

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. Joachim Windolf

Behandlungsbedürftige Kohlenmonoxid-Intoxikationen aufgrund von Shisha-Konsum: eine Trend- und Ursachenanalyse

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

David Eichhorn

2021

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. Johannes Schneppendahl

Zweitgutachter: Prof. Dr. Michael Bernhard

Für meinen Vater

Zusammenfassung

Der Konsum von Wasserpfeifen, die vor allem bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen beliebt sind, hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Die gesundheitlichen Folgen werden dabei systematisch unterschätzt, nicht zuletzt aufgrund der implizierten reinigenden Eigenschaften des Wassers, durch das der inhalierte Rauch gefiltert wird [Kuntz et al. 2015, Orth et al. 2018]. Die Folge ist eine zunehmende Zahl unter neurologischen und kardialen Symptomen leidender Patienten mit teilweise therapiebedürftigen Kohlenmonoxid-Vergiftungen.

Ziele der Dissertation waren die Ermittlung der Inzidenz von Kohlenmonoxid-Intoxikationen aufgrund von Wasserpfeifenkonsum am *Universitätsklinikum Düsseldorf*, sowie die Charakterisierung der Schwere solcher Vergiftungen im Vergleich zu anderen häufigen Intoxikationsursachen wie Bränden oder defekten Gasthermen.

Dafür erfolgte eine strukturierte Literaturrecherche bisher publizierter Fallstudien sowie eine retrospektive Kohorten-Studie aller Patienten, die im Zeitraum 01/2010 bis 12/2020 am *Universitätsklinikum Düsseldorf* einer Notfall-HBO-Therapie zugeführt wurden. Informationen über die initialen Symptome, die Notwendigkeit einer Reanimation oder Intubation sowie die Höhe der Laborparameter Carboxyhämoglobin, Troponin und Leukozyten wurden als Surrogat-Parameter der Intoxikationsschwere ausgewertet.

Es konnte gezeigt werden, dass die Anzahl behandlungsbedürftiger Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum am UKD im Zeitraum 2015 bis 2018 stark zugenommen hat und in den Jahren 2017 und 2018 die häufigste Notfall-HBO-Indikation darstellte. Demgegenüber zeigte eine Auswertung der genannten Surrogat-Parameter, dass keiner der Patienten nach Wasserpfeifenkonsum intubiert oder reanimiert werden musste und auch die Troponin-Werte signifikant niedriger waren als in der Vergleichsgruppe mit Kohlenmonoxid-Vergiftungen anderer Ursache.

Somit scheint die zunehmende Beliebtheit von Wasserpfeifen, insbesondere bei jungen Erwachsenen, auch zu einer Zunahme symptomatischer Kohlenmonoxid-Vergiftungen zu führen. Zumindest bezüglich der in der Studie erhobenen Parameter scheinen diese Vergiftungen aber weniger schwer zu sein, so dass weiterer Forschungs- und Diskussionsbedarf hinsichtlich der Rahmenumstände solcher Vergiftungen und der idealen Therapieform besteht.

Summary

The consumption of water pipes, which are particularly popular with teenagers and young adults, has increased significantly in recent years. The health consequences are systematically underestimated, not least because of the assumed cleaning properties of the water through which the inhaled smoke is filtered [Kuntz et al. 2015, Orth et al. 2018]. The result is a growing number of patients suffering from neurological and cardiac symptoms after carbon monoxide poisoning, in need for therapy.

The aim of this dissertation was to determine the incidence of carbon monoxide poisonings due to water pipe consumption at *Düsseldorf University Hospital* and to characterize the severity of such intoxications in comparison to other common causes of carbon monoxide poisoning such as house fires or defective gas stoves.

For this purpose, a structured literature research of previously published case studies and a retrospective cohort study of all patients who underwent emergency HBO therapy at *Düsseldorf University Hospital* between 01/2010 and 12/2020 were carried out.

Information about the initial symptoms, the need for resuscitation or intubation and the level of laboratory parameters such as carboxyhemoglobin, hemoglobin, troponin and leukocytes were evaluated as surrogate parameters for the severity of the intoxication.

It was shown that the number of carbon monoxide poisonings requiring treatment after water pipe consumption at the UKD increased sharply between 2015 and 2018 and was the most frequent cause for emergency hyperbaric therapy in 2017 and 2018.

In contrast, an evaluation of the surrogate parameters mentioned above showed, that none of the patients had to be intubated or resuscitated after hookah consumption and that the troponin values were significantly lower than in the comparison group with carbon monoxide poisonings from other causes.

Thus, the increasing popularity of hookahs, especially among young adults, seems to lead to an increase in symptomatic carbon monoxide poisonings. With regard to the parameters collected in the study, however, these poisonings seem to be less severe, so that there is the need for further research and discussion with regard to the general circumstances of such intoxications and the ideal form of therapy.

Abkürzungsverzeichnis

CO	Kohlenmonoxid
CO-Hb	Carboxyhämoglobin
Hb	Hämoglobin
HBO	Hyperbare Oxygenierung / Hyperbare Sauerstofftherapie

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Grundlagen des Wasserpfeifenkonsums	4
2.1	Geschichtlicher Überblick des Wasserpfeifenkonsums	4
2.2	Inzidenz des Wasserpfeifenkonsums international	5
2.3	Inzidenz des Wasserpfeifenkonsums in Deutschland	7
2.4	Gründe für die Beliebtheit des Wasserpfeifenkonsums bei jungen Konsumenten	8
2.4.1	Die gesunde Alternative	8
2.4.2	Der gute Geschmack	9
2.4.3	Das Marketing	10
2.4.4	Shisha-Bars und der soziokulturelle Kontext.....	11
2.5	Aufbau und Funktionsweise von Wasserpfeifen.....	13
2.6	Gesundheitliche Gefahren des Wasserpfeifenkonsums	15
2.6.1	Filternde Eigenschaften des Wassers	15
2.6.2	Wasserpfeife vs. Zigarette.....	15
2.6.3	Nikotin und Abhängigkeit.....	16
2.6.4	Feinstaub und mögliche Langzeitfolgen	17
2.6.5	Kohlenmonoxid und akute Vergiftungen.....	18
2.7	Therapieoptionen bei Kohlenmonoxid-Vergiftungen	22
3.	Strukturierte Literaturrecherche zu Kohlenmonoxid-Intoxikationen durch Wasserpfeifenkonsum	25
3.1	Methodik der Literaturrecherche.....	25
3.2	Auswertung der Literaturrecherche.....	27
4.	Datenanalyse	33
4.1	Methodik der Datenerhebung und Analyse.....	33
4.2	Soziodemografische Daten und Patientenaufkommen.....	34
4.3	Intoxikationsursachen.....	37
4.4	Symptome und Schwere der Vergiftung	41
5.	Ergebnisdiskussion	50
5.1	Trendanalyse der Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum	50
5.2	Analyse der Vergiftungsschwere nach Wasserpfeifenkonsum	51
5.3	Resümee	54
6.	Literatur	56

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufbau einer Wasserpfeife [aus Cobb et al. 2012, mit freundlicher Genehmigung des Verlags]	14
Abb. 2: Boerema-Schema TS300-90 [aus Erdmann et al. 2009, mit freundlicher Genehmigung des Verlags]	23
Abb. 3: Vorgehen strukturierte Literaturrecherche [eigene Darstellung]	26
Abb. 4: Altersverteilung der Fallstudien-Patienten [eigene Darstellung]	27
Abb. 5: Höhe der Carboxyhämoglobin-Werte der Fallstudien-Patienten [eigene Darstellung]	28
Abb. 6: Symptommhäufigkeit der Fallstudien-Patienten [eigene Darstellung]	28
Abb. 7: Therapie-Regime nach Herkunftsland [eigene Darstellung]	29
Abb. 8: Publizierte Fälle von Kohlenmonoxid-Intoxikationen aufgrund von Shisha-Konsum nach Jahren [eigene Darstellung]	31
Abb. 9: Anzahl der behandelten Kohlenmonoxid-Intoxikationen im Betrachtungszeitraum 2010-2020 [eigene Darstellung]	35
Abb. 10: Geografische Verteilung von Druckkammern in Deutschland [eigene Darstellung nach Wunderlich et al. 2019]	36
Abb. 11: Patientenaufkommen im Jahresverlauf [eigene Darstellung]	37
Abb. 12: Intoxikationsursachen im Betrachtungszeitraum 2010-2020 [eigene Darstellung] ..	37
Abb. 13: Intoxikationsursachen am Universitätsklinikum Düsseldorf 2010-2020 [eigene Darstellung]	38
Abb. 14: Durchschnittliches Patientenalter nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung] .	40
Abb. 15: Symptome nach Kohlenmonoxid-Vergiftungen durch Wasserpfeifenkonsum [eigene Darstellung]	42
Abb. 16: Symptome nach Kohlenmonoxid-Vergiftungen anderer Ursachen [eigene Darstellung]	42
Abb. 17: Höhe des durchschnittlichen Carboxyhämoglobin-Werts nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]	43
Abb. 18: Höhe des durchschnittlichen Troponin-Wertes nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]	45
Abb. 19: Höhe des durchschnittlichen Leukozyten-Wertes nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]	47
Abb. 20: Anzahl der Intubationen nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]	48
Abb. 21: Anzahl der Reanimationen nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Symptome nach Kohlenmonoxid-Intoxikation [eigene Darstellung nach Kaiser et al. 2013 und Weaver et al. 2009].....	20
Tabelle 2: Synopse der soziodemografischen Daten des Gesamtsample [eigene Darstellung]34	
Tabelle 3: Anzahl therapierter Patienten nach Intoxikationsursache 2010-2020 [eigene Darstellung]	39
Tabelle 4: Korrelation Carboxyhämoglobin- und Troponin-Wert [eigene Darstellung]	46

