

Aus der Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg- Universität Mainz

# **Lachgas und Sedierung in der Zahnarztpraxis**

Inauguraldissertation  
Zur Erlangung des Doktorgrades der  
Zahnmedizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg- Universität Mainz  
vorgelegt von

Verena Berg  
aus Mainz

Mainz, 2020



Tag der Promotion: 6. Juli 2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>1</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>3</b>
<b>I. EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>II. LITERATURDISKUSSION</b> .....	<b>8</b>
II. 1. GESCHICHTE .....	8
II. 2. DER HEUTIGE STAND .....	12
II. 3. ANGST .....	18
II. 4. SCHMERZ .....	21
II. 5. SEDIERUNG.....	26
II. 6. SEDIERUNGSVERFAHREN IN DER ZAHNARZTPRAXIS .....	28
II. 7. PHARMAKA .....	34
II. 7. 1. Benzodiazepine .....	34
II. 7. 2. Lachgas .....	39
II. 8. LACHGAS IM INTERNATIONALEN KONTEXT.....	47
II. 8. 1. Lachgas in Deutschland/Europa .....	48
II. 8. 1. 1. Ausbildung .....	48
II. 8. 1. 2. Personelle Voraussetzungen für die Lachgasanwendung .....	49
II. 8. 1. 3. Technische und räumliche Voraussetzungen .....	50
II. 8. 1. 4. Monitoring .....	51
II. 8. 2. Lachgas in den USA .....	52
II. 8. 2. 1. Ausbildung .....	52
II. 8. 2. 2. Personelle Voraussetzungen .....	56
II. 8. 2. 3. Technische und räumliche Voraussetzungen .....	56
II. 8. 2. 4. Monitoring .....	56
II. 8. 3. Vergleich zwischen Deutschland/Europa und den USA.....	57
II. 8. 3. 1. Vergleich: Ausbildung .....	57
II. 8. 3. 2. Vergleich: Personelle Voraussetzungen .....	61
II. 8. 3. 3. Vergleich: Technische und räumliche Voraussetzungen .....	62
II. 8. 3. 4. Vergleich: Monitoring .....	63
II. 9. ARBEITSPLATZ- UND UMWELTBELASTUNG .....	65
<b>III. MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>70</b>
III. 1. PRAXIS- KOLLEKTIV UND DATENERHEBUNG .....	70
III. 2. FRAGEBOGEN UND ANSCHREIBEN .....	71
III. 2. 1. Erfassung der Praxisbesonderheiten .....	71
III. 2. 2. Erfassung der angewendeten Sedierungsverfahren .....	72
III. 2. 3. Lachgasanwendung in den Praxen .....	72
III. 2. 4. Erfassung der Komplikationen und Nebenwirkungen .....	72
III. 2. 5. Technische Voraussetzungen .....	72
III. 3. STATISTISCHE METHODEN .....	73
<b>IV. ERGEBNISSE</b> .....	<b>75</b>
IV. 1. DATENKOLLEKTIV .....	75
IV. 1. 1 Responserate .....	75
IV. 1. 2. Praxisbesonderheiten .....	75
IV. 1. 2. 1. Fachgebiet .....	75

IV. 1. 2. 2. Alter .....	76
IV. 1. 2. 3. Notfalltraining.....	77
IV. 1. 2. 4. Sedierungsangebot .....	77
<i>IV. 1. 3. Eigenschaften der Praxen mit Sedierungsangebot .....</i>	<i>78</i>
IV. 1. 3. 1. Anwender .....	78
IV. 1. 3. 2. Sedierungsverfahren.....	78
<i>IV. 1. 4. Lachgasanwendung .....</i>	<i>80</i>
IV. 1. 4. 1. Eingriffe .....	80
IV. 1. 4. 2. Patienten .....	80
IV. 1. 4. 3. Dosierung.....	81
IV. 1. 4. 4. Nebenwirkungen .....	81
IV. 1. 4. 5. Lüftungssystem.....	82
<b>IV. 2. ANALYSE DER PRAXEN MIT SEDIERUNGSANGEBOT .....</b>	<b>83</b>
<i>IV. 2. 1. Fachgruppen und Häufigkeit des Notfalltrainings .....</i>	<i>83</i>
<i>IV. 2. 2. Fachgruppen und Einsatz der Sedierungsverfahren .....</i>	<i>84</i>
<i>IV. 2. 3. Fachgruppen und Art des Sedierungsverfahrens .....</i>	<i>84</i>
<i>IV. 2. 4. Fachgruppen mit Lachgasanwendung.....</i>	<i>86</i>
<i>IV. 2. 5. Fachgruppen und Patientenklientel.....</i>	<i>87</i>
<i>IV. 2. 6. Fachgruppen und Dosierung von Lachgas .....</i>	<i>89</i>
<i>IV. 2. 7. Fachgruppen und Nebenwirkungen von Lachgas .....</i>	<i>90</i>
<i>IV. 2. 8. Fachgruppen und spezielles Lüftungssystem in der Praxis .....</i>	<i>91</i>
<i>IV. 2. 9. Alter der Behandler und Sedierungsangebot.....</i>	<i>92</i>
<i>IV. 2. 10. Alter der Behandler und Lachgasanwendung.....</i>	<i>92</i>
<i>IV. 2. 11. Sedierungsanwender und Notfalltraining.....</i>	<i>93</i>
<i>IV. 2. 12. Lachgasanwender und Notfalltraining .....</i>	<i>94</i>
<i>IV. 2. 13. Lachgas und Therapien.....</i>	<i>95</i>
<i>IV. 2. 14. Dosisveränderung und Häufigkeit der Nebenwirkungen .....</i>	<i>96</i>
<b>V. DISKUSSION .....</b>	<b>98</b>
<b>VI. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>112</b>
<b>VII. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>113</b>
<b>VIII FRAGEBOGEN .....</b>	<b>123</b>
<b>IX. DANKSAGUNG .....</b>	<b>126</b>



## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADA	American Dental Association
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert
AMPA	$\alpha$ -Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazol-Propionsäure
ASA	American Society of Anesthesiologists
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CED	Council of European Dentists
CGRP	calcitonin gene- related peptide
Cl <sup>-</sup>	Chlorid
COX	Cyclooxygenase
d. h.	das heißt
Dia.	Diagramm
EAPD	European Academy of Paediatric Dentistry
EAPD	European Archives of Paediatric Dentistry
etc.	et cetera
GABA	$\gamma$ - Amino- Buttersäure
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
IAPD	International Association of Paediatric Dentistry
IASP	International Association for the Study of Pain
km	Kilometer
l	Liter
MAC	minimale alveoläre Konzentration
MAK	maximale Arbeitsplatzkonzentration
min	Minute
m/s	Meter pro Sekunde
$\mu$ m	Mikrometer
NMDA	N- Methyl- D- Aspartat
NSAID	non steroidal anti-inflammatory drug/nicht steroidale Analgetika
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid, Lachgas, Stickoxidul

O <sub>2</sub>	Sauerstoff
PONV	post- operative nausea and vomiting
ppm	parts per million
Tab.	Tabelle
TRGS	technische Regeln für Gefahrstoffe
USA	United States of America
u. U.	unter Umständen
v. A.	vor Allem
Vol.%	Volumenprozent
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	S. 10	Der erste Dräger- Narkoseapparat mit Narkotikumsdosierung, 1902
Abb. 2	S. 10	Dräger- Mischnarkoseapparat mit Möglichkeit zur künstlichen Beatmung, 1911
Abb. 3	S. 31	Modernes Lachgasgerät
Abb. 4	S. 34	Strukturformel von Benzodiazepinen
Abb. 5	S. 36	Wirkungsmechanismus von Benzodiazepinen
Abb. 6	S. 39	Strukturformel von Lachgas
Dia. 1	S. 76	Häufigkeitsverteilung der Fachgruppen
Dia. 2	S. 76	Altersverteilung der Teilnehmer
Dia. 3	S. 77	Häufigkeit des Sedierungsangebots
Dia. 4	S. 78	Häufigkeitsverteilung der Sedierungsanwender
Dia. 5	S. 80	Häufigkeit der Eingriffe unter Lachgassedierung
Dia. 6	S. 82	Häufigkeit von Nebenwirkungen
Dia. 7	S. 82	Häufigkeit von Lüftungssystemen
Dia. 8	S. 92	Altersverteilung der Sedierungsanwender
Dia. 9	S. 93	Altersverteilung der Lachgasanwender
Dia. 10	S. 94	Häufigkeit Notfalltraining nach Sedierungsanwender
Dia. 11	S. 95	Häufigkeit Notfalltraining bei Lachgasanwendern
Dia. 12	S. 96	Häufigkeit der Eingriffe unter Lachgas
Tab. 1	S. 37	Unerwünschte Nebenwirkungen von Benzodiazepinen
Tab. 2	S. 38	Relative und absolute Kontraindikationen von Benzodiazepinen
Tab. 3	S. 44	Unerwünschte Nebenwirkungen von Lachgas
Tab. 4	S. 46	Kontraindikationen zur Anwendung von Lachgas
Tab. 5	S. 54	Klassifikation des Gesundheitszustandes nach der American Society of Anesthesiologists
Tab. 6	S. 60	Vergleich der Ausbildungskurse zur Lachgasanwendung in der zahnärztlichen Praxis

Tab. 7	S. 61	Vergleich der personellen Voraussetzungen in Europa und USA
Tab. 8	S. 63	Vergleich der technischen und räumlichen Voraussetzungen in Europa und den USA
Tab. 9	S. 64	Vergleich des Monitorings in Europa und den USA
Tab. 10	S. 74	Übersicht Kreuztabellen
Tab. 11	S. 77	Häufigkeitsverteilung des Notfalltrainings
Tab. 12	S. 79	Häufigkeit der Sedierungsverfahren
Tab. 13	S. 79	Anteil der Lachgasanwender am Gesamtkollektiv und den Sedierungsanwendern
Tab. 14	S. 81	Patientenverteilung bei der Lachgasanwendung
Tab. 15	S. 81	Häufigkeitsverteilung der Anpassung der Lachgasdosis
Tab. 16	S. 83	Häufigkeit des Notfalltrainings in den Fachgruppen
Tab. 17	S. 84	Häufigkeit Sedierungsangebot in den Fachgruppen
Tab. 18	S. 86	Häufigkeit der Sedierungsverfahren in den Fachgruppen
Tab. 19	S. 87	Häufigkeit der Lachgasanwendung
Tab. 20	S. 87	Patientenklientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung bei Mund –Kiefer –Gesichts –Chirurgen
Tab. 21	S. 88	Patientenklientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung bei Oralchirurgen
Tab. 22	S. 88	Patientenklientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung bei Allgemeinzahnärzten
Tab. 23	S. 89	Patientenklientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung bei Kinderzahnärzten
Tab. 24	S. 90	Dosisänderung in den Fachgruppen
Tab. 25	S. 91	Häufigkeit von Nebenwirkungen von Lachgas in den Fachgruppen
Tab. 26	S. 91	Lüftungssystem bei den Fachgruppen
Tab. 27	S. 97	Häufigkeit von Nebenwirkungen bei Dosisveränderung

In der vorliegenden Arbeit wird auf die Geschlechterdifferenzierung verzichtet und die männliche Form verwendet, da die grundlegenden Prinzipien und nicht die Geschlechterverteilung im Vordergrund stand. Dennoch sind stets beide Geschlechter gleichermaßen angesprochen.

## I. Einleitung

Seit jeher sind Angst- und Schmerzmanagement in der Zahnmedizin von entscheidender Bedeutung. Gerade bei Kindern und bei unkooperativen Patienten ist eine zahnärztliche Behandlung ohne pharmakologische Hilfsmittel oft nicht durchführbar. Um die Risiken einer Vollnarkose zu umgehen und den erheblichen personellen und finanziellen Aufwand zu vermeiden, bedienen sich Zahnärzte heutzutage immer öfter der Methode der Sedierung.<sup>1</sup> Hierbei wird der Patient in einen beruhigten, gedämpften Zustand versetzt, in dem er bei vermindertem Bewusstsein ist, aber ansprechbar bleibt. Besonders in der Kinderzahnheilkunde erfreut sich die inhalative Sedierung mittels Lachgas zunehmender Beliebtheit.<sup>2</sup> Durch die einfache und schmerzfreie Applikation des Gases bleiben den jungen Patienten traumatisierende Erlebnisse sowie eine Allgemeinanästhesie erspart.<sup>3</sup> Schmerzfreiheit vor, während und nach der Behandlung stellt das Fundament für das Vertrauen eines Kindes zum Zahnarzt dar. Ein ebenfalls wichtiger Aspekt ist die Angstkontrolle<sup>4</sup>, da negative Erlebnisse in der Kindheit sonst eine lebenslange Angst vor dem Zahnarztbesuch hervorrufen können.<sup>5</sup>

Um für Arzt und Patienten eine stressfreiere, erfolgreiche Behandlung zu ermöglichen, stehen verschiedene Techniken zur Verfügung, die mit oder ohne den Einsatz von Medikamenten zur Anwendung kommen. Ohne pharmakologische Intervention können Hypnose, Akupunktur und speziell bei Kindern eine Verhaltenskontrolle (zum Beispiel „tell, show, do“-Methode<sup>6</sup>) angewandt werden. Es kommt zu Entspannung, Anxiolyse und Psychosedierung.<sup>7</sup> Das Bewusstsein der Patienten wird nicht beeinträchtigt und es kommt nicht zu einer Schmerzausschaltung. Wenn diese Methoden bei unkooperativen, behinderten oder sehr ängstlichen Patienten nicht ausreichen, muss die Behandlung unter medikamentöser Unterstützung stattfinden.<sup>8</sup> Die leichteste Form stellt hierbei die Sedierung dar.

Bei der medikamentösen Therapie stellt die Sedierung eine risiko- und komplikationsarme, kostengünstige Alternative zu der Vollnarkose dar. Nicht nur bei Angstpatienten kommen Sedativa zum Einsatz, um den dentalen Stress zu verringern, sondern auch bei Kindern und Patienten mit starkem Würgereiz oder

Behinderung, die ohne unterstützende Maßnahmen nicht zahnärztlich behandelt werden können.<sup>9</sup>

Die Sedierung bezeichnet den Einsatz von Medikamenten zur Distanzierung von Ängsten, Beruhigung und allgemeinen Dämpfung des zentralen Nervensystems. Es gibt zahlreiche Wirkstoffe, die diese Eigenschaften besitzen, jedoch haben sich in der Zahnmedizin vor allem die Gruppe der Benzodiazepine (v. A. Midazolam) und Lachgas durchgesetzt.<sup>10</sup> Midazolam birgt neben einer antero- und retrograden Amnesie und dem Verlust des Zeitgefühls den großen Vorteil, dass durch Benzodiazepinantagonisten zügig auf eine ungeplante Übersedierung reagiert werden kann.<sup>11</sup> Die Verwendung von Lachgas findet durch ein titrierbares, individualisierbares System statt, sodass zu jedem Zeitpunkt die Sedierungstiefe bedarfsgerecht und mit sofortigem Effekt verändert werden kann.

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wird die Lachgassedierung mit einem N<sub>2</sub>O-/Sauerstoffgemisch durchgeführt.<sup>12</sup> Weil bei den Geräten zunächst eine Regulierung der Lachgas- und Sauerstoffzufuhr nicht sicher möglich war, kam es zu technisch bedingten Übersedierungen, die zu Hypoxie führen können. In Deutschland geriet Lachgas aufgrund der technischen Schwierigkeiten und mangels gut ausgebildeter Behandler immer weiter in den Hintergrund.<sup>13</sup> Somit bekam die Lachgassedierung einen zunehmend schlechten Ruf und wurde mehr und mehr durch moderne orale Sedativa und die Vollnarkose abgelöst. Heute gewinnt sie aber durch zeitgemäße Technik, die wachsende Langzeiterfahrung und Geräte, bei denen eine Abgabe von weniger als 30% Sauerstoff nicht möglich ist, besonders in der Kinderzahnheilkunde immer mehr an Bedeutung.<sup>14</sup>

Im Gegensatz zu Deutschland, wo die inhalative Sedierung noch nicht zum Alltag in der Zahnarztpraxis gehört, steht die Verwendung von Lachgas während zahnärztlicher Behandlungen in den USA in einer ungebrochenen Tradition und gilt als Standardverfahren.<sup>15</sup>

## **Zielsetzung**

Die aktuelle Studienlage zum Thema Lachgas und dessen Anwendung in Deutschland ist lückenhaft. Der Mangel an evidenzbasierten Studien und das dadurch bedingte Fehlen medizinisch relevanter Daten erschweren das Ausarbeiten deutschlandweit gültiger Leitlinien zur Lachgassedierung erheblich. Jedoch sind solche Studien und Leitlinien unerlässlich, damit Lachgas auch in Zukunft als sicheres Sedativum in der Zahnarztpraxis angewendet werden kann.

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, den heutigen Stellenwert von Lachgas in deutschen Zahnarztpraxen zu erfassen. Häufigkeit der Anwendung von Lachgas und anderen Sedativa, Art des Einsatzes, Patientenklientel und Fachgruppen der Anwender sollten anhand der Analyse eines Fragebogens ermittelt werden.

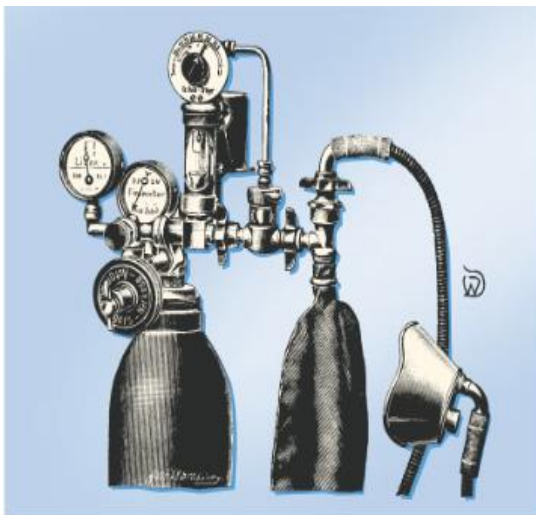
## II. LITERATURDISKUSSION

### II. 1. Geschichte

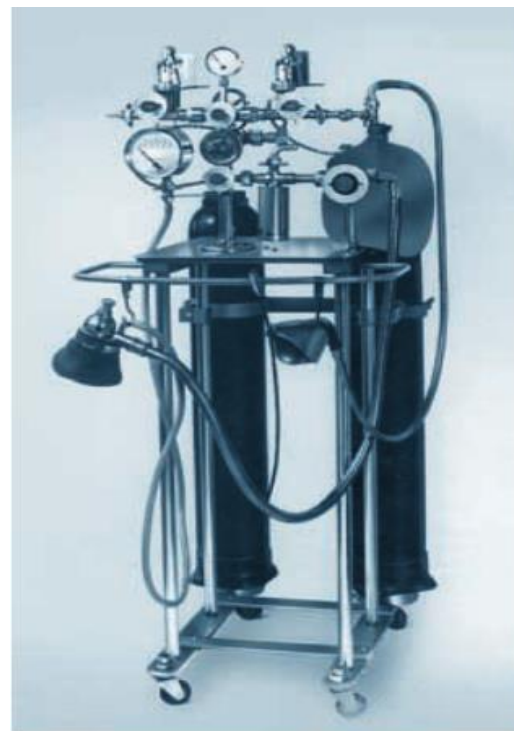
Bereits im Jahr 1772 synthetisierte der amerikanische Wissenschaftler und Pfarrer Joseph Priestley im Zuge von Tierversuchen mit Mäusen erstmals das Lachgas (Distickstoffmonoxid oder auch  $N_2O$ ).<sup>16</sup> Bereits ein Jahr zuvor hatte er den Sauerstoff isoliert, welchem später von dem französischen Chemiker und Rechtsanwalt Antoine Laurent de Lavoisier sein Name gegeben wurde. Die Schule der „Pneumatischen Medizin“ begründete sich auf den Arbeiten dieser beiden Forscher.<sup>17</sup> Hier fand also der Versuch statt, die neu gewonnenen Erkenntnisse aus der physiologischen Chemie mit der Medizin zu verknüpfen und die Gase in der Heilkunde zu nutzen. In einem der dieser Schule angehörigen Institute in Bristol arbeitete und forschte seit dem Jahr 1798 der englische Chemiker Humphry Davy. In Selbstversuchen entdeckte er als erster die analgetische Potenz von Lachgas und im Jahr 1799 auch dessen euphorisierende Wirkung. Bereits im darauffolgenden Jahr wurde sein Vorschlag laut, Lachgas bei operativen Eingriffen einzusetzen.<sup>18</sup> Ihm wurde jedoch nur wenig Aufmerksamkeit zuteil und seine Entdeckungen rückten schnell aufgrund anderer Erkenntnisse und Neuerungen in den Hintergrund. Je stärker das Lachgas im medizinischen und chemischen Forschungsbereich der Vergessenheit anheimfiel, desto mehr Bedeutung kam ihm in England und Amerika als Rauschmittel zu. Nicht nur untere Gesellschaftsschichten vergnügten sich im Rausch auf Jahrmärkten damit. Auch in gehobeneren Kreisen fanden bald regelmäßig „Lachgasparties“ statt.<sup>19</sup> Unterhaltungsgruppen reisten umher und boten Vorstellungen unter Lachgasgebrauch, um das Publikum zu amüsieren. Bei einer dieser Gelegenheiten in Connecticut beobachtete der Zahnarzt und Chemiker Horace Wells als Zuschauer die analgetische Wirkung des Lachgases zufällig. Während einer Vorstellung zog sich ein Mann unter Einfluss von Lachgas eine Beinverletzung zu, offensichtlich aber ohne Schmerzen zu empfinden. Erst nach Abklingen des Rausches klagte der Mann über Schmerzen.<sup>20</sup> Dies veranlasste Wells zu dem Gedanken, die Wirkung des Gases in der Zahnmedizin zum schmerzfreien Ziehen von Zähnen zu nutzen. Nachdem ihm in einem

Selbstversuch von seinem Assistenten ein Weisheitszahn erfolgreich entfernt worden war, führte er im Jahr 1844 die erste zahnmedizinische Behandlung unter Einsatz von Lachgas in Hartford, Connecticut, durch. Dies wird bis heute als die Geburtsstunde der Anästhesie bezeichnet.<sup>21</sup> Im Jahr 1845 operierte er im Beisein angesehener Ärzte einen Patienten unter Lachgassedierung. Die Demonstration scheiterte jedoch leider gänzlich. Ob dies die Schuld des undichten Beatmungssystems oder des verunreinigten Gases war, ist bis heute ungeklärt. Im Jahre 1846 führte ein Schüler von Horace Wells eine Operation am Hals vor dem gleichen Kollegium erfolgreich durch. Statt Lachgas verwendete er Äther. So fand die Äthernarkose ihren Einzug in die Medizin und wurde zum Standard bei operativen Eingriffen.<sup>22</sup> Schnell verbreitete sich dieser Trend über England, Frankreich und bald ganz Europa. Das Lachgas hingegen wurde so gut wie vollständig aus den Operationssälen und Behandlungsräumen verbannt. Im Jahr 1847 wurde Chloroform als Narkotikum entdeckt und verdrängte zunächst den Äther. Im Zuge von Überdosierungen kam es jedoch immer häufiger zu Todesfällen und um das Jahr 1890 kehrte man wieder zu der etwas weniger komplikationsträchtigen Äthernarkose zurück.<sup>23</sup> Im 20. Jahrhundert schließlich kamen die toxischen Narkoseverfahren sowohl mit Chloroform als auch mit Äther gänzlich aus der Mode und das Lachgas eroberte seinen Platz zurück. Jetzt gelang es Technikern, Sauerstoff und andere Gase unter hohem Druck zu komprimieren und zu speichern. Die ersten nahtlosen Hochdruckbehälter aus handgeschmiedetem Stahl kamen auf den Markt. Vor allem in Großbritannien und Amerika fand die Kombination aus Lachgas und Sauerstoff Anwendung. In Deutschland wird die geringe Aufmerksamkeit den technisch bedingten Komplikationen zugerechnet. Man hielt hier an der allseits bekannten Äthernarkose fest. Durch weitreichende Fortschritte, vor allem auf dem Gebiet der Technik, wurde der Blick wieder verstärkt auf das Lachgas gerichtet. Im Vergleich zu Äther und Chloroform war es ein relativ teures Gas, was den Ansporn lieferte, Apparate zu erfinden, mit denen sich Lachgas sparen ließ. Mit der Entwicklung des Dräger-Narkosegerätes in den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts in Deutschland begann eine neue Ära der Inhalationsanästhesie. Der Apparat beinhaltete Druckreduziersysteme für die Gasflaschen, getrennte Schläuche und bot die Möglichkeit einer angepassten Dosierung. Die Geräte fanden vor allem in den USA

großen Anklang und der hohe Absatz stellte die nötigen finanziellen Mittel bereit, die die Technik und Forschung benötigte, um Weiterentwicklungen und Optimierungen vorzunehmen. Anhand der Abbildungen 1 und 2<sup>24</sup> wird deutlich, dass in sehr kurzer Zeit enorme technische Fortschritte gemacht wurden. In einer Zeitspanne von nur 9 Jahren wurde aus einem einfachen 1-Flaschen-Apparat (Abb. 1) ein Gerät, mit dem der Anästhesist die Möglichkeit besaß, die Narkose sofort zu unterbrechen und falls nötig eine künstliche Beatmung über ein Unter- und Überdrucksystem durchzuführen (Abb. 2). Innerhalb weniger Jahre wurden etliche Narkoseapparaturen entwickelt und stetig verbessert.



*Abb. 1: Der erste Dräger- Narkoseapparat mit Narkotikumsdosierung, 1902*



*Abb. 2: Dräger- Mischnarkoseapparat mit Möglichkeit zur künstlichen Beatmung, 1911*

Vor allem der Hamburger Chirurg Paul Sudeck und sein Mitarbeiter Helmut Schmidt waren Verfechter der Lachgasnarkose.<sup>25</sup> Aufgrund der neuen technischen Errungenschaften und den angesehenen Anwendern erlebte das Lachgas in Deutschland einen erneuten Aufschwung.

Während des Ersten und Zweiten Weltkrieges allerdings war die Herstellung und Beschaffung des teuren Lachgases so gut wie unmöglich und so musste



notgedrungen wieder auf die älteren und günstigeren Verfahren zurückgegriffen werden. Auch wurde die Forschung und Weiterentwicklung der Apparate als dem Krieg nicht dienlich eingestuft und dementsprechend eingestellt. Nach Ende des Zweiten Weltkrieges konnte die Forschung auf dem Gebiet der Inhalationsnarkose in Deutschland wieder weitergeführt werden. Während des Krieges waren verbesserte Verfahren zur Herstellung und Lagerung entwickelt worden und im Gegensatz zu früheren Jahren war dadurch das Lachgas in ausreichender Menge und dementsprechend auch günstig zu bekommen. Im angloamerikanischen Raum hatte sich die Inhalationsnarkose mit Lachgas längst etabliert und galt als Standardverfahren, während sie in Deutschland immer noch, bzw. wieder in den Kinderschuhen steckte. Nachdem bereits in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts erste Narkosen mit Lachgas auch in Zahnarztpraxen durchgeführt wurden, setzte sich allmählich immer stärker die Ansicht durch, dass eine vollständige Narkotisierung mit Lachgas in der Zahnmedizin zu viele Komplikationen hervorruft. Die Lachgasnarkose sollte den Chirurgen vorbehalten bleiben und so versuchte man in der Zahnmedizin, lediglich den Sedierungseffekt bei geringeren Lachgaskonzentrationen auszunutzen. In den 1950er Jahren schließlich wurden erstmals in Deutschland Apparate für die Zahnarztpraxis entwickelt, bei denen eine Sauerstoffgabe unter 20% nicht mehr möglich war. Auch in die Geburtshilfe fand die Sedierung mit Lachgas ihren Einzug. Mitte der 60er Jahre wurde die Inhalationssedierung allerdings durch moderne intravenöse oder orale Methoden abgelöst und geriet abermals in den Hintergrund.<sup>26</sup>

## II. 2. Der heutige Stand

Zahnärzte sind täglich mit Zahnbehandlungsängsten unterschiedlicher Intensität konfrontiert. Die zahnärztliche Behandlung wird oft als stark angstausslösendes Ereignis wahrgenommen.<sup>27</sup> Laut dem Council of European Dentists (CED) leiden heute zwischen 10 bis 30% der Erwachsenen und Kinder unter ausgeprägter Angst vor zahnärztlichen Behandlungen („high dental anxiety“)<sup>28</sup>, wobei diese pathologische Züge annehmen und sich zu einer krankhaften Furcht entwickeln kann (Odontophobie).

Seit dem Jahr 1997 ist die Phobie vor dem Zahnarztbesuch von der Weltgesundheitsorganisation als psychosomatische Erkrankung anerkannt.<sup>29</sup> Etwa 5–15% der Erwachsenen in den Industrieländern können sich nur bei starken Schmerzen überwinden, die zahnärztliche Praxis aufzusuchen. Häufig wird zudem die Qualität der zahnärztlichen Arbeit durch das ängstliche Verhalten der Patienten negativ beeinflusst. Rund 3% der Erwachsenen vermeiden den Zahnarztbesuch gänzlich<sup>30</sup>, wodurch es zur Selbstschädigung der Patienten kommt.<sup>14</sup> Odontophobie und die damit einhergehende geringe Schmerztoleranz gehen Hand in Hand mit erhöhtem Vorkommen von Karies.<sup>31</sup> Eine Studie aus dem Jahr 2014 zeigte, dass Kinder mit großer Angst vor dem Zahnarzt ein 2,5- mal höheres Kariesrisiko aufweisen im Vergleich zu Kindern mit geringer Angst.<sup>32</sup> Folge ist meist eine schlechte Mundgesundheit, was weiterhin auch psychosoziale Auswirkungen hat und dementsprechend die Lebensqualität der Patienten, sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen, massiv verschlechtert.<sup>33</sup> Zurückgezogenheit, Abbruch sozialer Kontakte und Ausbildung von Minderwertigkeitskomplexen können daraus resultieren. Bei Kindern kann die Sprachentwicklung gestört sein. Auch die Nahrungsaufnahme ist durch das verminderte Kauvermögen erschwert. Oft werden starke Schmerzen ertragen und Behandlungen hinausgezögert, um nicht mit der Angst vor dem Zahnarzt konfrontiert zu werden. Der Zahnarzt trifft häufig erst im Notdienst auf solche Patienten. Eine schonende, schmerzlose Behandlung ist meistens nicht mehr möglich, was die Angst durch die negative Erfahrung wiederum bestätigt und somit ein Teufelskreis aufrechterhalten wird. Um überhaupt eine Behandlung dieser Patienten zu ermöglichen, muss oft das Risiko einer Vollnarkose in Kauf genommen werden. Die Sedierung stellt einen effektiven Weg dar, den

beschriebenen Teufelskreis zu durchbrechen und eröffnet den Patienten die Möglichkeit einer stress- und schmerzfreien Behandlung. Die beiden Hauptziele der dentalen Sedierung sind zum einen, die Mundgesundheit aufrecht zu erhalten, und zum anderen, die Patienten zur regelmäßigen Wahrnehmung von Zahnarztbesuchen zu führen und eine nachhaltig normalisierte Behandlungsbereitschaft zu erzeugen. Rund 87% der in Deutschland mit Lachgas behandelten Patienten sind Erwachsene und werden wegen großer Angst oder Odontophobie sediert. Nur 6% sind unkooperative Kinder und 5% sind geistig behinderte Patienten. Die größte Angst haben die Patienten vor Extraktionen, was bei rund 43% die Indikation zur Lachgassedierung bedingt. Darauf folgen mit 40% Füllungen, mit 20% Pulpabehandlungen und mit 17% andere chirurgische Maßnahmen.<sup>29</sup> Dies unterstreicht nochmals das allgegenwärtige Problem der Angst vor zahnärztlichen Behandlungen und den dringenden Bedarf, eben jene durch Anwendung angemessener Sedierungsverfahren zu überwinden. Anhand der oben genannten Zahlen wird einmal mehr deutlich, wie hoch die Nachfrage nach sicheren, unkomplizierten und kostengünstigen Sedierungsverfahren ist, um allen Patienten zu einer angemessenen und zielführenden Therapie zu verhelfen und eine Vollnarkose zu vermeiden.

Auch aus Sicht des Behandlers ist die Angst des Patienten ein belastender Faktor. Sie stellt für den Zahnarzt oftmals eine Stresssituation mit vielfachen Unterbrechungen und erhöhter Angespanntheit dar. Der erhöhte zeitliche Aufwand, die verstärkte mentale Belastung und der häufig resultierende geringere Verdienst kann eine herabgesetzte Motivation - nicht nur des Behandlers, sondern des gesamten zahnärztlichen Teams - bedingen.<sup>34</sup>

Eine US-amerikanische Studie von Wilson et al.<sup>35</sup> aus dem Jahr 2011 ergab, dass in Europa, Asien und den USA die am häufigsten verwendete Sedierungstechnik mit 52% die Vollnarkose ist, gefolgt von der Lachgas- Sedierung mit 46%. Darauf reiht sich die orale Sedierung mit 44% ein. Befragt wurden Mitglieder der International Association of Paediatric Dentistry (IAPD) und der European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD). 91% der Zahnärzte gaben an, Interesse an einer fortführenden Weiterbildung im Bereich der Sedierung zu haben. Das liegt auch daran, dass die Morbidität und Mortalität in Verbindung mit einer Vollnarkose deutlich höher sind als bei der minimalen Sedierung.<sup>36</sup> Abgesehen von dem hohen

personellen und zeitlichen Aufwand, bringt die Narkose auch Kosten mit sich, die ca. ein Drittel höher sind als bei der minimalen Sedierung.<sup>37 38</sup> Daneben führen Unannehmlichkeiten wie die Nüchternheit vor der Behandlung, das Legen eines venösen Zugangs und das Aufwachen dazu, dass die Allgemeinanästhesie nicht länger als das Mittel der Wahl zur Behandlung unkooperativer Patienten angesehen wird.<sup>39</sup> All dies verdeutlicht den wachsenden Bedarf an sicheren Sedierungstechniken. Eine Studie von Galeotti et al.<sup>40</sup> aus dem Jahr 2016 mit 472 behandelten Kindern zeigt, dass unter minimaler Sedierung mit Lachgas unabhängig von Geschlecht, Alter (ab 4 Jahren) und Art der Therapie in 86,3% der Fälle die Behandlung erfolgreich abgeschlossen wurde. Lediglich bei geistig behinderten Patienten fiel die Zahl der erfolgreichen Behandlungen etwas geringer aus. Auch das Auftreten von unerwünschten Nebenwirkungen war mit 2,5% sehr gering. Der Grad der Kooperation wurde anhand der Venham- Skala untersucht. Dies ist eine Sechs- Punkt- Skala von 0 bis 6, wobei 0 ein „entspanntes, kooperatives Kind“ bezeichnet und 6 ein Kind „außer Kontrolle“ beschreibt.<sup>41</sup> Beim ersten Kontakt mit dem Zahnarzt konnten nur 40% der Patienten dem Grad 0 zugeordnet werden. Jedoch erhöhte sich dieser Wert im Laufe der Behandlung mit Lachgas auf 70%. Bei einer Studie des Instituts für dentale Sedierung aus dem Jahr 2011<sup>42</sup>, bei der 32 Patienten zwischen 8 und 15 Jahren mit Lachgas sediert wurden, wurde das Verhalten während der zahnärztlichen Behandlung anhand der Haupt-Skala (Haupt Behaviour Rating Scale<sup>43</sup>) von 1 bis 6 (1: abgebrochene Behandlung, 6: exzellente, abgeschlossene Behandlung) analysiert. Lediglich 3% der Patienten erhielten eine „1“. 6% wurde eine „3“ zugeteilt, 9% der Patienten eine „4“. Dem gegenüber wurden 13% mit einer „5“ und sogar 69% mit einer „6“ bewertet. Dies zeigt, dass während der zahnärztlichen Behandlung unter Lachgaseinfluss mehrheitlich ein positives Verhalten verzeichnet werden konnte.

