen, andererseits ob die räumlichen Gegebenheiten bzw. die apparative Ausstattung adäquat ist. Weiters muss vor dem Eingriff durch den Zahnarzt/die Zahnärztin die Eignung des Patienten/der Patientin für die Lachgassedierung überprüft werden. Hierbei kann sich der Behandler/die Behandlerin auf die ASA-Klassifizierung stützen, ab ASA Klasse 3 sollte ohnehin ein Anästhesist/eine Anästhesistin hinzugezogen werden [84].

7.1 Anforderungen

Da den Zahnarzt die Approbation gemäß §1 Abs. 3 ZHG zur Ausübung der Zahnheilkunde berechtigt, ist es aufgrund mangelnder Definition des Begriffs „Krankheit“ (jede von der Norm abweichende Erscheinung im Bereich des Kiefers, des Mundes und der Zähne) schwierig zu unterscheiden, ab wann Leistungen in den Bereich der Ausübung der Heilkunde fallen und somit ans Heilpraktikergesetz gebunden sind.

Im Bereich der Analgesie fehlt eine klare Abgrenzung zwischen der Zahn- und Heilkunde, obwohl nach Ansicht des OVG Nordrhein-Westfalen sich die Zahnheilkunde nur auf Behandlungsmaßnahmen beschränken darf, die unmittelbar auf den Bereich Kiefer, Zähne oder Mund zutreffen.

Im Einzelfall muss entschieden werden, ob der Zahnarzt/die Zahnärztin die Sedierung durchführen darf, oder ob sie gemäß Heilpraktikergesetz eine weitergehende Erlaubnis benötigt und durch entsprechendes Fachpersonal durchgeführt werden muss. Stufe 3 und 4 („deep sedation“ und „general anesthesia“) der ASA-Klassifikation dürfen nämlich nur von Fachärzten/Fachärztinnen für Anästhesie sediert werden, da eine Überwachung der Vitalfunktionen zwingend notwendig ist und die Sedierung weit mehr als eine Begleitung der Behandlung ist. Der Zahnarzt/die Zahnärztin dürfte in seiner Praxis diese Sedierung selbst dann nicht vornehmen, auch wenn er selbst die entsprechende Fachausbildung hätte, da die Observanz der Vitalparameter und

ein eventuelles Intervenieren im Notfall nicht parallel zur zahnärztlichen Behandlung von derselben Person durchgeführt werden könnte [23].

Die Ausstattung der Räumlichkeiten muss ebenfalls der Gesetzgebung (DGAI und BDA 2010) entsprechen, so ist für die geringfügige Sedierung ein Pulsoximeter und die Möglichkeit der O₂-Gabe ausreichend, während die Anforderungen bis hin zur Anästhesie ansteigen. Eine Überwachung der Herz-Kreislauf-Funktion ist dann zwingend erforderlich, zudem sollte eine Notfallausrüstung zur CPR vorrätig sein [85].

7.2 Aufklärung

Grundsätzlich darf jeder zahnmedizinische Eingriff nur mit Zustimmung des Patienten/der Patientin gemäß des verfassungsrechtlich gewährleisteten Selbstbestimmungsrechts durchgeführt werden darf. Daher ist es erforderlich, den Patienten/die Patientin nach bestem Wissen und Gewissen ausreichend und zutreffend aufzuklären, denn selbst eine vorangegangene, aber unvollständige Aufklärung würde bereits Haftungsansprüche des Patienten/der Patientin selbst bei indizierter und korrekt ausgeführter Arbeit begründen [86]

Eine Aufklärung sollte daher folgende Punkte beinhalten:

- Art und Umfang der Behandlung
- Durchführung der Behandlung
- Risiken und Nebenwirkungen durch die Behandlung
- (falls bestehend) Behandlungsalternativen

Es muss beachtet werden, dass die Aufklärung durch den Zahnarzt in einer für den Patienten/die Patientin verständlichen Art und Weise erbracht wird; sollte der Patient/die Patientin erkennbare medizinische Vorkenntnisse besitzen, so dürfte man den Umfang der Aufklärung reduzieren. Das alleinige Ausfüllen eines Fragebogens ohne anschließende Besprechung des Eingriffs mit dem Patienten/der Patientin ist als Aufklärung unzureichend, der Patient/die Patientin muss während und nach der Aufklärung Gelegenheit haben, allfällige Fragen beantwortet zu bekommen, um Unklarheiten zu beseitigen [86].