1. Einleitung

Der Anteil der Zigaretten konsumierenden Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist in den vergangenen Jahren deutlich rückläufig. Laut der vom *Robert-Koch-Institut* durchgeführten bundesweiten *Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS)* ging der Zigarettenkonsums in der Altersgruppe der 12- bis 17-jährigen von durchschnittlich 20,4% in den Jahren 2001 bis 2003 (Basisstudie) auf 12% im Zeitraum 2009 bis 2012 (Welle 1) zurück [Kuntz et al. 2015, Lampert et al. 2014]. In den Repräsentativbefragungen der *Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)* zeigte sich im Zeitraum 2001 bis 2016 für die Gruppe der 12- bis 17-jährigen ein Rückgang der Raucher um zwei Drittel von 27,5% auf 7,4%. Auch bei jungen Erwachsenen im Alter von 18- bis 25-Jahren kam es zu einer Halbierung von 44,5% auf 26,1% [Orth et al. 2018].

Dieser insgesamt erfreuliche Trend wird durch die Zunahme alternativer Formen des Tabak- bzw. Nikotinkonsums konterkariert. Neben E-Zigaretten nimmt der Gebrauch von Wasserpfeifen (Shisha), die vor allem bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen bis 30 Jahren als „in“ gelten, zu [Kuntz et al. 2015]. Belegt wird dieser Trend ebenfalls durch die Ergebnisse der *KiGGS* Studie, nach der rund ein Drittel aller Jugendlichen in Deutschland bereits zur Wasserpfeife gegriffen hat [Hölling et al. 2012].

Der Mechanismus des Shisha-Rauchens unterscheidet sich von Zigarettenkonsum, da hierbei der Tabak nicht direkt angezündet, sondern durch glühende Kohlen im Kopf der Pfeife indirekt erhitzt wird. Der Tabakrauch wird anschließend über ein Schlauchsystem angesaugt und passiert vor Inhalation das im Körper der Wasserpfeife befindliche Wasser [Clarke et al. 2012]. Die gesundheitlichen Folgen werden dabei systematisch unterschätzt, nicht zuletzt aufgrund der implizierten reinigenden Eigenschaften des Wassers, durch das der inhalierte Rauch gefiltert wird [Orth et al. 2018].

Problematisch am Shisha-Konsum ist das über die Verbrennung von Kohle entstehende Kohlenmonoxid, welches mit einer 210-fach höheren Affinität an Hämoglobin bindet als Sauerstoff [Rappard et al. 2014]. Die Konsequenz ist eine Unterversorgung des Organismus mit Energieträgern, wobei das Gehirn und das Herz besonders vulnerabel sind [Dogan et al. 2012]. Die Folge ist eine zunehmende Zahl unter Symptomen von Kopfschmerz bis Bewusstseinsverlust leidender Patienten mit teilweise therapiebedürftigen Kohlenmonoxid-Vergiftungen [Rappard et al. 2014].

Anekdotisch spiegelt sich dieser Trend auch in der vermehrten Berichterstattung über Zwischenfälle nach Wasserpfeifenkonsum in der lokalen und nationalen Tagespresse.

Beispielsweise berichtete das Magazin *der Spiegel* unter dem Titel „Shisha-Rauchen ist wie am Autoauspuff nuckeln“ über einen jungen Mann, der nach dem Besuch einer Shisha-Bar beim anschließenden Burger-Essen synkopierte [Eberle 2018]. Ähnliche titelte die *Frankfurter Allgemeine Zeitung* in „Vergiftung in der Shisha-Bar“, oder die *Rheinische Post* in „Raucher erleidet Kohlenmonoxid-Vergiftung in Shisha-Bar“ [Maus 2018, Juju 2018].

Ziel der Behandlung solcher Vergiftungen ist eine möglichst schnelle Elimination des Kohlenmonoxids aus dem Organismus. Die ideale Therapie besteht daher aus einer sofortigen Überdruck-Sauerstofftherapie (hyperbare Oxygenierung, HBO). Dabei wird der Umgebungsdruck erhöht und den Patienten über eine Atemmaske 100% Sauerstoff zugeführt. Durch den erhöhten Sauerstoffpartialdruck kann die Eliminations-Halbwertszeit des an Hämoglobin gebundenen Kohlenmonoxids von ca. 320 Minuten unter Raumluft auf ca. 23 Minuten reduziert werden [Fichtner et al. 2016]. Außerdem wird der Anteil des physikalisch im Blut gelösten Sauerstoffs erhöht und so einer Gewebhypoxie entgegengewirkt. Einige Studien beschreiben darüber hinaus eine Senkung der neurologischen Langzeitkomplikationen nach Kohlenmonoxid-Vergiftungen durch die Therapie mit hyperbarem Sauerstoff [Weaver et al. 2009].

Aufgrund der zunehmenden Verbreitung des Wasserpfeifenkonsums und, damit einhergehend, der möglichen Gesundheitsgefahren, findet das Thema zunehmend Beachtung in der medizinischen Forschung. So war Wasserpfeife das Top-Thema der 16ten Weltkonferenz zu Tabak und Gesundheit in Abu Dhabi sowie der Folgekonferenz ein Jahr später in Indien [Jawad et al. 2018]. Bislang finden sich in der Literatur aber keine Studien mit größerer Fallzahl, die den gefühlten Trend stark wachsender Patientenzahlen mit Kohlenmonoxid-Vergiftungen durch Wasserpfeifenkonsum auf Basis von Patientendaten objektivieren. Auch Untersuchungen der Vergiftungsschwere in dieser Gruppe sind bisher nicht publiziert.

Im Zuge dieser Arbeit soll die Problematik von Kohlenmonoxid-Vergiftungen aufgrund von Wasserpfeifenkonsum daher in dreierlei Hinsicht adressiert werden.

1. Über eine systematische Literaturrecherche sollen bisher publizierte Case-Reports und Studien zum Thema Kohlenmonoxid-Vergiftung durch Wasserpfeifenkonsum identifiziert und, sofern genannt, Rahmenbedingungen der Vergiftung, die durchgeführten Therapien und des Langzeit-Outcome der Patienten dargestellt werden.

2. Durch eine retrospektive Analyse aller im *Universitätsklinikum Düsseldorf* behandelten Patienten mit Notfall-HBO-Therapie seit 2010 sollen Aussagen über die Inzidenz sowie Ursachen des Krankheitsbildes getroffen werden.
3. Neben den Intoxikationsursachen werden basale Laborparameter wie Carboxyhämoglobin (CO-Hb), Troponin und Leukozyten sowie Informationen über Reanimations- und Intubationspflichtigkeit der Patienten erfasst, um hieraus Rückschlüsse auf die Schwere der erlittenen Vergiftung zu ziehen.

Entlang dieses Forschungsvorhabens gliedert sich die Arbeit in die folgenden Kapitel:

Nach der Skizzierung des Forschungsvorhabens in Kapitel eins, erfolgt in Kapitel zwei eine detaillierte Diskussion der Rahmenbedingungen wie der Inzidenz des Wasserpfeifenkonsums, den Aufbau einer Wasserpfeife, gesundheitliche Gefahren sowie Therapieoptionen und ihrer jeweiligen Vor- und Nachteile.

In Kapitel drei werden auf Basis einer strukturierten Literaturrecherche bisher publizierte Studien und Case-Reports über Kohlenmonoxid-Vergiftungen durch Shisha-Konsum hinsichtlich des Intoxikationsmechanismus, der Symptome, der gewählten Therapie und des Langzeit-Outcomes ausgewertet.

In Kapitel vier folgt eine Trend- und Ursachenanalyse durch Auswertung der Notaufnahmebögen und Laborwerte aller seit 2010 aufgrund einer Kohlenmonoxid-Intoxikation am *Universitätsklinikum Düsseldorf* behandelten Patienten. Neben den Vergiftungsursachen werden in dieser retrospektiven Kohortenstudie basale Laborparameter wie CO-Hb, Troponin und Leukozyten sowie Informationen über die Reanimations- und Intubationspflichtigkeit der Patienten zur Untersuchung der Intoxikationsschwere erfasst.

Im abschließenden Kapitel fünf werden die Ergebnisse noch einmal synoptisch zusammengefasst und kritisch diskutiert.