Im Zuge dieser Studie wurde weiterhin festgestellt, dass sich 81% der Patienten wieder einer Behandlung unter Lachgassedierung unterziehen würden. Nur 6% lehnten dies ab, 13% machten keine Angabe. Dies verdeutlicht die hohe Akzeptanz für Lachgas der Patienten im Kindesalter.

Lachgas kann auch in Kombination mit anderen sedierenden Medikamenten eingesetzt werden. In einer Studie von Wood aus dem Jahr 2010<sup>44</sup> wurden 100

Kinder mit intranasal verabreichtem Midazolam und einem Lachgas-/Sauerstoff-Gemisch sediert. Die Patienten waren zwischen 3 und 13 Jahren alt. 96% der anschließenden zahnärztlichen Behandlungen wurden erfolgreich abgeschlossen. Ausreichende Sauerstoffsättigung, hämodynamische Stabilität und die Fähigkeit zur verbalen Kommunikation waren jederzeit gegeben. Diese Technik zeigte bei 93% der Eltern eine hohe Akzeptanz und wurde in dieser Studie auch bei den hier sehr jungen Patienten als sichere Methode empfohlen, um eine Vollnarkose gerade bei Kindern zu vermeiden.

In vielen Ländern, wie z. B. den USA, Kanada, Großbritannien, Neuseeland und Australien, wird die Lachgassedierung in verschiedenen Bereichen der Medizin und in der Zahnmedizin angewendet<sup>46</sup> und wurde bereits im Jahr 2009 in einer Studie von Woolley et al. als beliebteste Sedierungstechnik in der Kinderzahnheilkunde beschrieben.<sup>46</sup>

In den USA wenden bereits ca. 97% der Zahnärzte eine Sedierung mit Lachgas regelmäßig an<sup>47</sup>, ebenso in Holland, England, Australien, Skandinavien und der Schweiz.<sup>29</sup> In Dänemark führen 75% der Zahnärzte regelmäßig Lachgassedierungen durch.<sup>48</sup> Bei Kinderzahnärzten sind es über 80% der Zahnärzte. Auch in Brasilien geben in einer Studie aus dem Jahr 2012 77% der Zahnärzte an, regelmäßig Lachgas in der Praxis zu verwenden.<sup>49</sup> In Deutschland hingegen ist die Verwendung von N<sub>2</sub>O bisher nicht weit verbreitet und schlichtweg unüblich. Lediglich rund 3% der deutschen Zahnärzte verwenden mehr als einmal am Tag Lachgas und 13% einmal am Tag. Mit 41% führt die Mehrheit der Behandler, die Lachgas anwenden, eine Sedierung einmal pro Woche, beziehungsweise mit 40% sogar nur einmal pro Monat durch.<sup>29</sup> Aufgrund der Modernisierung des Verfahrens und der erhöhten Nachfrage nach sicheren und kostengünstigen Sedierungsverfahren erlebt die Lachgassedierung allerdings eine Renaissance.<sup>50</sup> Der Nachholbedarf Europas im Bereich der Lachgassedierung wird schon daran deutlich, dass erst im Jahr 2003 europaweite Leitlinien vom European Archives of Paediatric Dentistry (EAPD) veröffentlicht wurden<sup>51</sup>, während in den USA seit fast 50 Jahren stets aktualisierte Vorschriften publiziert werden.<sup>52</sup> Seit der Entschließung des Council of European Dentists (CED) „The Use of Nitrous Oxide Inhalation Sedation in Dentistry“ vom Mai 2012, an den sich auch die Deutsche Gesellschaft für den dentale Sedierung e.V. orientiert, gab es lediglich eine

Neuaufgabe im Jahr 2019.<sup>53</sup> Im Gegensatz dazu wurden in den USA bereits in den frühen 1970er Jahren Leitlinien von der American Dental Association (ADA) herausgegeben, die seit dem im Abstand weniger Jahre regelmäßig auf den neuesten wissenschaftlichen und rechtlichen Stand gebracht werden<sup>52</sup>, zuletzt in den Jahren 2016, 2017 und 2019.<sup>54 55</sup> Einige europäische Länder, wie z. B. Großbritannien<sup>56</sup>, haben inzwischen eigene Leitlinien erarbeitet und Länder wie Schweden oder Holland arbeiten mittlerweile auf demselben Level wie die USA. Dies gilt allerdings nicht für Deutschland. Die hier geltenden Richtlinien orientieren sich lediglich an den Standards, die durch EAPD, CED und ADA vorgegeben sind. Im Vergleich der Leitlinien der USA und Europa fällt auf, dass kaum Unterschiede zwischen beiden vorhanden sind. Vor allem in Bezug auf die Ausbildung und Ausstattung sind die Richtlinien nahezu identisch, was darauf hindeutet, dass sich die europäische Ausarbeitung stark an der amerikanischen orientiert. Aufgrund der langen Tradition der Lachgassedierung in den USA, der weitreichenden Erfahrung und der häufigen Anwendung in amerikanischen Zahnarztpraxen, ist es nicht verwunderlich, dass die dortigen Leitlinien den europäischen als Vorlage gedient haben.

Im Zuge der Recherchen stellte es sich als schwierig heraus, Daten zur aktuellen Situation, wie viele Zahnärzte Lachgas anwenden, zu finden. Hier wird deutlich, wie groß der Bedarf an Studien, Umfragen und Statistiken ist, um aussagekräftige Daten darüber zu erhalten. In der Einleitung der Leitlinien zur Lachgassedierung des EAPD aus dem Jahre 2003 wird bereits beschrieben, dass nicht genug evidenzbasierte Studien in diesem Bereich vorliegen. Aufgrund dessen erklären die Autoren, dass die Ausarbeitung der Leitlinien auf einem geringeren Level der Evidenz erarbeitet wurde als es bei anderen Themenbereichen der Fall ist. Deshalb besteht laut EAPD ein großer Bedarf an evidenzbasierten Studien.<sup>51</sup> In den Vereinigten Staaten weist die Anwendung von Lachgas in der Zahnarztpraxis seit nunmehr fast 200 Jahren eine ungebrochene Erfolgsgeschichte auf, doch in Deutschland wurde sie immer wieder in den Hintergrund gedrängt. Die kostspielige Anschaffung, unzureichende Ausbildung, technisch bedingte Komplikationen, Kriege und politische Unruhen verhinderten vermutlich, dass sich die N<sub>2</sub>O-Sedierung in Mitteleuropa durchsetzen konnte. Während es in Deutschland an repräsentativen Studien mangelt<sup>51</sup>, wird in den USA der Forschung und auch

Anwendung auf diesem Gebiet erheblich mehr Aufmerksamkeit geschenkt, sodass die USA heute Spitzenreiter in der Anwendung dieses Verfahrens sind.<sup>57</sup>

Das Thema Lachgas rückt in der deutschen Zahnmedizin zwar immer stärker in den Vordergrund, es fehlen aber immer noch einheitliche und genaue Angaben darüber, wie viele Zahnärzte in Deutschland Lachgas verwenden, wie oft es angewandt wird, in welcher Dosierung und bei welchen Patienten. Es zeigt sich also, dass auf diesem Gebiet der Zahnheilkunde noch viel zu tun ist und weitere Studien angestrebt werden müssen.

## II. 3. Angst

Was ist Angst? Sie gehört zu den angeborenen Primäremotionen (Basisemotionen). Dies sind voneinander abgrenzbare Gefühlszustände, die einige Wochen bis Monate nach der Geburt spontan auftreten, ohne dass die von dem Kind erlernt werden müssen. Zu ihnen werden Überraschung, Ekel, Ärger, Angst, Freude, Trauer und Verachtung gezählt.<sup>58</sup>

Die Angst (von lat. „angustia“= Enge) äußert sich im Sinne eines Selbsterhaltungstriebes als eine Veränderung von Verhalten und vor allem dem Empfinden. Sie dient uns als Selbstschutzmechanismus und Warnsignal, um vor potenziellen Bedrohungen und Gefahren zu schützen und so unser Handeln zu beeinflussen. Ohne Angst wären wir nicht in der Lage, Gefahren einzuschätzen, auf sie zu reagieren und bedrohlichen Situationen zu entkommen, um mögliche körperliche Schmerzen und Verletzungen zu verhindern. Sie zeigt sich zumeist in dem Verlangen nach Ausweichen, Vermeiden oder Flucht vor Situationen, die Angst, Anspannung und Ungewissheit hervorrufen. Es kommt zu einem Anstieg von Blutdruck, Herzfrequenz, Atmung und Muskeltonus. Die Aufmerksamkeit ist gesteigert und häufig gehen Schwitzen und Zittern mit dem Angstgefühl einher. Es können Schwindel, Übelkeit und Atemnot auftreten.

Das Angstsystem ist im zentralen Nervensystem (ZNS) in den subkortikalen Strukturen des corpus amygdaloideum (Mandelkern), dem Hypothalamus und im zentralen Höhlengrau lokalisiert und wird unter anderem durch das limbische System gesteuert. Die Amygdala haben auch bei der Erkennung von Gesichtsausdrücken anderer Menschen, vor allem bei Angst, eine große Bedeutung. Außerdem werden hier traumatische Erlebnisse verarbeitet und als emotionale Erfahrung gespeichert, sodass eine Konditionierung von Angst, auch in Bezug auf Vermeidung von Angst, stattfindet. Deshalb muss in der Medizin ein besonderes Augenmerk auf die Vermeidung traumatischer Ereignisse gelegt werden.

Die Neurotransmitter des Angstsystems, die eine Aktivierung hervorrufen, sind Neuropeptide und speziell Glutamat. Eine Inhibition hingegen wird durch  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA) bewirkt. Weiterhin spielen Histamin, Serotonin und auch Acetylcholin, Noradrenalin und Dopamin eine Rolle.<sup>59</sup>



In der Medizin tritt Angst am häufigsten in Form von Angst vor Spritze (Blutabnahme, Lokalanästhesie), Angst vor dem Zahnarzt oder vor Operationen und Narkose auf.<sup>60</sup> Generell muss man zwischen Angst (englisch: „fear“) und Angststörung (englisch: „anxiety“) unterscheiden. Beide Begriffe stehen in engem Zusammenhang zueinander. „Anxiety“ ist eine für die menschliche Spezies einzigartige Emotion, wobei „fear“ auch bei anderen Arten beobachtet wird. „Fear“ ist eine adaptive Antwort auf eine reale, bereits bekannte und/oder eindeutige Bedrohung, während „anxiety“ einen diffusen emotionalen Zustand beschreibt, der aufgrund der Erwartung einer potenziellen unbekanntem oder vermuteten Bedrohung in der Zukunft manchmal ohne erkennbaren Grund und/oder in Form einer unverhältnismäßigen Reaktion auftritt.<sup>61</sup> Die Phobie bezeichnet die krankhaft übersteigerte Angst gegenüber eindeutig definierten, objektiv betrachtet ungefährlichen Situationen, Tätigkeiten, Personen oder Objekten.<sup>62</sup> Zu den Angststörungen werden unter anderem Agoraphobie, Panikstörungen, generalisierte Angststörungen und spezifische Phobien (wie auch die Zahnarztphobie) gezählt. „Anxiety“ tritt zu ca. 30% auf<sup>63</sup> und ist bei 50% der Betroffenen mit Depressionen verbunden.<sup>64</sup> Unter Zahnbehandlungsphobikern leiden ca. 42% an weiteren psychischen Störungen.<sup>65</sup> Bei der zahnärztlichen Tätigkeit sind dementsprechend Angststörungen und Depression häufig anzutreffen. Laut der Leitlinie „Zahnbehandlungsangst beim Erwachsenen“ vom Oktober 2019 wird die „krankhafte Zahnbehandlungsangst als intensive Gefühlsreaktion auf Elemente der zahnärztlichen Behandlungssituation verstanden, die für den Betroffenen Leiden verursacht und die angesichts der tatsächlichen Gefahren in der Situation übertrieben erscheint. Sie äußert sich nicht nur durch Gefühle von Angst, Bedrohung und Unbehagen, sondern führt auch zu kognitiven Verzerrungen bei der Situationswahrnehmung, zu typischen physiologischen Veränderungen und zu Flucht-, Ausweich- und Vermeidungsreaktionen. Sie ist mit Risiken für die Zahngesundheit verbunden und kann auf psychopathologische Prozesse hinweisen.“<sup>66</sup> Die spezifische Angst vor dem Zahnarzt tritt bei ca. 10-30%<sup>67</sup> und die Zahnarztphobie bei ca. 11%<sup>68</sup> der Bevölkerung auf. Grundlegend ist dabei die Angst vor bevorstehenden Schmerzen. Schlechte Erfahrungen, traumatische Erlebnisse und der nahe Kontakt zu unbekanntem Personen sind unter anderem Gründe für ängstliche Patienten. Auch darf die Unkenntnis über die Art der

Behandlung und deren Abläufe als angstfördernder Faktor nicht unterschätzt werden.

Die Ausprägung und Größe der Angst und das Umgehen mit ihr sind bei jedem Patienten individuell und sowohl von genetischen und biologischen Faktoren abhängig, als auch von sozialem Umfeld und von Familie/Verwandten übernommenen Verhaltensweisen. Shoben und Borland haben bereits im Jahr 1954 beschrieben, dass vor allem negative Erfahrungen oder die Einstellung gegenüber Zahnärzten im familiären Umfeld eine entscheidende Rolle spielen.<sup>69</sup> Letztendlich fällt aber dem Behandler und dessen Charaktereigenschaften ebenfalls eine große Bedeutung zu.

Typische Symptome der Angst vor Zahnarztbesuchen sind Nervosität, Schlaflosigkeit, zitterige Hände und Anspannung. Weiterhin kann es bedingt durch die Aktivierung des Sympathikus zu Schwitzen, Druck im Oberbauch, Herzklopfen, Brustschmerzen und Atemnot kommen.<sup>70</sup>

Besonders häufig sind Kinder, Menschen mit körperlicher/geistiger Behinderung/Kommunikationsstörung (z. B. Demenz), ältere Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen, starken Schmerzen und fehlender sozialer Unterstützung von Angst in der Zahnarztpraxis betroffen. Ein erhöhtes Risiko haben vor allem Patienten mit depressiven Störungen, Angststörungen und/oder einer posttraumatischen Belastungsstörung.<sup>71 72</sup>

## II. 4. Schmerz

Nach der International Association for the Study of Pain (IASP) lautet die Definition von Schmerz:

„An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage.“<sup>73</sup> Schmerz beschreibt also ein „unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit einer tatsächlichen oder drohenden Gewebeschädigung verknüpft ist, oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird.“<sup>74</sup>

Schmerz stellt für uns eine elementare Empfindung und – ebenso wie die Angst- ein überlebenswichtiges und lebenserhaltendes Warnsignal dar. Er bewirkt eine Verhaltensänderung, bzw. –anpassung auf schädigende Einflüsse, auch wenn es noch zu keiner Verletzung gekommen ist. Schmerzen schützen uns dementsprechend nicht nur vor Voranschreiten bestehender Gewebeschädigungen, sondern auch vor potenziellen Gefahren. Die immense Bedeutung des Schutzmechanismus Schmerz wird zum Beispiel anhand von Patienten deutlich, die kein funktionierendes Schmerzempfinden haben und sich oft (zum Beispiel durch Verbrennungen) unbewusst schwere Verletzungen zufügen (angeborene Schmerzunempfindlichkeit). Schmerzen sind Teil unseres Sinnessystems und setzen sich aus zwei Kompartimenten zusammen: Zum einen die Nozizeption, also die eigentliche Sinneswahrnehmung durch Schmerzrezeptoren und die objektive Aufnahme und Verarbeitung der Reize durch das Nervensystem, zum anderen die „Empfindung“ des Schmerzes, welche immer subjektiv ist und von Mensch zu Mensch sehr unterschiedlich wahrgenommen wird.

Die Nozizeption beschreibt den Vorgang von der Reizaufnahme durch Rezeptoren über die Reiztransduktion, Weiterleitung und Verarbeitung der Signale. In unserem Sinnessystem gibt es neben Thermo-, Mechano-, Photo- und Chemorezeptoren die speziellen Schmerzsensoren. Sie werden als Nozizeptoren bezeichnet. Sie bilden mit nozizeptiven Neuronen des Rückenmarks und dem thalamokortikalen System das nozizeptive System. Es handelt sich dabei um freie Nervenendigungen ohne besondere Strukturmerkmale, die perlschnurartig aufgetrieben sind und sich in der Haut, der Muskulatur und jedem anderen Gewebe des Körpers befinden, abgesehen von Gehirn und parenchymatösen Organen. In ihnen findet die

Transduktion statt, also die Übertragung der Reize in elektrische Potenziale. An den synaptischen Endigungen schütten Nozizeptoren Glutamat, Substanz P und/oder calcitonin gene-related peptide (CGRP) als Transmitter aus.<sup>75</sup> Dies bewirkt an der postsynaptischen Membran eine Aktivierung von N-Methyl-D-Aspartat-Rezeptoren (NMDA-),  $\alpha$ -Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazol-Propionsäure (AMPA) - und Kainatrezeptoren sowie Glutamatrezeptoren.

Für alle Sensoren des Körpers gibt es einen sogenannten adäquaten Reiz, das heißt, dass ein bestimmter Rezeptortyp durch einen bestimmten Reiz optimal angesprochen wird (zum Beispiel Licht bei Photorezeptoren). Bei den Nozizeptoren allerdings handelt es sich um polymodale Rezeptoren. Sie reagieren nicht nur auf einen bestimmten Reiz, sondern auf alle Reizarten (Berührung, Licht, Schall, Temperatur etc.), wenn sie stark genug und mit Gewebeschädigung verbunden sind (zum Beispiel Verbrennungen). Deshalb spricht man auch von hochschwelligem Rezeptoren.<sup>76</sup> Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass Nozizeptoren im Gegensatz zu den anderen Sensoren auch bei langanhaltenden Schmerzen nicht adaptieren. Im Gegenteil, die Schmerzschwelle sinkt durch wiederholte oder dauerhafte Reizung. Denn die Sensibilität der Nozizeptoren ist nicht immer gleichbleibend, sondern wird durch Stoffe wie Prostaglandine, Histamin, Bradykinin, Serotonin und Leukotriene erhöht. Man spricht auch von einer neurogenen Entzündung. Hat man sich zum Beispiel einen Finger eingeklemmt oder sich verbrannt, schmerzen schon leichte Berührungen der betroffenen Region, die normalerweise nicht als schmerzhaft wahrgenommen werden. So findet auf chemischer Ebene bereits eine Modulation der Reizwahrnehmung statt. Weiterhin schütten geschädigte oder angeregte Schmerzrezeptoren Substanz P aus. Dies bewirkt die Freisetzung von Histamin aus Mastzellen, was eine Entzündungsreaktion fördert. Nozizeptoren sind Proportionalfühler, das heißt, die von ihnen ausgehende Impulsrate ist der Reizstärke proportional.

Bei den Nervenfasern handelt es sich zum einen um C-Fasern mit einem Durchmesser von ca.  $1\mu\text{m}$ , die nicht von einer Myelinscheide umgeben sind und eine langsame Leitungsgeschwindigkeit von 0,5 bis 2 m/s haben. Zum anderen sind es A $\delta$ -Fasern mit einem Durchmesser von ca.  $3\mu\text{m}$ , die markhaltig sind und eine Leitungsgeschwindigkeit von 10 bis 30 m/s aufweisen.<sup>77</sup> Diesen unterschiedlichen Faserklassen kommen auch verschiedene Funktionen zu. Die A $\delta$ -Fasern führen zu

hellem, frühem Schmerz. Er ist gut zu lokalisieren und bedingt überwiegend aktivierende Reaktionen, wie zum Beispiel das schnelle Wegziehen der Hand vom heißen Bügeleisen, und löst damit Schutz- und Fluchreflexe aus. Er geht bereits nach wenigen Sekunden in den dumpfen, späten Schmerz über. Dieser wird durch die langsameren C- Fasern vermittelt. Im Gegensatz zu dem hellen Schmerz bewirkt er ein inaktiveres Verhalten wie die Schonhaltung. Die Informationen werden über das Vorderseitenstrangsystem des Rückenmarks weitergeleitet: Im Hinterhorn werden die Nervenfasern auf das zweite Neuron umgeschaltet, dessen Fasern bereits auf Rückenmarkssegmentebene auf die Gegenseite kreuzen und dann schließlich im tractus spinothalamicus lateralis in das ZNS gelangen. Im Kopfbereich geschieht die Umschaltung auf das dritte Neuron im Ganglion Gasseri und die weitere Verschaltung im Trigeminskern im Hirnstamm. Wie stark das Rückenmarksneuron auf einen Reiz reagiert, hängt davon ab, wie viel Glutamat präsynaptisch ausgeschüttet wird und wie groß modulierende, inhibitorische Eingänge sind. Hier führen die Informationen letztendlich über die formatio reticularis, den Thalamus, die Großhirnrinde (thalamokortikales System), das limbische System und den gyrus postcentralis zur bewussten Wahrnehmung des Schmerzes. Es können sowohl auf spinaler als auch auf supraspinaler Ebene Motoneurone aktiviert werden, die motorische Reflexe, wie zum Beispiel den Wegziehreflex, auslösen. Ebenfalls wird das vegetative Nervensystem aktiviert, was zu systemischen Reaktionen wie Blutdruckanstieg und einer Erhöhung der Herzfrequenz führen kann. Bereits auf diesem Weg zum Gehirn haben viele modulierende Vorgänge stattgefunden. Schon auf der Ebene der Rezeptoren wird der Reiz durch die Ausschüttung von oben genannten Entzündungsmediatoren, wie zum Beispiel Histamin, modifiziert und verstärkt.

Bei der Umschaltung im Rückenmark werden exzitatorische Transmitter wie Glutamat und das Neuropeptid Substanz P ausgeschüttet, was weiterhin zu einer erhöhten Schmerzsensibilität im betroffenen Gebiet führt. Eine große Bedeutung kommt im Sinne der Modulation der sogenannten absteigenden Schmerzhemmung zu. Dieses absteigende Bahnsystem wird aus den Raphe-Kernen der medulla oblongata (Nucleus raphe magnus) und Teilen des zentralen Höhlengraus gebildet. Die hier entspringenden absteigenden Nervenbahnen aktivieren über Ausschüttung von Serotonin und Noradrenalin inhibitorische

Interneurone. Durch Freisetzung endogener Opiate wie Endorphin, Enkephalinen, Endomorphinen und Dynorphin wird die Umschaltung auf das zweite Neuron im Rückenmark gehemmt. Bei Aktivierung der Opioidrezeptoren (G- Proteingekoppelte  $\kappa$ -,  $\mu$ -,  $\delta$ - Rezeptoren) an Neuronen des Rückenmarks kommt es zu einer verminderten Ausschüttung exzitatorischer Transmitter und zu einer Hyperpolarisation der postsynaptischen Zellen, vor allem durch den inhibitorischen Transmitter GABA. An dieser Stelle greifen Schmerzmittel wie Morphin und andere Opiate an, indem sie an den Rezeptoren der genannten Mediatoren agonistisch wirken, und sind somit wirksame Medikamente zur Schmerzausschaltung. Weitere Medikamente zur Schmerzbekämpfung sind nicht- steroidale Analgetika (NSAID), die zu einer Hemmung des Enzyms Cyclooxygenase (COX) führen und somit über eine verminderte Ausschüttung von Prostaglandinen (Entzündungsmediatoren) eine geringere Sensibilisierung der Rezeptoren bewirken, und Lokalanästhetika, die durch Blockade von Ionenkanälen eine Weiterleitung der Aktionspotenziale verhindern.<sup>76</sup>

Die Empfindung von Schmerzen ist unter Vollnarkose ausgeschaltet. Das gilt aber nicht für Nozizeptoren und Rückenmark. Hier findet weiterhin eine Signalweiterleitung statt. Um auch auf Rezeptor- und Rückenmarksebene eine Wahrnehmung zu verhindern, wird zusätzlich zu der Narkose eine Schmerztherapie in Form von Lokalanästhetika angewendet.

Sobald die Informationen über einen Schmerzreiz in das limbische System gelangen, findet eine emotionale Bewertung statt. Man spricht nicht mehr von Nozizeption, sondern von der komplexen Wahrnehmung und Empfindung des Schmerzes auf kognitiver und emotionaler Ebene. Es findet eine Bewertung des Schmerzes durch Abgleich mit früheren Schmerzempfindungen statt. Die Empfindung von Schmerzen ist subjektiv und kann sehr unterschiedlich sein. Dies hängt unter anderem mit prägenden, schmerzhaften Ereignissen in der Kindheit, dem sozialen Umfeld, der Vorbildfunktion der Eltern und dem Charakter der jeweiligen Person zusammen. So leiden zum Beispiel ängstliche Personen viel schneller und unter größeren Schmerzen als weniger ängstliche.<sup>78</sup> Ploghaus et al. zeigten in einer Studie (2001)<sup>79</sup>, dass Schmerz- und Angstverarbeitung im ZNS in engen Zusammenhang zueinander stehen. Patienten mit Angst vor dem

zahnärztlichen Besuch haben sowohl mehr Angst vor Schmerzen, als auch tatsächlich eine stärkere Schmerzempfindung als weniger ängstliche Patienten.

## II. 5. Sedierung

Unter Sedierung versteht man den Einsatz von Medikamenten zur Dämpfung des zentralen Nervensystems während einer ärztlichen oder zahnärztlichen Behandlung. Es kommt bei den Patienten zu einer verminderten Wahrnehmung und zur motorischen Verlangsamung. Ziel der zahnärztlichen Sedierung ist die Verbesserung der Compliance bei unkooperativen Patienten, die durch ihr Alter, eine Behinderung oder aufgrund von Zahnarztangst bzw. -phobie nicht zur Kooperation in der Lage sind. Durch die Sedierung werden die Patienten beruhigt, das Angstgefühl wird gelindert und die Belastung durch Stress reduziert. So können auch Behandlungen durchgeführt werden, die trotz Lokalanästhesie unangenehm oder schmerzhaft sein können. Weiterhin wird der Würgereizes herabgesetzt, sodass z. B. Abformungen möglich werden. Die American Academy of Pediatrics hat im Jahr 2006 folgende 5 Ziele für die Behandlung von Kindern formuliert, die durch Sedierung erreicht werden sollen: Die Sicherheit und das Wohlergehen des Patienten schützen, Schmerz und Unbehagen minimieren, Angst kontrollieren und psychologische Traumata verhindern und die Amnesie während der Behandlung fördern, das Verhalten des Patienten kontrollieren und den sicheren Abschluss der Behandlung gewährleisten, den Patienten in einen Zustand zurückversetzen, in dem das Entlassen aus der medizinischen Aufsicht sicher ist.<sup>80</sup>

Man unterscheidet zwischen der leichten oder minimalen, auch „conscious sedation“ genannten, der moderaten und der tiefen Sedierung, wobei die Übergänge ineinander und schließlich zur Vollnarkose fließend sind. Während der leichten Sedierung ist der Patient wach und ansprechbar, das Angstgefühl ist gemildert und die Wahrnehmung ist leicht gedämpft. Die minimale Sedierung erlaubt dem Zahnarzt auch unkooperative Patienten angemessen zu behandeln.<sup>81</sup>

Von moderater Sedierung spricht man, wenn der Patient schläfrig aber ansprechbar ist, die Wahrnehmung ist getrübt und Reaktionen sind verlangsamt. Der CED definiert in seiner Entschließung vom Mai 2012 die moderate Sedierung als „Verfahren, bei dem durch den Einsatz von Arzneimitteln das zentrale Nervensystem gedämpft wird, sodass eine Behandlung durchgeführt werden kann, der verbale Kontakt mit dem Patienten jedoch während der gesamten Sedierungsdauer erhalten bleibt. Der Sicherheitsspielraum der Arzneimittel und



Verfahren, die bei der moderaten Sedierung für Zahnbehandlungen zum Einsatz kommen, sollte so groß sein, dass ein Bewusstseinsverlust unwahrscheinlich ist.“<sup>28</sup> Bei tiefer Sedierung ist der Patient regungslos, die Atmung kann hier beeinträchtigt sein. Dementsprechend muss eine künstliche Beatmung möglich sein. Unter Vollnarkose schläft der Patient und ist regungslos, Schmerzwahrnehmung und Bewusstsein sind vollständig ausgeschaltet. Eine künstliche Beatmung ist notwendig.<sup>82</sup>

Die leichte und moderate Sedierung wird in der Zahnarztpraxis durch die Anwendung von Lachgas oder Benzodiazepinen hergestellt. Die moderate Sedierung kann mit der Verabreichung von oralen Sedativa allein oder in Kombination mit Lachgas durchgeführt werden. Weiterhin kann eine präzisere moderate Sedierung durch die Gabe von intravenösen Sedativa erreicht werden. Voraussetzung für alle Verfahren ist eine entsprechende Ausbildung des Behandlers und des medizinischen Personals, eine funktionssichere technische Ausstattung, eine präzise Anamneseerhebung und Indikationsstellung und eine dementsprechend angemessene Auswahl der Patienten.<sup>83</sup> Die tiefe Sedierung und die Vollnarkose müssen durch einen Anästhesisten durchgeführt werden. Besondere Aufmerksamkeit muss auf die Indikationsstellung und eine sorgfältige Beurteilung der anamnestischen Faktoren gelegt werden, um Komplikationen zu vermeiden. Die Sedativa bewirken im Allgemeinen eine Distanzierung von Ängsten (nicht zu verwechseln mit der Anxiolyse, also der Angstlösung) und je nach Dosierung eine abgeschwächte oder ausgeschaltete Wahrnehmung. Allerdings sorgen diese Beruhigungsmittel nicht für eine Ausschaltung des Schmerzempfindens, sodass der Einsatz von Lokalanästhetika weiterhin notwendig ist. Wird durch einen Anästhesisten zusätzlich intravenös ein Analgetikum verabreicht, spricht man von Analgosedierung. Dies ist eine Sonderform der Vollnarkose, wobei sie wesentlich kürzer und weniger stark wirksam ist. Die Analgosedierung findet mittels Analgetika, wie Fentanyl oder Ketamin, und Lokalanästhetika statt. Schutzreflexe und Eigenatmung des Patienten bleiben erhalten. Die Behandlungszeit darf 30 Minuten nicht überschreiten und kommt nur zum Einsatz, wenn bei unkooperativen Patienten eine einfache Sedierung nicht ausreicht, um eine erfolgreiche Behandlung zu ermöglichen.<sup>84</sup>

## **II. 6. Sedierungsverfahren in der Zahnarztpraxis**

Am weitesten verbreitet in der deutschen Zahnarztpraxis ist die orale Gabe des Sedativums. Dies liegt daran, dass das Medikament einfach, ohne technische Ausrüstung und ohne Schmerzen verabreicht werden kann. Ein intravenöser Zugang muss nicht gelegt werden. In der Regel wird - je nach Pharmakon – das Medikament in Form von Tabletten (bei Kindern auch oft flüssig als Saft) 30 Minuten bis 1 Stunde vor Behandlungsbeginn eingenommen. Einige Medikamente können auch intranasal oder oral in Form von Lutschtabletten oder Sprays verabreicht werden. Außer einer Notfallausrüstung und gegebenenfalls einem Pulsoxymeter zur Patientenüberwachung ist kein weiteres Equipment erforderlich.<sup>85</sup> Nachteilig bei der oralen Verabreichung von Sedativa ist allerdings, dass die Medikamente nicht individuell für den Patienten titrierbar sind und während des Eingriffs die Sedierungstiefe nicht angepasst werden kann. Das Risiko einer Unter- oder Überdosierung besteht immer. Der Zahnarzt muss äußerst genaues Fachwissen über die eingesetzten Medikamente besitzen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Wirkdauer der Sedativa meist die Behandlungsdauer überschreitet. Der Patient muss bis zum vollständigen Abklingen der sedativen Wirkung überwacht werden. Danach sind die Patienten 24 Stunden nicht verkehrstüchtig<sup>86</sup> und müssen in Begleitung einer weiteren Person sein.

Bei der intravenösen Sedierung muss zunächst ein intravenöser Zugang korrekt gelegt werden. Dies stellt den Behandler bei Kindern, behinderten oder ängstlichen Patienten oft vor erhebliche Probleme. Es ist jedoch von großem Vorteil, dass bei diesem Verfahren eine Titration der Medikamente möglich ist. So kann die Sedierungstiefe während der Behandlung individuell an den bestehenden Bedarf angepasst und eine Überdosierung vermieden werden. Außerdem sind für einige Wirkstoffgruppen die jeweiligen Antagonisten verfügbar, sodass auf eine unbeabsichtigte Übersedierung augenblicklich reagiert werden kann (z. B. Benzodiazepinrezeptor- Antagonisten wie Flumazil oder Opiatantagonisten).<sup>87</sup> Allerdings ist die Wirkung von intravenös verabreichten Medikamenten signifikant von Leber- und Nierenfunktion abhängig, wodurch die Vorhersagbarkeit der Konzentration im Blut, die aus der Infusionsrate resultiert, unpräzise wird.<sup>88</sup> Der Behandler muss auch bei dieser Sedierungstechnik ein fundiertes und lückenloses

Fachwissen über die verwendeten Medikamente und deren Verabreichung aufweisen und auf potenzielle Komplikationen adäquat reagieren können. Das erforderliche technische Equipment, eine Notfallausrüstung sowie Überwachungsgeräte für das Monitoring müssen vorhanden sein. Somit ist mit der intravenösen Sedierung ein erheblich größerer technischer, zeitlicher, personeller und finanzieller Aufwand verbunden als mit der oralen Sedierung.

Ein weiteres mögliches Sedierungsverfahren für die Zahnarztpraxis ist die Anwendung von Lachgas ( $N_2O$ ). Hierbei atmet der Patient über eine Nasenmaske ein Distickstoffmonoxid- Sauerstoff- Gemisch ein, wobei bei heute zugelassenen Geräten technisch bedingt nicht mehr als 70%  $N_2O$  und nicht weniger als 30%  $O_2$  verabreicht werden können. Überdosierungen sind damit so gut wie ausgeschlossen. Allerdings kann die Verabreichung von 70% Lachgas zu einer tiefen Sedierung führen und befindet sich damit außerhalb der Kompetenzen eines Zahnarztes und bedarf der Anwesenheit eines Anästhesisten. Die anästhesiologische Fachgesellschaft empfiehlt deshalb die Limitierung der Lachgaszufuhr auf 50%, um die Sicherheit der Patienten nicht zu gefährden.<sup>89</sup>

Zur Lagerung der Gasflaschen müssen diese gegen Umfallen gesichert werden. Die Gasflaschen beider Gase müssen mit einer Farbkennzeichnung markiert sein. Sauerstoff ist weiß und Lachgas blau gekennzeichnet.  $O_2$  wird in Flaschen mit 200 bar abgefüllt,  $N_2O$  mit 50 bar, wobei Sauerstoff gasförmig und Lachgas als Flüssiggas ausgeliefert wird. Um das Distickstoffmonoxid- Sauerstoff- Gemisch in der Konzentration einstellen zu können, sollte ein titrierbares, also individualisierbares System benutzt werden. Die Anschlüsse für  $N_2O$  und Sauerstoff müssen entsprechend der in Deutschland geltenden Norm durch die Form- (NIST-Verbindungen nach EN 15908) und Farbkennzeichnung (Lachgas blau, Sauerstoff weiß) verwechslungssicher sein.<sup>90</sup> Es stehen verschiedene Maskensysteme zur Verfügung, z. B. Doppelmasken- oder Singlemaskensysteme.<sup>91</sup> Bei den Doppelmaskensystemen kommt es aufgrund der doppelten Wand und dementsprechend besseren Abdichtung zur Raumluft hin zu einem wesentlich geringeren Austritt des Atemgemisches aus der Maske heraus.<sup>92</sup> Nach jeder Behandlung müssen alle Schläuche und Nasenmasken mit einem zertifizierten Desinfektionsmittel gereinigt werden. Nach der Thermodesinfektion werden die Materialien eingeschweißt und sterilisiert. Hier muss eine akribische Dokumentation

stattfinden. Jedem Patienten steht ein steriles Nasenmasken- und Schlauchsystem zur Verfügung. Vor jeder Anwendung werden der Füllzustand der Gasflaschen, der Flaschendruck sowie die Absaugung kontrolliert. Die Ventile werden überprüft und die Anschlüsse auf Leckagen untersucht. Einmal pro Monat müssen die Sicherheitsmechanismen der Geräte kontrolliert werden, ebenso das Mischungsverhältnis, das Verhalten der Flowanzeige und der O<sub>2</sub>- Flush. Die Schlauchsysteme werden auf Undichtigkeit geprüft. Ein zertifizierter Betrieb muss jährlich eine Wartung aller Geräte durchführen. Jegliche Kontrollen sind sorgfältig zu dokumentieren.