Im Fall von minderjährigen Kindern hat die Aufklärung in Anwesenheit der Eltern bzw. der gesetzlichen Vertreter/die gesetzliche Vertreterin zu erfolgen. Bei Routineeingriffen erlaubt die Gesetzesprechung, dass lediglich ein Elternteil anwesend sein und die Einwilligung zum Eingriff geben kann, wenn aber tiefergehende Sedierung erforderlich ist, so sind beide Elternteile verpflichtet, in Anwesenheit dem Eingriff zuzustimmen [23].

7.3 Haftung

Sollte der Patient/die Patientin bei oder durch die Sedierung Schaden davongetragen haben, so gilt es abzuklären, ob und welcher Fehler zu dem Vorfall geführt hat. Konkret muss untersucht werden, ob überhaupt die Sedierung die Ursache für den Schaden war.

Behandlungsfehler: Der Zahnarzt/die Zahnärztin ist gemäß Dienstvertrag mit dem Patienten/der Patientin zur Durchführung der Behandlung lege artis verpflichtet, muss aber dem Patienten/der Patientin keinen Behandlungserfolg garantieren. Seine/Ihre fachlichen Kenntnisse müssen dem aktuellen Stand der medizinische Erkenntnisse entsprechen, ebenso müssen die räumlichen und apparativen Voraussetzungen für eine Sedierung gegeben sein. Ein weiterer Aspekt ist das postoperative Verhalten, so ist die Anweisung, am Straßenverkehr nicht unmittelbar danach teilzunehmen, bei weitem nicht ausreichend, der Arzt/die Ärztin hat Sorge zu tragen, dass der Patient/die Patientin zur Überwachung in den Ordinationsräumlichkeiten verbleibt und am unbemerkten Verlassen derselben gehindert wird [23].

Aufklärungsfehler: Sollte der Patient/die Patientin unzureichend über etwaige Risiken aufgeklärt worden sein, so ist der Eingriff, auch bei Durchführung lege artis, rechtswidrig. Der Arzt/die Ärztin könnte seine/ihre Verteidigung darauf auslegen, dass der Patient/die Patientin sich trotz ordnungsgemäßer Aufklärung unter Kenntnis der Behandlungsrisiken für den Eingriff entschieden hat, der Beweis ist aber schwer zu führen.

Kausalität: Falls es zu einem Behandlungsfehler kommt, so gilt es abzuklären, ob dieser durch unsachgemäße Anwendung der Sedierung – in diesem Fall ist der

Schaden kausal – oder durch die übrige zahnärztliche Behandlung, die lege artis erfolgte, eingetreten ist. Da in letzterem Fall ein für den Eingriff typisches Risiko eingetreten ist, liegt keine Kausalität vor.

Beweislast: Grundsätzlich müssen im Fall des Haftungsprozesses beide Parteien die positiven Tatsachen vorbringen. So gilt es für den Patienten/die Patientin, dass er/die den Behandlungsfehler als Ursächlichkeit des Schadenseintritts beweisen muss. Auch bei dem Vorwurf der unzureichenden Aufklärung gilt für den Patienten/die Patientin die Beweispflicht.

8. Diskussion

Angst ist ein zentraler Bestandteil der menschlichen Psyche und eine notwendige Funktion, um das Individuum vor Gefahren zu warnen. In manchen Fällen kann Angst aber hinderlich sein, so wie bei zahnärztlichen Behandlungen. Die Zahnbehandlungsangst rührt immer daher, dass die entsprechenden Personen negative Erfahrungen mit dem Zahnarzt/der Zahnärztin in ihrer Kindheit hatten oder durch Erzählungen anderer Personen, die Angst vermittelt bekamen.