2. Grundlagen des Wasserpfeifenkonsums

2.1 Geschichtlicher Überblick des Wasserpfeifenkonsums

Quellen hinsichtlich der geschichtlichen Entwicklung und Ausbreitung des Wasserpfeifenkonsums sind rar. Ironischer Weise gibt es Hinweise darauf, dass die erste Wasserpfeife im 15. Jahrhundert durch einen Arzt erfunden wurde, der sich Sorgen um potentielle Gesundheitsgefahren durch Tabakrauchen machte [Misek et al. 2014]. Sivaramakrishnan berichtet von der Einfuhr von Tabak in Indien durch portugiesische Händler im Jahr 1605. Am Hofe des Königs Akbar sei dessen Leibarzt Hakim Abul Fath ob der fremden Genussmittel und potentieller Gesundheitsgefahren durch den inhalierten Rauch besorgt gewesen und habe sich gegen den Gebrauch und die Weiterverbreitung ausgesprochen. Schließlich habe er eine Apparatur ersonnen, bei der der Rauch vorab durch ein Wasserbehältnis geleitet und gereinigt wurde. So sei die sogenannte Hukka entstanden [Sivaramakrishnan et al. 2010, Chattopadhyay et al. 2000, Ray et al. 2009].

Der Konsum von Tabak in Wasserpfeifen habe sich dann von Indien in den heutigen Iran ausgebreitet, wo die Form der Pfeife verändert wurde und sie das heute geläufige Design erhielt [Aljarrah et al. 2009]. Mitte des 16. Jahrhunderts habe sich die Praxis des Wasserpfeife-Rauchens dann über Handelsrouten durch Indien und China im Mittelmeerraum ausgebreitet [WHO 2015, Aljarrah et al. 2009]. Dabei wurde nicht nur Tabak, sondern auch Blüten, Gewürze, Früchte, Kaffee oder Haschisch in den wassergefüllten Apparaturen konsumiert [WHO 2015].

Je nach Kulturregion wurden unterschiedliche Wasserpfeifenmodelle mit unterschiedlichen Namen verwendet wie Hubble-Bubble, Nargeela, Argeela, Arghileh, Sheesha, Okka, Kalian, Ghelyoon, Ghalyan, Boury oder Gouza [Aljarrah et al. 2009]. Der Typ Wasserpfeife, welcher im Rahmen der Globalisierung auch im Westen immer mehr Anhänger findet, wird Hookah, Shisha oder Nargileh genannt [WHO 2015]. Shisha kommt vom persischen Ausdruck „schische“ für Glas und beschreibt den wassergefüllten Glaskörper der Pfeife. Ebenfalls aus dem persischen kommt der Begriff „nargil“, was Kokosnuss bedeutet. Diese Begrifflichkeit bezieht sich auf die erste aus Indien stammende Wasserpfeife, welche aus einer Kokosnuss mit einem hineingesteckten Bambusrohr bestanden haben soll [Böhles et al. 2018].

Nachdem das Rauchen von Wasserpfeifen in den letzten Jahrhunderten vor allem in Südostasien, Nordafrika und im Mittelmeerraum verbreitet war, erfreut sie sich seit etwa 20 Jahren auch bei westlichen Jugendlichen und jungen Erwachsenen einer zunehmenden Beliebtheit [WHO 2015, Aljarrah et al. 2009].

2.2 Inzidenz des Wasserpfeifenkonsums international

Das tradierte Bild des Wasserpfeifenkonsumenten sind ältere Männer, die sich vor allem im mittleren Osten mit Freunden in Straßencafés treffen, um dort Tee zu trinken, Brettspiele zu spielen und Shisha zu rauchen [Neergaard et al. 2007].

Auch heute noch erfreut sich die Wasserpfeife in diesen Gebieten der größten Beliebtheit, wobei immer mehr jüngere Konsumenten Geschmack an den gesüßten Tabakvariationen finden [WHO 2015, Akl et al. 2010b]. Nach Schätzungen der WHO ist die Prävalenz unter jungen Menschen in Nordafrika und dem mittleren Osten von 2008 bis 2010 auf 18,9% gestiegen [WHO 2015]. Andere Quellen gehen von weit höheren Werten aus und sprechen von einer Prävalenz von bis zu 45% in bestimmten Bevölkerungsschichten [Alzoubi et al. 2015]. Die meisten Studien greifen allerdings nicht ganz so hoch und geben Prävalenzen um 30% an [Fromme et al. 2009, Jackson et al. 2008]. Auch wenn die Schätzungen der Wasserpfeife-konsumierenden Bevölkerungsanteile variieren, besteht in allen Studien Einigkeit darüber, dass die Anzahl der Konsumenten in jüngerer Zeit immer weiter steigt.

Die groß angelegte *Global Youth Tobacco Survey* mit ca. 500.000 Teilnehmern, welche die Rauchgewohnheiten von 13- bis 15-jährigen Schülern in 95 WHO-Mitgliedsstaaten sowie 5 Sonderzonen zwischen den Jahren 1999 und 2008 erfasste und strukturiert auswertete, konnte einen globalen Rückgang des Zigarettenrauchens dokumentieren [Warren et al. 2009]. Reziprok kam es in diesem Zeitraum zu einer Zunahme anderer Konsumformen von Tabak. Verantwortlich sieht die Studie vor allem die steigende Popularität des Rauchens von Wasserpfeife im mittleren Osten, Europa sowie Nord- und Südamerika [Warren et al. 2009, Maziak et al. 2011].

In dieser Arbeit werden als Referenzpunkte für das Konsumverhalten auf dem deutschen Markt exemplarisch das Nutzerverhalten in Großbritannien und den USA skizziert.

Auf dem amerikanischen Markt wurde bei repräsentativen Haushaltsbefragungen bezüglich einer Wasserpfeifennutzung in den letzten 30 Tagen eine Prävalenz von 0,3% bis 3% ermittelt [Jawad et al. 2018]. Werden nur jüngerer Bevölkerungsschichten wie Schüler und Studenten betrachtet, liegen diese Werte deutlich höher. In einer ersten groß angelegten Online-Erhebung im Jahr 2008 unter 8.745 College-Studenten gaben 29,5% der Teilnehmer an Wasserpfeife bereits einmal probiert zu haben. 7,2% der Befragten hatten in den letzten 30 Tagen Shisha geraucht [Primack et al. 2010].

Eine Auswertung des *Center for Disease Control* von gut 100.000 Teilnehmern des *National Youth Tobacco Surveys* der Jahre 2011 bis 2015 zeigte eine signifikante Zunahme des Wasserpfeifenkonsums bei Schülern der Mittel- und Oberstufe. Dabei gaben im Jahr 2015 7,2% der befragten Schüler an, in den letzten 30 Tagen Shisha geraucht zu haben [Arrazola et al. 2015]. Im Jahr 2012 lag der Wert bei Oberstufenschülern noch bei 5,4% [Arrazola et al. 2013]. Cohn et al. kamen bei ihrer Analyse des Tabakkonsums von 3.940 18- bis 24-Jahre alten Teilnehmern der repräsentativen *Truth Initiative Young Adult Cohort* auf eine 30-Tage Prävalenz von 2,8%. Im Analysezeitraum 2011 bis 2015 zeigte sich dabei eine stetige Zunahme von 1,8% im Jahr 2011 auf 3,8% im Jahr 2014. Im Jahr 2015 folgte dann allerdings ein Rückgang auf 1,6%, welcher von den Autoren nicht weiter erklärt wird [Cohn et al. 2016]. Goodwin et al. und Asfar et al. geben in ihren systematischen Reviews in der gleichen Referenzgruppe mit 18,2% bzw. 20,4% nochmals höhere Werte an [Goodwin et al. 2014, Asfar et al. 2018]. Asfar et al. konstatieren, die Gruppe der Wasserpfeifenkonsumenten habe sich von 2011 bis 2015 verdoppelt [Asfar et al. 2018]. Laut Goodwin et al. übertrifft der Wasserpfeifenkonsum damit den Zigarettenkonsum in der betrachteten Altersgruppe [Goodwin et al. 2014]. Die jährlichen Wachstumsraten des Wasserpfeifenkonsums betragen laut einer Überblicksdarstellung von Jawad et al. zwischen 0,3% und 3,1% [Jawad et al. 2018].

Bezüglich der soziodemografischen Charakteristika der Konsumenten scheint der Wasserpfeifenkonsum mit dem männlichen Geschlecht und einer ethnischen Herkunft aus den arabischen Staaten oder Südamerika korreliert zu sein (Cooper et al. 2018, Akl et al. 2010). Alkohol scheint im Rahmen von Initiierungsritualen beim Erstkonsum von weiblichen Konsumenten eine Rolle zu spielen [Goodwin et al. 2014].