Die Lachgas- Sedierung stellt wie die intravenöse Sedierung ein titrierbares System dar, was wiederum die erwünschte Individualisierbarkeit mit sich bringt. Die sehr kurze An- und Abflutungszeit von Lachgas von 1 bis 3 Minuten bietet einen erheblichen Vorteil gegenüber anderen Medikamenten und bedingt gemeinsam mit der Titrierbarkeit eine sehr gute Dosierbarkeit.<sup>93</sup> Die Patienten sind wach und ansprechbar, sodass die Sedierungstiefe in Absprache mit der sedierten Person jederzeit angepasst werden kann, was sich äußerst positiv auf das Empfinden der Patienten während der Behandlung auswirkt. Der Patient muss nicht nüchtern sein. Die Patienten müssen bei diesem Verfahren allerdings zur konsequenten Nasenatmung in der Lage sein. Ist die Nasenatmung lediglich durch eine verstopfte Nase eingeschränkt, können Nasentropfen verabreicht werden. Vor Beginn der Behandlung wird zunächst der O<sub>2</sub>- Flow, das heißt das Atemvolumen pro Minute, berechnet. Dieser ist abhängig vom Körpergewicht, bzw. der Größe des Patienten. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel <sup>29</sup> :

$$O_2 - Flow (L pro Minute) = \frac{Größe des Patienten (cm) - 100}{10}$$

oder

$$O_2 - Flow (L pro Minute) = \frac{Gewicht des Patienten (kg)}{10}$$

Nach Einstellen des O<sub>2</sub>- Flows wird die Nasenmaske aufgesetzt und deren Dichtigkeit überprüft. Der Patient atmet 100%igen Sauerstoff. Zu Beginn der

Sedierung wird für ca. 60 bis 90 Sekunden 20% Lachgas verabreicht. Danach kommt es zu einer stufenweisen Erhöhung in 10%- Schritten. Ab einer Lachgaskonzentration von 40% wird nur noch um jeweils 5% gesteigert. Währenddessen werden die Herzfrequenz und die Sauerstoffsättigung mittels Pulsoxymeter kontrolliert und der Patient beobachtet. In Absprache mit dem Patienten wird das gewünschte Sedierungsstadium festgelegt. Dies ist einer der Vorteile der Lachgassedierung gegenüber anderen Methoden. Der Patient kann die Sedierungstiefe mitbestimmen und es kann augenblicklich eine Anpassung an die Bedürfnisse der Person stattfinden. Übersedierungen, bei denen es zu Übelkeit und Schwindel kommen kann, sind somit so gut wie ausgeschlossen.

Abbildung 3 zeigt ein Lachgasgerät, wie es heutzutage in der Zahnarztpraxis verwendet wird.<sup>94</sup>



*Abb. 3: Modernes Lachgasgerät*

Nach Erreichen des passenden Sedierungslevels kann mit der Behandlung begonnen werden. In der Regel werden zwischen 30 und 40% Lachgas verabreicht. Auch während des Behandeln ist jederzeit eine Änderung der Lachgas-

Konzentration möglich, sodass der Patient zu jedem Zeitpunkt angeben kann, ob mehr oder weniger Lachgas benötigt wird.

Lachgas steht für den medizinischen Gebrauch auch als gebrauchsfertige Gasmischung von 50% Sauerstoff und 50% Lachgas zur Verfügung. Die Verabreichung eines hypoxischen Gasgemisches ist damit unmöglich. Dem gegenüber geht jedoch die Möglichkeit der Titration und damit der entscheidende Vorteil, die Sedierungstiefe individuell anpassen zu können, verloren. Außerdem ist die Gabe von 100% O<sub>2</sub> nicht möglich, sodass zusätzliche Sauerstoffflaschen inklusive Applikationssystem vorrätig und griffbereit sein müssen.

Kinder werden in der Regel ab einem Alter von 4 bis 5 Jahren unter Lachgas behandelt. Bei jüngeren Patienten ist die Kooperationsfähigkeit oft noch nicht vorhanden. Als Vorbereitung auf die Behandlung mit Lachgas kann eine Einmalmaske mit nach Hause gegeben werden. Die Kinder können sich somit in vertrauter Umgebung bereits an die Maske gewöhnen. Bei Kindern ist die Maximaldosis von 50% Lachgas festgesetzt. Initial werden 10% Lachgas verabreicht. Die Erhöhung der Dosis findet in 5% Schritten statt.

Nach Ende der Behandlung wird dem Patienten 5 bis 10 Minuten lang 100% Sauerstoff verabreicht, um eine vollständige Elimination des Lachgases zu gewährleisten. Nach vollständigem Abschluss der Behandlung muss der Patient mindestens 30 Minuten lang beobachtet werden. Der Patient muss wach und orientiert sein. Falls keine Auffälligkeiten vorliegen, darf der Patient die Praxis alleine verlassen und am Straßenverkehr teilnehmen.<sup>95</sup> Hier liegt ein weiterer immenser Vorteil in der Anwendung von Lachgas gegenüber der Benzodiazepingruppe. Die Wirkung des Gases hält nur kurz nach Abbruch der Zufuhr an und die kognitiven Fähigkeiten des Patienten kehren rasch zurück.<sup>96</sup> Nach Verabreichung von Midazolam hingegen ist der Patient für mehrere Stunden nicht verkehrstüchtig und muss beobachtet werden.

Kinder müssen in Begleitung der Eltern oder einer Aufsichtsperson sein und dürfen die Praxis nicht allein verlassen.

Die inhalative Sedierung mit Lachgas stellt alles in allem eine sichere, komplikationsarme und kostengünstige (Kosten für den Anwender ca. 12€ pro Stunde<sup>29</sup>) Technik dar, um eine stressfreie und erfolgreiche Behandlung für Patient und Zahnarzt zu ermöglichen. Viele Patienten scheuen heutzutage nicht nur die

Risiken sondern auch die hohe finanzielle Belastung durch Vollnarkose. In dieser Hinsicht bietet die Lachgassedierung eine deutlich günstigere Alternative.

Bei jeglicher Art der Sedierung spielen auch juristische Aspekte eine Rolle. Für eine sorgfältige Indikationsstellung und Patientenauswahl muss eine ausführliche Anamnese erhoben werden, um etwaige Kontraindikationen zu erfassen. Weiterhin muss eine umfassende Aufklärung stattfinden. Eine detaillierte Dokumentation muss geführt werden und jederzeit im Zugriff sein. Ein standardisiertes, einheitliches und einfach nachzuvollziehendes Dokumentationsverfahren sollte ausgearbeitet und routinemäßig angewandt werden.

## II. 7. Pharmaka

Zu den gängigsten Wirkstoffgruppen gehören die Benzodiazepine wie Midazolam und Diazepam und Narkotika wie Propofol und Lachgas, welches in einem Atemgemisch aus Distickstoffmonoxid und Sauerstoff verabreicht wird. Weiterhin finden auch Barbiturate wie Amobarbital und Phenobarbital, Opioide wie Morphin und Fentanyl, Antidepressiva, Neuroleptika und Antihistaminika Anwendung. Ein besonderes Augenmerk soll hier auf die Gruppe der Benzodiazepine, von denen Midazolam das am weitesten verbreitete ist<sup>97</sup>, und das Lachgas gelegt werden, da diese durch den Zahnarzt allein eingesetzt werden können.

### II. 7. 1. Benzodiazepine

Das erste Benzodiazepin, Chlordiazepoxid (Librium®), wurde in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts von dem amerikanischen Chemiker und Pharmazeut Leo Sternbach synthetisiert und kam im Jahr 1960 auf den Markt, dicht gefolgt von Diazepam (Valium®) im Jahr 1963. In den folgenden Jahren wurden zahlreiche Medikamente dieser Stoffklasse entwickelt. Im Jahr 1979 wurde Midazolam (Dormicum®) eingeführt.<sup>98</sup>

Benzodiazepine werden durch zwei miteinander verknüpfte Ringstrukturen gebildet. Es ist jeweils ein Diazepinring mit einem Benzolring verbunden. Abbildung 4<sup>99</sup> zeigt die Strukturformel von Benzodiazepinen:

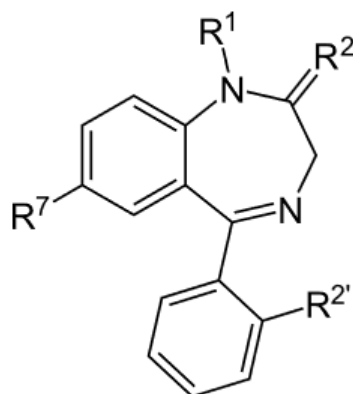


Abb. 4: Strukturformel von Benzodiazepinen



Die Wirkstoffe der Gruppe der Benzodiazepine werden im zentralen und auch im peripheren Nervensystem wirksam, indem sie allosterisch an den ionotropen GABA- A- Rezeptor binden. Dieser Rezeptor ist ein Chlorid- Kanal, bei dessen Öffnung es zu einem Einstrom von Chlorid ( $\text{Cl}^-$ ) -Ionen und damit zu einer Hyperpolarisation der Zellmembran kommt. Somit wird die Erregbarkeit der neuronalen Zelle herabgesetzt. Die Bindung von Benzodiazepinen bewirkt eine Rezeptormodulation, wodurch dessen Affinität zu dem inhibitorischen Transmitter GABA (Gamma- Amino- Buttersäure) erhöht wird. Nun kann GABA besser an den Rezeptor andocken, womit seine Wirkung verstärkt wird und vermehrt  $\text{Cl}^-$  - Ionen in die Zelle diffundieren.<sup>100</sup> Es handelt sich um einen typischen hemmenden Transmitter. Benzodiazepine wirken nur in Kombination mit dem Botenstoff und sind selbst nicht inhibitorisch wirksam. Durch sie allein kann der Rezeptor nicht für den Ioneneinstrom geöffnet werden, sondern sie erhöhen lediglich die Wirksamkeit des Transmitters. Auch nachgeschaltete exzitatorische Transmitter, wie zum Beispiel Acetylcholin und Noradrenalin, werden in ihrer Wirksamkeit beeinträchtigt. Es kommt also durch eine Dämpfung, bzw. Inhibition des ZNS zu einer Angstlösung, Muskelrelaxation und Sedierung. Weitere Effekte sind die anterograde Amnesie und eine Verstärkung der Wirkung von Pharmaka, die dämpfend auf das ZNS wirken. Sie haben insgesamt eine sedative, muskelrelaxierende, antikonvulsive, anxiolytische, hypnotische und teils amnestische Wirkung. Neben der Sedierung werden sie unter anderem bei Schlafstörungen, Epilepsie, Muskelspasmen, Angststörungen, Schizophrenie, Alkoholentzugssyndrom und Phobien eingesetzt.

Abbildung 5 veranschaulicht den Wirkungsmechanismus der Benzodiazepine.

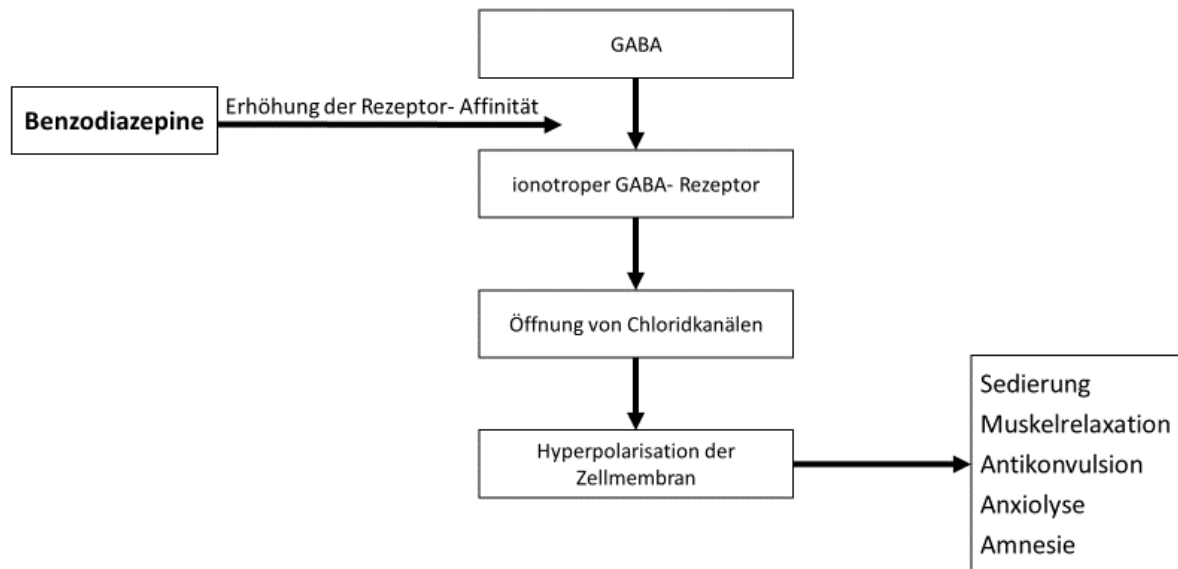


Abb. 5: Wirkungsmechanismus von Benzodiazepinen

Unerwünschte Nebenwirkungen und Kontraindikationen:

Nebenwirkungen dieser Wirkstoffe können Atemdepression, Blutdruckabfall und die Beeinträchtigung der Reaktionszeit sein. Außerdem haben Benzodiazepine bei häufiger, bzw. regelmäßiger Anwendung ein hohes Suchtpotenzial. Eine seltene aber ernstzunehmende Nebenwirkung ist das Auftreten von paradoxen Reaktionen, wie Agitiertheit, Aggressivität, Wahnvorstellungen und Alpträumen. Die Ursachen für paradoxe Reaktionen auf Benzodiazepine sind bisher unklar, scheinen aber mit psychischen Störungen, Alkoholabusus in der Vorgeschichte und genetischer Prädisposition im Zusammenhang zu stehen.<sup>101</sup> Bei Kindern tritt diese Nebenwirkung bei ca. 1,4% der Patienten auf.<sup>102</sup>

Tabelle 1 verschafft einen Überblick über die unerwünschten Nebenwirkungen von Benzodiazepinen.

<b>Unerwünschte Nebenwirkungen von Benzodiazepinen</b>	
<input type="radio"/>	<b>Atemdepression</b>
<input type="radio"/>	<b>Abhängigkeit</b>
<input type="radio"/>	<b>Beeinträchtigung der Reaktionszeit</b>
<input type="radio"/>	<b>Demenz bei älteren Patienten</b>
<input type="radio"/>	<b>Paradoxe Reaktionen wie Ruhelosigkeit, Aggression</b>
<input type="radio"/>	<b>Schwindel</b>
<input type="radio"/>	<b>Kopfschmerzen</b>
<input type="radio"/>	<b>Müdigkeit</b>
<input type="radio"/>	<b>Gedächtnisstörungen</b>
<input type="radio"/>	<b>Sehstörungen</b>
<input type="radio"/>	<b>Übelkeit, Erbrechen, Verdauungsstörungen</b>
<input type="radio"/>	<b>Muskelschwäche</b>
<input type="radio"/>	<b>Toleranzentwicklung</b>
<input type="radio"/>	<b>Hautreaktionen</b>
<input type="radio"/>	<b>Blutdruckabfall</b>
<input type="radio"/>	<b>Thrombophlebitis</b>

*Tabelle 1: Unerwünschte Nebenwirkungen von Benzodiazepinen*

Sie sind während der Schwangerschaft, bei Überempfindlichkeit gegen diese Wirkstoffgruppe, bei Neugeborenen bis zum vierten Lebensmonat, bei myasthenia gravis, Drogen-/Medikamenten-Abusus und bei Engwinkelglaukom kontraindiziert.<sup>103 104 105</sup>

Tabelle 2 fasst die relativen und absoluten Kontraindikationen von Benzodiazepinen zusammen.

Relative Kontraindikationen	Absolute Kontraindikationen
○ <b>Mehrfachabhängigkeitsanamnese</b>	○ Überempfindlichkeit
○ <b>Schwere Leberschäden</b>	○ Myasthenia gravis
○ <b>Akute Intoxikation mit zentral wirkenden Substanzen oder Alkohol</b>	○ Neugeborene bis 4 Monate
	○ Schwangerschaft
	○ Stillzeit
	○ Drogenabhängigkeit
	○ Engwinkelglaukom
	○ Ataxie
	○ Ateminsuffizienz
	○ Obstruktive Ventilationsstörungen
	○ Schlafapnoesyndrom

*Tabelle 2: Relative und absolute Kontraindikationen von Benzodiazepinen*

Das in der Zahnheilkunde am häufigsten verwendete Präparat dieser Stoffgruppe ist Midazolam. Seine kurze Wirkdauer von ca. zwei bis vier Stunden ist für den zahnärztlichen Gebrauch mehr als ausreichend. Es kann oral, intranasal, intramuskulär, als transmukosaler Sirup, intravenös oder bukkal mittels eines Aerosolsprays verabreicht werden, wobei es aufgrund der Einfachheit meist als Tablette gegeben wird. Allerdings kann nur durch die intravenöse Verabreichung eine tiefe Sedierung erreicht werden.<sup>106</sup> Es gilt im Vergleich zu Diazepam, Ketaminen und Clonidin als das sicherste Medikament zur Herstellung einer Sedierung.<sup>107</sup> Es liefert die besten Ergebnisse in Bezug auf Schnelligkeit des Wirkungseintritts, Angstlösung und Sedierungstiefe. Es darf aber nicht unterschätzt werden, dass gerade bei der Behandlung von Kindern Nebenwirkungen wie paradoxe Verhaltensweisen und Hypoventilation auftreten können.<sup>108</sup>

## II. 7. 2. Lachgas

Lachgas - oder Distickstoffmonoxid - ist ein nicht reizendes, inertes, farb- und geruchsloses Gas aus der Gruppe der Stickoxide. Abbildung 6 zeigt die Strukturformel von Lachgas.

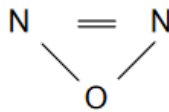
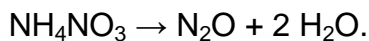


Abb. 6: Strukturformel von Lachgas

Es hat einen leicht süßlichen Geschmack und wird durch die thermische Zersetzung von chloridfreiem Ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) hergestellt:



Distickstoffmonoxid liegt bei Raumtemperatur vollständig in der Gasphase vor. Lachgas ist mit einer Dichte von  $1,97\text{kg/m}^3$  schwerer als Luft, ein träge reagierendes Gas und deshalb nicht explosiv oder brennbar, allerdings aber brandfördernd, da ab  $450^\circ\text{C}$  Sauerstoff freigesetzt wird.

Während des Herstellungsprozesses wird das Ammoniumnitrat auf  $245\text{-}270^\circ\text{C}$  erhitzt. Hierbei entstehen Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid als Verunreinigungen. Lachgas wird für den medizinischen Bedarf entsprechend des Europäischen Arzneimittelbuches hochgereinigt und enthält in der Gasphase mindestens 98%  $\text{N}_2\text{O}$  (Stickoxidul).<sup>109</sup>

Das Gas wird in Gasflaschen aufbewahrt und liegt zu 75% in flüssiger Form vor. Die restlichen 25% sind gasförmig und stehen mit der flüssigen Phase im Gleichgewicht. Beim Austritt des Gases wird Wärme zum Verdampfen benötigt, die der Umgebung entzogen wird. Dadurch kühlen die Stahlflaschen ab.

Distickstoffmonoxid hat eine geringe narkotische und hypnotische Potenz, jedoch eine gute analgetische Wirkung (ca. 20% Lachgas entsprechen 15mg Morphin

subkutan <sup>110 111</sup>, ohne den Effekt der Atemdepression). Durch Lachgas freigesetzte endogene Opiode stimulieren die deszendierende Schmerzhemmung, wodurch es über Noradrenalin und  $\alpha$ - Rezeptoren zu einer verminderten Schmerzweiterleitung in das ZNS kommt. Man geht allerdings heutzutage davon aus, dass dies nicht der einzige antinozizeptive Mechanismus ist, sondern noch weitere Faktoren eine Rolle spielen. N<sub>2</sub>O wird bei zahnärztlichen Eingriffen fast immer in Kombination mit einer Lokalanästhesie verabreicht.<sup>29</sup> Das liegt daran, dass die minimale alveoläre Konzentration (MAC) bei 104 Vol.% liegt. Der MAC- Wert wird als diejenige alveoläre Konzentration eines Inhalationsnarkotikums definiert, bei der 50% der Patienten nicht mehr auf einen Schmerzreiz, z. B. eine Hautinzision, reagieren und wird als prozentualer Anteil der zugeführten Atemluft angegeben. Somit ist die MAC ein Maß für die Wirkungsstärke eines Inhalationsanästhetikums. Da es sich bei Lachgas um einen Wert von über 100 Vol.% handelt, reicht die Potenz zur Schmerzausschaltung nicht aus, um es als Monoanästhetikum zu nutzen. Eine alleinige Narkose mit Lachgas ist ebenfalls nicht möglich, da erst ab einer Konzentration von über 80% eine ausreichend tiefe Narkose erreicht werden kann. Hier befindet man sich allerdings längst im hypoxischen Bereich.

Lachgas bildet keine toxischen Metaboliten, was die geringen Nebenwirkungen bedingt. Bei rund 84% der Patienten wird die Behandlung ohne das Auftreten von Komplikationen abgeschlossen. Euphorie tritt bei 5%, Übelkeit und Erbrechen treten bei 3% auf <sup>29</sup> Viele Inhalationsanästhetika zählen zu den Triggersubstanzen zur Entwicklung einer malignen Hyperthermie. Lachgas allerdings gilt hier als sicheres Medikament.

Lachgas gelangt über ein Gasgemisch mit Sauerstoff durch die Lunge in den Körper und wird im Blut gelöst. Dadurch erreicht es über die Blut- Hirn- Schranke das zentrale Nervensystem, wo es hauptsächlich seinen Effekt entfaltet. Parallel zur wachsenden Erforschung des Phänomens „Schmerz“ in den letzten 50 Jahren wurde der Fokus ebenfalls auf die Wirkprinzipien des Lachgases gesetzt. Trotzdem ist der genaue Mechanismus noch nicht bekannt. Man nimmt allerdings an, dass die Wirkung über Anlagerung und Interaktion an Membranproteinen, Hemmung der NMDA- und AMPA- Rezeptoren für Glutamat und über die Stimulierung von GABA- A- und Opioid- Rezeptoren eintritt.<sup>112</sup> In einem Tierversuch wurde in den 1970ern festgestellt, dass die analgetische Potenz von Lachgas abhängig von der Dosierung

ist und im Gegensatz zu anderen Analgetika, wie z. B. Acetylsalicylsäure, mit Naloxon einen Antagonisten besitzt. Weiterhin fiel eine gesteigerte Toleranz gegenüber der Lachgaswirkung auf, nachdem im Voraus einige Tage mit Morphin behandelt worden war.<sup>113</sup> Dies deutet auf ähnliche Wirkprinzipien der Substanzen hin.

Der Bedarf an weiterführender Forschung und aussagekräftigen Studien ist hoch und von großer Bedeutung, um Lachgas als Medikament letztendlich gänzlich verstehen und sicher anwenden zu können.

Gelangt das Gas mit der Einatemluft in die Alveolen, findet ein rascher Konzentrationsausgleich zwischen Blut und Gasgemisch statt. Der Blut- Gas- Verteilungskoeffizient von Lachgas liegt bei 0,47, was die schnelle An- und Abflutung erklärt. Je niedriger der Verteilungskoeffizient ist, desto schneller steigt der Partialdruck des Gases an, beziehungsweise desto schneller sinkt er.<sup>114</sup>

Der Transport von Lachgas findet im Blut nicht an Hämoglobin gebunden statt, sondern frei und nicht gelöst, da das Gas eine geringe Löslichkeit aufweist. Das heißt, dass N<sub>2</sub>O zügig seine Wirkung entfaltet und ebenso schnell wieder über die Lunge eliminiert wird. Die hohe Diffusionsgeschwindigkeit und die geringe Löslichkeit bedingen eine schnelle Sättigung aller Kompartimente. Durch die rasche Diffusion in das Blut und in das Gewebe steigt die Konzentration dort schneller an als im inspiratorischen Gasgemisch. Dies bezeichnet man als Konzentrationseffekt. Wirkungsein- und Austritt finden demnach sehr zügig – innerhalb weniger Minuten – statt, was zu einer guten Titrierbarkeit führt und sofortige, adäquate Reaktionen auf die Sedierungstiefe während der Behandlung ermöglicht. Der schnelle Uptake von Lachgas bedingt eine weitere Eigenschaft: den „second gas effect“. Dadurch, dass Lachgas rasch ins Blut übertritt, erhöht sich proportional auch die Konzentration anderer Gase in der Alveole. Diese werden nun ebenfalls beschleunigt aufgenommen.<sup>93</sup> Diesen Effekt macht man sich zur schnelleren Aufnahme von Gasen, z. B. Inhalationsanästhetika, zu Nutze. Lachgas dient hier also als Trägergas, durch das die alveoläre Konzentration anderer Gase schneller ansteigt als nach den physikalischen Eigenschaften zu erwarten wäre.

Lachgas ist zu fast 100% inert, und wird bis auf einen geringen Anteil, der durch Bakterien des Darmes zu Stickstoff reduziert wird, pulmonal eliminiert. Es wird nicht metabolisiert und hat kein allergenes Potenzial. Unter ausreichender

Sauerstoffzufuhr bleiben Atmung und Blutdruck unbeeinflusst. Sämtliche Schutz- und Atemreflexe bleiben erhalten. Es gilt als kreislaufneutral und nicht organotoxisch. Es ist reizlos an Haut und Schleimhaut. Es werden im Gegensatz zu manchen volatilen Anästhetika keine Schleimhautirritationen beobachtet.<sup>115</sup>

Eine absolute Indikation zur Verabreichung von Lachgas lässt sich nicht stellen.

Typische Effekte des Lachgases bei einer in der Zahnarztpraxis verwendeten Konzentration von ca. 50% sind ein schläfriger Zustand, Analgesie, Entspannung, Distanzierung von Ängsten und Veränderung der akustischen- und Farbwahrnehmung. Entsprechend dieser Wirkungen ergeben sich die Indikationen zu einer zahnärztlichen Behandlung unter Verwendung von Lachgas: bei ängstlichen, kooperativen Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, bei kurzer Behandlungsdauer und bei kleineren, wenig schmerzhaften Eingriffen mit zusätzlicher Lokalanästhesie.<sup>90</sup> Selten werden auch Träume und Euphorie als Nebenwirkungen beschrieben. Es kann zu Kribbeln an den Extremitäten und Taubheitsgefühl an Lippen und Gaumen kommen. Auch eine veränderte Geräuschempfindlichkeit und Sinneswahrnehmung kann auftreten, sowie der Verlust des Zeitgefühls. Die Patienten müssen vor Beginn der Behandlung unbedingt über diese möglichen Effekte des Lachgases aufgeklärt werden. Weiterhin wird die Oberflächensensitivität vermindert und die Patienten können einen starren Blick bekommen. Über ein Pulsoxymeter sollte der typische Pulsabfall beobachtet werden. Unter dem Einfluss des Gases kann eine anterograde Amnesie auftreten und die Reaktionszeit kann verlangsamt sein. In einer Studie von Cheam et al.<sup>116</sup> aus dem Jahr 1995 wurde festgestellt, dass die Patienten ab einer Konzentration ab 80% ein Gefühl der Angst beschreiben. Derart hohe Konzentrationen werden in der Praxis nicht verwendet, allein schon aus dem Grund, dass technisch bedingt eine Abgabe von Lachgas von höchstens 70% stattfinden kann.



## Unerwünschte Nebenwirkungen und Kontraindikationen:

Wird nach Abschluss der Behandlung die Zufuhr von Lachgas abgestellt, diffundiert das Distickstoffmonoxid schnell entsprechend des großen Konzentrationsgefälles in die Alveolen, wo es das dort vorhandene Gasgemisch verdünnt. Demnach wird auch das Sauerstoffangebot verringert und der arterielle Sauerstoffpartialdruck sinkt. So kann es direkt nach der Unterbrechung der Lachgaszufuhr bedingt durch die alveoläre Anreicherung von Lachgas und die damit verbundene Sauerstoffunterversorgung zu der sogenannten Diffusionshypoxie kommen. Vor allem bei Patienten mit eingeschränkter kardialer oder pulmonaler Reserve ist hier Vorsicht geboten. Um diesem Risiko entgegen zu wirken, atmet der Patient für 5 bis 10 Minuten reinen Sauerstoff ein. In einer Studie von Khinda et al.<sup>117</sup> aus dem Jahr 2016 wurde allerdings gezeigt, dass bei gesunden Patienten mit suffizienter Ventilation und bei Verabreichung von maximal 55% Lachgas die Gefahr einer Diffusionshypoxie nicht gegeben ist. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass nach der Lachgassedierung auch normale Raumluft eingeatmet werden kann, ohne dass der Patient in den hypoxischen Bereich kommt. Trotzdem soll nach Beenden der Sedierung 100% Sauerstoff verabreicht werden, um potenzielle Risiken zu umgehen.

Bei einer Langzeitanwendung von mehr als 24 Stunden -wie es in der Zahnmedizin nicht vorkommt- tritt Lachgas mit Vitamin B12 in Wechselwirkung, indem es zu einer irreversiblen Oxidation von  $\text{CO}^+$  zu  $\text{CO}^{3+}$  und damit zu einer Inhibition von Vitamin B12 kommt. Bei einem Vitamin B12- Mangel wird die Erythrozyten- Bildung im Knochenmark gestört.<sup>118</sup> In Folge dessen kommt es zu einer hyperchromen, makrozytären Anämie. Weitere unerwünschte Nebenwirkungen bei Verabreichung hoher Lachgaskonzentrationen können eine Atemdepression, supraventrikuläre Rhythmusstörungen,  $\alpha$ - Rezeptor- vermittelte periphere Vasokonstriktion und eine Erhöhung des Hirndrucks durch Steigerung des zerebralen Blutflusses sein. Man vermutet, dass dies durch eine Dilatation in den präkapillären Blutgefäßen stattfindet, sodass der hydrostatische Druck steigt. Bei pathologischen Veränderungen der Blut- Hirn- Schranke kommt es dadurch durch Extravasation von Flüssigkeit zu einem Anstieg des intrakraniellen Drucks. Bei Patienten mit erhöhtem Hirndruck und/oder einer Störung der Blut- Hirn- Schranke sollte daher

auf Lachgas verzichtet werden. Bei gesunden Patienten hingegen ist der beschriebene Effekt unbedenklich.<sup>119</sup>

Es kann außerdem nach der Anwendung von Lachgas zu Übelkeit und Erbrechen kommen. Man nennt dies „post- operative nausea and vomiting“, kurz PONV. Häufig passiert dies in Kombination mit anderen Anästhetika und Schmerzmitteln. Auch ist das Auftreten von PONV von Alter, Geschlecht, Adipositas, Schmerz, Hypotonie und anderen Faktoren abhängig, sodass es schwierig ist, den Grund von PONV zu bestimmen. Diese unerwünschte Nebenwirkung nimmt ab einer Konzentration von 50% Lachgas zu. Eine Dosierung bis 50% ist deshalb empfehlenswert. Bei Überdosierung, zu der es ab mehr als 70% Lachgas kommt, kann es weiterhin zu Schwindel, Unruhe und Müdigkeit kommen. Ein weiteres potenzielles Problem kann dadurch auftreten, dass Lachgas die Symptome eines medizinischen Notfalls verschleiern kann.<sup>120</sup>

Unerwünschte Nebenwirkungen während oder nach der Behandlung mit Distickstoffmonoxid sind selten und können durch eine sorgfältige Indikationsstellung und angemessene Dosierung so gut wie ausgeschlossen werden. Tabelle 3 fasst die unerwünschten Nebenwirkungen von Lachgas zusammen.

<b>Unerwünschte Nebenwirkungen von Lachgas</b>	
<input type="radio"/>	<b>Atemdepression</b>
<input type="radio"/>	<b>Erhöhung des intrakraniellen Drucks</b>
<input type="radio"/>	<b>Supraventrikuläre Rhythmusstörungen</b>
<input type="radio"/>	<b>Periphere Vasokonstriktion</b>
<input type="radio"/>	<b>Übelkeit, Erbrechen (PONV)</b>
<input type="radio"/>	<b>Müdigkeit</b>
<input type="radio"/>	<b>Unruhe</b>
<input type="radio"/>	<b>Schwindel, Kopfschmerzen</b>
<input type="radio"/>	<b>Alpträume</b>
<input type="radio"/>	<b>Diffusion in luftgefüllte Hohlräume</b>

*Tabelle 3: Unerwünschte Nebenwirkungen von Lachgas*

Ferner weist Lachgas eine höhere Löslichkeit als Stickstoff auf. Die Diffusionsgeschwindigkeit des Gases ist etwa 30-mal höher als von Stickstoff. Insbesondere während der Anflutung von Lachgas kommt es zu hohen Partialdruckdifferenzen zwischen einzelnen Kompartimenten, sodass das Gas schnell bis zum Erreichen eines Konzentrationsgleichgewichtes übertritt. Dies wird in Bezug auf abgekapselte, luftgefüllte Hohlräume wie Darmschlingen oder Mastoidzellen wichtig, da das Gas schneller in diese hineindiffundiert als Stickstoff hinausdiffundieren kann. So kann es zu einer Expansion dieser Räume kommen. Mit Beendigung der Lachgaszufuhr tritt rasch ein umgekehrter Effekt ein, womit die Veränderungen des Druckes wieder rückgängig gemacht werden. Aufgrund dieser Effekte ist die Anwendung von Lachgas bei Patienten mit Darmverschluss, vor kurzem stattgefundener (weniger als 3 Monate) Vitrektomie mit intraokularer Gastamponade, Mastoiditis und Pneumothorax kontraindiziert. Weitere Kontraindikationen sind Lungenemphysem, Drogenabhängigkeit, Otitis Media, Störungen des Vitamin B12- Haushaltes, obstruktive Ventilationsstörungen, intrakranielle Druckerhöhung, neuromuskuläre Erkrankungen wie Multiple Sklerose, nasale Obstruktion (Tragen der Nasenmaske nicht möglich), Erkrankungen der Nasennebenhöhlen, bei Kindern unter 1 Jahr und Schwangerschaft im ersten und zweiten Trimenon. Nach sorgfältiger Indikationsstellung darf Lachgas im 3. Trimenon angewendet werden. Ebenfalls darf Lachgas nicht bei Patienten angewendet werden, die eine Bleomycin- Therapie bekommen haben. Hier kann es auch noch bis zu 7 Jahre später zur Pneumonie kommen. Deshalb ist eine vorangegangene oder laufende Bleomycin- Therapie eine strikte Kontraindikation.

121 50 122 29

Tabelle 4 fasst die absoluten und relativen Kontraindikationen zur Anwendung von Lachgas zusammen.