Lachgas als orales Sedativum bietet die Möglichkeit, in Kombination mit Lokalanästhetika eine angst- und stressfreie Behandlung anzubieten. Distickstoffmonoxid ist nahezu das perfekte sedierende Pharmakon, da es sich durch einen raschen Wirkeintritt und schnelles und gut steuerbares An- und Abfluten auszeichnet sowie eine Toleranzenstehung verhindert, vitale Organe nicht beeinflusst, da es nicht metabolisiert und fast vollständig über die Lunge eliminiert wird und minimale bis gar keine Nebenwirkungen aufweist; diese sind Übelkeit, Erbrechen, das Entstehen einer Diffusionshypoxie und eine Druckerhöhung in luftgefüllten Räumen. Der große Vorteil hierbei ist, dass für die Sedierung kein Facharzt/keine Fachärztin der Anästhesiologie anwesend sein muss, da Lachgas für den Behandler/die Behandlerin sehr einfach zu steuern ist und von den Vitalfunktionen nur der Puls und Blutdruck beobachtet werden müssen. Mithilfe der Titrationsmethode kann der Zahnarzt/die Zahnärztin sehr leicht und unkompliziert die Intensität der Dosierung steuern und falls nötig, für das jeweilige Individuum zu erhöhen oder reduzieren. Der Behandlungsdauer ist theoretisch keine Grenze gesetzt, am besten eignet es sich für kurze und schnelle Eingriffe, es wird jedoch von Einsätzen bis zu vier Stunden in diversen klinischen Studien berichtet [23].

Obwohl die Wirkungen und Nebenwirkungen des Lachgases sehr gut und weitgehend erforscht sind, findet es dennoch wenig Verwendung im deutschsprachigen Raum. Dabei wäre unter den Voraussetzungen der Angst- und Stressfreiheit dem Zahnarzt/der Zahnärztin eine suffiziente und erfolgreiche Behandlung ermöglicht. Zudem kann sich die behandelnde Person auf die Arbeit in der Mundhöhle konzentrieren, da Abweichungen der idealen Dosierung sofort

am Patienten bemerkbar werden (Kommunikationsfähigkeit verzögert, Mundöffnung reduziert).

Für die dentale Sedierung mit Lachgas sind räumlich und materielle Voraussetzungen zu erfüllen, um einerseits das Gefahrenrisiko der Arbeit mit dem Gas zu minimieren, andererseits um das Personal vor unnötiger Exposition zu schützen. Um das Risiko so gering wie möglich zu halten, ist eine umfassende präoperative Aufklärung des Patienten/der Patientin durchzuführen. Des Weiteren sind eine umfassende Ausbildung des Personals sowie eine entsprechende Ausstattung für den Notfall von Nöten. Ebenso ist ein standardisiertes Entlassungsmanagement vorteilhaft und rechtlich erforderlich, damit kein Patient ohne Observanz des Arztes/der Ärztin die Behandlungsräumlichkeiten verlässt.