In England zeigt sich ein ähnliches Bild. Grant et al. analysierten in den Jahren 2012 und 2013 ein über eine kommerzielle Online-Plattform rekrutiertes Convenience Sample (n = 12.436). In der Altersgruppe der 18- bis 24-jährigen gaben 27,6% der befragten an schon einmal Wasserpfeife geraucht zu haben. Konkordant zur amerikanischen Altersverteilung hatten in den Gruppen 25- bis 34-Jahre 22,2%, 35- bis 44-Jahre 12,1%, 45- bis 54-Jahre 7,1% und bei den über 55-jährigen 3,3% schon einmal Shisha geraucht [Grant et al. 2015]. Einen regelmäßigen Konsum gaben in der jungen Altersgruppe 3,5% der Befragten an, was in etwa der Prävalenz der amerikanischen Studien von Cohn et al. entspricht. Bezüglich der soziodemografischen Daten hing die Höhe der Prävalenz signifikant von der ethnischen Herkunft ab. Während die Prävalenz in der weißen Bevölkerungsgruppe über alle Altersklassen hinweg 10,1% betrug, lag diese bei Teilnehmern anderer Ethnien mit 32,6% deutlich höher [Grant et al. 2015].

Ähnlich wie in den Vereinigten Staaten scheint der Wasserpfeifenkonsum auch in England vor allem bei jungen Menschen, insbesondere Schülern und Studenten, beliebt zu sein. Dies bestätigt auch eine frühere Studie aus dem Jahr 2008 unter 937 Studenten der Universität von Birmingham. Die Autoren konstatieren:

„A convenience sample of regular waterpipe users revealed the majority were young and university educated.“ [Jackson et al. 2008]

2.3 Inzidenz des Wasserpfeifenkonsums in Deutschland

Auskunft zum Konsumverhalten in Deutschland liefern zwei großangelegte Studien. Zum einen die vom *Robert-Koch-Institut* initiierte *Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS)*. Dabei wurden in einer Basiserhebung mit 17.641 Teilnehmern von 2003 bis 2006 sowie zwei Folgerhebungen, der sogenannten Welle 1 von 2009 bis 2012 mit 12.368 Teilnehmern und der Welle 2 von 2014 bis 2017 mit 10.023 Teilnehmern Daten zur Entwicklung der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen im Alter von 0- bis 17-Jahren erhoben [Lampert et al. 2014, Kuntz et al. 2015]. Unter der Rubrik Gesundheitsverhalten wurde dabei unter anderem der Tabakkonsum der Teilnehmer erfasst.

Die zweite Informationsquelle liefert die *Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)* die seit 1973 repräsentative Umfragen zum Substanzkonsum deutscher Jugendlicher und junger Erwachsener durchführt [Orth et al. 2018].

In den *KiGGS* Studien zeigte sich, dass sich der Anteil Zigarette rauchender Jugendlicher zwischen der Basiserhebung und der Welle 1 von 20,4% auf 12% fast halbiert hatte. Gleichzeitig erhöhte sich das Einstiegsalter von 14,2 auf 15,1 Jahre [Lampert et al. 2014]. Orth et al. die mit den *BZgA* Daten den Zeitraum 2001 bis 2016 vergleichen sprechen sogar von einer Verringerung von zwei Dritteln in der Gruppe der 12- bis 17-Jährigen (von 27,5% auf 7,4%), und von einer Halbierung in der älteren Gruppe der 18- bis 25-Jährigen (von 44,5% auf 26,1%) [Orth et al. 2018].

Allerdings zeigen auch die beiden deutschen Studien, dass sich trotz des Rückgangs von Zigarettenkonsum alternative Formen des Tabakrauchens etablieren. So habe sich auch in Deutschland, neben E-Zigaretten, vor allem die Wasserpfeife als sozialkonformes Alternativprodukt durchgesetzt [Orth et al. 2018, Kuntz et al. 2015].

In einer ersten Untersuchung durch die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung im Jahr 2007 gaben 31% der 3.602 Studienteilnehmern im Alter von 12- bis 19-Jahren an, im

vergangenen Jahr Wasserpfeife geraucht zu haben. In den letzten 30 Tagen hätten dies 14% der Teilnehmer getan [Fromme et al. 2009]. In einer Folgeuntersuchung im Jahr 2011 zeigten sich bei den 12- bis 17-jährigen Werte von 24% für die Einjahresprävalenz und 10% für die 30-Tage-Prävalenz. In der älteren Gruppe der 18- bis 25-Jährigen waren die Ergebnisse mit 35% und 15% respektive deutlich höher [Fromme et al. 2017].

Auf Basis der Daten des 1. *KiGGS* Welle von 2009 bis 2012 wurde die Lebenszeitprävalenz der 12- bis 17-jährigen Jugendlichen auf 28,9% geschätzt [Kuntz et al. 2015, Fromme et al. 2017]. Die ermittelte Einjahresprävalenz mit 20,6% und die 30-Tage-Prävalenz mit 10,0% lagen damit leicht unter den Schätzungen aus den *BZgA* Daten [Fromme et al. 2017].

Neben der reinen Prävalenz wurden auch in den deutschen Studien Daten zu den Rahmenbedingungen erhoben. So konnte unter anderem gezeigt werden, dass Jungen häufiger zur Shisha greifen als Mädchen, die Raucherquote an Hauptschulen höher ist, als an Gymnasien und Wasserpfeifenkonsumenten häufig einen Migrationshintergrund aufweisen [Kuntz et al. 2015, Schwarzer et al. 2015, Rappard et al. 2014]

Im Vergleich der drei genannten Länder England, USA und Deutschland zeigt sich über die Ländergrenzen hinweg ein ähnlicher Trend, weg vom Zigarettenkonsum und hin zu alternativen Formen des Tabakkonsums. Die in Deutschland ermittelten 30-Tage-Prävalenzen liegen mit 10% dabei weit über den Werten der meist einstelligen Prävalenzen in englischen und amerikanischen Studien.

2.4 Gründe für die Beliebtheit des Wasserpfeifenkonsums bei jungen Konsumenten

2.4.1 Die gesunde Alternative

Vor dem Hintergrund der zurückgehenden Zahl an Zigarettenrauchern, muss kritisch gefragt werden, warum sich Wasserpfeife, trotz des offensichtlich zunehmenden Gesundheitsbewusstseins in der Bevölkerung, zunehmender Beliebtheit erfreut. Orth et al. nennen mit Neugierde auf Neues, attraktivem Geruch und Geschmack, sozialen Motiven, einem insgesamt positiven Image von Wasserpfeifen sowie einer fälschlich implizierten gesundheitlichen Unbedenklichkeit mögliche Erklärungsansätze [Orth et al. 2018].

Das letztgenannte Argument speist sich aus der Annahme, die im Rauch befindlichen Schadstoffe würden durch das im Körper der Pfeife befindliche Wasser gefiltert [Kuntz et al. 2015]. Zwei weitere Faktoren verstärken diesen Irrglauben. Zum einen löst der durch das Wasser heruntergekühlte Rauch im Hals weniger Irritationen und Kratzen hervor als

konventionelle Zigaretten [Kuntz et al. 2015]. Zum anderen hat die physische Erscheinung einer Wasserpfeife kaum Ähnlichkeit mit den als schädlich wahrgenommenen Zigaretten [Agaku et al. 2018].

In Einklang mit diesen Argumenten erklärt ein Betreiber mehrerer Shisha-Bars, in einem im Magazin *der Spiegel* veröffentlichten Interview, beim Wasserpfeife-Rauchen inhaliere man ja nur Luft mit Geschmack [Eberle 2018].

Diese Aussage spiegelt sich, zumindest in Teilen, auch in den wissenschaftlichen Umfragen zu Gesundheitsrisiken des Shisha-Konsums. Laut der *KiGGS* Erhebung nehmen nur ca. ein Drittel der Jugendlichen (31,4%) das Rauchen von Shisha als ziemlich schädlich oder sehr schädlich wahr. Zigarettenrauchen wird dagegen von 91,1%, Passivrauchen von 69,2% der Teilnehmer in diesen beiden Kategorien klassifiziert [Kuntz et al. 2015]. In einer amerikanischen Erhebung gaben fast die Hälfte der jungen Teilnehmer an, sie hielten Wasserpfeife-Rauchen in keiner Weise für gesundheitsschädlich [Cooper et al. 2018].

Das dieser Irrglaube entscheidenden zum Wasserpfeifenkonsum beiträgt, kann aus einer Studie von Eissenberg et al. unter 1.194 Erstsemester-Studenten geschlossen werden. Hierbei wurden Teilnehmer differenziert nach stattgehabtem Wasserpfeifenkonsum befragt. Im Ergebnis gingen nur die Teilnehmer, die schon einmal Shisha geraucht hatten, im Gegensatz zu den Nichtkonsumenten, davon aus, dies sei weniger gesundheitsschädlich als Zigarettenrauchen [Eissenberg et al. 2008].

Trotz des offensichtlich weit verbreiteten Mythos Wasserpfeifen seien gesundheitlich unbedenklich, konnte in einer Vielzahl von Studien gezeigt werden, dass sie erhebliche Gesundheitsrisiken bergen. Diese werden dezidiert in Abschnitt 2.6 erläutert.