Relative Kontraindikationen	Absolute Kontraindikationen
○ Laparoskopische Eingriffe	○ Pneumothorax
○ Hohes PONV- Risiko	○ Ileus
○ Kardioanästhesie	○ Akuter Hirndruck
○ Komplexe und zeitintensive Eingriffe	○ Pneumatozephalus
○ Neurochirurgie, vor allem bei chronischem Hirndruck	○ Schädigung der Blut- Hirn-Schranke
○ 3. Trimenon der Schwangerschaft	○ Mastoiditis, Otitis media
	○ Ohroperationen
	○ Vitamin B12- Mangel
	○ Pulmonale Hypertonie
	○ Lungenemphysem
	○ Obstruktive Ventilationsstörungen
	○ Drogenabhängigkeit
	○ Psychosen
	○ Neuromuskuläre Erkrankungen
	○ Nasale Obstruktion
	○ Erkrankungen der Nasennebenhöhlen
	○ 1. und 2. Trimenon der Schwangerschaft
	○ Kinder unter 1 Jahr
	○ Nach Bleomycin- Therapie
	○ Intraokuläre Gastamponade nach Vitrektomie
	○ Unkooperative oder bewusstseinsgetrübte Patienten
	○ Schwerwiegende Nebenerkrankungen (ASA $\geq$ 3)

Tabelle 4: Kontraindikationen zur Anwendung von Lachgas

## **II. 8. Lachgas im internationalen Kontext**

Die Ausbildung der zur Anwendung von Sedierung berechtigten Zahnärzte bildet das Fundament für eine sichere und erfolgreiche Anwendung von Lachgas. In zertifizierten und anerkannten Kursen muss die Berechtigung zur Lachgassedierung erworben werden. Sowohl theoretische als auch praktische Kenntnisse müssen vermittelt und anschließend überprüft werden. Um eine einheitliche Ausbildung zu gewährleisten, müssen die Kursinhalte den heutigen Standards entsprechen und ein fester Lehrplan und Kursablauf eingehalten werden.

Leitlinien zur Lachgaszertifizierung sind inzwischen in den meisten Ländern ausgearbeitet worden. Aufgrund der langen Tradition der Lachgassedierung in den USA wurden dort bereits in den 1970er Jahren erste Leitlinien zur Ausbildung durch die ADA veröffentlicht und seit dem stetig überarbeitet und den neuesten Standards angepasst. In den USA steht Lachgas seit jeher im Vordergrund im Bereich der dentalen Sedierung und ist stets Thema von Forschung und Technik. Dementsprechend ist eine große Menge an aktuellen Daten und Studien vorhanden. In Deutschland hingegen sieht die Realität anders aus. Durch zwei Weltkriege und innerpolitische Unruhen bedingt, hinkt die Forschung auch heute noch der US-amerikanischen hinterher. Erst im Jahr 2003 wurden Leitlinien zur Lachgassedierung durch den EAPD in Europa veröffentlicht. Eine einheitliche Ausbildung gab es bis zu diesem Zeitpunkt nicht. Dass die USA als Vorreiter auf diesem Gebiet gelten, wird hier besonders deutlich. Deutschland richtet sich bis heute nach den stark an die US-amerikanisch angelehnten Leitlinien Europas.

In der folgenden Analyse und dem Vergleich der Leitlinien zum Erwerb der Lachgaszertifizierung in Deutschland/Europa und den USA sollen Voraussetzungen, Unterschiede und Gemeinsamkeiten herausgearbeitet werden.

Grundlage der Gegenüberstellung sind für die USA die „Guidelines for the Use of Sedation and General Anesthesia by Dentists“<sup>123</sup> und die „Guidelines for Teaching Pain Control and Sedation to Dentists and Dental Students“<sup>124</sup> von der American Dental Association (ADA) aus dem Jahr 2007. Für Deutschland und Europa wurden die „Guidelines on Sedation in Paediatric Dentistry“<sup>51</sup> vom European Archives of Paediatric Dentistry (EAPD) aus dem Jahr 2003 und die EntschlieÙung des Council

of European Dentists (CED) „The Use of Nitrous Oxide Inhalation Sedation in Dentistry“<sup>28</sup> vom Mai 2012 analysiert.

## **II. 8. 1. Lachgas in Deutschland/Europa**

### **II. 8. 1. 1. Ausbildung**

Die Ausbildung zur Anwendung von Lachgas erfolgt durch einen 10 - 14 stündigen Kurs. Sie muss durch einen Anästhesisten mit mindestens dreijähriger praktischer Erfahrung erfolgen und in optimaler Umgebung stattfinden, d. h. in Räumlichkeiten, in denen die entsprechende Ausstattung und eine Notfallausrüstung vorhanden sind. Zumeist sind dies Krankenhäuser oder Universitäten. Es muss ein Lachgasgerät pro 8 Kursteilnehmer zur Verfügung gestellt werden. Ausgebildetes Fachpersonal und Teilnehmer sollten bei den ersten praktischen Schritten in einem Verhältnis von 1: 1 stehen, das heißt, dass der Ausbilder nur einen Kursteilnehmer betreut. Weiterführend sollten nicht mehr als 10 Kursteilnehmer auf einen Ausbilder fallen. Zum theoretischen Inhalt des Kurses zählen laut CED: „Strategien zur Angst- und Verhaltenssteuerung, technische Aspekte verschiedener Sedierungsgeräte, chemische, physiologische und biologische Aspekte von Lachgas, Notfälle und lebensrettende Sofortmaßnahmen“.<sup>28</sup> Es müssen „detaillierte Kenntnisse zu den rechtlichen, medizinischen, technischen und arbeitsschutzrechtlichen Grundlagen“<sup>121</sup> angeeignet werden. Eine Literaturliste sowie ein Skript werden ausgehändigt. Des Weiteren umfasst der Kurs eine klinisch- praktische Komponente mit direkter Vermittlung an einem Lachgasgerät und die Einbeziehung von „Rollenspielen“ und gegenseitigen Übungen. Die Teilnehmer müssen eine schriftliche Prüfung über die erforderlichen theoretischen Grundkenntnisse absolvieren, bevor sie zu der klinisch- praktischen Prüfung zugelassen werden. Hierbei muss sowohl eine Lachgassedierung durchgeführt werden, als auch eine Prüfung in Basic Life Support an Übungspuppen stattfinden. Ergänzend müssen die Kursteilnehmer die Assistenz, Hospitation und Durchführung von jeweils fünf Lachgassedierungen unter Aufsicht und fünf behandelte Fälle inklusive Auswertung und Beurteilung nachweisen. Die erworbenen Fähigkeiten in Theorie, Praxis und Klinik müssen die Teilnehmer durch regelmäßige Anwendung beibehalten.

Weiterhin müssen Notfallmaßnahmen durch regelmäßiges, dokumentiertes praktisches Training nachgewiesen werden. Ein schriftliches Konzept zum Management von Notfällen muss in der Praxis vorhanden sein.

### **II. 8. 1. 2. Personelle Voraussetzungen für die Lachgasanwendung**

Die Lachgassedierung kann attributiv während der zahnärztlichen Behandlung von approbierten Zahnärzten durchgeführt werden, die eine erfolgreiche Teilnahme an der oben genannten Ausbildung vorweisen können. Der für die Sedierung verantwortliche Zahnarzt muss theoretisches und praktisches Fachwissen über die folgenden Themenbereiche aufweisen: Die Pharmakologie der verwendeten Medikamente, Kinder- und Erwachsenenreanimation, die technischen und räumlichen Gegebenheiten, sicheres Anwenden des Verabreichungssystems, Betreuung während der Aufwachphase, Einschätzung des Zustandes der Patienten (z. B. Atemfrequenz, Herzfrequenz, Blutdruck, Hautfarbe, etc.), das Erkennen und angemessene Reagieren auf Komplikationen. Die Kompetenz soll durch Fortbildungen aufrechterhalten werden. Weiterhin muss mindestens eine ausgebildete Hilfsperson anwesend sein, die ebenfalls eine Schulung absolviert haben muss, die allerdings kürzer ist. Sie muss die Räumlichkeiten und die Ausrüstung kennen und Notfallmanagement beherrschen. Alle Mitarbeiter müssen ein theoretisches und praktisches Training in Basic Life Support vorweisen, das den gültigen Richtlinien entspricht. Für die Dauer der unter Lachgassedierung durchgeführten Behandlung darf der behandelnde Zahnarzt den Patienten nicht alleine lassen.

### **II. 8. 1. 3. Technische und räumliche Voraussetzungen**

Es müssen getrennte Gasflaschen mit Sauerstoff und Lachgas zur Verfügung stehen. Diese befinden sich für die Behandlung in einer beweglichen Vorrichtung, welche eine Kombination aus Fahrwagen und Schlauchsystemen darstellt. In der Regel beträgt der Anteil des Lachgases zwischen 0% bis 50%. Der Sauerstoffanteil darf in dem Atemgemisch nicht unter 30% liegen. Für diese Limitierung des Mischungsverhältnisses hat ein Failsafe- System zu sorgen. Der Lachgasanteil darf dementsprechend 70% nicht überschreiten. Die Lachgasbeimischung findet prozentual statt. Weiterhin ist ein integriertes Druckreduziersystem obligat. Am N<sub>2</sub>O-Gerät müssen sich ein Flowmeter und ein Manometer mit Druckminderer und Druckanzeige für Lachgas und Sauerstoff befinden. Ein Anschluss für eine Sauerstoffmaske muss am Gerät vorhanden sein. Bei einem niedrigen Atemvolumen wird eine ausreichend hohe Sauerstoffmenge gewährleistet. Bei Notwendigkeit wird die Lachgasmenge automatisch reduziert. Kommt es also zu einer verringerten Abgabe von Sauerstoff oder fällt diese vollständig aus, stoppt die Lachgaszufuhr. Über einen O<sub>2</sub>- Flush kann jederzeit 100%iger Sauerstoff augenblicklich verabreicht werden (50l/min). Lachgas beginnt immer erst dann zu fließen, wenn Sauerstoff bereits fließt. Diese Sicherheitsfunktion schützt den Patienten, falls die Sauerstoffreserve erschöpft sein sollte. Die Absaugung findet in der Regel über ein sogenanntes Scavenger-System statt, was die Nasenmaske inklusivem Absaugsystem beschreibt. Das Nasenabsaugsystem arbeitet mit mindestens 60l pro Minute. Die Ableitung der Ausatemluft nach außen muss gewährleistet sein. Durch einen Vakuum-Kontrollblock muss die Stuhlabsaugung kontrolliert werden. Eine Rückatmung darf nicht möglich sein, weshalb ein Rückschlagventil vorhanden sein muss. Zusätzlich sollte zum Schutze der Behandler eine Raumlüftung eingerichtet sein, z. B. durch Bodenfenster oder Raumabsaugsysteme. Es muss eine Sekretabsaugung stattfinden. Um den Patienten gegebenenfalls ausreichend lange beatmen zu können, muss eine adäquate Sauerstoffreserve verfügbar sein. Eine Notfallausrüstung mit gängigen Medikamenten und Ausrüstungen, vor allem ein Beatmungsbeutel mit Maske und ausreichend Sauerstoff, muss jederzeit im Zugriff sein. Alle technischen Geräte



sowie die Notfallausrüstung müssen regelmäßigen Kontrollen auf regelrechte Funktion unterliegen und den geltenden europäischen Normen entsprechen.

#### **II. 8. 1. 4. Monitoring**

Das Patientenmonitoring stellt einen essentiellen Bestandteil bei der Lachgassedierung dar.

Zu der klinischen Überwachung gehören die Kontrolle der Atmung, der Thoraxbewegungen, der Atemfrequenz, der Hautfarbe, des Bewusstseins und damit der Sedierungstiefe, der Kooperationsfähigkeit und des Pulses. Weiterhin muss der periphere arterielle Blutdruck gemessen werden. Die Anwendung eines Pulsoxymeters wird in Europa kontrovers diskutiert, da aufgrund von Artefakten bei Bewegungen und/oder falscher Platzierung häufig falsch positive Ergebnisse auftreten. Laut der American Society of Anesthesiologists und der American Academy of Pediatrics hingegen muss die Pulsoxymetrie angewendet werden, wobei die Blutdruckmessung eingesetzt werden kann aber nicht zwingend erforderlich ist.<sup>126</sup> Bei Verwendung eines Pulsoxymeters müssen die Behandler zur Interpretation und adäquater Reaktion auf die Werte in der Lage sein. Außerdem müssen die Behandler für eine Kontrolle der korrekten Gerätefunktion sorgen.<sup>28 125</sup>

51 127

## **II. 8. 2. Lachgas in den USA**

### **II. 8. 2. 1. Ausbildung**

Im Zuge der Ausbildung zur Lachgasanwendung in den USA werden vier verschiedene Kurse angeboten:

1. „Competency Courses“: Zahnärzte, die eine Zulassung zur Anwendung von minimaler und moderater Sedierung und Lokalanästhesie erwerben wollen, müssen diesen Kurs bestehen. Der Kursinhalt besteht aus Vorträgen, Demonstrationen und Teilnahme an Sedierungen. Die praktische Mitwirkung an der Sedierung soll das Verständnis für die vermittelten Lehrinhalte bestätigen. Die Teilnehmer müssen von den Kursleitern beurteilt werden und die eingeschätzte Kompetenz muss dokumentiert werden. Regelmäßige „Update“- Kurse müssen absolviert werden, um die erworbenen Kenntnisse beizubehalten.
2. „Update Courses“: Diese sind für Zahnärzte mit bereits bestehendem Vorwissen aus erfolgreich absolvierten „Competency“- Kursen vorgesehen. Ziel ist eine Auffrischung bzw. Wiederholung von bereits Gelerntem und die Vermittlung neuester Erkenntnisse und Fortschritte auf dem Gebiet der Sedierung. Es sind sowohl theoretische als auch praktische Aspekte enthalten.
3. „Survey Courses“: Es handelt sich um theoretische Kurse zur Vermittlung allgemeiner Informationen über Schmerzmanagement und Sedierung.
4. „Advanced Education Courses“: Als Teil des erweiterten Fortbildungsprogramms der American Dental Association werden in diesen Kursen die Teilnehmer umfassend dazu ausgebildet, fachkundig und kompetent minimale, moderate und tiefe Sedierung anzuwenden.<sup>128</sup>

Bereits nach erfolgreicher Teilnahme an einem „Competency Course“ ist es dem Zahnarzt erlaubt, Lachgassedierungen durchzuführen. „Survey Courses“ und „Advanced Education Courses“ sind zur Legitimation der Lachgasanwendung nicht obligat.

Der Ausbildungskurs („Competency Course“) hat eine Dauer von mindestens 14 Stunden und enthält eine klinische Komponente zur Vermittlung der Fähigkeit zur Lachgassedierung. Die Leitung unterliegt einem Arzt oder Zahnarzt mit mindestens

3-jähriger Berufserfahrung und Fortbildungen in den Bereichen der Schmerztherapie und Anxiolyse. Weiterhin ist die Einbeziehung von Anästhesisten, Pharmakologen, Internisten, Psychologen und Kardiologen in die Ausbildung empfohlen.

In der Anfangsphase der praktischen Ausbildung sollte der Ausbilder nur einen Kursteilnehmer betreuen. Im weiteren Verlauf des Kurses sollten nicht mehr als zehn Kursteilnehmer auf einen Kursleiter fallen. Der Kurs muss in geeigneten Räumlichkeiten stattfinden, in denen das notwendige Equipment - inklusive Geräten und Medikamenten - zur Verfügung steht. Nach der Teilnahme an dem Kurs muss der Zahnarzt die pharmakologischen Eigenschaften von Medikamenten, die Anatomie und Physiologie von Respirationstrakt, kardiovaskulärem System sowie des Nervensystems beschreiben können. Er muss in der Lage sein, eine vollständige Anamnese zu erheben und auszuwerten, um den Patienten in eine American Society of Anesthesiologists (ASA) Klasse I bis VI einzuteilen und eine Nutzen– Risiko- Abwägung vorzunehmen. Die ASA– Klassifikation (englisch auch „ASA Physical Status System) wurde im Jahre 1941 entwickelt. Hier werden die Patienten präoperativ nach dem jeweiligen körperlichen Zustand eingestuft und in eine Klassifikationsgruppe eingeteilt, um den physischen Status des Patienten einschätzen zu können. Eine Behandlung von Patienten mit einer Klassifikation höher als ASA II sollte in der Zahnarztpraxis nicht stattfinden. Tabelle 5 zeigt die ASA- Klassifikation.

<b>ASA- Klassifikation</b>	
<b>ASA I</b>	Ein normaler, gesunder Patient
<b>ASA II</b>	Ein Patient mit leichter systemischer Erkrankung
<b>ASA III</b>	Ein Patient mit schwerer systemischer Erkrankung
<b>ASA IV</b>	Ein Patient mit schwerer systemischer, konstant lebensbedrohlicher Erkrankung
<b>ASA V</b>	Ein sterbender Patient, der ohne operativen Eingriff nicht überleben wird
<b>ASA VI</b>	Ein für hirntot erklärter Patient, dem Organe entnommen werden sollen
<b>E</b>	Notoperation jeglicher Art (wird mit einer der obigen Klassen kombiniert)

*Tabelle 5: Klassifikation des Gesundheitszustandes nach der American Society of Anesthesiologists*

Der Zahnarzt muss unter Berücksichtigung aller Kriterien das für den Patienten individuell am besten geeignete Verfahren auswählen können. Er muss mit dem Equipment für ein Patienten-Monitoring vertraut und in der Lage sein, die typischen Merkmale einer leichten Sedierung zu erkennen und zu beschreiben. Es muss ein Verständnis für den fließenden Übergang zwischen den unterschiedlichen Sedierungstiefen vorliegen. Zum Kursinhalt für Lachgasanwendung gehören laut ADA folgende Aspekte:

- Die Vermittlung der historischen, philosophischen und psychologischen Aspekte von Schmerzmanagement und Anxiolyse.
- Die Beschreibung und Definitionen der physiologischen und psychologischen Gesichtspunkte von Angst und Schmerz.
- Die Auswahl und Beurteilung von Patienten im Hinblick auf Anamnese, physische und psychische Konstitution.
- Die Beschreibung der medikamentös bedingten Depression des Zentralnervensystems in allen Bewusstseinszuständen, mit speziellem Fokus auf den Unterschied zwischen Bewusstsein und Bewusstlosigkeit.

- Die Pharmakologie der Medikamente, die bei der inhalativen Sedierung verwendet werden, inklusive der Wechselwirkungen mit anderen Stoffen und Inkompatibilitäten.
- Das Verständnis für Lokalanästhesie und die speziellen physiologischen und pharmakologischen Auswirkungen der Lokalanästhetika in Kombination mit Sedativa.
- Indikationen und Kontraindikationen für die Anwendung von Lachgas, sowie Vor- und Nachteile derer.
- Auflistung der während der Lachgassedierung möglichen zahnärztlichen Eingriffe.
- Patienten- Monitoring und der Umgang mit dem entsprechenden Equipment.
- Regelrechte Dokumentation der Anamnese, der ärztlichen Untersuchung, der Vitalzeichen, der verabreichten Medikamente einschließlich der Dosis.
- Prävention, Erkennen und Reagieren bei Komplikationen.
- Funktionsweise und Umgang mit Lachgasgeräten.
- Die Diskussion über Missbrauchs-Potenzial.

Nach einer Abschlussprüfung muss der Kursleiter die erfolgreiche Teilnahme zertifizieren. Dokumentationen über die theoretischen und praktischen Instruktionen und die Anzahl der von dem Teilnehmer behandelten Patienten müssen ausgestellt werden und jederzeit im Zugriff sein. Laut American Dental Association obliegt es den staatlichen Zahnärztekammern (state dental boards) in den USA, die Ausbildung, regelmäßige Fortbildung und Erfahrung der Zahnärzte und der Teams zu gewährleisten. Außerdem tragen sie die Verantwortung über die Prüfung und Zertifizierung der Zahnärzte, damit Protokollierung, Behandlungsabläufe, räumliche Gegebenheiten, Ausstattung, Medikamente und Personal den heutigen Standards entsprechen und eine sichere und angemessene Behandlung gewährleistet werden kann.<sup>129</sup> Auch wenn die Regulierung und Kontrolle der Zahnheilkunde in den USA den einzelnen Staaten unterliegt, sollten sich staatenübergreifend alle Vorgaben nach den ADA- Guidelines für Sedierung und Anästhesie richten. Alle Zahnärzte sind dazu angehalten, eine Kopie der ADA- Guidelines zu haben und mit den Regulierungen des jeweiligen Staates vertraut zu sein.

## **II. 8. 2. 2. Personelle Voraussetzungen**

Die Lachgassedierung kann von approbierten Zahnärzten mit der erfolgreichen Teilnahme an dem oben beschriebenen „Competency Course“ durchgeführt werden. Es muss für den Behandler eine gültige Zertifizierung für eine Notfallausbildung vorliegen. Mindestens eine weitere ausgebildete Hilfsperson, die Notfallmanagement beherrscht, muss anwesend sein. Bis der Patient die Praxis verlässt, muss er durch den verantwortlichen Zahnarzt überwacht werden.

## **II. 8. 2. 3. Technische und räumliche Voraussetzungen**

Es muss ein funktionssicheres Lachgasgerät zur Verfügung stehen, welches regelmäßigen Kontrollen unterliegt. Der Sauerstoffgehalt des Atemgemisches darf nicht unter 30% liegen. Ein Failsafe-System verbietet die Abgabe von mehr als 70% Lachgas. Es sollte ein funktionsfähiges Analysesystem mit akustischem Alarm integriert sein. Weiterhin muss eine suffiziente Absaugung vorhanden sein. Eine Sauerstoffmaske und ausreichende Reserve von reinem Sauerstoff müssen sich in unmittelbarer Nähe befinden, damit eine Verabreichung von 100% Sauerstoff jederzeit möglich ist. Medikamente für den Notfall müssen jederzeit griffbereit sein.

## **II. 8. 2. 4. Monitoring**

Es muss eine kontinuierliche Überwachung des Patienten während und nach der Behandlung stattfinden. Dies geschieht entweder durch den Zahnarzt selbst, unter dessen Anleitung oder durch eine weitere, mit dem Monitoring und der entsprechenden Ausrüstung vertraute und ausgebildete Person. Zu der Patientenüberwachung gehören:

- Die Farbe der Haut, Schleimhaut und bei invasiven Eingriffen auch des Blutes.
- Der Sauerstoffgehalt des Blutes (Pulsoxymeter verpflichtend).
- Die Kontrolle der Thoraxbewegungen, der Atmung und der Atemfrequenz.

- Überwachung des Pulses und Blutdruckmessung (vor, während und nach der Behandlung).

Eine Dokumentation der Sedierung und der Behandlung muss aufgezeichnet werden. Physiologische Parameter während der Überwachung, Namen und Dosen der verabreichten Medikamente, inklusive Lokalanästhetika, müssen schriftlich festgehalten werden.<sup>124 123</sup>

## **II. 8. 3. Vergleich zwischen Deutschland/Europa und den USA**

Bei der Betrachtung der Richtlinien beider Kontinente wird schnell deutlich, wie ähnlich die Vorschriften sind. Die meisten Vorgaben und Formulierungen der europäischen Leitlinien sind an die amerikanischen angelehnt oder direkt von ihnen übernommen worden. Dass die Guidelines der USA den europäischen als Vorlage gedient haben, ist unübersehbar. So lassen sich die vielen Gemeinsamkeiten erklären. Trotzdem gibt es einige Unterschiede. Manchen Aspekten wird in den USA eine größere Aufmerksamkeit gewidmet als in Europa oder umgekehrt.

### **II. 8. 3. 1. Vergleich: Ausbildung**

Die Grundlagen zur Ausbildung der Zahnärzte sind gleich. Es muss ein 10-14 stündiger Kurs absolviert werden, der in entsprechend ausgestatteten Räumlichkeiten stattfinden muss. Der Ausbilder muss eine mindestens dreijährige Berufserfahrung vorweisen. In den USA wird im Gegensatz zu Europa die Einbindung von Ärzten anderer Fachrichtungen dringend empfohlen, sodass Psychologen, Kardiologen, Pharmakologen und Internisten in die Ausbildung mit eingebunden werden. Hier werden die Teilnehmer also fächerübergreifend ausgebildet. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass in den USA vier verschiedene Kurse mit jeweils unterschiedlichem Lerninhalt angeboten werden. Bereits der Competency Course in den USA muss mindestens 14

Unterrichtsstunden beinhalten, während in Deutschland die Angaben zwischen 10 und 14 Unterrichtsstunden schwanken. In regelmäßigen Abständen muss in den USA das erworbene Wissen in Auffrischkursen auf den neuesten Stand gebracht werden. Hieran wird deutlich, dass die Ausbildung in den USA intensiver stattfindet als in Europa.

Eine Gemeinsamkeit liegt darin, dass die Weiterbildung in beiden Kontinenten in geeigneten Räumlichkeiten stattfinden muss, was zumeist Krankenhäuser oder Universitäten sind. Ebenfalls identisch ist, dass der Ausbilder zu Beginn der praktischen Übungen nur einen Teilnehmer beaufsichtigen soll. Es wird für Europa angegeben, dass nicht mehr als 8 Teilnehmer an einem Lachgasgerät ausgebildet werden sollen. In den Richtlinien der ADA wird darüber allerdings keine Aussage gemacht. Beiden gemeinsam ist wiederum die Vorgabe, dass im weiteren Kursverlauf nicht mehr als 10 Teilnehmer auf einen Ausbilder fallen sollen.

Bei den Kursinhalten gibt es einige Gemeinsamkeiten. Es müssen die technischen Grundlagen der Sedierungsgeräte und deren Funktionsweise vermittelt werden. Die Vermittlung des Aufbaus und des Umgangs mit dem Equipment sind obligater Bestandteil des Lehrplans. In den amerikanischen Leitlinien wird ausdrücklich beschrieben, dass den Teilnehmern das Wissen über die ASA- Einstufung und die Erhebung einer lückenlosen Anamnese vermittelt werden muss. Diesem Themenbereich wird in den europäischen Richtlinien keine Aufmerksamkeit geschenkt. Auch wird in Europa nicht darauf eingegangen, dass der behandelnde Arzt mit verschiedenen Sedierungstechniken vertraut sein muss und dazu in der Lage sein muss, das für den Patienten am besten geeignete Verfahren auszuwählen. Beiden Leitlinien ist gemeinsam, dass der Kurs eine klinisch-praktische Komponente mit Übungen am Lachgasgerät enthalten muss.

Bei der Beschreibung der Grundlagen, die der Teilnehmer nach Absolvieren des Kurses beherrschen muss, fällt auf, dass diese in den USA wesentlich genauer und ausführlicher angegeben werden. Während in Europa Angst- und Verhaltenssteuerung und die arbeitsschutzrechtlichen Bedingungen im Vordergrund stehen, werden in den USA deutlich mehr Aspekte aufgelistet: die Anatomie des kardiovaskulären Systems, des Nervensystems und des Atmungstraktes, das Verständnis für den fließenden Übergang zwischen den verschiedenen Sedierungstiefen, der historische Hintergrund der Lachgassedierung,



philosophische und psychologische Gesichtspunkte, die Depression des Zentralnervensystems durch Medikamente, die Definition von Schmerz und Angst, die genaue Pharmakologie der eingesetzten Wirkstoffe, deren Wechselwirkungen, Inkompatibilitäten, Indikationen und Kontraindikationen und die Auflistung der zahnärztlichen Eingriffe, die unter Sedierung durchgeführt werden können. Auch die Auswahl der Patienten ist Teil der Ausbildung in den USA. Auf die Lokalanästhesie und deren Kombination mit sedierenden Medikamenten wird in den Leitlinien dort ebenfalls explizit eingegangen. All diese Punkte werden in den europäischen Richtlinien nicht erwähnt, was allerdings keinesfalls bedeutet, dass sie nicht trotzdem Inhalt der Ausbildungskurse sind. Auf der anderen Seite werden in den Vorgaben der europäischen Leitlinien besonders die Vermittlung von lebensrettenden Sofortmaßnahmen und Notfallmanagement betont, was in dem amerikanischen Pendant nicht der Fall ist. In Europa wird ein besonderes Augenmerk auf die Ausbildung und Kompetenz der Zahnärzte im Bereich der Kinder- und Erwachsenenreanimation gelegt. Es muss hier eine praktische Prüfung an Übungspuppen abgelegt werden. Es wird ausdrücklich gesagt, dass ein regelmäßiges und dokumentiertes Notfalltraining des Teams stattfinden muss. In den USA wiederum ist die Patientenüberwachung und das entsprechende Equipment ein Aspekt, der in der europäischen Ausgabe nicht aufgeführt wird. Dies gilt auch für die Diskussion über das Missbrauchs- Potenzial von Lachgas. In den USA ist dies ein fester Bestandteil der Ausbildung. In den europäischen Leitlinien wird dies jedoch nicht erwähnt. In Europa wird explizit das Einbinden von „Rollenspielen“ in die praktische Ausbildung gefordert, wohingegen in den USA nicht darauf eingegangen wird. In Europa wird ebenfalls verlangt, dass jeweils fünf Assistenzen, Hospitationen und Durchführungen von Lachgassedierungen unter Aufsicht und fünf selbst behandelte Fälle inklusive Auswertung und Beurteilung dokumentiert werden müssen. Bei beiden Kontinenten muss schließlich eine Abschlussprüfung stattfinden und die erfolgreiche Teilnahme an dem Weiterbildungskurs durch den Ausbilder zertifiziert werden. Tabelle 6 fasst die Unterschiede und Gemeinsamkeiten beider Leitlinien in Bezug auf die Ausbildungskurse kurz zusammen.

Inhalt und Umfang der Ausbildung in USA und Europa		
USA/Europa	USA	Europa
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Geeignete Räumlichkeiten</li> <li>○ Ausbilder mit mind. 3 Jahren Berufserfahrung</li> <li>○ zu Beginn der praktischen Übungen: Verhältnis Ausbilder/Teilnehmer 1:1</li> <li>○ nicht mehr als 10 Teilnehmer pro Ausbilder</li> <li>○ Vermittlung der technischen <b>Grundlagen</b></li> <li>○ Einbindung praktischer Übungen</li> <li>○ Abschlussprüfung</li> <li>○ Zertifizierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mind. 14 stündiger Kurs</li> <li>○ Angebot von 4 verschiedenen, aufeinander aufbauenden Ausbildungskursen</li> <li>○ Einbindung von Ärzten anderer Fachrichtung</li> <li>○ ASA- Einstufung</li> <li>○ Anamneseerhebung</li> <li>○ Individuelle Auswahl des geeigneten Sedierungsverfahrens</li> <li>○ Geschichte der Lachgassedierung</li> <li>○ Lokalanästhesie</li> <li>○ Monitoring</li> <li>○ Missbrauchs- Potenzial von Lachgas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10-14 stündiger Kurs</li> <li>○ Nicht mehr als 8 Teilnehmer pro Lachgasgerät</li> <li>○ Notfallmanagement</li> <li>○ Reanimation an Übungspuppen</li> <li>○ „Rollenspiele“</li> <li>○ Dokumentation je fünf Assistenzen und eigener Fälle</li> </ul>

Tabelle 6: Vergleich von Inhalt und Umfang der Ausbildungskurse zur Lachgasanwendung in der zahnärztlichen Praxis in den USA und Europa

### **II. 8. 3. 2. Vergleich: Personelle Voraussetzungen**

Die personellen Voraussetzungen für die Anwendung von Lachgas werden in den Leitlinien beider Kontinente nahezu identisch beschrieben. Zur Anwendung der Lachgassedierung sind jeweils approbierte Zahnärzte qualifiziert, die eine erfolgreiche Teilnahme an einem Ausbildungskurs vorweisen können. Eine weitere Gemeinsamkeit ist, dass der behandelnde Zahnarzt Notfallmanagement beherrschen muss. In beiden Leitlinien wird explizit erklärt, dass mindestens eine weitere Hilfsperson anwesend sein muss, die ebenfalls im Notfallmanagement ausgebildet ist. In Europa wird im Gegensatz zu den USA deutlich darauf hingewiesen, dass der sedierende Zahnarzt den Patienten für die Dauer der Sedierung und der Erholungsphase nicht allein lassen darf. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die personellen Voraussetzungen.

<b>Personelle Voraussetzungen zur Anwendung von Lachgas</b>	
<b>USA/Europa</b>	<b>Europa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>approbierte Zahnärzte</b></li> <li>○ <b>erfolgreiche Teilnahme an Ausbildungskurs</b></li> <li>○ <b>Beherrschen von Notfallmanagement</b></li> <li>○ <b>mind. eine weitere, ausgebildete Hilfsperson</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>behandelnder Zahnarzt muss den Patienten bis zum Verlassen der Praxis beaufsichtigen</b></li> </ul>

*Tabelle 7: Vergleich der personellen Voraussetzungen in Europa und den USA für den Einsatz von Lachgas*

### **II. 8. 3. 3. Vergleich: Technische und räumliche Voraussetzungen**

Sowohl in den europäischen als auch in den amerikanischen Leitlinien wird angegeben, dass der verabreichte Sauerstoffanteil während der Lachgassedierung niemals unter 30% liegen darf. Ein Failsafe- System hat dafür zu sorgen, dass nie mehr als 70% Lachgas abgegeben werden können. In den USA wird anders als in Europa zusätzlich das Vorhandensein eines Analysesystems mit hörbarem Alarm gefordert. Die europäischen Richtlinien wiederum besagen, dass ein Manometer und ein Flowmeter im Lachgasgerät integriert sein müssen. Auch das Vorhandensein des O<sub>2</sub>- Flushs wird in Europa gefordert. Im Gegensatz zu den USA muss über einen Vakuum- Kontrollblock die Stuhlabsaugung kontrolliert werden. Weiterhin beschreiben die europäischen Vorgaben, dass ein Rückschlagventil eine Rückatmung verhindern muss. In beiden Leitlinien wird gleichermaßen das Bereitstehen von Sauerstoffmasken und einer ausreichenden Reserve an reinem Sauerstoff verlangt. Diese müssen sich in unmittelbarer Nähe befinden und jederzeit während der Behandlung im Zugriff sein. Anders als in den USA wird in Europa darauf eingegangen, dass eine funktionsfähige Notfallausrüstung mit den gängigen Medikamenten bereitstehen muss. Tabelle 8 fasst die technischen und räumlichen Voraussetzungen zusammen.

## Technische und räumliche Voraussetzungen zur Anwendung von Lachgas

USA/Europa	USA	Europa
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Abgabe von mind. 30% Sauerstoff muss garantiert werden</b></li> <li>○ <b>Failsafe- System</b></li> <li>○ <b>Sauerstoffmasken müssen vorhanden sein</b></li> <li>○ <b>ausreichend Sauerstoffreserve muss im Zugriff sein</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analysesystem mit akustischem Alarm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Manometer und Flowmeter am Lachgasgerät</li> <li>○ O<sub>2</sub>- Flush</li> <li>○ Vakuum-Kontrollblock am Stuhl</li> <li>○ Rückschlagventil</li> <li>○ Notfallausrüstung inklusive Medikamente</li> </ul>

*Tabelle 8: Vergleich der technischen und räumlichen Voraussetzungen in Europa und den USA für die Lachgasanwendung*

### II. 8. 3. 4. Vergleich: Monitoring

Sowohl in Europa als auch in den USA muss die Patientenüberwachung während der Sedierung die Kontrolle der Atmung, der Thoraxbewegungen und der Atemfrequenz beinhalten. Gleiches gilt für die Hautfarbe, den Puls und den Blutdruck. In Europa wird zusätzlich die konsequente Überprüfung der Sedierungstiefe, also des Bewusstseins, und der Kooperationsfähigkeit gefordert. Ein Unterschied der beiden Leitlinien besteht darin, dass in den USA die Verwendung eines Pulsoxymeters zur Kontrolle des O<sub>2</sub>- Gehaltes des Blutes obligat ist. In den europäischen Ländern wird dies kontrovers diskutiert und es gibt keine einheitliche Empfehlung über die Nutzung des Pulsoxymeters. Dies liegt zumeist daran, dass häufig falsch positive Messwerte angegeben werden. Laut EAPD ist

das Pulsoxymeter nicht zwingend erforderlich während der Lachgassedierung, es soll aber während der Sedierung mit Benzodiazepinen angewendet werden. Tabelle 9 zeigt den Vergleich des Monitorings auf beiden Kontinenten.