Wie auch die vielfältigen Möglichkeiten, so sind auch die Grenzen für Lachgas hinsichtlich der Patienten-/Patientinnenauswahl gesetzt. Bei geistig behinderten Patienten/Patientinnen wird eher zur Vollnarkose geraten, da die erforderliche Kommunikationsfähigkeit oft nicht gegeben ist. Ebenso sind Menschen mit COPD wegen der Diffusionsneigung des Gases in luftgefüllte Räume ungeeignet für eine Lachgassedierung. Eine entsprechende Selektion anhand der Patientenanamnese wäre hier wichtig zu erwähnen. Abschließend wäre zu sagen, dass eine Vermeidungsstrategie für dentale Phobien jene wäre, Menschen regelmäßig von Kindesbeinen zum Zahnarzt/zur Zahnärztin zu begleiten, damit diese Angst genommen wird. Das wäre ein wichtiger Ansatz dafür, Angstzustände zu vermeiden und dem Patienten/der Patientin und Behandler/Behandlerin ein erfolgreiches und kooperatives Miteinander zu ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- [1] Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde. [Online]. Available:
http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Zahnbehandlungsangst_und_Zahnbehandlungsphobie_bei_Erwachsenen.pdf. [Zugriff am November 2015].
- [2] D. Locker, A. Liddell, L. Dempster und D. Shapiro, „Age of onset of dental anxiety,“ *J Dent Res.* 78, p. 790–796, 1999.
- [3] P. Milgrom, J. Newton, C. Boyle, L. Heaton und N. Donaldson, „The effects of dental anxiety and irregular attendance on referral for dental treatment under sedation within the National Health Service in London,“ *Community Dent Oral Epidemiol.* 38, p. 453–459, 2010.
- [4] P. Milgrom, L. Fiset, S. Melnick und P. Weinstein, „The prevalence and practice management consequences of dental fear in a major US city,“ *J Am Dent Assoc.* 116, p. 641–647, 1988.
- [5] G. Thews, Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlags-Gesellschaft, 2007.
- [6] A. C. Guyton, Medicinska fiziologija, Beograd, Zagreb, 1990.
- [7] S. Stefanovic, Interna medicina, Beograd, Zagreb, 1979.
- [8] W. Oczenski, Atmen – Atemhilfen. Atemphysiologie und Beatmungstechnik, 9. überarbeitete Auflage, Stuttgart: Thieme, 2012.
- [9] V. M. Vagaric und M. Stefanovic, Farmakoterapija u pulmologiji, Beograd, Zagreb, 1990.
- [10] W. Winlow und A. Holden, The neurobiology of pain: Symposium of the Northern Neurobiology Group, Manchester University Press, 1983.

- [11] R. D. Helme und S. J. Gibson, „The epidemiology of pain in elderly people,“ *Clin Geriatr Med* 17, p. 417–431, 2001.
- [12] L. Leung, „From ladder to platform:a new concept for pain management,“ *J Prim Health Care*, 2012.
- [13] R. Klinke und S. Silbernagl, *Lerbuch der Physiologie*, Georg Thieme Verlag, 2001.
- [14] F. Robert, „Die Physiologie des Schmerzes,“ *In: Pharmazie in unserer Zeit*. 31, p. 23–30, 2002.
- [15] C. Sherrington, „The integrative action of the nervous system,“ *Yale University Press*, p. 18, 1906.
- [16] W. Arnold, H. Eysenck und R. Meili, *Lexikon der Psychologie*, 1976.
- [17] *Brockhaus Enzyklopädie*, 1966.
- [18] J. A. Simpson und E. S. C. Weiner, *The Compact Oxford English Dictionary*, 1991.
- [19] K. Dörner und U. Plog, *Irren ist menschlich: Lehrbuch der Psychiatrie/Psychotherapie*, Bonn, 1996.
- [20] A. Hügli und P. Lübcke, *Philosophie-Lexikon*, Reinbek bei Hamburg, 1998.
- [21] L. Mujica-Parodi, H. Strey, B. Frederick, R. Savoy, D. Cox, Y. Botanov, D. Tolkunov, D. Rubin und J. Weber, „Chemosensory Cues to Conspecific Emotional Stress Activate Amygdala in Humans,“ *PLoS One* 4 (7), 2009.
- [22] R. Marx, „Angststörungen - eine Einführung,“ *Handbuch der klinisch-psychologischen Behandlung*, 2. Auflage, 2006.
- [23] F. G. Mathers, *Dentale Sedierung*, Köln: Deutsche Zahnärzte Verlag, 2012.
- [24] M. Hakeberg, U. Berggren und S. Carlsson, „Prevalence of dental anxiety