2.4.2 Der gute Geschmack

Der im Vergleich zu Zigaretten aromatische Tabak spielt ebenfalls eine Rolle bei der zunehmenden Verbreitung von Wasserpfeifen [WHO 2015]. Während traditionell im mittleren Osten normale, ungesüßte und sehr nikotinreiche Tabaksorten verwendet wurden, ist heute der sogenannte *Maassel* beliebt. Dieser besteht zu etwa 30% aus Tabak und zu 70% aus Honig oder Melasse sowie verschiedenen Geschmacksstoffen wie Apfel, Kirsche, Mango, Pfefferminze oder Cappuccino [Fromme et al. 2017]. Während Zigaretten nur die alternative Geschmacksrichtung Menthol bieten, haben Wasserpfeifenkonsumenten die Auswahl zwischen etwa 50 verschiedenen Geschmacksrichtungen [Gathuru et al. 2015].

Die Erfindung des *Maassel* geht auf eine ägyptische Firma zurück, die die Frucht-versetzten Tabakvarianten 1990 auf den Markt brachten [Holtzman et al. 2013, Robinson et al. 2018]. Laut

WHO sei die zunehmende Popularität des Shisha-Konsums auch auf diese Zeit zu datieren, so dass in verschiedenen Quellen eine Kausalität postuliert wird [WHO 2015, Monzer et al. 2008]. Neben dem angenehmeren gustatorischen Erlebnis implizieren der bessere Geschmack und die bereits beschriebene geringere Schleimhautreizung eine geringere Gesundheitsgefährdung [Kocak et al. 2017].

„Many young smokers believe that narghile smoking is less harmful than cigarettes, perhaps because of its attractive smell and taste.“ [Fauci et al. 2012]

Neben dem Tabak enthaltenden *Maassel* gibt es auch tabaklose Varianten. Hierbei handelt es sich meist um Mixturen aus Kräutern und Melasse, die bewusst mit Hinweisen wie 0% Teer als gesunde Rauchalternativen vermarktet werden [Sutfin et al. 2014].

2.4.3 Das Marketing

Auch Anbieter normaler Shisha-Tabake nutzen den Mythos der gesunden Alternative zu Marketingzwecken. Laut der Weltgesundheitsorganisation werden dabei häufig Slogans wie „0,5% Nikotin“, „0% Teer“, „natürlich“ oder „frei von Chemikalien“ eingesetzt [WHO 2015]. Dies setzt sich in die Bildsprache der Verpackungen fort, auf denen meistens Früchte abgebildet sind [Kuntz et al. 2015].

Entsprechend der steigenden Nachfrage wundert es nicht, dass es zum Thema unterdessen eigene Fachmessen gibt. Die erste *International Hookah Fair* fand 2013 mit Teilnehmern aus 60 Ländern in Frankfurt am Main statt [Jawad et al. 2015]. Auch in der Kommunikation der Messeteilnehmer findet sich hauptsächlich das Narrativ der Wasserpfeife als gesunde Zigarettensalternative [Singh et al. 2018].

Trotzdem muss davon ausgegangen werden, dass das Gros der Vermarktung und des Vertriebs von Wasserpfeifen und entsprechendem Zubehör in westlichen Industrienationen über das Internet stattfindet [Maziak et al. 2011]. Gleichzeitig konnte für amerikanische Jugendliche gezeigt werden, dass auch die Informationsbeschaffung zu Gesundheitsthemen heute vorwiegend online stattfindet. Eine besondere Rolle spielen dabei die Meinungen der Peergroup auf Plattformen wie *Facebook* oder *Twitter* [Haddad et al. 2015, Krauss et al. 2015]. Daher ist eine Analyse entsprechender Kommunikationskanäle wie Anbieterwebseiten oder Sozialer Medien bei der Analyse des Shisha-Phänomens von besonderem Interesse [Maziak et al. 2011]. Eine Studie, die die Häufigkeit des Suchbegriffs „Wasserpfeife“ im Zeitverlauf analysierte, konnte zeigen, dass es in den betrachteten Ländern Australien, Kanada, England und Amerika

zwischen den Jahren 2004 und 2013 zu einer stetigen Zunahme kam [WHO 2015, Salloum et al. 2014]. Zu ähnlichen Ergebnissen kam eine Analyse von *Twitter*-Nachrichten im April und Mai 2014. Die Autoren gehen davon aus, dass täglich ca. 12.000 Nachrichten zum Thema versendet werden. 5.000 Tweets wurden inhaltlich analysiert. Eine große Mehrzahl (87%) war dabei pro Wasserpfeifenkonsum oder stellte diesen als normal dar [Krauss et al. 2015]. Auch in *Youtube*-Videos zum Thema war das vermittelte Bild in den meisten Fällen (92%) positiv [WHO 2015].

In einer Analyse von 144 Internetauftritten von Shisha-Bars in den USA zeigte sich, dass nur 4% auf mögliche Gesundheitsgefährdungen hinwiesen [WHO 2015]. Primack et al. stellten in einer anderen Erhebung fest:

„Notably, these websites advertised that waterpipe smoking was a safe, fun, relaxing, and “tasty” (i.e., sweet) way to socialize with friends.“ [Primack et al. 2012]

Insbesondere der Fokus auf die soziale Komponente des Shisha-Konsums ist ein immer wiederkehrendes Thema entsprechender Werbebotschaften [Agaku et al. 2018]. Dies zeigt sich auch in der rasanten Zunahme von Shisha-Bars.

2.4.4 Shisha-Bars und der soziokulturelle Kontext

Neben dem Geschmack und der unterstellten gesundheitlichen Unbedenklichkeit spielt der soziale Aspekt eine entscheidende Rolle bei der zunehmenden Popularität der Wasserpfeife. Mehrere Studien belegen, dass in arabischen Ländern wie dem Iran der erste Kontakt von jungen Menschen mit der Wasserpfeife im familiären Umfeld stattfindet. Aufgrund des Konsums der Eltern oder der Geschwister, würde in jungen Kindern die Neugier geweckt. Ein erster Konsum fände dann häufig im Rahmen von Familientreffen statt. Dies sei auch von den Eltern so gewollt, die befürchteten, ihre Kinder könnten in einem anderen sozialen Setting Drogen oder Alkohol probieren [Bahairaei et al. 2015].

Auch andere Studien beschreiben das Umfeld als ausschlaggebend für den späteren Konsum. Einige Befragte empfanden es dabei als angenehm mit anderem zusammen Wasserpfeife zu rauchen [Roberts et al. 2017]. Andere gaben an, persönlich kein großes Interesse gehabt aber schließlich dem sozialen Druck nachgegeben zu haben [Mugenyi et al. 2018].

Die Vorteile des gemeinsamen Shisha-Konsums sehen die Studienteilnehmer vor allem im Stressabbau, dem Vergessen von Problemen, der Steigerung der Konzentration, dem guten

Geschmack und dem spielerischen Aspekt mit dem Rauch [Akl et al. 2015, Ben Talep et al. 2018, Roberts et al. 2017]. Eine Konsumentin berichtet:

„You can imagine the kind of sound that comes from bubbling water in the shisha machine, very relaxing, the sweet smell coming out while smoking. A very sweet smell indeed. I enjoy that all the time.“ [Mugenyi et al. 2018]

Eine besondere Rolle scheint der Konsum im arabischen Raum für Frauen zu spielen. So wird der Besuch von Shisha-Cafés als eine der wenigen Gelegenheiten angesehen, gleichaltrige Männer zu treffen [Mugenyi et al. 2018]. Durch den Konsum der Wasserpfeife könne man außerdem seine Stärke demonstrieren und zeigen, dass man erwachsen sei [Baheirai et al. 2015]. Die Verlegung des Shisha-Konsums aus dem privaten Raum in Cafés begann im arabischen Raum mit sogenannten Ramadan-Zelten, Rückzugsorten für junge Muslime während des Monats Ramadan, in denen man abends gemeinsam speist und Wasserpfeife raucht [WHO 2015].

Als möglicher Treffpunkt zum Austauschen gewinnen Shisha-Bars nun auch in westlichen Ländern an Bedeutung [Retzky et al. 2017, Asfar et al. 2018]. Mehrere Studien aus Amerika konnten zeigen, dass dort die Anzahl an entsprechenden Etablissements stetig steigt und sich diese hauptsächlich in der Nähe von Hochschulen ansiedeln [Misek et al. 2014]. Asfar et al. sprechen von einer Zunahme von 300 Bars im Jahr 2007 auf ca. 1700 im Jahr 2014 [Asfar et al. 2018]. Eine Analyse der bei *Yelp* registrierten Bars zeigte eine Korrelation mit der Dichte der studentischen Bewohner in diesen Gebieten [Colditz et al. 2018]. Umgekehrt konnte in einer Befragung von fast 4.000 College-Studenten gezeigt werden, dass diese dann Wasserpfeife rauchten, wenn sich ein entsprechendes Café in einem Radius von 16 Kilometern um den Campus befand [Asfar et al. 2018, WHO 2015, Roberts et al. 2017].

Für arabischstämmige Konsumenten scheint das Ausleben der eigenen kulturellen Identität dabei ein wichtiger Motivator für das Aufsuchen von Shisha-Cafés in westlichen Ländern zu sein.