<b>Monitoring während der Anwendung von Lachgas</b>		
<b>USA/Europa</b>	<b>USA</b>	<b>Europa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Atmung</b></li> <li>○ <b>Thoraxbewegungen</b></li> <li>○ <b>Atemfrequenz</b></li> <li>○ <b>Hautfarbe</b></li> <li>○ <b>Puls</b></li> <li>○ <b>Blutdruck</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pulsoxymeter obligat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kontrolle der Sedierungstiefe</li> <li>○ Pulsoxymeter empfohlen</li> </ul>

*Tabelle 9: Vergleich des Monitorings in Europa und den USA während der Lachgassedierung*

## **II. 9. Arbeitsplatz- und Umweltbelastung**

Die Umweltbelastung und –schädigung durch Treibhausgase und die damit zusammenhängende Diskussion um den Klimawandel rücken heutzutage immer weiter in den Vordergrund und stellen längst allgegenwärtige Probleme dar. Neben Methan, Kohlendioxid, Fluorchlorkohlenwasserstoffen und Stickoxid gehört Lachgas zu den sogenannten klimawirksamen Gasen, die für den Treibhauseffekt verantwortlich gemacht werden. Lachgas selbst hat keinen direkten Einfluss auf die Entstehung und Vergrößerung des Ozonloches. Es wird allerdings in der Stratosphäre gespalten und reagiert mit Sauerstoff zu Stickstoffmonoxid, welches Ozon abbaut. Die Hauptverursacher der Treibhausgasemission sind nach wie vor die stickstoffhaltigen Düngemittel in der Landwirtschaft, die Tierhaltung sowie Verbrennungsprozesse. Lachgas hat in der Atmosphäre eine Überlebenszeit von etwa 150 Jahren und gilt als weit klimaschädlicher als Kohlendioxid.<sup>130</sup> Der Anteil der durch medizinisch genutztes Lachgas verursachten Umweltschädigung ist mit circa 1% sehr gering, es sollte aber trotzdem ein Bewusstsein dafür ausgebildet werden, die Emissionen so gering wie möglich zu halten.<sup>131</sup> Sorgfältige und regelmäßige Kontrollen auf Leckagen der Schlauch- und Stecksysteme tragen beispielsweise zu einer Verringerung der Belastung bei. Auch wenn das Gros der Belastung durch die Landwirtschaft entsteht<sup>132</sup>, ist das Problem der Ozonschädigung durch Lachgas auch in der Medizin ernst zu nehmen. Erste Ansätze zur Verringerung der Anwendung von Lachgas und Inhalationsanästhetika im Allgemeinen sind der verstärkte Einsatz von Lokalanästhetika und eine möglichst geringe Dosierung. Die stetige Fortbildung des Personals und technische Weiterentwicklung müssen im Vordergrund stehen und das bestehende Problem der atmosphärischen Belastung muss den Anwendern bewusst sein, auch wenn die Hauptursache der Lachgasemission in der Landwirtschaft liegt.

Bereits in den 1920/30er Jahren kam der Gedanke der Arbeitsplatzbelastung durch Lachgas auf und ist seitdem immer weiter in den Vordergrund getreten. Die potenzielle Teratogenität, verminderte Fertilität und neurologische Beeinträchtigung durch Langzeitexposition des Personals haben eine ständige Kontrolle der Arbeitsbedingungen zur Folge. Immer wieder werden Fehlgeburten, Parästhesien, eine Beeinträchtigung des Immunsystems und Müdigkeit im Zusammenhang mit

der regelmäßigen Lachgasexposition diskutiert. Bei den Fehlgeburten geht man allerdings davon aus, dass weniger das Lachgas, sondern eher die körperlichen, emotionalen und psychischen Belastungen des Operationspersonals Grund für den Verlust des Kindes sind.<sup>133</sup> Anfang des 20. Jahrhunderts wurden hauptsächlich lokale Absaugungen eingerichtet, um die enorm hohe Arbeitsplatzbelastung zu minimieren. Seit dem Jahr 1960 wurden Klimaanlage, Kohlefilter und Narkosegasfortleitungen installiert. In Deutschland wurden Grenzwerte bestimmt, die als maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) bezeichnet werden. Die MAK beschreibt die „höchstzulässige Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der im Allgemeinen die Gesundheit des Arbeitnehmers auch bei wiederholter und langfristiger (in der Regel 8-stündiger) Exposition und einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden nicht beeinträchtigt wird.“<sup>134</sup> Diese Definition stammt aus § 3 der alten Gefahrstoffverordnung. Sie wurde mit Inkrafttreten der neuen Gefahrstoffverordnung vom 1.1.2005 durch den Begriff des Arbeitsplatzgrenzwertes ersetzt:

„Nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) ist der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffes akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind (§ 3 Abs. 6 GefStoffV). Arbeitsplatzgrenzwerte sind Schichtmittelwerte bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition an 5 Tagen pro Woche während der Lebensarbeitszeit. Expositionsspitzen während einer Schicht werden entsprechend Nummer 2.3 der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) mit Kurzzeitwerten beurteilt.“<sup>134</sup> Der Begriff des AGW hat sich jedoch noch nicht vollständig durchgesetzt und man spricht bis jetzt weiterhin von der MAK.

Obwohl durch technische Neuerungen und stetige Forschung die Arbeitsplatzbelastung durch Inhalationsgase seit Beginn des 20. Jahrhunderts stark reduziert wurde, steht das Thema der Langzeitexposition des Personals nach wie vor im Vordergrund. Das Amt für Arbeitsschutz Hamburg hat im Jahr 1988 einen MAK- Wert von 100 ppm (parts per million) eingeführt. Dieser Wert lehnte sich an die Grenzwerte aus den USA und Skandinavien an.<sup>135</sup> 1993 wurden 100 ppm als Grenzwert bundesweit festgesetzt.<sup>136</sup> Die Einhaltung dieses Wertes muss



regelmäßig kontrolliert und dokumentiert werden. Den Vollzug dieser Vorschrift überwachen die Ämter für Arbeitsschutz, bzw. Gewerbeaufsichtsämter und die Berufsgenossenschaften. Auch wenn es nicht zur Überschreitung der MAK kommt, muss stets eine möglichst geringe Lachgasexposition angestrebt werden, um die Belastung sowohl für Patienten und alle Mitarbeiter als auch für die Umwelt so gering wie möglich zu halten. Hier gibt es verschiedene Angriffspunkte zur Minderung der Arbeitsplatz- und Umweltbelastung. Der sicherlich wichtigste Aspekt hierbei ist die Überprüfung auf Geräteleckagen. Alle Schlauch- und Stecksysteme müssen genauestens auf Dichtigkeit geprüft werden, um einen unkontrollierten Austritt des Gases zu vermeiden. Eine Schwachstelle bilden immer Silikonmaterialien, die zum Beispiel in Beatmungsschläuchen verwendet werden, da sie eine besonders hohe Durchlässigkeit für Gase aufweisen. Der Zustand und das Alter des Gerätes spielen ebenfalls eine große Rolle. Bei älteren Modellen kommt es im Durchschnitt zu einem Lachgasverlust von ca. 100ml/min, wobei neuere Geräte nur etwa 7ml/min austreten lassen. Stetige Kontrollen und Modernisierung, bzw. Instandhaltung der Geräte sind also unabdingbar und bieten das größte Potenzial zur Verminderung der Arbeitsplatzbelastung. Weiterhin ist eine suffiziente Absaugung von überschüssigem und ausgeatmetem Gas notwendig. Dies findet zum einen über die Nasenmaske selbst statt und sollte zum anderen durch eine zusätzliche Absaugung vor dem Mund des Patienten mit einem zahnärztlichen Sauger ergänzt werden. Die Lachgasgeräte müssen mit einer Narkosegasabsaugung entsprechend der europäischen Norm EN 740 ausgestattet sein, um das Gas über die Nasenmaske abzusaugen. Die Nasenmaske selbst trägt ebenfalls einen Beitrag zum Einsparen von Lachgas bei. Empfohlen werden Doppelmasken, bei denen eine flexible Innenmaske von einer starren Außenmaske umgeben wird. Bei der Außenmaske handelt es sich um ein starkes, lokales Absaugsystem. Die Gase werden also direkt abgeleitet. Im Gegensatz zu Singlemasken kann hier eine erhebliche Menge Lachgas eingespart werden. Außerdem ist ein guter Sitz der Maske ausschlaggebend. Die falsche Maskengröße oder eine schlecht angebrachte Maske führen zu einem hohen Austritt von Lachgas. Der Auswahl der Maske und Kontrolle der Passgenauigkeit sollte also genügend Zeit und Aufmerksamkeit gewidmet werden. Ein weiterer Aspekt, der vor allem für die Mitarbeiter von großer Bedeutung ist, ist die Klimatisierung der

Räumlichkeiten. Raumlüftungen und Klimaanlage sind daher äußerst wichtig, um die Exposition des Behandlers und des Personals so gering wie möglich zu halten. Da gerade in der Zahnarztpraxis Lachgas häufig für kurze Eingriffe verwendet wird, sind die Behandlungszimmer oftmals nicht mit der entsprechenden Raumklimatisierung ausgestattet, wie es in größeren Operationsbereichen der Fall ist. In solchen Fällen muss die Möglichkeit bestehen, Fenster zu öffnen, um genügend Frischluft zur Verfügung zu stellen und die Narkosegase nach draußen zu leiten. Abgesehen von den beschriebenen technischen Aspekten, spielt die Art der Behandlung, das Geschick des Zahnarztes und das Verhalten des Patienten eine große Rolle. Spricht der Patient etwa während der Therapie, bewegt sich viel oder atmet durch den Mund, gelangt wesentlich mehr Lachgas in die Raumluft. Auch das Legen von Kofferdam hat einen Einfluss auf die Arbeitsplatzbelastung, da die Absaugung vor dem Patientenmund effektiver als ohne die Verwendung von Kofferdam ist. Ein weiterer Faktor ist die verabreichte Konzentration von Lachgas während der Behandlung. Bei hoher Konzentration ist die Raumluftbelastung wesentlich höher als bei niedriger. Es sollte also die minimal notwendige Konzentration von Lachgas verabreicht werden, um eine unnötig hohe Belastung der Raumluft zu vermeiden. Es darf auch nicht unbeachtet bleiben, dass auch Räumlichkeiten, in denen kein Lachgas verwendet wird, die aber in Verbindung mit eben diesen Räumen stehen, gut belüftet sein müssen. Dementsprechend sollen zum Beispiel das Wartezimmer, der Empfangsbereich und auch andere Behandlungszimmer entweder an die Raumlüftungsanlage angeschlossen sein oder durch regelmäßiges Öffnen der Fenster mit ausreichend Frischluft versorgt werden.

Verschiedene Studien belegen, dass durch geeignete Maßnahmen die Arbeitsplatzbelastung signifikant minimiert werden kann. <sup>137 138 139 140</sup>

Durchweg gilt für die Lachgasexposition eine Nutzen-Risiko-Abwägung. Dem deutlichen Nutzen für den Patienten steht ein geringes, womöglich vernachlässigbares Risiko für den Behandler und das zahnärztliche Team gegenüber. Bei Einhaltung der Richtwerte durch strenge Kontrollen, akribische Absaugmaßnahmen und angemessene Anwendung von Lachgas kann davon ausgegangen werden, dass eine Gefährdung des Personals durch eine Langzeitexposition nicht besteht.

Abschließend lässt sich sagen, dass die vorgegebenen Grenzwerte durch stetige Kontrollen der technischen Ausrüstung, durch suffiziente Absaugung und gewissenhaftes Anwenden von Lachgas eingehalten werden müssen, um die Arbeitsplatzbelastung für alle beteiligten Personen so gering wie möglich zu halten.

## **III. MATERIAL UND METHODEN**

Zur Ermittlung, wie weit verbreitet die Anwendung von Lachgas und bestimmte Sedierungsverfahren in Zahnarztpraxen in Mainz, Frankfurt am Main, Berlin und München sind, wurde eine postalische Umfrage unter Zahnärzten erstellt.

Neben der Anzahl der Anwender sollte analysiert werden, welches Sedierungsverfahren am häufigsten zum Einsatz kommt und ob ein regelmäßiges Notfalltraining wie vorgeschrieben stattfindet. Ebenso sollte verglichen werden, welche Fachgruppe welches Verfahren bevorzugt anwendet. Weiterhin sollte erörtert werden, bei welchen Patienten und bei welchen Eingriffen Lachgas häufiger seinen Einsatz findet. Anschließend sollte auch verglichen werden, bei wem die meisten Nebenwirkungen und Komplikationen erfasst werden.

In der vorliegenden Analyse wird aufgrund der Lesbarkeit die männliche Form verwendet, da im Fragebogen das Geschlecht nicht abgefragt wurde und die Geschlechterverteilung der Umfrageteilnehmer nicht im Fokus stand. Trotzdem sind beide Geschlechter angesprochen.

### **III. 1. Praxis- Kollektiv und Datenerhebung**

Ein Umschlag wurde per Post an Zahnärzte verschickt, der das Aufklärungsblatt, den zweiseitigen Fragebogen sowie einen frankierten und adressierten Rückumschlag enthielt. Den Teilnehmern der Umfrage wurde es freigestellt, per Post oder per Fax zu antworten.

Die Umfrage fand in 3 Durchläufen statt. Der erste Durchlauf beschränkte sich auf sechs Zahnarztpraxen aus dem näheren Umkreis der Untersucher und diente lediglich der Aufdeckung potenzieller Fehler im Fragebogen und/oder Schwierigkeiten bei der Ausführung. Diese Fragebögen wurden in die Analyse nicht einbezogen. Für den zweiten Durchgang wurden die Adressen der Zahnarztpraxen auf dem Internetportal des Branchenbuchs der „Gelben Seiten“ ([www.gelbeseiten.de/branchenbuch](http://www.gelbeseiten.de/branchenbuch)) eingeholt. Zuerst wurde als Suchbegriff „Mainz“ angegeben. Der Umkreis der Suche wurde auf 40km eingestellt.

Für die 2307 Treffer wurde der Filter „nach Entfernung“ eingestellt, sodass das nahste Ergebnis an erster Stelle stand. Aus dieser Liste wurden die ersten 100 Praxen ausgewählt. Dann wurde der gleiche Vorgang für den Suchbegriff „Frankfurt am Main“ durchgeführt, der 2467 Treffer ergab. Diese insgesamt 200 Umschläge wurden per Post versandt. Im dritten Durchlauf wurde mit den Suchbegriffen „Berlin“ und „München“ wie beim zweiten Durchgang verfahren und 200 Fragebögen verschickt.

## **III. 2. Fragebogen und Anschreiben**

Der Fragebogen wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) erstellt. Er umfasste zwei Seiten und wurde mit elf Fragen bewusst kurz gehalten. Bei den Fragen waren die zutreffende/n Antwortmöglichkeit/en anzukreuzen. Für jede Frage war klar vorgegeben, ob nur eine oder mehrere Antwortmöglichkeiten angekreuzt werden konnten. Die Fragen 2, 6, und 7 waren offene Fragen und der Teilnehmer hatte die Möglichkeit, die zutreffende Antwort einzutragen. Der Fragebogen ist im Anhang einsehbar.

In dem Anschreiben wurde das Vorgehen erklärt und auf die Anonymität hingewiesen. Weiterhin wurde betont, dass der Fragebogen auch dann ausgefüllt werden sollte, wenn keine Sedierungsverfahren in der Praxis angewendet werden. Ebenfalls wurde ein Datum angegeben, bis zu dem eine Rücksendung erfolgen sollte.

### **III. 2. 1. Erfassung der Praxisbesonderheiten**

Die ersten drei Fragen dienten der Charakterisierung der jeweiligen Praxis. Frage 1 ermittelte die eventuelle Spezialisierung der Praxis bzw. das Fachgebiet, damit analysiert werden konnte, ob bestimmte Fachgruppen vermehrt Lachgas verwenden. Frage 2 bezog sich auf das Alter der Teilnehmer. Ob ein regelmäßiges

Notfalltraining stattfindet, sollte durch Frage 3 geklärt werden, da dies laut Leitlinie Voraussetzung für den Einsatz von Sedativa in der Praxis ist.

### **III. 2. 2. Erfassung der angewendeten Sedierungsverfahren**

Zuerst wurde durch Frage 4 geklärt, ob überhaupt Sedierungsverfahren in der jeweiligen Praxis angewendet werden. Falls „nein“, endete der Fragebogen für diesen Teilnehmer. Wurde „ja“ angekreuzt, wurde durch die nächste Frage 5 ermittelt, ob der Zahnarzt selbst oder ein Anästhesist die Sedierung durchführt. In Frage 6 ging es um die Methoden/Verfahren bzw. die Medikamente, die zur Sedierung verwendet werden. Falls der Teilnehmer kein Lachgas verwendete, endete der Fragebogen für den Teilnehmer.

### **III. 2. 3. Lachgasanwendung in den Praxen**

In Frage 7 ging es um die Eingriffe, die bevorzugt unter Lachgas-Sedierung durchgeführt werden. In Frage 8 wurde erfragt, welches Patientenkollektiv wie häufig unter Lachgas behandelt wird. Frage 9 sollte ermitteln, ob der Behandler bei wiederholten Eingriffen unter Lachgas eine Veränderung der Dosis vornimmt.

### **III. 2. 4. Erfassung der Komplikationen und Nebenwirkungen**

Frage 10 hatte das Ziel, zu erörtern, wie oft die häufigste Nebenwirkung von Lachgas in Form von Übelkeit und/oder Erbrechen, beobachtet wird, da diese Information sehr wichtig ist, um ein sicheres Sedierungsverfahren anzubieten.

### **III. 2. 5. Technische Voraussetzungen**

Schließlich sollte durch die letzte Frage ermittelt werden, wie viele Praxen mit einem speziellen Lüftungssystem ausgestattet sind. Zur sicheren Anwendung von Lachgas ist dies für Behandler und Personal von Bedeutung.

### **III. 3. Statistische Methoden**

Für die zusammenfassende Dokumentation wurden alle Daten zur weiteren statistischen Auswertung in das Programm SPSS® Statistics Version 23 eingetragen. Mit diesem Programm wurden alle Häufigkeitsdiagramme erstellt. Die Eingabe der Daten und deren statistische Analyse wurde durch das Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) betreut und kontrolliert.

Zunächst wurden alle Daten in 3 Einheiten eingeteilt. Einheit 1 umfasste die Daten aus den Fragen 1 bis 4. Die zweite Einheit enthielt die Daten aus Frage 5 und 6, sodass hier bereits nur die Teilnehmer beinhaltet waren, die ein Sedierungsverfahren anbieten. Einheit 3 umfasste die Fragen 7 bis 11 und somit nur die Lachgas- Anwender. Die herausgefilterten Teilnehmer bildeten für Einheit 2 und Einheit 3 jeweils die neuen 100%.

Weiterhin wurde für alle Variablen innerhalb der drei Einheiten eine univariate Analyse durchgeführt und Häufigkeitstabellen und Diagramme angefertigt.

Im Anschluss wurden Kreuztabellen erstellt, um gezielt die Zusammenhänge zwischen den Fragen gegeneinander auswerten zu können. Die folgende Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die erstellten Fragenkombinationen.

<b>Nummer der Frage</b>	<b>Fragestellung</b>
<b>1 + 3</b>	Wie oft findet ein Notfalltraining bei den verschiedenen Fachgruppen statt?
<b>1 + 4</b>	Welche Fachgruppe bietet häufiger Sedierungsverfahren an?
<b>1 + 6</b>	Welche Fachgruppe verwendet welches Sedierungsverfahren am Häufigsten? Welche Fachgruppe verwendet bevorzugt Lachgas?
<b>1 + 8</b>	Welche Fachgruppe verwendet wie oft Lachgas und bei welchen Patienten?
<b>1 + 9</b>	Welche Fachgruppe ändert / ändert nicht die Lachgas- Dosis?
<b>1 + 10</b>	Bei welcher Fachgruppe werden häufiger Nebenwirkungen beobachtet?
<b>1 + 11</b>	Welche Fachgruppe hat ein Lüftungssystem in der Praxis?
<b>2 + 4</b>	Für welche Altersgruppe wird Sedierung eher angeboten?
<b>2 + 6</b>	Für welche Altersgruppe wird häufiger Lachgas verwendet?
<b>3 + 5</b>	Wie oft findet ein Notfalltraining bei verschiedenen Anwendern statt?
<b>3 + 6</b>	Wie oft findet bei den Lachgasanwendern ein Notfalltraining statt?
<b>6 + 7</b>	Bei welchen Eingriffen wird am Häufigsten Lachgas verwendet?
<b>9 + 10</b>	Treten bei Dosisveränderung häufiger Nebenwirkungen auf?

*Tabelle 10: Übersicht Kreuztabellen*



## **IV. ERGEBNISSE**

### **IV. 1. DATENKOLLEKTIV**

#### **IV. 1. 1 Responserate**

Der erste Umfragedurchlauf galt als Testversion und die Ergebnisse daraus fließen nicht in die folgende Analyse ein.

Die Responserate im zweiten Durchgang betrug 88 Antworten, von denen 5 als Fax und 83 als Brief ankamen. 4 Briefe kamen als Retour wegen Unzustellbarkeit zurück.

Im dritten Durchgang kamen 64 Antwortschreiben zurück, davon 4 als Fax und 60 als Brief. Es ergibt sich eine Summe von 152 Antworten. Die Responserate von den insgesamt 400 verschickten Fragebögen beträgt 38%.

#### **IV. 1. 2. Praxisbesonderheiten**

##### **IV. 1. 2. 1. Fachgebiet**

In der Umfrage gaben vier Zahnärzte, 2,6%, Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie als Fachgebiet an. Weiterhin erklärten 16 Teilnehmer (10,5%), in der Oralchirurgie tätig zu sein. 124 Zahnärzte bezeichneten sich als Allgemeinzahnarzt, was mit 81,6% den Großteil der Befragten ausmacht. Weitere 28 Zahnärzte (18,4%) wiesen sich als Kinderzahnärzte aus und lediglich eine Anästhesiepraxis für Zahnärzte wurde in der Umfrage erfasst (0,7%), wie in Diagramm 1 veranschaulicht wird.

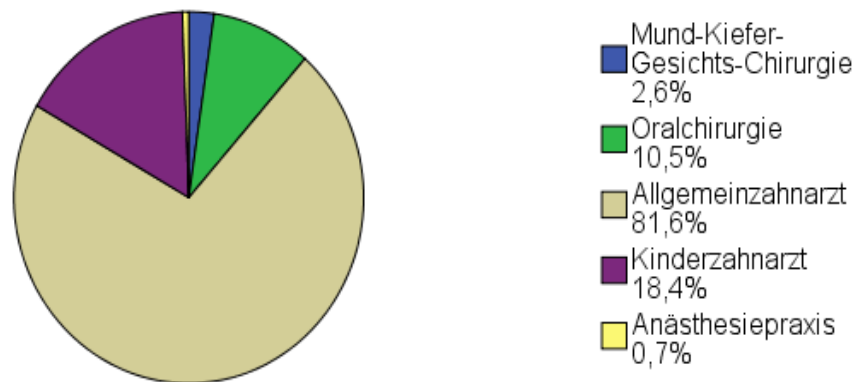


Diagramm 1: Häufigkeitsverteilung der Fachgruppen (n=152)

#### IV. 1. 2. 2. Alter

Von den 152 befragten Zahnärzten machten fünf keine Altersangabe. Der jüngste Teilnehmer war zum Zeitpunkt der Befragung 26, der älteste 74 Jahre alt. Der Altersdurchschnitt lag bei  $47,76 \pm 8,99$  Jahren (Dia. 2).

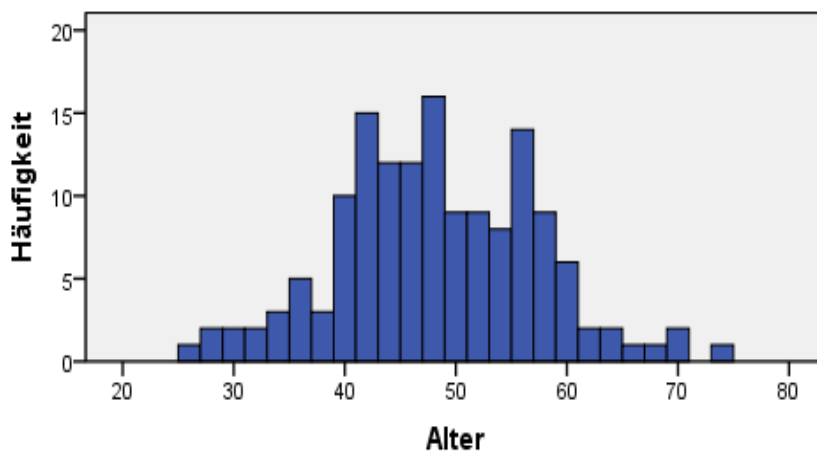


Diagramm 2: Altersverteilung der Teilnehmer (n=147)

### IV. 1. 2. 3. Notfalltraining

Von den 152 Praxen nahmen sechs (3,9%) halbjährlich an einem Notfalltraining teil. Der Großteil führte das Training jährlich oder seltener als einmal pro Jahr durch. 9,2% der Befragten hatten gar kein Notfalltraining (Tab. 11).

Rhythmus des Notfalltrainings	Häufigkeit	Prozent
Halbjährlich	6	3,9%
Jährlich	77	50,7%
Selten	55	36,2%
Nie	14	9,2%

Tabelle 11: Häufigkeitsverteilung des Notfalltrainings (n=152)

### IV. 1. 2. 4. Sedierungsangebot

Bei der Frage, wie viele Zahnärzte Sedierungsverfahren anbieten, antworteten 93 mit „nein“ (61,2%). Somit war für diese Teilnehmer die Umfrage beendet. 38,8% (59 Zahnärzte) der Befragten gaben an, Sedierungsverfahren anzubieten und bildeten im folgenden Einheit 2 die 100% der Gruppe für die weitere Analyse (Dia. 3).

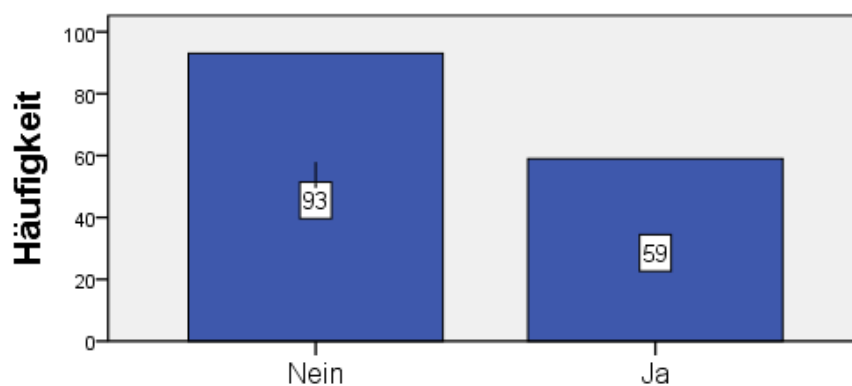


Diagramm 3: Häufigkeit des Sedierungsangebots (n=152)

## **IV. 1. 3. Eigenschaften der Praxen mit Sedierungsangebot**

### **IV. 1. 3. 1. Anwender**

Es führten 20 von 59 Zahnärzten, 33,9%, die Sedierung selbst durch. In 23 Praxen (39,0%) wendete ein Anästhesist die Sedierungsverfahren an. In 16 Fällen (27,1%) verwendeten sowohl der Zahnarzt als auch ein Anästhesist die Sedativa (Dia. 4).

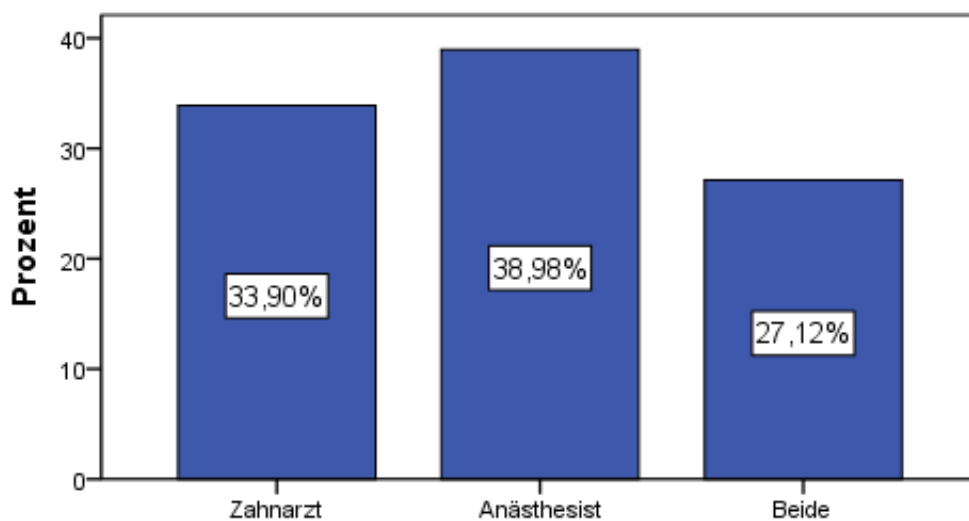


Diagramm 4: Häufigkeitsverteilung der Sedierungsanwender (n=59)

### **IV. 1. 3. 2. Sedierungsverfahren**

23 Zahnärzte (39,0%) gaben an, Lachgas in der Praxis zu verwenden. Insgesamt 26 Teilnehmer (44,1%) sedierten durch die orale oder nasale Gabe von Benzodiazepinen. In vier Fällen kamen Opiate zum Einsatz (6,8%). 19 Befragte bevorzugten die intravenöse Verabreichung von Benzodiazepinen (32,2%). Mit 62,7% (37 Praxen) kam bei einem Großteil der Praxen die Vollnarkose zum Einsatz. Weitere Sedierungsverfahren kamen bei vier Zahnärzten zum Einsatz, wobei zweimal Hypnose angegeben wurde (3,4%), einmal Akupunktur (1,7%) und einmal Propofol (1,7%) (Tab. 12).

Sedierungsverfahren	Häufigkeit	Prozent
Lachgas	23	39,0%
Benzodiazepine oral/nasal	26	44,1%
Opiate	4	6,8%
Benzodiazepine i. v.	19	32,2%
Vollnarkose	37	62,7%
Sonstige	4	6,8%

*Tabelle 12: Häufigkeit der Sedierungsverfahren (n=59)*

In Bezug auf das Gesamtkollektiv von 152 Zahnärzten verwendeten 23 von ihnen Lachgas, was 15% des Gesamtkollektivs ausmacht (Tab. 13).

Anteil der Lachgasanwender (n=23)	
Unter Sedierungsanwendern (n=59)	39%
Im Gesamtkollektiv (n=152)	15%

*Tabelle 13: Anteil der Lachgasanwender am Gesamtkollektiv (n=152) und den Sedierungsanwendern (n=59)*

Die 23 Teilnehmer, welche Lachgas anwendeten, bildeten in Einheit 3 die 100% der Untersuchungsgruppe für die weitere Analyse.

## **IV. 1. 4. Lachgasanwendung**

### **IV. 1. 4. 1. Eingriffe**

Bei den 23 Befragten kam Lachgas mit 52,2% (12 Zahnärzte) am häufigsten bei konservierenden Eingriffen zum Einsatz. sechs Teilnehmer (26,1%) griffen bei chirurgischen Eingriffen auf Lachgas zurück. fünf Befragte (21,7%) machten sonstige Angaben. Drei von ihnen (13,0%) verwendeten Lachgas gleichermaßen sowohl bei konservierenden als auch chirurgischen Eingriffen. Ein Zahnarzt (4,3%) gab an, Lachgas bei konservierenden und chirurgischen Eingriffen und zur Quadrantensanierung zu verwenden; ein weiterer Zahnarzt nutzte es zur Anfertigung von Abformungen für Zahnersatz (Dia. 5).

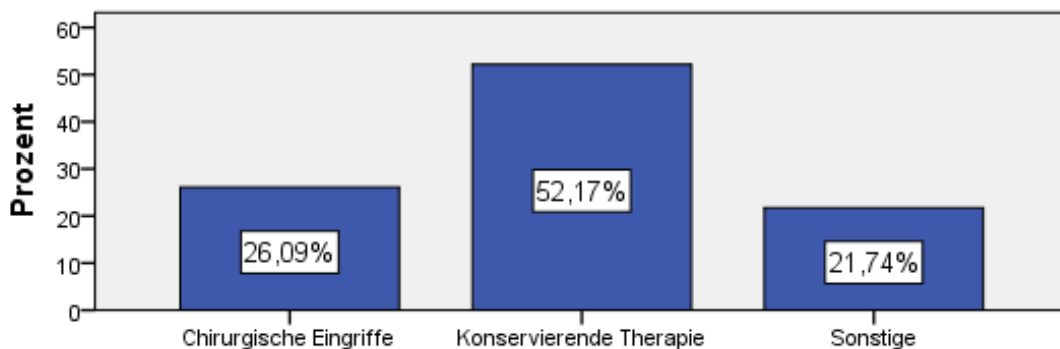


Diagramm 5: Häufigkeit der Eingriffe unter Lachgassedierung (n=23)

### **IV. 1. 4. 2. Patienten**

Für ein gemischtes Patientenkollektiv gaben sechs Zahnärzte (26,1%) an, Lachgas selten zu verwenden, und ein Zahnarzt häufig (4,3%). Bei Patienten im Kindesalter setzten sechs Zahnärzte (26,1%) selten, sechs regelmäßig (26,1%) und drei häufig (13,0%) Lachgas ein. Bei Menschen mit Behinderung kam Lachgas bei vier Teilnehmern (17,4%) selten und bei jeweils einem Zahnarzt (jeweils 4,3%) regelmäßig bzw. häufig zum Einsatz. Bei Angstpatienten wendeten acht Befragte (34,8%) selten, bzw. drei regelmäßig (13,0%) und fünf häufig (21,7%) Lachgas an (Tab. 13).

Patientenklientel	selten	regelmäßig	häufig
Gemischtes Patientenklientel	6 (26,1%)	1 (4,3%)	0
Kinder	6 (26,1%)	6 (26,1%)	3 (13,0%)
Menschen mit Behinderung	4 (17,4%)	1 (4,3%)	1 (4,3%)
Angstpatienten	8 (34,8%)	3 (13,0%)	5 (21,7%)

Tabelle 14: Patientenverteilung bei der Lachgasanwendung (n=23)

#### IV. 1. 4. 3. Dosierung

Lediglich ein Zahnarzt (4,3%) gab an, immer die gleiche Dosierung von Lachgas zu verwenden. Von den Befragten passten elf (47,8%) die Dosis an den geplanten Eingriff an. 19 Teilnehmer (82,6%) glichen die Dosis individuell an den Patienten an (Tab. 14).

Dosierung von Lachgas	Häufigkeit	Prozent
Dosis immer gleich	1	4,3%
Dosis angepasst an Eingriff	11	47,8%
Dosis angepasst an Patient	19	82,6%

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung der Anpassung der Lachgasdosis (n=23)

#### IV. 1. 4. 4. Nebenwirkungen

Kein Zahnarzt gab an, bei mehr als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen in Form von Übelkeit und/oder Erbrechen festgestellt zu haben. Bei acht Zahnärzten (34,8%) traten Nebenwirkungen bei weniger als 50% der Patienten auf. 15 Befragte (65,2%) hatten bisher keine Nebenwirkungen beobachtet (Dia. 6).