- in an adult population in a major urban area in Sweden," *Community Dent Oral Epidemiol* 20, pp. 97-101, 1992.
- [25] S. Lindsay und C. Jackson, „Fear of routine dental treatment in adults: its nature and management," *Psychol Health* 8, p. 135, 1993.
- [26] J. Wardle, „Fear of dentistry," *Br J Med Psychol* 55, pp. 119-126, 1982.
- [27] W. Aronson, M. Mcauliffe und K. Miller, „Variability in the American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification," *AANA J* 71, pp. 265-274, 2003.
- [28] D. Galili, „Respiratory distress," *Refuat Hapeh Vehashinayim* 19, pp. 34-46, 100, 2002.
- [29] A. Garfunkel, „Chest pains in the dental environment," *Refuat Hapeh Vehashinayim* 19, pp. 51-59, 101, 2002.
- [30] N. Arat, „Diverse effects of oxygen inhalation on the regional myocardial functions related to the degree of coronary artery stenosis," *Angiology* 59, pp. 317-322, 2008.
- [31] K. Saitoh, „Dental management of the medically compromised patient. A study of 162 cases," *Meikai Daigaku Shigaku Zasshi* 19, pp. 407-417, 1990.
- [32] G. Stix, „Local anaesthesia versus general anaesthesia for cardioverter-defibrillator implantation," *Wien Klin Wochenschr* 111, pp. 406-409, 1999.
- [33] N. Termine, „Antibiotic prophylaxis in dentistry and oral surgery: use and misuse," *Int Dent J* 59, pp. 263-270, 2009.
- [34] J. Guggenheimer und P. Moore, „The patient with asthma: implications for dental practice," *Compend Contin Educ Dent* 30, pp. 200-202, 205-207, 2009.
- [35] E. Eger und L. Saidman, „Hazards of Nitrous Oxide Anesthesia in Bowel

- Obstrucion and Pneumothorax,“ *Anesthesiologie* 26, pp. 61-66, 1965.
- [36] R. M. Saldanha et al., „Anesthesia for Duchenne muscular dystrophy patients: case reports.,“ *Rev Bras Anesthesiol* 55, pp. 445-449, 2005.
- [37] [Online]. Available: <http://www.lachgas-lehrbuch.de/Grundlagen/Lachgas-Eigenschaften-Herstellung.php>.
- [38] G. L. Szanto et al., „NH₃, N₂O, and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure,“ *Bioresour Technol* 98, pp. 2659-2670, 2007.
- [39] Oktober 2012. [Online]. Available:
[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/004230.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/004230.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0). [Zugriff am Oktober 2015].
- [40] G. Brauner, „Handbook of Preparative Inorganic Chemistry 2nd ed. , vol. 1,“ *Academeic Press*, pp. 484-485, 1963.
- [41] A. F. Holleman, E. Wiberg und N. Wiberg, „Lehrbuch der Anorganischen Chemie,“ 101. Auflage. *de Gruyete*, p. 689, 1995.
- [42] R. Sanders, J. Weimann und M. Maze, „Biologic effects of nitrous oxide: a mechanistic and toxicologic review,“ *In: Anesthesiology. Band 109, Nummer 4*, pp. 707-722, 2008.
- [43] H. Sitzmann, RÖMPP - Stickstoffoxide, Georg Thieme Verlag KG, 2015.
- [44] R. Dionne und D. Laskin, Anaesthesia and Sedation in the Dental Office, Table 1, Comparison of sedative and anesthetic techniques, Elsevier Science Ltd, 1986.
- [45] C. Brunweit, „Nitrous oxide analgesia for minor pediatric surgical procedures: an effective alternative to conscious sedation?,“ *J Pediatr Surg* 39, pp. 495-499, 2004.