„Expression of cultural identity was a specific motive for people in the Middle East and for people of Middle Eastern descent in Western countries.“ [Akl et al. 2013]

Das Shisha-Rauchen wird als Möglichkeit gesehen, die eigenen kulturellen Wurzeln zu zelebrieren und gleichzeitig in Austausch mit anderen Menschen desselben Kulturraums zu treten [Akl et al. 2015]. So waren in einer in Londoner Shisha-Cafés durchgeführten Studie über 50% der anwesenden Konsumenten arabischer Herkunft [Grant et al. 2015].

Bezüglich der zunehmenden Zahl westlicher Konsumenten ist die aktuelle Studienlage weniger ergiebig. Eine Studie von Sharma et al. bestätigt die oben genannte Ausführung, es ginge ähnlich wie beim Konsum von Alkohol oder Drogen für Studierenden vor allem um die Bahnung sozialer Kontakte:

„Similar to previous findings for alcohol and cannabis use among college students, social facilitation was consistent with hookah smoking. Social facilitation was associated with enhancing conviviality with friends, smoking hookah indoors while engaging in other activities, and having easy access to hookah paraphernalia through friends who owned them.“ [Sharma et al. 2013]

Dieser Trend wird von Holtzman et al. bestätigt. In einer Studie zu Motiven des Wasserpfeifenkonsums unter knapp 1.000 Studierenden landete der Aspekt der Sozialisierung mit weitem Abstand auf Platz eins [Holtzman et al. 2013].

Ein weiterer Grund für die Attraktivität dieser Etablissements bei jungen Konsumenten sind die laxeren Zugangsbeschränkungen im Vergleich zu traditionellen Bars. Da meist auf das Ausschanken von Alkohol verzichtet wird, dürfen in Amerika auch Konsumenten unter 21 Jahren die Shisha-Cafés betreten [Colditz et al. 2018, Gathuru et al. 2015, Haddad et al. 2015]. Die Konsumenten schätzen an den Bars vor allem die positive, entspannte Atmosphäre, das gedämpfte angenehme Licht, die bequemen Sitze, das Equipment und die große Auswahl an verschiedenen Geschmacksrichtungen des Tabaks [Asfar et al. 2018, Roberts et al. 2017].

2.5 Aufbau und Funktionsweise von Wasserpfeifen

Wasserpfeifen bestehen aus vier Komponenten. Einer kleinen Keramik-Schüssel in der der Tabak unter glühenden Kohlen erhitzt wird. Beide sind dabei durch ein Stück Alufolie voneinander getrennt. Der entstehende Rauch wird durch eine sogenannte Rauchsäule vom Kopf der Shisha in ein halb mit Wasser gefülltes Bodengefäß geleitet. Vom oberen Teil des Bodengefäßes gehen ein oder mehrere Schläuche ab, aus denen die Konsumenten über Mundstücke inhalieren [Clarke et al. 2012, Kocak et al. 2017].

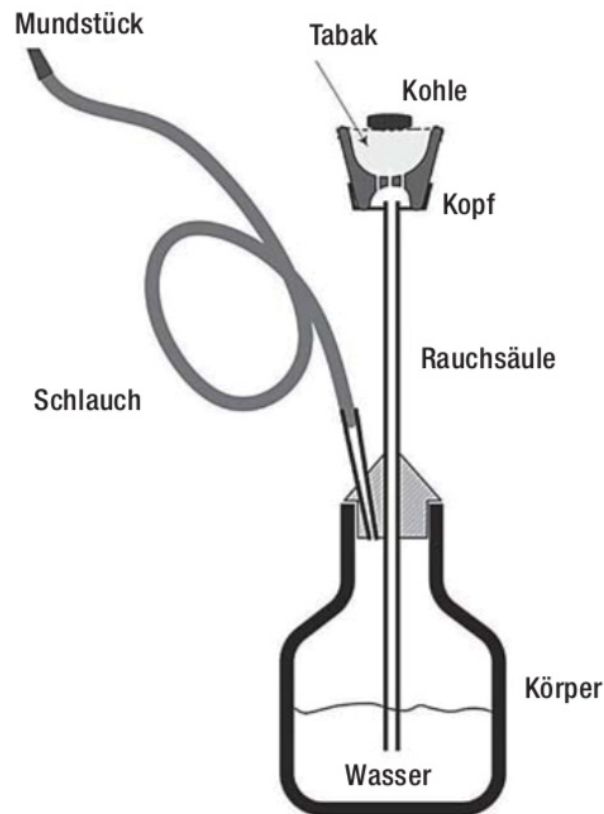


Abb. 1: Aufbau einer Wasserpfeife [aus Cobb et al. 2012, mit freundlicher Genehmigung des Verlags]

Größe, Form und verwendete Materialien können dabei stark variieren [Jawad et al. 2015]. Während Größe und Material des Bodengefäßes für eine medizinische Betrachtung wenig relevant sind, hängt die Menge des aufgenommenen Kohlenmonoxids unter anderem von den verwendeten Schläuchen ab. Während traditionelle Lederschläuche porös sind und somit einen Austausch mit der Umgebungsluft gestatten, sind neuere Plastikschläuche luftdicht. Messungen des Luftaustausches unter realen Nutzungsbedingungen zeigten entsprechend, dass bei der Inhalation durch Lederschläuche 30% des Rauches durch Umgebungsluft ersetzt wurden, wodurch sich die absolute Menge des aufgenommenen Kohlenmonoxids verringerte [Saleh et al. 2008].

Bezüglich der verwendeten Heizelemente findet sich in westlichen Ländern vor allem in Russland hergestellte Bambus-basierte oder in Südostasien hergestellte Kokosnuss-basierte Kohle. Aber auch Kohlenmonoxid-freie elektrische Heizelemente finden zunehmend Verbreitung [Singh et al. 2018].

Bei dem verwendeten Tabak handelt es sich um sogenannten *Maassel*. Dies ist eine Melange aus Tabak, Glyzerin und Melasse welche mit unterschiedlichen Aromen wie Apfel oder Kirsche angereichert wird. Im Gegensatz zum früher verwendeten Rohtabak, der ein intensives harsches

Aroma hat, imponiert *Maassel* durch den hohen Feuchtigkeitsanteil und die beigefügten Aromen milder und süßlich [Aljarrah et al. 2009]. Gleichzeitig ist der inhalierte Rauch aufgrund des langen Weges durch Rauchsäule, Bodengefäß und Schlauch kühler und für die Atemwege damit weniger reizend als beispielsweise Zigarettenrauch [Böhles et al. 2018]. Diese Eigenschaften dürften ihren Anteil daran haben, dass das Rauchen von Wasserpfeifen von einer breiten Konsumentenschicht als weniger gesundheitsschädlich wahrgenommen wird als beispielsweise Zigarettenrauchen. Dies darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass beim Rauchen einer Wasserpfeife 25-mal mehr Tabak verbrannt wird als bei einer herkömmlichen Zigarette und neben den diversen gesundheitsschädlichen und Abhängigkeits-fördernden Inhaltsstoffe des Tabaks der Kohlerauch als zusätzlicher Risikofaktor tritt [Retzky et al. 2017].

2.6 Gesundheitliche Gefahren des Wasserpfeifenkonsums

2.6.1 Filternde Eigenschaften des Wassers

Eine der Hauptgründe, dass die Gesundheitsrisiken des Shisha-Konsums systematisch unterschätzt werden, ist der Mythos, die Schadstoffe würden durch das Wasser im Bodengefäß der Wasserpfeife extrahiert. Dies konnte in mehreren Studien widerlegt werden. Rakower und Fatal untersuchten bereits in den 60er Jahren die filternden Eigenschaften von Wasser in Bezug auf den Teergehalt in Rauch und konnte zeigen, dass nur ca. 50% des Teers durch das Wasser retiniert wurden [BfR 2009]. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Brinkman et al. in Bezug auf Nikotin. Auch hier wurde ein Teil des entstehenden Nikotins durch das Wasser zurückgehalten, die Dosen im inhalierten Rauch waren aber immer noch hoch genug, um Abhängigkeiten zu induzieren [Brinkman et al. 2018].

Somit lässt sich festhalten, dass dem Wasser einer Wasserpfeife zwar filternde Eigenschaften zukommen, vor allem aber gut lösliche Stoffe zurückgehalten werden. Somit inhalieren die Konsumenten weiterhin relevanten Mengen an Schadstoffen [Fromme et al. 2017]. Doch wie hoch sind die inhalierten Schadstoffmengen im Vergleich zum Zigarettenkonsum?