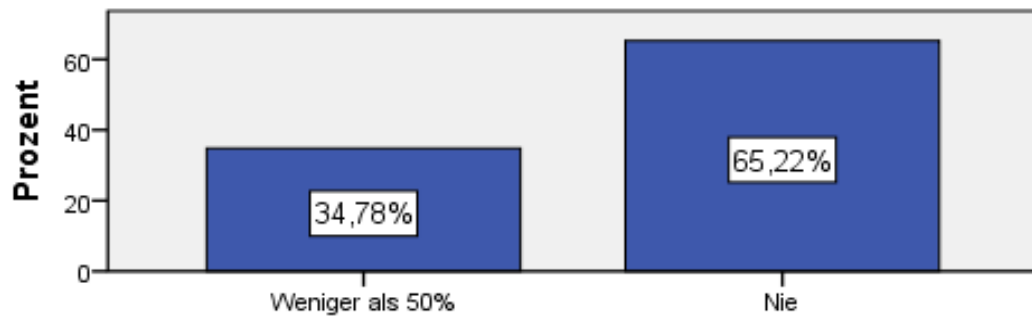


Diagramm 6: Häufigkeit von Nebenwirkungen (n=23)

#### **IV. 1. 4. 5. Lüftungssystem**

Nur elf der Befragten (47,8%) konnten angeben, dass die Praxisräume mit einem speziellen Lüftungssystem für Lachgassedierungen ausgestattet sind (Dia. 7).

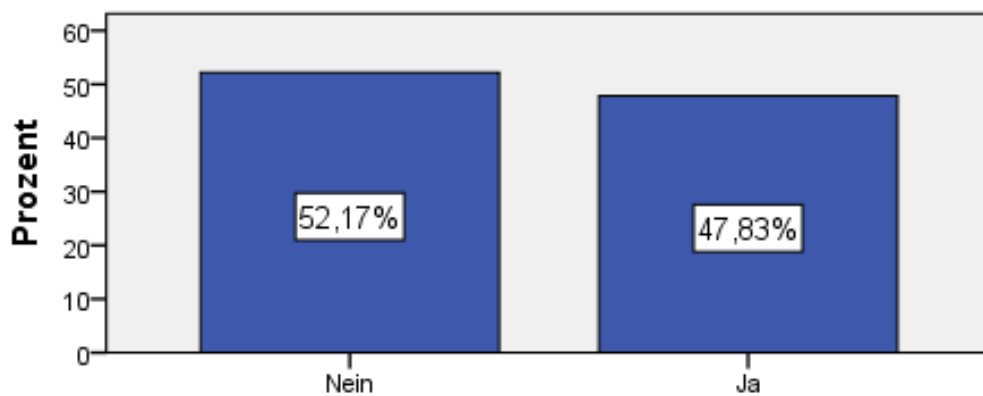


Diagramm 7: Häufigkeit von Lüftungssystemen (n=23)



## IV. 2. ANALYSE DER PRAXEN MIT SEDIERUNGSANGEBOT

### IV. 2. 1. Fachgruppen und Häufigkeit des Notfalltrainings

Von den insgesamt vier Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen führten drei jährlich und einer halbjährlich ein Notfalltraining in ihrer Praxis durch. Neun der 16 Oralchirurgen nahmen jährlich an einem Notfalltraining teil. Sechs Oralchirurgen gaben an, seltener als 1 Mal pro Jahr ein solches Training zu haben. Ein Oralchirurg hatte kein Notfalltraining. Bei zwei Praxen der 124 Allgemeinzahnärzte wurde alle sechs Monate ein Notfalltraining durchgeführt, 59 von ihnen hatten einen Rhythmus von 12 Monaten. In 52 Praxen fand das Training seltener und bei elf nie statt. Von den 28 Kinderzahnärzten hatten drei halbjährlich, 16 jährlich, sieben weniger als 1 Mal pro Jahr und zwei nie ein Notfalltraining in ihrer Praxis. Bei der einzigen Anästhesiepraxis der Umfrage fand das Notfalltraining seltener als alle 12 Monate statt, jedoch war der Behandler selbst als Notfalltrainer tätig.

Zusammengefasst fand bei sechs Teilnehmern (3,47%) halbjährlich, bei 87 Zahnärzten (50,29%) jährlich, bei 66 Befragten (38,15%) seltener als einmal pro Jahr und bei 14 (8,09%) nie ein Notfalltraining statt (Tab. 15).

<b>Fachgruppe</b>	<b>Halbjährlich</b>	<b>Jährlich</b>	<b>Selten</b>	<b>Nie</b>
<b>MKG</b>	1	3	-	-
<b>Oralchirurgen</b>	-	9	6	1
<b>Allgemeinzahnärzte</b>	2	59	53	11
<b>Kinderzahnärzte</b>	3	16	7	2
<b>Anästhesiepraxis</b>	-	-	1	-

Tabelle 16: Häufigkeit des Notfalltrainings in den Fachgruppen (n=152)

## **IV. 2. 2. Fachgruppen und Einsatz der Sedierungsverfahren**

Alle vier Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen (100%) boten Sedierungsverfahren in ihrer Praxis an. 13 (81,25%) der Oralchirurgen, 33 (26,61%) der Allgemeinzahnärzte, 20 (71,43%) der Kinderzahnärzte setzten in den Praxen Sedierungsverfahren ein (Tab. 16).

<b>Fachgruppe</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Prozent</b>
<b>MKG</b>	4	100%
<b>Oralchirurgen</b>	13	81,25%
<b>Allgemeinzahnärzte</b>	33	26,61%
<b>Kinderzahnärzte</b>	20	71,43%
<b>Anästhesiepraxis</b>	1	100%

*Tabelle 17: Häufigkeit der Sedierungsangebote in den Fachgruppen (n=59)*

## **IV. 2. 3. Fachgruppen und Art des Sedierungsverfahrens**

Die Sedierungsanwender setzten sich wie folgt zusammen: 4 Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen, 13 Oralchirurgen, 33 Allgemeinzahnärzte, 20 Kinderzahnärzte, 1 Anästhesiepraxis.

Von den vier Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen boten zwei (50%) Lachgas an und alle Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen (100%) sedierten mit oral/nasal verabreichten Benzodiazepinen. Ein Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurg (25%) arbeitete zusätzlich dazu auch mit Opiaten und mit intravenös verabreichten Benzodiazepinen. Alle Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen verwendeten die Vollnarkose (Tab. 17).

Drei (23,08%) der 13 Oralchirurgen, die Sedierungen durchführen, gaben an, Lachgas in der Praxis anzubieten. Die orale/nasale Gabe von Benzodiazepinen wurde von neun Oralchirurgen (69,23%) bevorzugt. Die Verabreichung von Opiaten fand bei den befragten Oralchirurgen nicht statt (0%). Fünf Oralchirurgen (38,46%)

verwendeten Benzodiazepine über einen venösen Zugang. Die Vollnarkose fand bei acht (61,54%) Oralchirurgen Anwendung. Ein befragter Oralchirurg (7,69%) gab an, Hypnose als sonstiges Sedierungsverfahren anzubieten.

Von den 33 Allgemeinzahnärzten boten neun (27,27%) Lachgas in der Praxis an. Elf Allgemeinzahnärzte (33,33%) setzten Benzodiazepine oral und/oder nasal ein. Bei zwei der Allgemeinzahnärzte (6,06%) kamen Opiate zum Einsatz. Ebenso wie bei Lachgas waren es neun (27,27%) Anwender der intravenösen Sedierung mit Benzodiazepinen. 51,52% der Allgemeinzahnärzte verwendeten die Vollnarkose zur zahnärztlichen Sedierung. Jeweils ein Allgemeinzahnarzt griff auf Akupunktur, Hypnose und Propofol zurück (drei Allgemeinzahnärzte, jeweils 3,03%).

Elf (55%) der 20 Kinderzahnärzte gaben an, Lachgas zu verwenden. Bei acht (40%) der Kinderzahnärzte kamen oral/nasal verabreichte Benzodiazepine zum Einsatz. Ein Kinderzahnarzt (5%) verabreichte Opiate. In fünf Kinderzahnarztpraxen (25%) wurden Sedierungen mit intravenös verabreichten Benzodiazepinen durchgeführt. Die Vollnarkose wurde von 17 Kinderzahnärzten (85%) angeboten und zwei Kinderzahnärzte (10%) wendeten Hypnose als sonstiges Sedierungsverfahren an. Die Anästhesiepraxis bot als einziges Verfahren die Vollnarkose an (100%)

Sedierungsverfahren	MKG	Oral-chirurgen	Allgemeinzahnärzte	Kinderzahnärzte	Anästhesiepraxis
Lachgas	2 (50%)	3 (23,08%)	9 (27,27%)	11 (55%)	-
Benzodiazepine oral/nasal	4 (100%)	9 (69,23%)	11 (33,33%)	8 (40%)	-
Opiate	1 (25%)	-	2 (6,06%)	1 (5%)	-
Benzodiazepine i. v.	1 (25%)	5 (38,46%)	9 (27,27%)	5 (25%)	-
Vollnarkose	4 (100%)	8 (61,54%)	17 (51,52%)	17 (85%)	1 (100%)
Sonstige	-	1 (7,69%)	3 (9,09%)	2 (10%)	-

Tabelle 18: Häufigkeit der Sedierungsverfahren in den Fachgruppen (n=59)

#### IV. 2. 4. Fachgruppen mit Lachgasanwendung

Verhältnismäßig wurde bei Kinderzahnärzten mit 55% am häufigsten Lachgas verwendet. Darauf folgten die Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen mit 50% Lachgasanwendern. 27,27% der Allgemeinzahnärzte und 23,08% der Oralchirurgen verwendeten Lachgas. In der Anästhesiepraxis wurde kein Lachgas verwendet (Tab. 18).

Fachgruppe	Häufigkeit Lachgas	Prozent
MKG	2	50%
Oralchirurgie	3	23,08%
Allgemeinzahnärzte	9	27,27%
Kinderzahnärzte	11	55%
Anästhesiepraxis	-	-

Tabelle 19: Häufigkeit der Lachgasanwendung (n=23)

## IV. 2. 5. Fachgruppen und Patientenklintel

Die im Folgenden beschriebenen vier Patientengruppe sind: alle Patienten, Kinder bis 16 Jahre, Patienten mit Behinderung und Angstpatienten. Die Häufigkeitsangaben gliedern sich in: selten (1-2x pro Monat), regelmäßig (1-4x pro Woche) und häufig (täglich).

Ein Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurg setzte bei allen Patientengruppen selten Lachgas ein. Bei der Gruppe der Kinder verwendete ein Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurg selten und einer regelmäßig Lachgas. Bei Patienten mit Behinderung nutzte ein Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurg selten Lachgas, genauso war es bei den Angstpatienten (Tab. 19).

Häufigkeit	Alle Patienten	Kinder	Behinderung	Angstpatienten
Selten	1	1	1	1
Regelmäßig	-	1	-	-
Häufig	-	-	-	-

Tabelle 20: Patientenklintel und Häufigkeit der Lachgasanwendung bei Mund –Kiefer –Gesichts – Chirurgen (n=2)

Unter den Oralchirurgen setzten zwei bei allen Patientengruppen selten Lachgas ein, Anwendung bei Kindern fand bei drei Oralchirurgen statt. Bei Patienten mit Behinderung kam Lachgas bei zwei Oralchirurgen selten zum Einsatz. In der Gruppe der Angstpatienten wendeten zwei Oralchirurgen selten und einer häufig Lachgas an (Tab 20).

Häufigkeit	Alle Patienten	Kinder	Behinderung	Angstpatienten
Selten	2	3	2	2
Regelmäßig	-	-	-	-
Häufig	-	-	-	1

Tabelle 21: Patienten Klientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung unter Oralchirurgen (n=3)

Vier Allgemeinzahnärzte setzten bei allen Patienten selten Lachgas ein. Bei Kindern wendeten ein Allgemeinzahnarzt selten und einer regelmäßig Lachgas an. Menschen mit Behinderung wurden von einem Allgemeinzahnarzt selten sediert. Bei Angstpatienten griffen fünf Allgemeinzahnärzte selten und einer häufig zu Lachgas (Tab. 21).

Häufigkeit	Alle Patienten	Kinder	Behinderung	Angstpatienten
Selten	4	1	1	5
Regelmäßig	-	1	-	-
Häufig	-	-	-	1

Tabelle 22: Patienten Klientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung unter Allgemeinzahnärzten

(n=9)

Ein Kinderzahnarzt verwendete häufig Lachgas bei allen Patienten. In der Gruppe der Kinder sedierten zwei Kinderzahnärzte selten, fünf regelmäßig und drei häufig mit Lachgas. Bei Patienten mit Behinderung nutzten ein Kinderzahnarzt regelmäßig und einer häufig Lachgas. Die Sedierung mit Lachgas bei Angstpatienten führten ein Kinderzahnarzt selten, drei regelmäßig und drei häufig durch (Tab. 22).

Häufigkeit	Alle Patienten	Kinder	Behinderung	Angstpatienten
Selten	-	2	-	1
Regelmäßig	-	5	1	3
Häufig	1	3	1	3

*Tabelle 23: Patienten Klientel und Häufigkeit der Lachgasanwendung unter Kinderzahnärzten (n=11)*

## **IV. 2. 6. Fachgruppen und Dosierung von Lachgas**

Ein Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurg passte die Lachgasdosis an den durchzuführenden Eingriff an. Bei zwei Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen wurde die Dosis an den zu behandelnden Patienten angepasst. Keiner aus dieser Fachgruppe verwendete immer die gleiche Dosis.

Bei den Oralchirurgen passten zwei die Dosis an den Patienten an. Ein Oralchirurg nahm immer die gleiche Dosis. Bei keinem wurde die Dosis an den Eingriff angepasst.

Von den Allgemeinzahnärzten nutzte keiner immer die gleiche Dosis. Vier Allgemeinzahnärzte passten die Lachgasdosis an den Eingriff und acht an den Patienten an.

Unter den Kinderzahnärzten verwendete ebenfalls keiner immer die gleiche Dosis. Bei sechs Kinderzahnärzten wurde die Dosis an den Eingriff angepasst, bei neun wurde sie an den Patienten angepasst (Tab. 23).

Fachgruppe	Dosis immer gleich	Dosis angepasst an Eingriff	Dosis angepasst Patient
MKG	-	1	2
Oralchirurgen	1	-	2
Allgemeinzahnärzte	-	4	8
Kinderzahnärzte	-	6	9

Tabelle 24: Dosisänderung in den Fachgruppen (n=23)

## **IV. 2. 7. Fachgruppen und Nebenwirkungen von Lachgas**

Einer der beiden Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen, die Lachgas verwendeten, beobachtete bei weniger als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen wie Übelkeit oder Erbrechen, während der andere bisher keine Komplikationen beobachtet hatte (Tab. 24).

Von den drei Oralchirurgen verzeichnete einer (33,33%) bei weniger als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen. Die anderen beiden Oralchirurgen (66,67%) gaben an, nie Nebenwirkungen festgestellt zu haben.

Von den neun Allgemeinzahnärzten diagnostizierten zwei (22,22%) bei weniger als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen. Sieben Allgemeinzahnärzte (77,78%) beobachteten nie Übelkeit oder Erbrechen.

Fünf der elf Kinderzahnärzte verzeichneten bei weniger als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen und sechs von ihnen (54,55%) beobachteten nie Nebenwirkungen.



Fachgruppe	< 50%	> 50%	nie
MKG	1	-	1
Oralchirurgen	1	-	2
Allgemeinzahnärzte	2	-	7
Kinderzahnärzte	5	-	6

Tabelle 25: Beobachtungshäufigkeit von Nebenwirkungen von Lachgas in den Fachgruppen (n=23)

## IV. 2. 8. Fachgruppen und spezielles Lüftungssystem in der Praxis

Beide der Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen, die Lachgas anwendeten, hatten in ihrer Praxis kein spezielles Lüftungssystem (Tab. 25).

Einer der drei Oralchirurgen gab an, Räumlichkeiten mit einem Lüftungssystem zu haben, während zwei Oralchirurgen ohne Lüftungssystem arbeiteten.

Unter den Allgemeinzahnärzten gaben nur zwei von neun an, ein Lüftungssystem zu haben.

Acht der Kinderzahnärzte arbeiteten mit einem speziellen Lüftungssystem und drei ohne.

Fachgruppe	Lüftungssystem	
	ja	nein
MKG	-	2
Oralchirurgen	1	2
Allgemeinzahnärzte	2	7
Kinderzahnärzte	3	8

Tabelle 26: Lüftungssystem bei den Fachgruppen (n=23)

## IV. 2. 9. Alter der Behandler und Sedierungsangebot

Von den 59 Zahnärzten, die Sedierung anbieten, machte einer keine Altersangabe. Die Altersverteilung der Zahnärzte, die Sedierungsverfahren anbieten, wird in dem folgenden Diagramm 8 veranschaulicht.

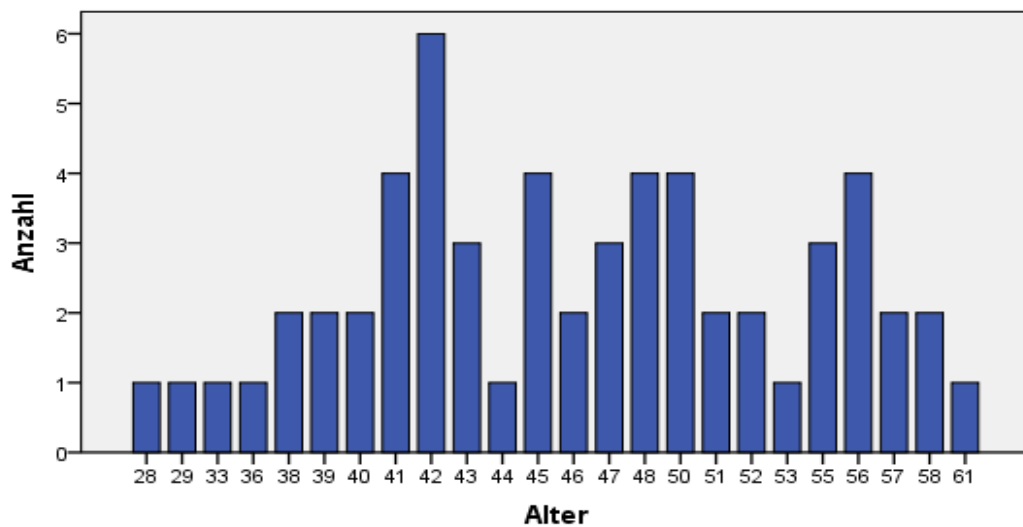


Diagramm 8: Altersverteilung der Sedierungsanwender (n=58)

Zehn (17,24%) der 58 Zahnärzte befanden sich in dem Alter bis einschließlich 40 Jahre. Zwischen 41 und einschließlich 50 Jahre waren es 31 (53,45%) und zwischen 51 und 61 Jahren waren es 17 (29,31%) Sedierungsanwender.

## IV. 2. 10. Alter der Behandler und Lachgasanwendung

Die Altersverteilung der 23 Zahnärzte, die Sedierungsverfahren mit Lachgas anbieten, wird durch Diagramm 9 gezeigt.

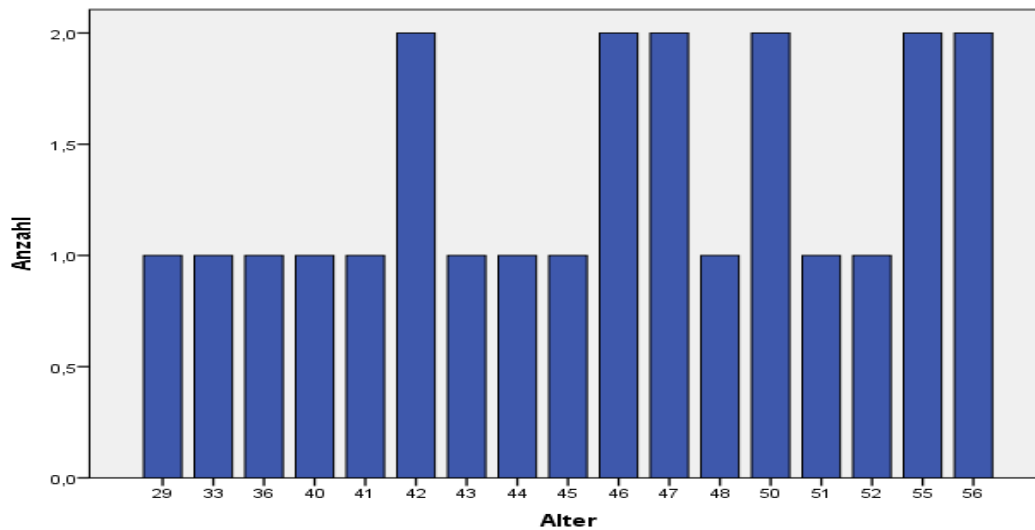


Diagramm 9: Altersverteilung der Lachgasanwender (n=23)

Vier (17,39%) der 23 Zahnärzte waren in dem Alter bis einschließlich 40 Jahre. Zwischen 41 und einschließlich 50 Jahren waren es 13 (56,52%) und zwischen 51 und 56 Jahren sechs Zahnärzte (26,09%).

## **IV. 2. 11. Sedierungsanwender und Notfalltraining**

Unter den Zahnärzten, die die Sedierung selber einsetzen, gab einer (5%) an, dass halbjährlich in seiner Praxis ein Notfalltraining stattfindet. Weitere neun Kollegen (45%) führten ein jährliches Notfalltraining durch. Sechs (30%) hatten seltener und vier (20%) nie ein Notfalltraining in der Praxis. Wenn der Zahnarzt die Sedierung anbietet, wurde bei der Mehrheit einmal im Jahr ein Training durchgeführt.

Wurde die Sedierung durch einen Anästhesisten durchgeführt, wurde bei keiner Praxis ein halbjährliches Notfalltraining angeboten. Bei 16 Praxen (69,57%) fand es jährlich, bei sechs (26,09%) seltener und bei einem nie (4,35%) statt.

In den Praxen, in denen Zahnarzt und/oder Anästhesist die Sedierung anwenden, wurden in drei der Fälle (18,75%) halbjährlich, bei zehn (62,5%) jährlich und bei drei (18,75%) seltener ein Notfalltraining durchgeführt (Dia. 10).

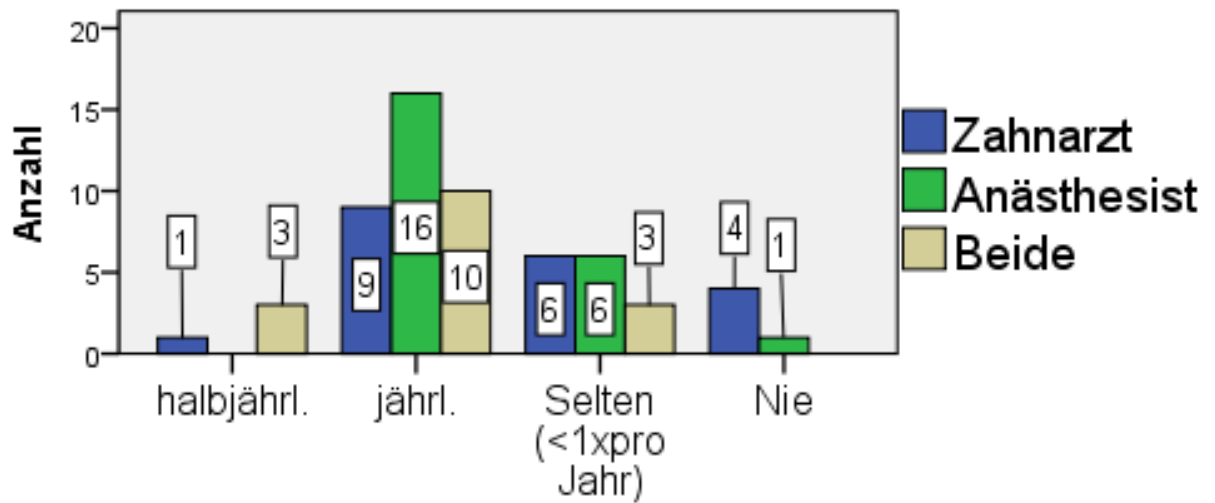


Diagramm 10: Häufigkeit Notfalltraining nach Sedierungsanwender (n=59)

## **IV. 2. 12. Lachgasanwender und Notfalltraining**

In vier Praxen (17,39%), in denen Lachgas zur Sedierung verwendet wurde, fand halbjährlich ein Notfalltraining statt. Bei 14 Praxen (60,87%) wurde es jährlich und bei zwei (8,70%) seltener als einmal pro Jahr durchgeführt. Bei drei Praxen (13,04%) wurde kein Notfalltraining angeboten (Dia. 11).

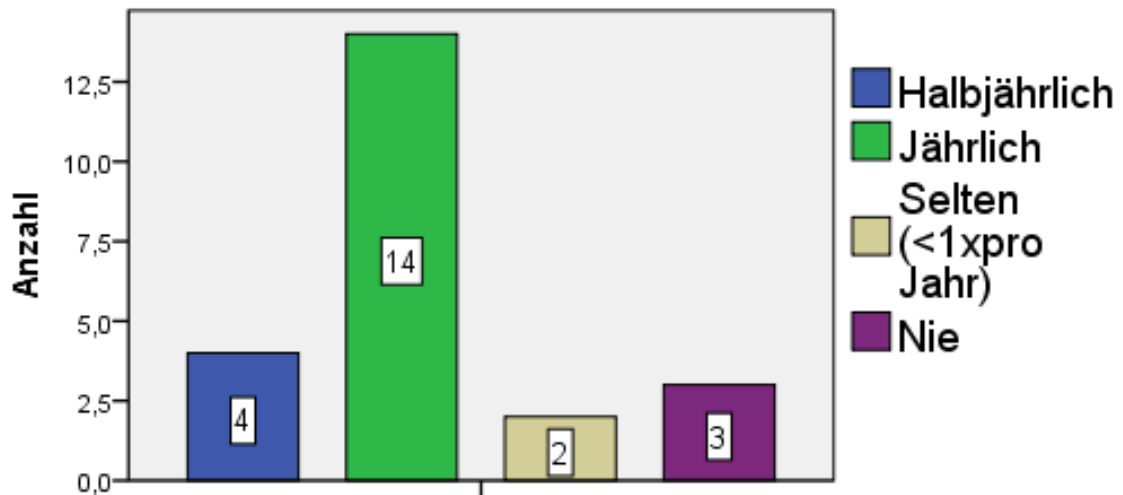


Diagramm 11: Häufigkeit Notfalltraining bei Lachgasanwendern (n=23)

## IV. 2. 13. Lachgas und Therapien

In sechs Praxen (26,09%) kam Lachgas am Häufigsten bei chirurgischen Eingriffen und in 12 (52,17%) bei konservierenden Therapien zum Einsatz. In fünf Praxen (21,74%) waren es sonstige Eingriffe, welche sich folgendermaßen zusammensetzten: konservierende und chirurgische Therapien (13,04%), Quadrantensanierung (4,35%) und Zahnersatzabdrücke (4,35%) (Dia. 12).

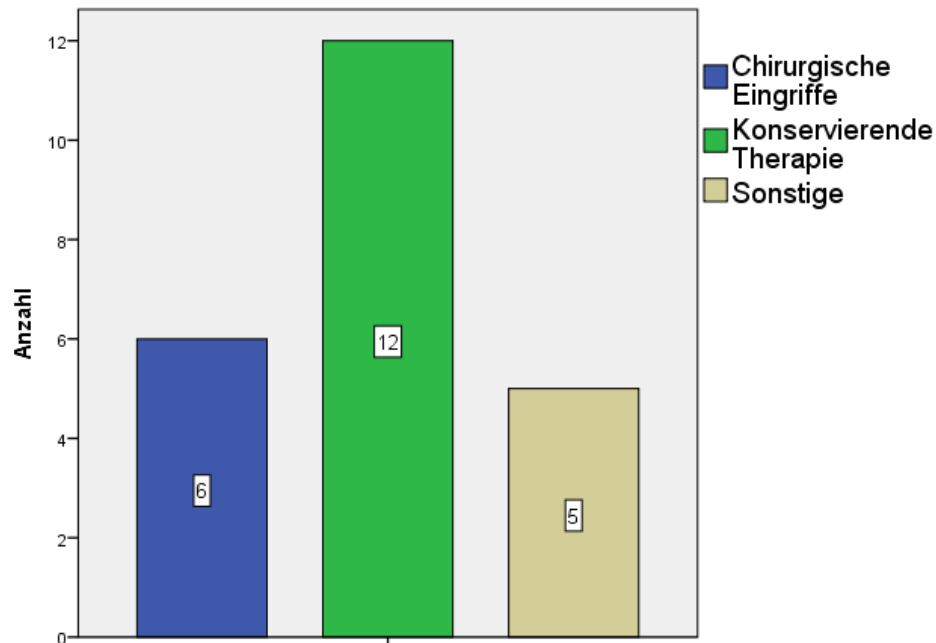


Diagramm 12: Häufigkeit der Eingriffe unter Lachgas (n=23)

## IV. 2. 14. Dosisveränderung und Häufigkeit der Nebenwirkungen

Ein Zahnarzt veränderte nie die Lachgasdosis und hatte bisher keine Nebenwirkungen beobachtet.

Von den elf Teilnehmern, die die Dosierung an den geplanten Eingriff anpassten, beschrieben vier (36,36%) das Auftreten von Nebenwirkungen bei weniger als 50% der durchgeführten Sedierungen und sieben (63,64%) hatten keine Nebenwirkungen beobachtet (Tab. 26).

Sieben (36,84%) der 19 Befragten, die die Lachgasdosis an den Patienten anpassten, berichteten von Nebenwirkungen bei weniger als 50% der durchgeführten Lachgassedierungen, während 12 (63,16%) von ihnen keine Nebenwirkungen beschrieben.

<b>Dosierung von Lachgas</b>	<b>&lt; 50%</b>	<b>&gt; 50%</b>	<b>nie</b>
<b>Dosis immer gleich</b>	-	-	1
<b>Dosis angepasst an Eingriff</b>	4	-	7
<b>Dosis angepasst an Patient</b>	7	-	12

*Tabelle 27: Häufigkeit von Nebenwirkungen bei Veränderung der Lachgasdosierung (n=23)*

## V. DISKUSSION

Um Daten über die Einsatzbereiche, die Anwender und Häufigkeit der Nutzung von Lachgas zu erhalten, wurden 400 Fragebögen per Post verschickt. 152 Antwortschreiben wurden zurückgesendet, womit die Responserate 38% betrug. In einer Studie aus dem Jahr 2016 erhielten Wilson et al. in einer per Email durchgeführten Umfrage zum Einsatz von Lachgas eine Responserate von 44%.<sup>141</sup> Vilanova- Saingery et al. (2017) erzielten bei ihrer Studie mit einer ähnlichen Fragestellung, die ebenfalls über das Internet versandt wurde, eine Responserate von 19%.<sup>142</sup> Eine weitere vergleichbare Studie via Email von Daher et al. (2012) wies eine Responserate von 45,2% auf.<sup>49</sup> Die Responserate der vorliegenden Arbeit war mit 38% vergleichbar mit diesen Ergebnissen, obwohl sie postalisch durchgeführt wurde. Eventuell hätte eine höhere Responserate erreicht werden können, falls die Umfrage zusätzlich auch per Email verschickt worden wäre. Möglicherweise hätten weitere Kollegen darauf reagiert, die elektronische Medien bevorzugen.

Der Fragebogen wurde bewusst kurz gehalten, um die Responserate durch den geringen Aufwand für die Umfrageteilnehmer zu erhöhen. Auf Grund dessen wurden allerdings tiefergehende Fragen, die die Hintergründe der Entscheidungsfindungen klären würden, ausgelassen. Es wäre von Interesse gewesen, zu erfahren, weshalb keine Sedierungsverfahren angeboten werden. Weiterhin gab es auch nicht die Möglichkeit, den Grund für die Wahl des jeweiligen Sedierungsverfahrens anzugeben. Im Zusammenhang mit der Nutzung von Lachgas hätte nach dessen Erfolgsrate gefragt werden können, um die Effektivität dieses Verfahrens in der Zahnmedizin zu definieren. In weiteren Studien sollten diese weiterführenden Fragen geklärt werden.

Die vorliegende Umfrage zum Einsatz von Sedativa/Lachgas in der Zahnarztpraxis ergab, dass von 159 Zahnärzten aus gemischten Fachbereichen 38,8% (59 Personen) Sedierungsverfahren in ihrer Praxis anbieten. Dass bereits über ein Drittel der Befragten mit Sedierung arbeiteten, lässt darauf schließen, dass die Nachfrage hoch ist. Offenbar besteht von Patientenseite der Wunsch nach einer stress- und angstfreien Behandlung und von zahnärztlicher Seite die Bereitschaft,



bei sonst schwierigen bzw. unkooperativen Patienten eine entspannte Arbeitsatmosphäre mit besserer Qualität im Endergebnis bei erhöhter Compliance zu gewährleisten. Es entsteht eine beidseitige Win-Win-Situation.

Die Umfrage ergab, dass die Vollnarkose bei 62,7% der Sedierungsanwender die am häufigsten eingesetzte Methode ist. Die Verwendung von oral/nasal verabreichten Benzodiazepinen folgte mit 44,1%, die inhalative Nutzung von Lachgas mit 39,0% und intravenös gegebenen Benzodiazepinen mit 32,2% auf die Vollnarkose unter den Anwendern. Mit jeweils vier Anwendern (6,8%) bildeten die Opiate und sonstige Verfahren wie Hypnose das Schlusslicht. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Wilson et al. (2011)<sup>34</sup> erkennt man, dass sowohl bei der durchgeführten Umfrage (62,7%) als auch international (52%) die Intubationsnarkose Spitzenreiter unter den Sedierungstechniken ist. Diese Häufigkeit kann auf verschiedenen Ursachen basieren. Durch die vollständige Ausschaltung des Bewusstseins kann sie gerade für phobische Patienten die sicherste Methode bieten, um von zahnärztlichen Behandlungen nichts mitzubekommen. Bei nicht kooperationsfähigen, körperlich und/oder geistig beeinträchtigten Personen oder unkooperativen Kindern kann die Vollnarkose u. U. die einzige Möglichkeit für eine zahnärztliche Sanierung darstellen. Der Zahnarzt hingegen kann die Verantwortung während der zahnärztlichen Therapie auf den Anästhesisten übertragen und sich vollständig auf seine Tätigkeit konzentrieren. Eine Studie aus den USA (2011), bei der die Mitglieder von IAPD und EAPD befragt wurden, beschreibt anders als in der vorliegenden Untersuchung als zweithäufigste Sedierungstechnik mit 46% die Anwendung von Lachgas.<sup>34</sup> Im Gegensatz dazu stand die oral/nasale Verabreichung von Benzodiazepinen bei den deutschen Befragten mit 44,1% an zweiter Stelle. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Lachgassedierung als Alternative zur Vollnarkose höchstwahrscheinlich in Deutschland noch nicht etabliert ist. Aufgrund der historischen Entwicklungen, der Anschaffung des Equipments und der nötigen Ausbildung steht diese Technik dem Anschein nach trotz der Vorteile gegenüber der oral/nasalen Sedierung mit Benzodiazepinen nicht im Vordergrund. Dies könnte erklären, weshalb die inhalative Sedierung mittels N<sub>2</sub>O im Studienkollektiv mit 39,0% erst an dritter Stelle stand. Diesen Platz nimmt im internationalen Kontext hingegen mit 44% die orale Sedierung mit Benzodiazepinen ein. Sowohl die postalische Umfrage als auch die

US- amerikanische Studie zeigen, dass über die Hälfte der Zahnärzte die Intubationsnarkose nutzen.