- [46] R. Bednarski, „Advantages and guidelines for using nitrous oxide,“ *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 22, pp. 313-314, 1992.
- [47] S. Taheri und E. I. Eger II., „A demonstration of the concentration and second gas effects in humans anesthetized with nitrous oxide and desflurane,“ *Anesth Analg* 89, pp. 774-780, 1999.
- [48] T. Dunn-Russell et al., „Oxygen Saturation and diffusion hypoxia in children following nitrous oxide sedation,“ *Pediatr Dent* 15, pp. 88-92, 1993.
- [49] E. Steffey et al., „Anesthetic potency (MAC) of nitrous oxide in the dog, cat, and stump-tail monkey,“ *J Appl Physiol* 36, pp. 530-532, 1974.
- [50] W. Chapman, J. Arrowood und H. Beecher, „The Analgetic Effects of Low Concentrations of Nitrous Oxide Compared in Man with Morphine Sulphate,“ *J Clin Invest* 22, pp. 871-875, 1943.
- [51] B. Berkowitz, A. Finck und S. Ngai, „Nitrous oxide analgesia: reversal by naloxone and development of tolerance,“ *J Pharmacol Exp Ther* 203, pp. 539-547, 1977.
- [52] J. Barber et al., „The relationship between nitrous oxide conscious sedation and the hypnotic state,“ *J Am Dent Assoc* 99, pp. 624-626, 1979.
- [53] T. Nishiyama, T. Fujimoto und K. Hanaoka, „A comparison of liver function after hepatectomy in cirrhotic patients between sevoflurane and isoflurane in anesthesia with nitrous oxide and epidural block,“ *Anesth Analg* 98, pp. 990-993, 2004.
- [54] American Academy of Pediatric Dentistry, „Guideline on the elective use of minimal, moderate and deep sedation and general anesthesia for pediatric dental patients,“ *Pediatr Dent* 27, 2005.
- [55] C. Bourgois und H. Kuchler, „Gebrauch von MEOPA für schmerzhaftes Eingriffe in der Pädiatrie,“ *Paediatrica*, pp. 18-21, 2003.

- [56] M. E. Packer, C. Joarder und B. A. Lall, „The use of relative analgesia in the prosthetic treatment of the ' gagging ' patient,“ *Dent Update* 32, pp. 544-546, 548-550, 2009.
- [57] P. Vichtitvejpaisal et al., „Effect of severity of pulmonary disease on nitrous oxide washin and washout characteristics,“ *J Med Ascoc Thai* 80, pp. 378-383, 1997.
- [58] R. Mazze et al., „Reproductive and teratogenic effects of nitrous oxide, halothane, isoflurane, and entflurane in Sprague-Dawley rats.,“ *Anesthesiology* 64, pp. 339-344, 1986.
- [59] G. L. Stimmel, „Benzodiazepines in schizoprenia,“ *Pharmacotherapy* 16, pp. 148S-151S, 1996.
- [60] A. Rademaker et al., „Evaluation of two nitrous oxide scavenging systems using infrared thermography to visualize and control emissions,“ *J Am Dent Assoc* 140, pp. 190-199, 2009.
- [61] C. E. Witcher et al., „Control of occupational exposure to nitrous oxide in the dental operator,“ *J Am Dent Assoc* 95, pp. 763-776, 1977.
- [62] P. Coulthard, „Conscious sedation guidance,“ *Evid Based Dent* 7, pp. 90-91, 2006.
- [63] B. Zislin und A. Christakov, „The history of oximetry,“ *Med Tekh*, pp. 44-47, 2006.
- [64] J. A. Pologe, „Pulse Oximetry: Technical Aspects of Machine Design,“ *Internat. Anesthesia Clin.* 25, p. 137–153, 1987.
- [65] C. Zalpour, *Anatomie und Physiologie (Für die Physiotherapie)*. 3.Auflage, 431, 2010.
- [66] S. Altukan, „Validation of the Omron M6 (HEM-7001-E) upper-arm blood pressure measuring device according to the International Protocol in adults