2.6.2 Wasserpfeife vs. Zigarette

Es wurden unterdessen mehrere Studien publiziert, die den Schadstoffgehalt von Wasserpfeifen und Zigaretten vergleichen. So sei der Nikotingehalt von Wasserpfeifenrauch je nach Studie 10 bis 36mal höher als der einer Zigarette [Aljarrah et al. 2009, Schuber et al. 2011]. Die WHO konstatiert das Rauchen von 10 mg *Maassal* resultiere in der Freisetzung von 2,94 mg Nikotin,

802 mg Teer und 145 mg Kohlenmonoxid [WHO 2015]. Dies entspricht mit den Worten von Cobb et al. der 1,7fachen Menge an Nikotin, der 8,4fachen Menge an Kohlenmonoxid sowie der 36fachen Menge an Teer einer Zigarette [Cobb et al. 2010]. Im direkten Vergleich der Gesundheitsschädlichkeit von Wasserpfeifen und Zigaretten zeigen sich die Autoren uneins. Neergaard et al. geben an, eine Shisha-Session entspreche dem Rauchen einer Zigarette, Tavers et al. verdoppeln dies auf zwei Zigaretten und Uyanik et al. sehen ähnliche Schadstoffmengen wie beim Rauchen einer ganzen Packung. Die radikalsten Vergleiche findet sich bei Barnett et al. der davon spricht, die Menge der aufgenommenen Toxine entspräche dem Rauchen von 100 Zigaretten und Kocak, der gar von 100-200 Zigaretten spricht [Barnett et al. 2011, Kocak et al. 2017, Neergaard et al. 2007, Travers et al. 2017, Uyanik et al. 2011]. Einschränkend muss hinzugefügt werden, dass alle erwähnten Studien die Schadstoffmengen im entstehenden Rauch unter Laborbedingungen testeten und nicht über die Plasmalevel der Agenzien bei Konsumenten. Im Folgenden werden die relevanten Schadstoffe und das Thema Abhängigkeit genauer diskutiert.

2.6.3 Nikotin und Abhängigkeit

Wie die genannten Studien zeigen, sind auch Wasserpfeifenkonsumenten signifikanten Mengen von Nikotin ausgesetzt. Einzelne Studien, die den Plasmagehalt von Nikotin bzw. den Gehalt des Nikotin-Abbauprodukts Kotinin im Urin von Probanden nach Shisha-Konsum gemessen haben, bestätigen die Ergebnisse der Labor-Studien [Ben Talep et al. 2018, Brinkmann et al. 2018, Taufik et al. 2018]. Das legt die Hypothese nahe, dass auch Wasserpfeifenkonsum ein relevantes Suchtpotential mit sich bringt. Diese Gefahr wird aber gerade von jungen Konsumenten unterschätzt, wie dieses Interview mit einem College-Studenten zeigt:

„Sometimes I will smoke hookah a couple days a week, and then other times I’ll go several weeks or several days without doing it or considering it. I wouldn’t say hookah is addictive.” [Castaneda et al. 2016]

Die Studienlage spricht allerdings eine andere Sprache. Mehrere Analysen zeigen, dass insbesondere regelmäßiger Shisha-Konsum abhängig machen kann und Konsumenten bei Abstinenz Entzugssymptome entwickeln [Cobb et al. 2011, Robinson et al. 2018]. Die folgenden Statements einer von der WHO in Auftrag gegebenen qualitative Untersuchung untermauern dies eindrucksvoll:

„I usually smoke narghile once daily, but sometimes I smoke more. Because even when I have already smoked it, seeing or smelling narghile makes me feel that I need to smoke again, and I usually do smoke.“ [WHO 2015]

„I started smoking [waterpipe] when I was young and I know its side effects and I know what it does to my lungs. I go up the stairs, I start panting. But I cannot [stop it] because I am addicted to it, I would not mind stopping it but I cannot.“ [WHO 2015]

Es konnten verschiedene Risikofaktoren identifiziert werden, die die Wahrscheinlichkeit einer Abhängigkeit erhöhen. Regelmäßiger Konsum, Beginn in einem jungen Alter und männliches Geschlecht scheinen dabei die größte Bedeutung zuzukommen [Maziak et al. 2011, Robinson et al. 2018]. Aber auch das Ritual des Wasserpfeife-Rauchens selber, mit seinen prolongierten Vorbereitungszeiten, dem duftenden Tabak und des gemeinsamen Rauchens in einer Gruppe fördert mögliche Abhängigkeiten [Maziak et al. 2011]. Umgekehrt sind gerade regelmäßige Konsumenten gefährdet sich im Verlauf eine eigene Wasserpfeife zuzulegen und diese auch alleine im häuslichen Umfeld zu rauchen [Robinson et al. 2018]

Im Ergebnis weisen die bisherigen Erkenntnisse daraufhin, dass das Suchtpotential von Wasserpfeifen- in etwa dem von Zigarettenkonsum entspricht [BfR 2009, Cobb et al. 2011].

2.6.4 Feinstaub und mögliche Langzeitfolgen

Ein in der Literatur und Presse wenig diskutiertes Thema ist die Belastung durch Feinstaub und Abfallprodukte der Tabakverbrennung. Problematisch ist in diesem Zusammenhang, dass viele Tabaksorten für Wasserpfeifen keine Gesundheitswarnungen haben und ihre Inhaltsstoffe nur teilweise bekannt bzw. unzureichend auf den Verpackungen gekennzeichnet sind [Gathuru et al. 2015].

In mehreren Studien konnten bei der Verbrennung von Shisha-Tabak unter anderem flüchtige organische Verbindungen, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Acrolein, Stickstoffmonoxid, Formaldehyd und Acetaldehyd nachgewiesen werden, welche als toxisch bzw. kanzerogen gelten [Alzoubi et al. 2015, Böhles et al. 2018, Fromme et al. 2009, Schober et al. 2017]. Auch die in einer Studie in pakistanischen und kanadischen Shisha-Bars gemessene Feinstaubbelastungen (PM_{2,5}) lag mit Werten zwischen 136 und 1.745 µg/m³ weit über den von der WHO festgesetzten Grenzwerten von 25 µg/m³ [Fromme et al. 2017, Weitzman et al. 2016]. Dabei scheint die Hauptlast an Feinstaub während der initialen Kohleentzündung zu

entstehen [Monn et al. 2007]. Bezüglich der gesundheitsschädlichen Langzeitfolgen von Wasserpfeifenkonsum abseits der Kohlenmonoxid-Toxizität gibt es nur wenige Studien und Fallberichte. So scheint ein regelmäßiger Konsum das Risiko an Parodontose, chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen, Lungen- und Lippen-Tumoren zu erkranken zu erhöhen [Akl et al. 2010b, BfR 2009]. Ähnlich wie beim Zigarettenkonsum zeigt sich außerdem eine Korrelation zwischen Shisha-Konsum und niedrigem Geburtsgewicht [Fromme et al. 2017]. Neben den erwähnten Noxen, spielen auch die hygienischen Rahmenbedingungen eine Rolle. So konnten in Studien im Irak und Iran signifikante Besiedlungen von Wasserpfeifenschläuchen mit unterschiedlichen pathogenen Bakterien nachgewiesen werden [Fromme et al. 2017]. Dabei kommt erschwerend hinzu, dass sich beim Rauchen in Gruppen, die beteiligten Personen das gleiche Mundstück teilen [de Suremain et al. 2019].

2.6.5 Kohlenmonoxid und akute Vergiftungen

Das Hauptaugenmerk der Berichterstattung über Gesundheitsgefahren von Shisha-Konsum liegt auf Kohlenmonoxid. Hinweise auf die Gefahren, die von *Kohlendunst* bzw. *odor carbonum* ausgehen, finden sich schon in den Schriften von Aristoteles und Galen [Kaiser et al. 2012]. Das farb- und geruchslose Gas entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Kohlenstoff und findet sich beispielsweise in Autoabgasen, Gasöfen, aber auch beim Heizen mit Kohle [Annane et al. 2011, Bosch et al. 2016, Omaye et al. 2002].

Die toxische Wirkung des Kohlenmonoxids entsteht durch seine hohe Affinität zu molekularem Eisen, wie es beispielsweise in großen Mengen im menschlichen Blutfarbstoff Hämoglobin vorliegt. Hier konkurriert Kohlenmonoxid mit Sauerstoff, hat allerdings eine etwa 210-fach höhere Affinität zu den zweifach positiv geladenen Eisenatomen der vier Sauerstoffbindungsstellen des Moleküls [Buckley et al. 2011, Rappard et al. 2014, Weaver et al. 2009]. Da der Sauerstofftransport von der Lunge zu den Zielorganen physiologisch zu über 98% über den Hämoglobintransport vonstatten geht und unter 2% über physikalisch im Blutplasma gelösten Sauerstoff, kompromittiert Kohlenmonoxid über das Verdrängen des Sauerstoffs vom Hämoglobin die Zellatmung und damit den Energiestoffwechsel. Gleichzeitig ist die Sauerstoffaffinität des Carboxyhämoglobins stark erhöht. Dies führt zu einer Linkerschiebung der Sauerstoffbindungskurve, sprich, bereits an den anderen Liganden des Hämoglobins gebundener Sauerstoff kann in der Körperperipherie nicht mehr an die Zielorgane abgegeben werden [Chou et al. 2010, Fichtner et al. 2016, Omaye et al. 2002]. Neben Hämoglobin bindet Kohlenmonoxid außerdem an Myoglobin der Muskel- und Herzmuskelzellen sowie den Komplex IV der Cytochrom-C-Oxydase, der eine entscheidende

Rolle bei der Zellatmung und ATP-Synthese in den Mitochondrien spielt [Bosch et al. 2016]. Der entstehende Sauerstoffmangel der Zellen führt über den anaeroben Stoffwechsel zur Laktatazidose und schließlich zum Zelluntergang [Omaye et al. 2002]. Da das menschliche Gehirn und das Herz einen besonders hohen Sauerstoffbedarf haben, sind diese beiden Organsysteme gegenüber einer Kohlenmonoxid-bedingten Hypoxämie besonders vulnerabel [Dogan et al. 2012]. So zeigten sich in MRT-Studien des Gehirns nach akuten Kohlenmonoxid-Intoxikation Nekrosen des Globus Pallidus und Hippocampus sowie eine Demyelinisierung der weißen Substanz [Devine et al. 2002, Uchino et al. 1994]. Diese Schädigungen werden auf eine Hypoxie-bedingte Lipidoxidation und Leukozyten-vermittelte Entzündungsreaktion im Gehirn zurückgeführt [Eckardt et al. 2011].