Bei der Auswertung der Daten wurde deutlich, dass ca. die Hälfte der Zahnärzte aller abgefragten Fachgruppen einmal pro Jahr an einem Notfalltraining teilnahm. Auch im Bereich der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Oralchirurgie wurde hauptsächlich jährlich ein Training durchgeführt, obwohl hier durch häufigere Operationen und größere Eingriffe die Ausbildung wichtiger erscheint und Wiederholungen in kürzeren Abständen sinnvoll wären. Bei der Betrachtung der 59 Zahnärzte, die Sedierungsverfahren anboten und bei denen damit eine adäquate Ausbildung im Notfallmanagement und deren regelmäßige Auffrischung von besonderer Bedeutung war, führte ein Gros der Befragten (59,32%) jährlich ein Training durch. Bei vier der Sedierungsanwender (6,78%) fand es halbjährlich statt. Weniger als ein Mal pro Jahr nahmen 15 Befragte (25,42%) teil und fünf (8,47%) ließen es komplett aus. Die beiden letzten Ergebnisse sind bedenklich, da knapp 34% der befragten Zahnärzte, die Sedierungsverfahren in ihren Praxen anboten, nicht regelmäßig bzw. gar nicht an Schulungen zum Notfallmanagement teilnahmen. Ebenfalls auffällig ist die Tatsache, dass gerade die Anästhesiepraxis weniger als einmal pro Jahr eine Schulung durchgeführt hat. Hier besteht allerdings die Möglichkeit, dass keine Notwendigkeit für Schulungen besteht, da der entsprechende Anästhesist selbst Notfallmediziner ist.

Besonders in Praxen, in denen Sedativa zum Einsatz kommen und das Risiko von ärztlichen Notfällen damit erhöht ist, sollte zum Schutz der Patienten die Ausbildung in lebensrettenden Maßnahmen und regelmäßige Auffrischung des Wissens eine besonders hohe Priorität haben. Auch im Hinblick auf die immer älter werdende Patientenklientel und die damit einhergehende Vergrößerung der Risikogruppe sollte die Wichtigkeit eines regelmäßigen Notfalltrainings – alle Fachgruppen betreffend - nicht unterschätzt werden. Leider fehlt in den Leitlinien des CED und EAPD eine klare Vorgabe, wie oft Schulungen zu lebensrettenden Maßnahmen durchgeführt werden sollen. Hier wird nochmals die dringende Notwendigkeit von aktuellen und einheitlichen Leitlinien deutlich. Ein „regelmäßiges“ Notfalltraining scheint sehr stark in der Auslegung des jeweiligen Behandlers zu liegen. Klare Vorgaben und die Kontrolle ihrer Einhaltung sind essentiell, um Patienten nicht unnötig zu gefährden.

Bei der Frage, in welcher Fachgruppe am meisten Sedierungsverfahren angeboten werden, zeigte sich, dass die Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen und die Anästhesiepraxis prozentual gesehen auf Platz eins der Sedierungsanwender lagen. Darauf folgten die Oralchirurgen und Kinderzahnärzte. Die Allgemeinzahnärzte boten am wenigsten Sedierungsverfahren an. Dass alle Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen und Anästhesiepraxen Sedierungsverfahren anboten, ist möglicherweise auf die Auswahl der Eingriffe zurückzuführen. In diesem Fachbereich werden vermehrt größere operative Eingriffe durchgeführt, was die Notwendigkeit von Sedierungen oder der Vollnarkose erklären kann. Dies begründet vermutlich die ebenfalls hohe Prozentzahl der Oralchirurgen, die mit Sedierung arbeitete. Wahrscheinlich war die Sedierungsangebot mit 71,43% bei den Kinderzahnärzten wegen der besonderen Patienten Klientel so hoch, weil die jungen Patienten häufig unter Sedierung eine deutlich verbesserte Compliance aufweisen. Außerdem können mit Hilfe der Sedierung traumatische Erlebnisse in der Zahnarztpraxis vermieden werden. Bei Allgemeinzahnärzten ist die Verwendung von Sedierung am wenigsten verbreitet. Mutmaßlich kommt es bei den Chirurgen und den Kinderzahnärzten zu einer Bündelung von einerseits Eingriffen und andererseits einer Patienten Klientel, die einen vermehrten Einsatz von Sedativa notwendig werden lässt. Bei Allgemeinzahnärzten ist der Patientenstamm vermeintlich oft sehr weit gefächert und die Nachfrage nach Sedierungen geringer als in anderen Fachgruppen bzw. werden solche Fälle oft weiterüberwiesen.

Bei den Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen, der Anästhesiepraxis und Oralchirurgen zeigte sich, dass die Vollnarkose und die orale/nasale Verabreichung von Benzodiazepinen die beliebtesten Sedierungsverfahren waren. Für schwerwiegende und lang andauernde Operationen kann das erhöhte Risiko einer Vollnarkose vermutlich eingegangen werden. Im Vergleich dazu stellen die oral/nasal verabreichten Benzodiazepine eine Alternative mit erheblich geringerem Aufwand und Risiko für kürzere Eingriffe dar und benötigen kein weiteres Equipment. Diese könnten Erklärungen für die bevorzugte Anwendung der beiden Verfahren sein.

Lachgas wurde von der Hälfte der Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen und ca. 23% der Oralchirurgen angeboten. Durch die verhältnismäßig leichte Sedierung wird Lachgas eventuell nicht für alle Gebiete der Chirurgie als ausreichend betrachtet

oder das Hinzukommen einer speziellen Ausbildung und technischen Ausstattung treten als Hindernisse auf. Nur ein Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurg und kein Oralchirurg arbeiteten mit Opiaten, was auf die schlechte Steuerbarkeit der Medikamente zurückzuführen sein könnte. Dass nur jeweils ca. ein Drittel der Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen und Oralchirurgen die intravenöse Verabreichung von Benzodiazepinen präferierte, könnte mit dem höheren Aufwand verbunden sein (Legen eines Zugangs etc.). Außerdem muss der Behandler dazu in der Lage sein, schnell und adäquat auf einen möglichen Atemstillstand reagieren zu können.

Bei der Hälfte der Allgemeinzahnärzte erfreute sich die Vollnarkose großer Beliebtheit. Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Anästhesisten das vollständige Equipment bereitstellen, auf- und wieder abbauen, die nötigen Medikamente und Personal mitbringen und die Narkose durchführen, überwachen, beenden und die Patienten entlassen. Der Anästhesist ist für den Ablauf der Narkose verantwortlich, während sich der Zahnarzt auf die Behandlung konzentrieren kann. Das Risiko einer Vollnarkose sollte trotz einer angenehmen und bequemen Behandlung nicht unterschätzt werden. In einigen Fällen könnte eine zahnärztliche Sanierung unter einem Sedierungsverfahren ohne Beteiligung eines Anästhesisten mit geringerem Risiko erfolgreich durchgeführt werden. Jedoch ist bei solchen Verfahren oft eine besondere Ausstattung erforderlich und der Behandler muss während der zahnärztlichen Behandlung auch die Vitalfunktionen des Patienten überwachen. Lachgas und intravenös verabreichte Benzodiazepine wurden vermutlich wegen der nötigen technischen Ausstattung und der personellen Voraussetzung deshalb nur von je knapp einem Drittel der Allgemeinzahnärzte verwendet. Immerhin gut 33% griffen auf oral/nasal gegebene Benzodiazepine zurück. Auch hier ist kein Equipment außer der Notfallausrüstung erforderlich und der Aufwand wird möglichst gering gehalten, unter anderem auch deshalb, weil keine weitere Ausbildung nötig ist.

Mutmaßlich wegen der schlechten Steuerbarkeit der Opiate und Propofol, wurden diese nur sehr wenig (6,8%) verwendet. Akupunktur (1,7%) und Hypnose (3,4%) wurden ebenfalls sehr selten eingesetzt. Sowohl Akupunktur als auch Hypnose sind zum einen stark von der Compliance des Patienten abhängig, zum anderen für größere Eingriffe wenig geeignet und fanden wahrscheinlich deshalb selten Anwendung. Weiterhin sind beide Verfahren vollständig private Leistungen und

auch hier muss eine entsprechende Ausbildung zur Anwendung dieser Techniken vorangegangen sein. Letztendlich müssen Patienten über alle zur Verfügung stehenden Möglichkeiten informiert und auch die leichteren Sedierungsverfahren erläutert werden. Die Vollnarkose ist trotz all der anderen Risiken die sicherste Alternative, um nichts von einem Eingriff mitzubekommen, da hier das Bewusstsein vollständig ausgeschaltet wird. Vor allem ängstliche Patienten könnten daher nach oft voreilig zu einer Vollnarkose tendieren und müssten dementsprechend umfassend über risikoärmere Möglichkeiten aufgeklärt werden, sofern es der Eingriff zulässt. Das Wohl des Patienten sollte oberste Priorität bei der Auswahl des Verfahrens haben.

Bei 85% der Kinderzahnärzte war die Vollnarkose auf dem ersten Platz der durchgeführten Sedierungsverfahren. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass junge Patienten durch mangelnde Compliance und/oder fehlende Kooperationsfähigkeit wegen der kognitiven Entwicklungsstufe für alternative Methoden weniger geeignet und zugänglich sind als Erwachsene. Trotz dessen sollte gerade bei Kindern, die sich kleinen Eingriffen unterziehen müssen, auf die Vollnarkose und die damit einhergehenden Risiken möglichst verzichtet werden. Bei über der Hälfte der Kinderzahnärzte kam Lachgas zum Einsatz. Im internationalen Vergleich wird deutlich, dass in anderen Ländern bereits viel öfter nicht nur von Kinderzahnärzten auf die Lachgassedierung zurückgegriffen wird. Beispielsweise in den USA, Dänemark oder Brasilien kommt diese Technik bei weit über einem Drittel der Kinderzahnärzte regelmäßig zum Einsatz.<sup>47 48 49</sup> Lachgas ist sehr gut steuerbar und risikoarm. Allerdings müssen die Kinder zu einer konsequenten Nasenatmung imstande sein und ein gewisses Maß an Kooperationswillen und Kommunikationsfähigkeit aufweisen. Damit ließe sich erklären, dass trotzdem noch 40% der Kinderzahnärzte in Deutschland die orale/nasale Verabreichung von Benzodiazepinen bevorzugten. Die schlechtere Steuerbarkeit wird dadurch ausgeglichen, dass der Behandler in keiner Weise von der Compliance des Kindes abhängig ist. Die intravenöse Sedierung kam trotz der besseren Regulierbarkeit bei nur 25% der Kinderzahnarztpraxen zum Einsatz. Die technische Ausstattung und Hürden, wie das Legen eines venösen Zugangs, scheinen viele Kinderzahnärzte davon abzuhalten, diese Technik anzuwenden. Eventuell wegen des erhöhten Risikos und der unvorhersehbaren Reaktion der Kinder, wurden Opiate nur bei 5%

solcher Praxen verwendet. Die Hypnose als alternative Sedierungsmethode ist ebenfalls stark von der kognitiven Entwicklungsstufe, Compliance und Offenheit des Kindes abhängig. Außerdem ist eine entsprechende Ausbildung des Behandlers erforderlich. Vermeintlich aufgrund dessen praktizierten nur 10% der Kinderzahnärzte Hypnose.

Wird der Fokus nun auf den Einsatz von Lachgas gelegt, zeigt sich, dass von den insgesamt 59 Zahnärzten, die Sedierungen anboten, 23 Lachgas zur inhalativen Sedierung verwendeten. Vorreiter in der Anwendung waren hier die Kinderzahnärzte, gefolgt von den Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen, den Allgemeinzahnärzten und schließlich den Oralchirurgen. Bei den Kinderzahnärzten könnte die häufige Verwendung von Lachgas auf die einfache Anwendung und das geringe Risiko dieser Technik zurückzuführen sein. Bei den Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen finden größere Eingriffe statt und dementsprechend wurden höchstwahrscheinlich mehrere alternative Sedierungsverfahren angeboten und eingesetzt. In der Gruppe der Oralchirurgen wurde zwar auch Lachgas angeboten, aber andere Sedierungstechniken – wie die Gabe von Benzodiazepinen oral/nasal oder die Vollnarkose – erfreuten sich größerer Beliebtheit. Allgemeinzahnärzte weisen eine gemischte Patientenklientel auf, wodurch vermutlich Sedierungen generell seltener nötig sind.

Bei der Betrachtung der Anwendungshäufigkeit von Lachgas und der Patientenklientel zeigte sich, dass bei den Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen Lachgas vermehrt bei Patienten im Kindesalter zum Einsatz kam. Bei den Oralchirurgen fand Lachgas häufiger bei Angstpatienten Verwendung. Im Bereich der Allgemeinzahnmedizin wurde häufiger bei Kindern und Angstpatienten Lachgas benutzt. Kinderzahnärzte griffen generell deutlich öfter auf die Sedierung mittels Lachgas zurück, wobei sich hier die Anwendung erwartungsgemäß ebenfalls bei Kindern und Angstpatienten häufte. Durch den hohen Anteil junger Patienten in den Kinderzahnarztpraxen scheint demzufolge auch der Anteil unkooperativer Patienten deutlich höher als in anderen Fachgruppen zu sein. Dies könnte den vermehrten Einsatz sedierender Maßnahmen erklären, um erstens eine Behandlung überhaupt zu ermöglichen und zweitens traumatische Erlebnisse in jungen Jahren zu vermeiden. In allen Fachbereichen waren die Gruppen der Kinder und Angstpatienten diejenigen, bei denen am Häufigsten die Sedierung mit Lachgas

angewendet wurde. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Lachgas zur Distanzierung von Angst und zur Verbesserung der Compliance ein sicheres Sedativum mit einfacher Handhabung darstellt und deshalb für diese Klientel gut geeignet ist.

Im Hinblick auf die Dosierung wurde deutlich, dass sich die Lachgasdosis, außer bei den Oralchirurgen, in allen Fachbereichen am meisten nach dem zu behandelnden Patienten richtete. Jeder Mensch reagiert individuell auf Stresssituationen. Während ein Patient bei einer Füllung vollkommen ruhig bleibt, kann ein anderer großer Angst und Nervosität ausgesetzt sein. Dementsprechend ist die Anpassung der Lachgasdosis ganz individuell auf den Patienten abzustimmen. Am zweithäufigsten war die Dosierung gemäß dem bevorstehenden Eingriff. Eine Extraktion kann vermutlich eine höhere Dosis erfordern als eine Füllungstherapie. Der Vorteil von titrierbaren Sedativa wie Lachgas ist, dass die Dosis an den Patienten angepasst werden und während des Eingriffs entsprechend der Reaktion des Patienten weiter erhöht oder verringert werden kann. Die Anwendung von immer der gleichen Dosis, wie es hier bei einem Oralchirurgen der Fall war, scheint demnach wenig sinnvoll. Eine Über- oder Untersedierung und damit verbundene Risiken scheinen bei der großen Individualität der Patienten unvermeidlich. Um so wenig wie möglich und so viel wie nötig zu sedieren, sollte die Lachgasdosis vor jedem Eingriff erneut überdacht werden. Hat ein Patient bei der vorangehenden Sitzung die Therapie ruhig und entspannt angenommen, könnte für das nächste Mal bei einem vergleichbaren Eingriff eine geringere Dosierung in Erwägung gezogen werden.

Bei 69,57% der insgesamt 23 Zahnärzte, die Lachgassedierungen durchführten, kam es nie zu Nebenwirkungen. Dies ist eine sehr geringe Nebenwirkungsrate. Die Lachgassedierung kann offenbar bei adäquater Anwendung als sicheres Verfahren mit äußerst seltenem Auftreten von Nebenwirkungen beschrieben werden. Bei der Betrachtung der Nebenwirkungsrate zeigte sich, dass in allen abgefragten Fachgruppen kein Zahnarzt angab, bei mehr als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen beobachtet zu haben. Bei den Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen, die prozentual am häufigsten Nebenwirkungen beobachtet hatten, verzeichnete die Hälfte bei weniger als 50% der Lachgassedierungen Nebenwirkungen und die andere Hälfte nie. In den Fachgruppen der Oralchirurgen und Allgemeinzahnärzten



hatten deutlich über die Hälfte und bei den Kinderzahnärzten etwa die Hälfte nie Nebenwirkungen beobachtet. Auch bei den beiden Gruppen mit und ohne Anpassung der Lachgasdosierung war das Auftreten der Nebenwirkungen annähernd gleich. Dieses Ergebnis führt zur Fragestellung, ob die Dosisänderung bei allen Patienten erforderlich ist. Jedoch waren die Kinderzahnarztpraxen, die zum größten Teil die Dosis an den Patienten angepasst hatten, diejenigen, die am häufigsten über Nebenwirkungen berichtet hatten. Kinder reagieren auf Medikamente und deren Dosierungen oder aber auch auf stressige Situationen anders als Erwachsene, wodurch Reaktionen wie Übelkeit und Erbrechen bei ihnen häufiger auftreten können. Diese Symptome können Nebenwirkungen von Lachgas aber auch Stressreaktionen der Kinder sein. Es kommt hinzu, dass sich die Kommunikation mit Kindern oft als schwierig erweist und die exakte Einstellung der idealen Lachgasdosis somit auch komplizierter ist. Trotzdem ist es entsprechend vorliegender Ergebnisse bei Kindern zu empfehlen, die Lachgasdosis so gering wie möglich und nur so hoch wie notwendig einzustellen.

Bei der Erfragung der Ausstattung der Behandlungsräume wurde deutlich, dass außer bei den Kinderzahnärzten ein Großteil der Zahnärzte während der Lachgassedierung in Räumlichkeiten ohne spezielles Lüftungssystem behandelte. Bei den Kinderzahnärzten überwog die Anzahl derer, die mit spezieller Raumlüftung arbeiteten. Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Kinderzahnärzte bereits in der Ausarbeitung und Formulierung der Leitlinien durch den EAPD eine Rolle als Vorreiter innehaben. Somit liegt bei ihnen dem Anschein nach ein besonderes Augenmerk auf der Einhaltung der vorgegebenen Richtlinien. Von den insgesamt 23 Lachgasanwendern waren es 60,87%, die ohne Lüftung arbeiteten, obwohl in den Leitlinien eine klare Empfehlung dazu ausgesprochen wird. Aus arbeitsschutzrechtlicher Sicht scheint dies fraglich. Zur Minimierung der Arbeitsplatzbelastung und zum Schutz der Behandler und Mitarbeiter sollte eine Lachgassedierung nur unter angemessenen räumlichen Voraussetzung und der entsprechenden Ausstattung stattfinden.

Die Altersverteilung der Lachgasanwender entspricht etwa der Altersverteilung der Sedierungsanwender. Wird diese Verteilung analysiert, erkennt man eine Häufung in der Altersspanne zwischen 40 und 50 Jahren; über die Hälfte der Sedierungsanwender befand sich in diesem Bereich. In diesem Alter kann man



meist bereits auf einige Jahre Berufserfahrung zurückgreifen. Der Altersdurchschnitt für die Niederlassung in Deutschland liegt bei ca. 35 Jahren.<sup>143</sup> Zwischen 40 und 50 Jahren sind viele Zahnärzte dementsprechend lang genug niedergelassen, haben Erfahrungen gesammelt und sind offenbar in ihrem Alltag sowohl fachlich als auch finanziell so weit etabliert, die Anschaffung von neuem technischen Equipment und die Erwerbung, bzw. Ausweitung von Wissen in Erwägung ziehen zu können. Bei jüngeren Zahnärzten mangelt es vermutlich an Kapital, Routine und Selbstbewusstsein, um selbst Sedierungen, wie mit Lachgas, anzubieten. Wiederum könnte bei Kollegen über 50 Jahren das Interesse schwinden, neue technische Ausrüstung anzuschaffen und die z. B. für Lachgas notwendige Ausbildung zu absolvieren. Als sie in dem entsprechenden Alter gewesen waren, könnte es noch an Angeboten bzw. Möglichkeiten gefehlt haben.

Ein wichtiger Aspekt für die Sicherheit der Patienten ist die Durchführung eines Trainings zum Notfallmanagement in regelmäßigen Abständen. Das Training wurde bei vier von 59 Praxen halbjährlich angeboten. Hier waren die Praxen Vorreiter, bei denen sowohl Zahnarzt als auch Anästhesist die Sedierung durchführten. Eine jährliche Schulung bevorzugten 35 Praxen. Hauptvertreter waren hier die Praxen mit Anästhesist, gefolgt von den Zahnärzten, die allein die Sedierungen durchführen. Bei 15 Praxen kam es seltener als einmal pro Jahr zu einem Training. Hierbei waren beide Arten von Anwendern gleichermaßen vertreten. In fünf Praxen fand nie ein Notfalltraining statt. Hier waren die Zahnärzte ohne Unterstützung der Anästhesisten an der Spitze gefolgt von den Praxen mit Anästhesisten. Betrachtet man gesondert die Lachgasanwender in Bezug auf ein Notfalltraining, sieht man, dass es bei etwa 61% jährlich zu einem Training kam, gefolgt von den halbjährlichen Schulungen mit 17%. Jedoch hatten 13% dieser Praxen nie ein Training und etwa 9% immerhin seltener als einmal pro Jahr, was bedenklich ist. Trotz der geringen Nebenwirkungsrate, der Titrierbarkeit und weitgehend sicheren Anwendung von Lachgas darf nicht unterschätzt werden, dass auch hier unerwünschte Zwischenfälle auftreten können. Auch der Zahnarzt, der keine Sedierungsverfahren anbietet, ist vor Notfällen in der Praxis nicht gefeit. Aber gerade diejenigen, die die Behandlung unter Sedativa durchführen, müssen mit Notfallsituationen umgehen und im Ernstfall schnell und kompetent reagieren können.

Lachgas kam in der vorliegenden Umfrage bei konservierenden Eingriffen- wie der Füllungstherapie oder endodontischen Behandlungen- zum Einsatz. Dieser Therapiebereich nimmt den größten Anteil der allgemeinen zahnärztlichen Tätigkeit ein. Auch bei Kinderzahnärzten scheint der Anteil konservierender Therapien hoch zu sein. Bei chirurgisch tätigen Zahnärzten stehen dagegen erwartungsgemäß die chirurgischen Eingriffe im Vordergrund. Der Anteil der Chirurgen, die an der Umfrage teilgenommen haben, war geringer, wodurch Lachgas dementsprechend vermehrt bei konservierenden oder chirurgischen Therapien zum Einsatz kam.

Bereits bei der Erläuterung des historischen Hintergrundes der Lachgassedierung wurde deutlich, dass Deutschland im Vergleich zu den USA einen Rückstand zu verzeichnen hat. In den USA hingegen wurde sie seit jeher aus einem anderen Blickwinkel betrachtet und der Forschung und auch Anwendung auf diesem Gebiet erheblich mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Dies äußert sich unter anderem darin, dass im Gegensatz zu Deutschland eine gute Datenlage vorhanden ist. In Deutschland hingegen wurde die Lachgassedierung immer wieder durch andere Verfahren verdrängt<sup>144</sup> und gilt bis heute nicht als Standard in den Zahnarztpraxen. Im Zuge der Recherchen stellte es sich als schwierig heraus, aktuelle, aussagekräftige und einheitliche Daten für Deutschland zu finden.

Im Vergleich der beiden Kontinente in Bezug auf die Ausbildung zur Lachgasanwendung fällt auf, dass sehr viele Gemeinsamkeiten bestehen. Es bestehen jedoch auch einige Unterschiede zwischen beiden Ausarbeitungen. Den Ausführungen über die Reglementierungen der Ausbildungskurse wird in der amerikanischen Version deutlich mehr Aufmerksamkeit zuteil, als in der europäischen. Gleiches gilt für das Patienten- Monitoring, die Aufstellung einer Anamnese und die Verwendung von Lokalanästhesie während der Sedierung. Den Kursen liegt ein klares Konzept zugrunde,<sup>145</sup> welches durch die jahrelange Tradition der Lachgasanwendung begründet ist. Die europäischen Guidelines zum Kursinhalt sind weniger präzise und ausführlicher.<sup>145</sup> Anders ist dies im Bereich der technischen Voraussetzungen. Die USA gehen nur sporadisch auf dieses Thema ein, während in den europäischen Richtlinien genaue Vorgaben gemacht werden. Abgesehen davon bestehen nur wenige, kleine Unterschiede zwischen beiden Kontinenten. Dass die amerikanischen Leitlinien als Vorgabe für die europäischen gedient haben, ist nicht abzustreiten. In Deutschland allerdings gibt es immer noch

keine Ausarbeitungen und es gelten weiterhin die europäischen Vorgaben. Es besteht ein erheblicher Nachholbedarf Deutschlands hinsichtlich der Erstellung von Leitlinien. Dass Deutschland noch immer hinter anderen Ländern zurücksteht, begründet sich dadurch, dass der Gebrauch von Lachgas lange Zeit unüblich war, wie es sich mit 39% in der vorliegenden Arbeit auch bestätigt hat. Im Vergleich zeigt sich erneut, dass das Thema Lachgas in Deutschland bis heute eine untergeordnete Rolle spielt und mit Skepsis betrachtet wird.

Obwohl es eine wachsende Nachfrage nach Sedierung während der zahnärztlichen Behandlung gibt, um die Risiken einer Vollnarkose zu umgehen, scheinen die deutschen Zahnärzte die Anwendung von Lachgas kritisch zu betrachten. Sie greifen weiterhin am häufigsten zu oralen Sedativa wie Midazolam<sup>107</sup> oder zur Vollnarkose, was auch durch die vorliegende Umfrage bestätigt wurde. Aufgrund der einfachen Applikation und der geringen Komplikationsrate rückt die inhalative Sedierung jedoch gerade in der Kinderzahnheilkunde in den Vordergrund. Die hohe Akzeptanz und die nur selten auftretenden Nebenwirkungen machen Lachgas zu einer gut kontrollierbaren und vergleichsweise sicheren Alternative zu der Allgemeinanästhesie. Gerade im Kindesalter sollte diese, wenn möglich, vermieden werden.

Auf der anderen Seite wird für die Inhalation ein größerer technischer Aufwand als für die orale Sedierung durch Benzodiazepine nötig. Auch das erforderliche Equipment muss angeschafft und in Stand gehalten werden. Viele Zahnärzte scheinen diese Investition und den Aufwand, der damit verbunden ist, zu scheuen. Andererseits muss die Titrierbarkeit der Lachgassedierung als Vorteil gegenüber der oralen Sedierung hervorgehoben werden. Auch die sehr kurze Erholungsphase ist von großer Bedeutung. Die Patienten können in normalem Zustand in die Praxis kommen und diese nach erfolgreicher Sedierung ebenfalls ohne Einschränkungen wieder verlassen.

Ein weiterer Aspekt, der an dieser Stelle besonders betont werden soll, ist die Vermeidung von Situationen, in denen eine Sedierung notwendig ist. Die Angst vor dem Zahnarztbesuch wird durch negative Erlebnisse und schmerzhaft Erfahrungen überhaupt erst hervorgerufen. Karies, Entzündungen oder vorangegangene schmerzhaft Behandlungen prägen sich dem Patienten ein und können die Entwicklung einer Odontophobie bedingen. Gerade im Kindesalter ist

die Kariesprävention und Erhaltung der Mundgesundheit von elementarer Bedeutung, um die Angst vor dem Zahnarzt gar nicht erst entstehen zu lassen. Hier ist es die Aufgabe des Zahnarztes, eine schmerzfreie Behandlung zu gewährleisten. Auch müssen Eltern besonders darauf bedacht sein, keine negative Beeinflussung der Kinder hervorzurufen. Die Vorbildfunktion ist hier ausschlaggebend. Oft übertragen Eltern eigene Ängste durch falsches und unbedachtes Verhalten auf ihre Kinder, obwohl diese bisher keine negativen Erlebnisse gehabt haben.<sup>146</sup> Diese Konditionierung muss durch den Zahnarzt von Anfang an verhindert werden.

Viele Sedierungen, die wegen Zahnarztphobie durchgeführt werden müssen, können durch Prävention verhindert werden. Sie sollte deshalb stärker in das Bewusstsein der Zahnärzte rücken und vor allem rechtzeitig, also bereits im frühen Kindesalter, in Angriff genommen werden. Trotzdem gibt es Situationen, in denen eine zahnärztliche Behandlung und eine medikamentöse Unterstützung notwendig werden. Beispielsweise können Personen mit Hyperaktivitätssyndromen unter normalen Umständen kaum behandelt werden. Auch bei Menschen mit geistiger oder körperlicher Behinderung kann eine Sedierung für eine adäquate zahnärztliche Sanierung nötig werden. Gleiches gilt für Patienten mit starkem Würgereiz, bei denen ohne pharmakologische Intervention keine Behandlung stattfinden kann. Bei Patienten, bei denen eine Behandlung unter normalen Bedingungen nicht möglich ist, muss der Zahnarzt dazu in der Lage sein, individuell das geeignete Verfahren auszuwählen. Lachgas stellt in den meisten Fällen die sicherste und einfachste Variante dar. Wie aber oben erläutert, gibt es auch hier einige Kontraindikationen und mögliche Nebenwirkungen. Nicht jeder Patient kann pauschal unter einer Lachgassedierung therapiert werden. Auch wenn die Komplikationsrate verhältnismäßig gering ist, darf Lachgas niemals unbedarft verwendet werden. Wie auch bei allen anderen Sedierungsverfahren muss eine lückenlose Anamnese erhoben und sorgfältig eine Indikation gestellt werden. Der Zahnarzt muss in der Lage sein, die Grenzen der Lachgassedierung zu erkennen und gegebenenfalls ein anderes Verfahren zu wählen. Trotz der Effektivität der Vollnarkose sollte aufgrund der höheren Mortalität, Morbidität und der höheren Kosten als bei der minimalen Sedierung der Fokus mehr und mehr auf die Techniken der leichteren Sedierung gerichtet werden.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass sich in Deutschland die Anwendung von Lachgas in der Zahnarztpraxis bisher kaum etabliert hat. In dem Gesamtkollektiv (n=152) benutzten nur 23 der Befragten (15%) in ihren Praxen Lachgas zur Sedierung, die meisten jedoch ohne ein spezielles Lüftungssystem. Fast 70% der Befragten hatten bisher entweder selten oder nie Nebenwirkungen während der Lachgasanwendung beobachtet.

Diese Ergebnisse bestätigen, dass Lachgas bei richtiger Indikationsstellung eine relativ sichere Alternative zur Sedierung in den Zahnarztpraxen darstellt. Sie lassen schlussfolgern, dass ein großer Bedarf an Aufklärung über die Vorteile der Lachgassedierung in der Zahnmedizin, aber auch eine Notwendigkeit der Überprüfung und Etablierung der Richtlinien für den Einsatz von Lachgas in den deutschen Zahnarztpraxen vorliegt.

In Deutschland scheint ein großer Bedarf an eigenen Studien vorzuliegen. Es gibt bestimmte Patientengruppen, z. B. Personen mit Hyperaktivitätssyndromen, Würgereiz und mit geistigen und/oder körperlichen Behinderungen, bei denen adäquate zahnärztliche Behandlungen nur unter medikamentöser Unterstützung durchgeführt werden können. In solchen Fällen kann Lachgas nach einer lückenlosen Anamnese und sorgfältig gestellten Indikation eine sichere und einfache Alternative darstellen. Um die Anwendung von Lachgas auf hohem Niveau in Deutschland garantieren und auch im internationalen Vergleich in diesem Bereich bestehen zu können, muss verstärkt ein Augenmerk auf die Forschung und Durchführung von repräsentativen Studien gelegt werden.

## VI. ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war, mittels einer postalischen Umfrage im Rhein-/Main-Gebiet, München und Berlin die Zahnarztpraxen und Fachgruppen, die unter Sedierung, insbesondere mit Lachgas, zahnärztliche Behandlung durchführen, zu erfassen und die Häufigkeit, Indikationsbereiche und Komplikationen der Lachgassedierung sowie die Richtlinienkonformität der Lachgasanwendung zu ermitteln.

Die Responserate der Umfrage betrug 38%. Unter den 152 Zahnarztpraxen, die an der Umfrage teilgenommen haben, boten 39% eine zahnärztliche Therapie unter Sedierung an. Mit 63% war die Vollnarkose das am häufigsten eingesetzte Sedierungsverfahren, gefolgt von oral/nasal verabreichten Benzodiazepinen (44%) und der Lachgassedierung (39%). 52% der zahnärztlichen Eingriffe, die unter Lachgassedierung durchgeführt wurden, waren konservierende Maßnahmen. Bei der Lachgassedierung wurde die Dosis vorwiegend an den Patienten (83%) oder aber an den Eingriff (48%) angepasst. 65,2% der Befragten hatten bisher keine Nebenwirkungen unter Lachgasanwendung beobachtet. 52% der Praxen, die Lachgas einsetzen, hatten kein spezielles Lüftungssystem. Die Kinderzahnarztpraxen setzen mit 55% am häufigsten Lachgas als Sedierungsverfahren ein, obwohl auch in diesen Praxen die Vollnarkose häufiger eingesetzt wurde als Lachgassedierung. In 5% der Praxen mit Sedierungsangebot fand halbjährlich und in 45% jährlich ein Notfalltraining statt.

Diese Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen schlussfolgern, dass Lachgas bei richtiger Indikationsstellung eine sichere Sedierungsalternative ist, aber in Deutschland ein großer Bedarf zum einen an der Aufklärung über die Vorteile seiner Anwendung und zum andern an der Etablierung der Richtlinien für den Einsatz von Lachgas vorliegt.