- and obese adults," *Blood Press Monit* 12, pp. 219-225 , 2007.
- [67] A. Riphaut, M. Rabofski und T. Wehrmann, „Endoscopic sedation and monitoring practice in Germany: results from the first nationwide survey," *Z Gastroenterol* 48, pp. 392-397, 2010.
- [68] L. Lind, P. Mushlin und P. Schnitman, „Monitored anesthesia care for dental implant surgery: analyst of effectiveness and complications," *J Oral Implantol*, pp. 106-113, 1990.
- [69] W. Sindhvananda, „Parecoxib versus tramadol for post-appendectomy pain," *J Med Assoc Thai* 88, pp. 1557-1562, 2005.
- [70] A. A. Oba, C. Dulgeril und I. Sonmez, „Prevalence of dental anxiety in 7- to 11-year-old children and its relationship to dental caries," *Med Princ Pract* 18, pp. 453-457, 2009.
- [71] S. Wilson, „Pharmacological management of the pediatric dental patient," *Pediatr Dent* 26, pp. 131-136, 2004.
- [72] P. Casamassimo, S. Wilson und L. Gross, „Effects of changing US parenting styles on dental practice: perceptions of diplomates of the American Board of Pediatric Dentistry presented to the College of Diplomates of the American Board of Pediatric Dentistry 16th Annual Session, Atlanta, Ga, Saturd," *Pediatr Dent* 24, pp. 18-22, 2002.
- [73] C. Coté, „Adverse sedation events in pediatrics: analysis of medications used for sedation," *Pediatrics* 106, pp. 633-644, 2000.
- [74] S. Allen, J. Bernat und M. Perinpanayagam, „Survey of sedation techniques used among pediatric dentists in New York State," *NY State Dent J* 72, pp. 53-55, 2006.
- [75] K. Vangsnes und M. Raadal, „Five years evaluation of nitrous oxide sedation in dentistry," *Nor Tannlaegeforen Tid* 101, pp. 2-8, 1991.

- [76] P. Moore, R. Finder und D. Jackson, „Multidrug intravenous sedation: determinants of the sedative dose of midazolam,“ *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 84, pp. 5-10, 1997.
- [77] T. Berge, „Acceptance and side effects of nitrous oxide oxygen sedation for oral surgical procedures,“ *Acta Odontol Scand* 57, pp. 201-206, 1999.
- [78] C. Goumans, J. Veerkamp und I. Aartman, „Dental anxiety and behavioural problems: what is their influence on the treatment plan?,“ *Eur J Paediatr Dent* 5, pp. 15-18, 2004.
- [79] S. Madhusoodanan und O. Bogunovic, „Safety of benzodiazepines in the geriatric population,“ *Expert Opin Drug Saf* 3, pp. 485-493, 2004.
- [80] F. Follath, „Side effects of drugs in the geriatric patient (author's transl),“ *Ther Umsch* 38, pp. 49-54, 1981.
- [81] C. Bauer et al., „Tolerability of an equimolar mix of nitrous oxide and oxygen during painful procedures in very elderly patients,“ *Drugs Aging* 24, pp. 501-507, 2007.
- [82] Y. Pohl et al., „Dental treatment of handicapped patients using endotracheal anesthesia,“ *Anesth Prog* 43, pp. 20-23, 1996.
- [83] J. Limeres Posse et al., „Pre-assessment of severely handicapped patients suitable of dental treatment under general anesthesia,“ *Med Oral* 8, pp. 353-360, 2003.
- [84] A. Society of Anesthesiologists, „New classification of physical status,“ *Anesthesiology* 24, p. 111, 1963.
- [85] D. Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und B. Deutscher Anästhesisten, „Analgesedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen bei Erwachsenen,“ *Anästh Intensivmedizin* 51, pp. 598-602, 2010.

- [86] M. Quaas und R. Zuck, *Medizinrecht*, 2. Auflage, München: C.H.Beck, 2008.
- [87] D. Becker, „Preoperative medical evaluation part 1: general principles and cardiovascular considerations,“ *Anest Prog* 56, pp. 92-102, 2009.
- [88] D. E. Becker, „Preoperative medical evaluation, part 1: general principles and cardiovascular considerations,“ *Anesth Prog* 56, pp. 92-102, 2009.
- [89] B. D. Woods und R. N. Sladen, „Preoperative considerations for the patient with asthma and bronchospasm,“ *Br J Anaesth* 103, pp. 57-65, 2009.
- [90] T. Esmaili, J. Ellison und M. Walsg, „Dentists’ attitudes and practices related to diabetes in the dental setting,“ *J Public Health Dent*, 2009.