## VII. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Philippi-Höhne, C. Daubländer, M., Becke, K., Reinhold, P., Splieth, C., Beck, G., Schmidt, H., „Einsatz von Lachgas zur minimalen Sedierung von Kindern in der Zahnheilkunde“, zm online, Heft 20/2013 Zahnmedizin, Oktober 2013  
[http://www.zm-online.de/hefte/Einsatz-von-Lachgas-zur-minimalen-Sedierung-von-Kindern-in-der-Zahnheilkunde\\_148331.html#1](http://www.zm-online.de/hefte/Einsatz-von-Lachgas-zur-minimalen-Sedierung-von-Kindern-in-der-Zahnheilkunde_148331.html#1) (zitiert am 15.04.2017)
- 2 Bundesverband der Kinderzahnärzte e. V. (BuKiZ), „Inhalieren gegen die Angst – Kinderzahnärzte werben für Lachgas- Sedierung“, Pressemitteilung vom 02.04.2013, Pressekontakt (ViSdP): drs. Johanna Maria Kant, Präsidentin Bundesverband der Kinderzahnärzte  
[http://www.kinderzahnaerzte.de/files/lachgas\\_\\_pm\\_13\\_04\\_021.pdf](http://www.kinderzahnaerzte.de/files/lachgas__pm_13_04_021.pdf) (zitiert am 02.01.2017)
- 3 Gärtner, J., „Lachgassedierung in der Kinderzahnheilkunde“, ZWP online, Juni 2013  
<https://www.zwp-online.info/fachgebiete/prophylaxe/therapie/lachgassedierung-der-kinderzahnheilkunde> (zitiert am 05.07.2017)
- 4 Lucks, Y., Auras, S., „Kinderzahnärztliche Behandlung - Voraussetzungen und Herausforderungen“, ZMK online Zeitschriften, Spitta Verlag Balingen, 2017  
<https://www.zmk-aktuell.de/> (zitiert am 05.07.2017)
- 5 <http://www.angst.org/angstformen/angst-vor-dem-zahnarzt> (zitiert am 11.5.2017)
- 6 Maiwald, H.-J., „Kinderzahnheilkunde. Grundlagen, erfolgreiche Konzepte und neue Methoden der Kinderbehandlung in der Zahnarztpraxis. Teil 7“, Spitta Verlag Balingen, 1996, Kapitel 5.1
- 7 Kossak, H.- C., Zehner, G., „Hypnose beim Kinder- Zahnarzt“, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2011, S. 7
- 8 Rittler-Ungethüm, B, Benz-Jedziny, C., Reeka- Bartschmid, A., „Sedierung in der Kinderzahnheilkunde - Eine praxisnahe Bewertung“, BZB online, April 2014, Wissenschaft und Fortbildung, S. 58  
[http://www.bzb-online.de/apr14/58\\_63.pdf](http://www.bzb-online.de/apr14/58_63.pdf) (zitiert am 06.06.2017)
- 9 Mathers, F. G., „Lachgassedierung in der Zahnmedizin“, Thieme Verlagsgruppe, CME- Fortbildung, ZWR–Das Deutsche Zahnärzteblatt 2013; 122 (11), S. 566
- 10 Mathers, F. G., „Orale Sedierung im zahnärztlichen Praxisalltag“, DZW Portal für dentales Praxiswissen, Köln, 2013  
<https://www.dzw.de/orale-sedierung-im-zahn%C3%A4rztlichen-praxisalltag> (zitiert am 03.07.2017)
- 11 Yu, H. H., Hseu, S. S., Chan, K. H, Chen, C. F., Lee, T. Y., „Flumazenil as an antagonist for midazolam anesthesia in outpatient surgery“, 1990 Dec;28(4):401-9
- 12 Keys, T. E., „Die Geschichte der chirurgischen Anästhesie“, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 1968, S. 144
- 13 Watermann K, „Geschichtliches über die Entdeckung der Narkose unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten Henry Hill Hickmanns“, Inauguraldissertation, Düsseldorf, 1936
- 14 Balogh, A., Haen, E., „Klinische Pharmakologie in der zahnärztlichen Praxis“, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 2010, S.3, 4



- 15 Esch, J., „Lachgassedierung – In den USA ist Lachgas Standard“, zm online, Heft 05/2016 Titel, Februar 2016  
[http://www.zm-online.de/hefte/In-den-USA-ist-Lachgas-Standard\\_339216.html#Info\\_1](http://www.zm-online.de/hefte/In-den-USA-ist-Lachgas-Standard_339216.html#Info_1) (zitiert am 17.03.2017)
- 16 Smith, W. D. A., „A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part I: Joseph Priestley to Humphry Davy“, *Brit J. Anaesth.* (1965), 37, 790
- 17 Koehler, N., Goubeaud, M., Hildebrandt, O., Sohrabi, A. K., Koehler, U., „Die Geschichte des Sauerstoffs – von der Entdeckung bis zur medizinischen Anwendung“, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart New York, 2011, S. 738
- 18 Davy, H., „Researches: Chemical and Philosophical; Chiefly Concerning Nitrous Oxide, or Dephlogisticated Nitrous Air and its Respiration“, J. Johnson by Biggs and Cottle, Bristol, 1800
- 19 Lutze, K., „Horace Wells - Der tragische Pionier der Anästhesie“, zm online, Heft 10/2008 Gesellschaft, Mai 2008
- 20 <http://www.seilnacht.com/chemiker/chepri.html>, (zitiert am 13.09.2015)
- 21 Weimann, J., „Lachgas- Lehrbuch online“, <http://www.lachgas-lehrbuch.de/Grundlagen/Lachgas-Geschichte.php>, (zitiert am 13.09.2015),
- 22 Brandt, L., Krauskopf, K.-H., „150 Jahre Anästhesie: Eine Entdeckung in der Chirurgie“, *aerzteblatt.de*, *Dtsch Arztebl* 1996; 93(45): A-2957 / B-2293 / C-2089
- 23 Povacz, F., „Geschichte der Unfallchirurgie“, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2000, S. 103
- 24 Haupt, J., „Die Geschichte der Dräger-Narkoseapparate“, Band I, Drägerwerk AG, Druckerei Renk, Hamburg, 1970, S. 14, 21
- 25 Schulte am Esch, J., Bause, H., Kochs, E., Scholz, J., Standl, T., Werner, C., „Duale Reihe Anästhesie: Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie“, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2011, S. 5
- 26 Haupt, J., „Die Geschichte der Dräger-Narkoseapparate“, Band I, Drägerwerk AG, Druckerei Renk, Hamburg, 1970, S. 8, 28, 40, 79
- 27 Leitch J., Macpherson A., „ Current state of sedation/analgesia care in dentistry“, *Curr Opin Anaesthesiol.* 2007 Aug;20(4):384-7
- 28 Oulis, J. C., Hosey, M. T., Martens, L., Hammer, D., Martínez, J. Á., Raya, A. A., „The Use Of Nitrous Oxide Inhalation Sedation In Dentistry“, Council Of European Dentists Resolution (President Dr. Wolfgang Doneus), May 2012
- 29 Furtenhofer, O., „Sedieren mit Lachgas- wie im Schlaf“, Fortbildungszirkel i-med Akademie, Forum GesundheitsMedien GmbH, Fortbildungs- DVD, Mai 2013
- 30 Lenk, M., Joraschky, P., Petrowski, K., Weidner, K., Berth, H., Hannig, C., „Zahnbehandlungsangst– ein unterschätztes Symptom bei psychischen Grunderkrankungen“, *Deutsches Ärzteblatt Jg. 110/Heft 31-32/5.* August 2013  
<http://www.aerzteblatt.de/archiv/144094/Zahnbehandlungsangst-ein-unterschaetztes-Symptom-bei-psychischen-Grunderkrankungen>, (zitiert am 2.1.2017)
- 31 Julihn, A., Barr Agholme, M., Grindefjord, M., Modéer, T., „Risk factors and risk indicators associated with high caries experience in Swedish 19- year- olds“, *Acta Odontologica Scand.*, 2006; 64(5): 267- 273



- 32 Murthy, A. K., Pramila, M., Ranganath, S., „Prevalence of clinical consequences of untreated dental caries and its relation to dental fear among 12- 15- year- old schoolchildren in Bangalore city, India”, *European Archives of Paediatric Dentistry*, 2014; 15(1): 45- 49
- 33 Mehrstedt, M., John, M. T., Tönnies, S., Micheelis, W., „Oral Health-Related Quality of Life in Patients With Dental Anxiety”, *Community Dent Oral Epidemiol.*, 2007 Oct;35(5):357-63.
- 34 Brahm, C. O., Lundgren, J., Carlsson, S. G., Nilsson, P., Corbeil, J., Hägglin, C., „Dentists' Views on Fearful Patients. Problems and Promises”, *Swed Dent J.* 2012;36(2):79-89.
- 35 Wilson, S., Alcaino, E. A., „A survey on sedation in paediatric dentistry: A global perspective“, *Paediatr Dent.*, 2011 Sep; 21(5): 321- 32
- 36 Soldani, F., Manton, S., Stirrups, D. R., Cumming, C., Foley, J., „A comparison of inhalation sedation agents in the management of children receiving dental treatment: a randomized, controlled, cross- over pilot trial”, *International Journal of Paediatric Dentistry*, 2010; 20(1): 65- 75
- 37 Lyratzopoulos, G, Blain, K. M., „Inhalation sedation with nitrous oxide as an alternative to dental general anaesthesia for children”, *Journal of Public Health Medicine*, 2003; 25(4): 303- 312
- 38 Blain, K. M., Hill, F. J., „The use of inhalation sedation and local anaesthesia as an alternative to general anaesthesia for dental extractions in children”, *Br Dent J* 1998, 184: 608- 611
- 39 Shaw, A. J., Meechan, J. G., Kilpatrick, N. M., Welbury, R. R., „The use of inhalation sedation and local anaesthesia instead of general anaesthesia for extractions and minor oral surgery in children: a prospective study”, *International Journal of Paediatric Dentistry*, 1996; 6(1): 7- 11
- 40 Galeotti, A., Bernardin, A. G., D'Antò, V., Ferrazzano, G. F., Gentile, T., Viarani, V., Cassabgi, G., Cantile, T., „Inhalation Conscious Sedation with Nitrous Oxide and Oxygen as Alternative to General Anesthesia in Precooperative, Fearful, and Disabled Pediatric Dental Patients: A Large Survey on 688 Working Sessions”, *BioMed Research International*, 2016 Sep; Article ID 7289310: 2-6
- 41 Venham, L., Quatrocelli, S., „The young child's response to repeated dental procedures”, *Journal of Dental Research*, 1977; 56(7): 734- 738
- 42 Mathers, F. G., Loew, O., Arndt, W., Siessegger, M., Molitor, A., Reiter-Nohn, P., Walgenbach, G., „How satisfied are recently- trained German dentists and their patients with dental care under nitrous oxide sedation?”, *Institut für dentale Sedierung*, Juni 2011  
[http://lachgas-sedierung.com/wp-content/uploads/IDS\\_Institut\\_Dentale\\_Sedierung\\_Pressemitteilung\\_fgmposterIAPD209.pdf](http://lachgas-sedierung.com/wp-content/uploads/IDS_Institut_Dentale_Sedierung_Pressemitteilung_fgmposterIAPD209.pdf),  
(zitiert am 5.4.2017)
- 43 Toomarian, L., Katayoun, S., Ghassem, A., „Assessing the sedative effect of oral vs submucosal meperidine in pediatric dental patients”, *Dental Research Journal*, März 2013; 10(2): 173
- 44 Wood, M., „The safety and efficacy of intranasal midazolam sedation combined with inhalation sedation with nitrous oxide and oxygen in paediatric dental patients as an alternative to general anaesthesia.”, 2010 Jan;26:12-22
- 45 Krauss, B., Green, S. M., „Training and credentialing in procedural sedation and analgesia in children: lessons from the United States model”, *Paediatr Anaesth* 2008, 18:30- 35
- 46 Woolley, S. M., „An audit of referrals to a secondary care sedation unit”, *Br Dent J* 2009, 206:270-271
- 47 Wilson, S., Gosnell E.S., „Survey of American Academy of Pediatric Dentistry on nitrous oxide and sedation: 20 years later“, *Paediatr Dent.* 2016 Oct 15;38(5):385-392

- 48 Petersen, J. K., „Nitrous oxide analgesia in dental practice“, *Acta Anaesthesiol Scand.*, 1994 Nov; 38(8): 773- 4
- 49 Daher, A., Hanna, R., P., Costa, L., R., Leles, C., R., „ Practices and opinions on nitrous oxide/oxygen sedation from dentists licensed to perform relative analgesia in Brazil“, *BMC Oral Health*. 2012 Jul 18;12:21.
- 50 Mathers, F. G., „Lachgas in der zahnärztlichen Praxis, Eine moderne Technik zur sicheren Sedierung“, *Markt und Innovation, BZB Januar/ Februar 13, Köln*, [http://www.bzb-online.de/jan13/62\\_67.pdf](http://www.bzb-online.de/jan13/62_67.pdf), (zitiert am 13.11.2015)
- 51 Hallonsten, A.- L., Jensen, B., Raadal, M., Veerkamp, J., Hosey, M. T., Poulsen, S., „Guidelines on Sedation in Paediatric Dentistry“, *EAPD (European Archives of Paediatric Dentistry)*, 11.4.2003
- 52 Sadoris, J. A., President of ADA, „Issues in Anesthesia and Sedation in Dentistry“, New Jersey, 1988  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2167863/pdf/anesthprog00275-0007.pdf>, (zitiert am 3.1.2017)
- 53 Council of European Dentists, President Dr. M. Landi, „CED Resolution on the use of Nitrous Oxide Inhalation Sedation – Update“, November 2019, CED-DOC-2019-055-E
- 54 ADA „Guidelines for the Use of Sedation and General Anesthesia by Dentists“, ADA House of Delegates, Oct 2016, accessed Jan 2017  
<https://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/nitrous-oxide>, (zitiert am 1.4.2020)
- 55 ADA „Guidelines for the Use of Sedation and General Anesthesia by Dentists“, ADA House of Delegates, May 2019  
<https://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/nitrous-oxide> (zitiert am 1.4.2020)
- 56 Hosey, M.- T., „Managing anxious children: the use of conscious sedation in paediatric dentistry.“, *Int J Paediatr Dent*, 2002; 12: 259- 372
- 57 Hemprich, A., „Lachgas in der Zahnheilkunde – eine Renaissance?“, *Zahnärzteblatt Sachsen* 2011; 4: 29-30
- 58 Faller, H., Lang, H., „Medizinische Psychologie und Soziologie“, 2. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2006, S. 104
- 59 Huppelsberg, J., Walter, K., „Kurzlehrbuch Physiologie“, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2009, S. 374
- 60 Faller, H., Lang, H., „Medizinische Psychologie und Soziologie“, 2. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2006, S. 105
- 61 <http://oxfordmedicine.com/view/10.1093/9780195173642.001.0001/med-9780195173642-chapter-10> (zitiert am 10.9.2017)
- 62 Paruch, J., „Agoraphobie“, Früherkennungs- und Therapiezentrum für psychische Krisen (FETZ), Köln, <http://www.fetz.org/Agoraphobie.pdf>, (zitiert am 11.5.2017)
- 63 Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R., Walters, E. E., „Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication.“, *Arch. Gen. Psychiatry* 2005, 62, 593–602
- 64 Batelaan, N. M., Spijker, J., de Graaf, R., Cuijpers, P., „Mixed anxiety depression should not be included in DSM-5.“, *J. Nerv. Ment. Dis.* 2012, 200, 495–498

- 65 Locker, D., Poulton, R., Thomson, W. M., „Psychological Disorders and Dental Anxiety in a Young Adult Population”, *Community Dent Oral Epidemiol.* 2001 Dec;29(6):456-63.
- 66 AKPP, DGZMK, „S3- Leitlinie: Zahnbehandlungsangst beim Erwachsenen“, Oktober 2019, [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/083-020l\\_S3\\_Zahnbehandlungsangst-beim-Erwachsenen\\_2019-11.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/083-020l_S3_Zahnbehandlungsangst-beim-Erwachsenen_2019-11.pdf) (zitiert am 22.3.2020)
- 67 Facco, E., Zanette, G., Manani, G., „Italian version of Corah's Dental Anxiety Scale. normative data in patients undergoing oral surgery and relationship with the ASA physical status classification.”, *Anesth. Prog.* 2008, 55, 109–115
- 68 Enkling, N., Marwinski, G., Jöhren, P., „Dental Anxiety in a Representative Sample of Residents of a Large German City”, *Clin Oral Investig.*, 2006 Mar;10(1):84-91. Epub 2006 Feb 14.
- 69 Shoben, E. J., Jr., Borland, L., „An empirical study of the etiology of dental fears.”, *J. Clin. Psychol.* 1954 10, 171–174
- 70 Balogh, A., Haen, E., „Klinische Pharmakologie in der zahnärztlichen Praxis”, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 2010, S. 5
- 71 Schönwald, S. „Biographische Determinanten der Disposition zu psychischer Erkrankung: Evaluation des VDS 1-Fragebogens zur Lebens-und Krankheitsgeschichte“, 2015 <https://books.google.lu/books?id=FclFCwAAQBAJ&pg=PP220&lpg=PP220&dq=Demenz+Zahnarztangst&source=bl&ots=iMFMJhsTfH&sig=ACfU3U0OxgBkISD5AV3p7-JymbWI6Niydg&hl=de&sa=X&ved=2ahUKEwif7oCHgfrpAhUR2aQKHQnUDoMQ6AEwA3oECAkQAQ#v=onepage&q=Demenz%20Zahnarztangst&f=false>, (zitiert am 11.6.2020)
- 72 Lenk, M., Berth, H., Joraschky, P., Petrowski, K., Weidner, K., Hannig, C., „Zahnbehandlungsangst – ein unterschätztes Symptom bei psychischen Grunderkrankungen“, *Dtsch Arztebl Int* 2013; 110(31-32): 517-22; DOI: 10.3238/arztebl.2013.0517
- 73 Merskey, H., Bogduk, N., „Part III: Pain Terms, A Current List with Definitions and Notes on Usage“, *Classification of Chronic Pain, Second Edition*, IASP Task Force on Taxonomy, IASP Press, Seattle, 1994, S. 209- 214 <http://www.iasp-pain.org/Taxonomy>, (zitiert am 1.10.2015)
- 74 Nobis, H.- G., Rolke, R., Deutsche Schmerzgesellschaft e. V., Sektion der IASP, 2012 <http://www.dgss.org/patienteninformationen-start/netzwerke-der-versorgung/multimodale-schmerztherapie/>, (zitiert am 1.10.2015)
- 75 Graefe, K. H., Lutz, W., Bönisch, H., „Duale Reihe: Pharmakologie und Toxikologie“, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, 2011, S. 215
- 76 Schmidt, R. F., Lang, F., Heckmann, M., „Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie“, 31. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2010, S. 302
- 77 Huppelsberg, J., Walter, K., „Kurzlehrbuch Physiologie“, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2009, S. 232
- 78 Huppelsberg, J., Walter, K., „Kurzlehrbuch Physiologie“, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2009, S. 306
- 79 Ploghaus, A., Narain, C., Beckmann, C. F., Clare, S., Bantick, S., Wise, R., Matthews, P. M., Rawlins, J. N., Tracey, I., „Exacerbation of Pain by Anxiety Is Associated With Activity in a Hippocampal Network”, *J Neurosci.* 2001 Dec 15;21(24):9896-903.

- 80 Coté, C. J., Wilson, S, Work Group on Sedation American Academy of Pediatrics; American Academy of Pediatric Dentistry, „Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures: an update.“ *Pediatrics* 2006;118:2587–602
- 81 Wilson, T. D., McNeil, D. W., Kyle, B. N., Weaver, B. D., Graves, R. W., „Effects of conscious sedation on patient recall of anxiety and pain after oral surgery.“, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014; 117: 277- 282
- 82 Jakobs, W., (Speicher), Mathers, F. G., (Köln), „Intravenöse dentale Sedierung- neue Wirkstoffe in Sicht?“, *DZW Portal für dentales Praxiswissen*, 28.4.2014  
<http://www.dzw.de/artikel/intravenoese-dentale-sedierung-neue-wirkstoffe-sicht>,  
(zitiert am 28.11.2014)
- 83 Jackson D. L, Johnson B. S., „Conscious sedation for dentistry: risk management and patient selection.“, *Dent Clin North Am.* 2002 Oct;46(4):767-80
- 84 Einwag, J., Pieper, K., Krämer, N., Krafft, T., Danzl, M., „Kinderzahnheilkunde“, Urban&Fischer, München/ Jena, 2002, S. 226-240
- 85 Mathers, F. G., „Orale Sedierung im zahnärztlichen Praxisalltag“, *DZW Portal für dentales Praxiswissen*, Köln, 18.3.2013  
<http://dzw.de/artikel/orale-sedierung-im-zahn%C3%A4rztlichen-praxisalltag>, (zitiert am 28.11.2014)
- 86 Berghaus, G., Käferstein, H., Rothschild, M. A., „Arzneimittel und Fahrsicherheit“, *Deutsches Ärzteblatt*, 103, Heft 31–32, 7. August 2006
- 87 Jakobs, W., (Speicher), Mathers, F. G., (Köln), „Intravenöse dentale Sedierung- neue Wirkstoffe in Sicht?“, *DZW Portal für dentales Praxiswissen*, 28.4.2014  
<http://www.dzw.de/artikel/intravenoese-dentale-sedierung-neue-wirkstoffe-sicht>,  
(zitiert am 17.12.2014)
- 88 Stenqvist, O., Husum, B., Dale, O., „Nitrous oxide: an aging gentleman“, *Acta Anaesthesiol Scand*, 2001; 45(2): 135- 137
- 89 Collado, V., Nicolas, E., Faulks, D., et al., „A review of the safety of 50% nitrous oxide/ oxygen in conscious sedation“, *Expert Opin Drug Saf*, 2007; 6: 559-571
- 90 Philippi- Höhne, C., Daubländer, M., Becke, K., Reinhold, P., Splieth, C., Beck, G., „Einsatz von Lachgas zur minimalen Sedierung von Kindern in der Zahnheilkunde“, *Deutscher Ärzte- Verlag, Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 2013; 68: 7
- 91 Schapera, A. „An anaesthetic mask gas- scavenging system.“, *J Occup Med*, 1993; 35: 1138-1141
- 92 Reiz, S., Gustavsson, A. S., Häggmark, S., Lindkvist, A., Norman, M., Strömberg, B., „The double mask – a new local scavenging system for anaesthetic gases and volatile agents.“, *Acta Anaesthesiol Scand*, 1986; 30: 260- 265
- 93 Stenqvist, O., „Nitrous oxide kinetics“, *Acta Anaesthesiol Scand*, 1994; 38: 757-760
- 94 Baldus Medizintechnik, [www.baldus-medizintechnik.de](http://www.baldus-medizintechnik.de), (zitiert am 30.3.2017)
- 95 Mathers, F. G., Dr. Mathers Institutes, Institute für dentale Sedierung  
<http://www.sedierung.com/forschung-sedierung/fachinfo-lachgassedierung/praktische-durchfuehrung/>, (zitiert am 17.12.2014)

- 96 Thompson, J. M., Neave, N., Moss, M. C., Scholey, A. B., Wesnes, K., Girdler, N. M., „Cognitive properties of sedation agents: comparison of the effects of nitrous oxide and Midazolam on memory and mood“ Br Dent J, 1999; 187: 557- 562
- 97 Jakobs, W., (Speicher), Mathers, F. G., (Köln), „Intravenöse dentale Sedierung- neue Wirkstoffe in Sicht?“, DZW Portal für dentales Praxiswissen, 28.4.2014  
<http://www.dzw.de/artikel/intravenoese-dentale-sedierung-neue-wirkstoffe-sicht>,  
 (zitiert am 06.01.2015)
- 98 Wick, J., Y., „The history of benzodiazepines.“, Consult Pharm, 2013; 28(9): 538- 48
- 99 Lutz, H., van Ackern, K., Geiger, K., Hartung, H.- J., Klose, R., Martin, E., Osswald, P. M., Peter, K., Striebel, J.- P., Tolksdorf, W., „Anästhesiologische Praxis“, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1986, S. 17
- 100 Vagts, D. A., Schmidt, M., „Suchtmittel in der AINS“, Springer- Verlag Berlin- Heidelberg, 2007, S. 79- 89
- 101 Mancuso, C. E., Tanzi, M. G., Gabay, M., „Paradoxical Reactions to Benzodiazepines: Literature Review and Treatment Options“, Pharmacotherapy 2004 Sep;24(9):1177-85.
- 102 Massanari, M., Novitsky, J., Reinstein, L. J., „Paradoxical Reactions in Children Associated With Midazolam Use During Endoscopy“, Clin Pediatr (Phila)1997 Dec;36(12):681-4.
- 103 Wallowy, P., ZWP online, 17.10.2011  
<http://www.zwp-online.info/de/fachgebiete/oralchirurgie/anaesthesie/intravenoese-sedierung-mit-midazolam-der-zahnmedizin>, (zitiert am 07.01.2015)
- 104 Huppelsberg, J., Walter, K., „Kurzlehrbuch Physiologie“, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, 2009, S. 237
- 105 Doccheck Flexikon, „Benzodiazepin“, „Midazolam“  
<http://flexikon.doccheck.com/de/Benzodiazepin>, (zitiert am 14.12.2014)
- 106 Tyagi, P., Tyagi, S., Jain, A., „Sedative effects of oral midazolam, intravenous midazolam and oral midazolam in the dental treatment of children.“, J Clin Pediatr Dent., 2013; 37: 301- 305
- 107 Corcuera- Flores, J.- R., Silvestre- Rangil, J., Cutando- Soriano, A., Lopez- Jiménez, J., „Current methods of sedation in dental patients- a systematic review of the literature“, Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 2016 Sep; 21(5): 679-586
- 108 Mitra, S., Kazal, S., Anand, L. K., „Intranasal clonidine vs. Midazolam as premedication in children: a randomized controlled trial“, Indian Pediatr., 2014; 51: 113- 118
- 109 Europäisches Arzneibuch, Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, Govi Verlag, Eschborn, Pharmazeutischer Verlag GmbH, 1998, 3. Ausgabe, S. 863- 866
- 110 Lüllmann, H., Mohr, K., Hein, L., „Pharmakologie und Toxikologie“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2010, 17. Auflage, S. 383
- 111 Chapman, C. R., Murphey, T. M., Butler, S., „Analgesic strength of 33% nitrous oxide: a single detection theory evaluation“, Science 1973; 179: 1246- 1248
- 112 Herdegen, T., „Kurzlehrbuch Pharmakologie und Toxikologie“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2014, 3. Auflage, S. 410

- 113 Berkowitz, B. A., Finck, A. D., Ngai, S. H., „Nitrous oxide analgesia: reversal by Naloxone and development of tolerance“, J Pharmacol Exp Ther 1977; 203: 539- 547
- 114 Freissmuth, M., Offermanns, S., Böhm, S., „Pharmakologie und Toxikologie: Von den molekularen Grundlagen zur Pharmakotherapie“, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2012, S. 255
- 115 McMenemin, M., Parbrook, G. D., „Comparison of the effects of subanaesthetic concentrations of Isoflurane or nitrous oxide in volunteers“, Br J Anaesth, 1988; 60: 56- 63
- 116 Cheam, E. W. S., Dob, D. P., Skelly, A. M., Lockwood, G. G., „The effect of nitrous oxide on the performance of psychomotor tests“, Anaesthesia, 1995; 50: 764- 768
- 117 Khinda V. I., Bhuria P., Khinda P., Kallar S., Brar G. S., „Comparative evaluation of diffusion hypoxia and psychomotor skills with or without postsedation oxygenation following administration of nitrous oxide in children undergoing dental procedures: A clinical study“, J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2016 Jul-Sep;34(3):217-22
- 118 Guttormsen, A., B., Refsum, H., Ueland, P. M., „The interaction between nitrous oxide and cobalamin.“, Acta Anaesthesiol Scand, 1994; 38: 753- 756
- 119 Schönherr, M. E., Hollmann, M.W., Graf, B., „Lachgas. Sinn oder Unsinn für die heutige Narkoseführung?“, Anaesthesist, 2004; 53: 796- 812
- 120 Todd, D. W., „Pediatric sedation and anesthesia for the oral surgeon“, Oral Maxillofac Surg Clin North Am, 2013; 25: 467-478
- 121 Huppelsberg, J., Walter, K., „Kurzlehrbuch Physiologie“, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, 2009, S. 19
- 122 Mathers, F. G., „Sedierung in der Zahnarztpraxis“, Thieme Verlagsgruppe, CME Fortbildung, ZWR- Das Deutsche Zahnärzteblatt, 2013; 122 (11)
- 123 ADA „Guidelines for the Use of Sedation and General Anesthesia by Dentists“, ADA House of Delegates, 2007  
[http://www.ada.org/~media/ADA/About%20the%20ADA/Files/anesthesia\\_use\\_guidelines.ashx](http://www.ada.org/~media/ADA/About%20the%20ADA/Files/anesthesia_use_guidelines.ashx),  
(zitiert am 17.11.2014)
- 124 ADA „Guidelines for Teaching Pain Control and Sedation to Dentists and Dental Students“, ADA House of Delegates, Oktober 2007  
[http://www.ada.org/~media/ADA/Member%20Center/Files/anxiety\\_guidelines.ashx](http://www.ada.org/~media/ADA/Member%20Center/Files/anxiety_guidelines.ashx),  
(zitiert am 17.11.2014)
- 125 DGKIZ, „Zertifizierung der Lachgasanwendung durch die DGKIZ“, Januar 2014, S. 4  
[http://www.dgkiz.de/files/dgkiz/pdf/Internet%20Soko-Lachgas\\_Jul2014.pdf](http://www.dgkiz.de/files/dgkiz/pdf/Internet%20Soko-Lachgas_Jul2014.pdf), (zitiert am 18.11.2014)
- 126 American Society of Anesthesiologists: Task Force on sedation and analgesia by non-anesthesiologists. „Practice guidelines for sedation and analgesia by non- anesthesiologists.“, Anesthesiology, 2002; 96: 1004- 1017
- 127 DgfdS (Deutsche Gesellschaft für dentale Sedierung e. V.), August 2012
- 128 ADA „Guidelines for Teaching Pain Control and Sedation to Dentists and Dental Students“, ADA House of Delegates, Oktober 2007  
[http://www.ada.org/~media/ADA/Member%20Center/Files/anxiety\\_guidelines.ashx](http://www.ada.org/~media/ADA/Member%20Center/Files/anxiety_guidelines.ashx),  
(zitiert am 22.11.2016)
- 129 Weaver, J., M., „Incorporating new ADA sedation- anaesthesia practice Guidelines into state dental board regulations“, Anesth Prog, 1999; 45: 131- 133



- 130 Umweltbundesamt, „Lachgas und Methan“, 2.9.2014  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/lachgas-methan>, (zitiert am 9.2.2017)
- 131 Schirmer, U., „Lachgas. Entwicklung und heutiger Stellenwert“, *Anaesth*, 1998; 47: 245- 255
- 132 Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, 8.10.2019  
<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>, S. 103, (zitiert am 17.12.2019)
- 133 Vessey, M., P., „Epidemiological studies of the occupational hazards of anaesthesia- a review.“, *Anaesthesia*, 1978; 33: 430- 438
- 134 Beratungsgesellschaft für Arbeits- und Gesundheitsschutz mbH, „Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert)- Definition“  
<https://www.bfga.de/arbeitsschutz-lexikon-von-a-bis-z/fachbegriffe-j-r/mak-wert-fachbegriff/>, (zitiert am 18.2.2017)
- 135 Amt für Arbeitsschutz der Freien und Hansestadt Hamburg, Merkblatt für den Umgang mit Narkosegasen, M9, 3. überarbeitete Auflage, 1997
- 136 Schulte am Esch, J., Pothmann, W., „Narkosebelastung am Arbeitsplatz- ein zukünftig lösbares Problem“, *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 1982; 32: 529- 531
- 137 Kanmura, Y., Sakai, J., Yoshinaka, H., Shirao, K., „Causes of nitrous oxide contamination in operating rooms.“, *Anesthesiol*, 1999; 90: 693- 696
- 138 Hoerauf, K. H., Wallner, T., Akca, O., Taslimi, R., Sessler, D. I., „Exposure to sevoflurane and nitrous oxide during four different methods of anesthetic induction.“, *Anesth Analg*, 1999; 88: 925- 929
- 139 Hoerauf, K. H., Funk, W., Harth, M., Hobbhahn, J., „Occupational exposure to sevoflurane, halothane and nitrous oxide during paediatric anaesthesia.“, *Anaesthesia*, 1997; 52: 215- 219
- 140 Hoerauf, K., H., Koller, C., Jakob, W., Taeger, K., Hobbhahn, J., „Isoflurane waste gas exposure during general anaesthesia: the laryngeal mask compared with tracheal intubation.“, *Br J Anaesth*, 1996; 77: 189- 193
- 141 Wilson, S., Houpt, M., „Project USAP 2010: Use of Sedative Agents in Pediatric Dentistry-a 25-year Follow-up Survey“, *Pediatr Dent*. Mar-Apr 2016;38(2):127-33.
- 142 Vilanova- Saingery, C., Bailleul- Forestier, I., Vaysse, F., Vergnes, J. N., Marty, M., „Use and perception of nitrous oxide sedation by French dentists in private practice: a national survey“, *Eur Arch Paediatr Dent*. 2017 Dec;18(6):385-391.
- 143 Klingenberger, D., *zm online*, 9.11.2018, Heft 22/2018 „Die Zukunft der zahnärztlichen Niederlassung“,  
<https://www.zm-online.de/archiv/2018/22/praxis/die-zukunft-der-zahnaerztlichen-niederlassung/seite/alle/>, (zitiert am 2.4.2020)
- 144 Schüttler J., Schwilden H., „200 Jahre Lachgas - auch das Ende einer Ära?“, *Anesthesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther*. 2001; 36: 640

145 ADA „Guidelines for the Use of Sedation and General Anesthesia by Dentists“, ADA House of Delegates, 2007

[http://www.ada.org/~media/ADA/About%20the%20ADA/Files/anesthesia\\_use\\_guidelines.ashx](http://www.ada.org/~media/ADA/About%20the%20ADA/Files/anesthesia_use_guidelines.ashx),  
(zitiert am 23.1.2020)

146 Wildermuth, M., „Angstentstehung und -bewältigung im Säuglings-, Kindes- und Jugendalter“, Johannes Mayer Verlag, Stuttgart, 2006, S. 43



## VIII FRAGEBOGEN

### Umfrage zum Einsatz von Sedativa

Zutreffendes bitte ankreuzen.

#### 1. Fachgebiet / Spezialisierung (mehrere Antworten möglich)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Mund- Kiefer- Gesichts- Chirurgie | <input type="checkbox"/> Oralchirurgie  |
| <input type="checkbox"/> Allgemeinzahnarzt                 | <input type="checkbox"/> Kinderzahnarzt |
| <input type="checkbox"/> Anästhesiepraxis                  |   |

#### 2. Wie alt sind Sie?

\_\_\_\_\_ Jahre

#### 3. Findet ein regelmäßiges Notfalltraining für das Team statt? (nur eine Antwort möglich)

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> halbjährlich              | <input type="checkbox"/> jährlich |
| <input type="checkbox"/> selten (< 1 Mal pro Jahr) | <input type="checkbox"/> nie      |

#### 4. Bieten Sie Sedierungs- Verfahren an? (nur eine Antwort möglich)

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein ( <i>Der Fragebogen endet an dieser Stelle</i> ) |
|-----------------------------|--|

#### 5. Wer führt die Sedierung durch? (mehrere Antworten möglich)

- Zahnarzt
- Anästhesist

**6. Welche Verfahren setzen Sie ein?** (mehrere Antworten möglich)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Lachgas (Bitte weiter mit Frage 7.) | <input type="checkbox"/> Benzodiazepine oral/ nasal |
| <input type="checkbox"/> Opiate                              | <input type="checkbox"/> Benzodiazepine i. v.       |
| <input type="checkbox"/> Vollnarkose                         | <input type="checkbox"/> Sonstige: _____            |

*Sollten Sie kein Lachgas verwenden, endet der Fragebogen an dieser Stelle.*

**7. Bei welchen Eingriffen kommt Lachgas am häufigsten zum Einsatz?** (nur eine Antwort möglich)

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> chirurgische Eingriffe | <input type="checkbox"/> konservierende Therapie |
| <input type="checkbox"/> Sonstige: _____        |  |

**8. Bei welchen Patienten verwenden Sie wie häufig Sie Lachgas?** (mehrere Antworten möglich)

	Alle Patienten	Kinder (bis 16 Jahre)	Patienten mit Behinderung	Angstpatienten
selten (1-2x pro Monat)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
regelmäßig (1-4x pro Woche)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
häufig (täglich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**9. Verändern Sie bei Folgesitzungen am gleichen Patienten die Lachgasdosis?** (mehrere Antworten möglich)

- |  |                             |                               |   |                               |
|--|-----------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> immer die gleiche Dosis:    | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein | <input type="checkbox"/> angepasst an den Eingriff: |                               |
| <input type="checkbox"/> angepasst an den Patienten: | <input type="checkbox"/> ja | <input type="checkbox"/> nein | <input type="checkbox"/> ja                         | <input type="checkbox"/> nein |

**10. Beobachten Sie bei den Patienten Übelkeit/ Erbrechen im Zusammenhang mit der Lachgas- Sedierung? (nur eine Antwort möglich)**

- bei weniger als 50% der Lachgassedierungen
- bei mehr als 50% der Lachgassedierungen
- nie

**11. Sind die Behandlungsräume für Lachgas mit einem speziellen Lüftungssystem ausgestattet? (nur eine Antwort möglich)**

- ja
- nein

## **IX. DANKSAGUNG**

An erster Stelle gilt mein Dank meiner Doktormutter für ihre wissenschaftliche, methodische und vor allem auch unentwegte menschliche Unterstützung und die stets zielführenden Diskussionen, anhaltende Hilfestellung und Betreuung während der gesamten Bearbeitungsphase meiner Dissertation.

An dieser Stelle möchte ich auch meiner Mutter, meinen Geschwistern und meinem Schwager für das stets offene Ohr für meine Gedanken und Probleme danken.

Ein besonderer Dank gilt meinem Partner, der durch Hilfestellung bei technischen Problemen, unermüdliche Stärkung und Motivierung und stets als Zuhörer und Diskussionspartner dazu beigetragen hat, dass diese Arbeit fertiggestellt werden konnte.