Herz und Gehirn als primär betroffene Organe definieren auch das Symptomspektrum der Patienten.

Unwohlsein, Übelkeit, Schwindel und Erbrechen zählen zu den leichten Symptomen einer akuten Kohlenmonoxid-Vergiftung. Schwere Vergiftungen führen zu Tachykardie, Dyspnoe, Synkopen, Koma bis hin zum Tod [Omaye et al. 2002].

Allgemein zeigen sich bei CO-Hb-Werten zwischen 10% und 30% kognitive Einschränkungen wie Konzentrationsschwierigkeiten und Amnesie, welche auch Tage nach dem Ereignis persistieren. Bei CO-Hb-Werten über 40% kommt es zum Bewusstseinsverlust, bei Werten über 60% häufig zum Tod [Eckardt et al. 2011, Handa et al. 2005]. Allerdings korreliert die Höhe des gemessenen CO-Hb nicht zwangsläufig mit der Symptomschwere [Fichtner et al. 2016]. Entgegen der o.g. Publikationen geben Hart et al. beispielsweise Übelkeit und Erbrechen als Hauptsymptome bei CO-Hb-Werten über 40% an. Ein Bewusstseinsverlust beobachteten die Autoren erst bei Werten größer 50% [Hart et al. 1988]. Damit muss konstatiert werden, dass die Höhe des CO-Hb nicht die alleinige Determinante der entwickelten Symptome darstellt. So scheinen auch Faktoren wie die Dauer der Exposition sowie prädisponierender Faktoren wie Herz-Kreislauf-erkrankungen, Lungenerkrankungen und das Alter der Patienten eine Rolle bei der Symptomentwicklung zu spielen [Knörr et al. 2017, Rappard et al. 2014].

„A 15-year-old girl was smoking water pipe during three consecutive days. After the first session, she had no symptoms. Day two, she became dizzy and got a headache after smoking. The third day, she was smoking intensively for 15 min when she became nauseous and stopped. Subsequently, she became dizzy, had a headache, and 1h after the smoking session she became unconscious.“ [Höjer et al. 2011]

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über mögliche Symptome nach Kohlenmonoxid-Exposition.

Synopsis möglicher Symptome nach einer Kohlenmonoxid-Intoxikation	
Höhe CO-Hb	Beobachtete Symptome
<10%	asypmtomatisch
>10%	Dyspnoe, Kopfschmerz
>20%	Schwindel, Ohrensausen, Übelkeit, Erbrechen
>30%	Müdigkeit, Sehstörungen, Schwindel
>40%	Tachykardie, Bewusstseinsverlust, Ataxie, HRST
>50%	Koma, Tachypnoe
>60%	Krampfanfälle, Cheyne-Stokes-Atmung, Atem- und Kreislaufversagen

Tabelle 1: Symptome nach Kohlenmonoxid-Intoxikation [eigene Darstellung nach Kaiser et al. 2013 und Weaver et al. 2009]

Bezüglich der Langzeitfolgen nach akuter Exposition zeigten sich bei bis zu 40% der Patienten persistierende kognitive Einschränkungen wie Konzentrationsschwäche, Erinnerungslücken, kortikale Dysfunktionen, Aphasie, Apraxie, Halluzinationen und Parkinson-ähnliche Symptome wie Rigidität, wächserne Gesichtszüge und kleinschrittiger Gang [Eichhorn et al. 2018, Omaye et al. 2002, Quinn et al. 2009, Weislau et al. 2004]. Defekte dieser vor allem im Frontallappen lokalisierten Fähigkeiten werden auf die o.g. Demyelinisierung der weißen Substanz als Verbindung zu anderen Hirnarealen sowie die Läsionen der Basalganglien zurückgeführt [Devine et al. 2002].

Das Auftreten neuropsychologischer Folgeschäden konnte mit einer Latenz von bis zu 6 Wochen nach Initialereignis beobachtet werden [Weislau et al. 2004]. Daten bezüglich der genauen Inzidenz sind rar. Zwei koreanische Studien mit insgesamt 549 Teilnehmern konnten bei 11,8% der Patienten 6 Wochen nach Intoxikation Folgeschäden beobachten [Seger et al. 1994].

Neben den akuten Folgen akzidenteller Exposition hoher Dosen von Kohlenmonoxid finden sich auch einige Studien zur chronischen Exposition geringer Dosen. Diese sind schwieriger zu diagnostizieren, da die Symptome, denen einer viralen Infektion ähneln können [Eichhorn et al. 2018].

Bezüglich der kardiovaskulären Effekte chronischer CO-Exposition konnte gezeigt werden, dass regelmäßiges Wasserpfeifen-Rauchen zu einer Erhöhung der Herzfrequenz und des Blutdrucks sowie zu einer Beeinträchtigung der Lungenfunktion führt [Alzoubi et al. 2015, Fromme et al. 2017]. Bei Tunnelarbeitern mit kontinuierlicher Kohlenmonoxid-Intoxikation waren bereits CO-Level von 6,3% mit einem erhöhten Risiko kardialer Ischämien vergesellschaftet [Omaye et al. 2002].

Kohlenmonoxid hinterlässt seine Spuren aber nicht nur im Gehirn und im Herzen. Auch im Blutbild finden sich Auffälligkeiten. Bezüglich der weißen Blutkörperchen zeigt sich eine Zunahme von Lymphozyten durch Erhöhung des mitotischen Index und Austauschs von Schwesterchromatiden (BfR 2009, Eichhorn et al. 2018). Auch gibt es anekdotische Hinweise auf eine Erythrozytose nach Wasserpfeifenkonsum. Tadmor et al. berichten von einem jungen Mann, der sich mit abdominellen Schmerzen in einer Klinik vorstellte. In der durchgeführten Laborroutine fand sich eine signifikante Erhöhung des Hämoglobin-Wertes auf 22,7 g/dl [Tadmor et al. 2011]. In einem weiteren Fallbericht von Nibbe et al. zeigte sich mit einem Hämoglobin-Wert von 20 g/dl ebenfalls eine Erythrozytose nach zweistündigem Wasserpfeifenkonsum (Nibbe et al. 2015). Ähnliche Effekte finden sich in der Literatur vor allem bei Kettenrauchern [Bonadies et al. 2013]. Eine Studie unter 150 Rauchern ergab, dass der Hämoglobinwert im Blut abhängig von der Länge des Rauchvorgangs ansteigt [Nadia et al. 2015]. Über die klinischen Auswirkungen entsprechender Laborwertveränderungen gibt es kaum wissenschaftliche Erkenntnisse. Eine Annahme ist, dass die Höhe der Leukozyten ein Prädiktor für das Risiko neurologischer Langzeitschäden sein könnte [Weaver et al. 2009].

Eine besondere Patientengruppe stellen Schwangere dar. Da das fetale Hämoglobin eine noch höhere Affinität zu Kohlenmonoxid hat, können die Carboxyhämoglobin-Werte des Babys bis zu 15% über denen der Mutter liegen. Auch scheint der Austausch des Hämoglobins über die Plazenta verlangsamt zu sein, so dass die hypoxische Stoffwechselsituation des Babys länger persistiert als die der Mutter. So kann es beim Fötus trotz relativer Symptomarmut der Mutter zu einer lebensgefährlichen Hypoxämie kommen [Omaye et al. 2002].

Bezüglich der Häufigkeit therapiebedürftiger Kohlenmonoxid-Vergiftungen werden in Deutschland im Jahresdurchschnitt etwa 4.000 Fälle gemeldet, 15% davon mit tödlichem Ausgang [Fichtner et al. 2016, Wick et al. 2017]. Dies entspricht einer Mortalität von etwa 0,8/100.000 Einwohnern [Eichhorn et al. 2018]. Eine letale Kohlenmonoxid-Intoxikation nach Wasserpfeifenkonsum ist laut Rappard et al. in Deutschland bisher noch nicht beschrieben worden [Rappard et al. 2014].

2.7 Therapieoptionen bei Kohlenmonoxid-Vergiftungen

Das therapeutische Antidot zu Kohlenmonoxid ist Sauerstoff. Dabei gilt, je höher der Partialdruck des verabreichten Sauerstoffs, desto schneller die Elimination des Kohlenmonoxids aus dem Körper. Konkret beträgt die Halbwertszeit unter Raumluft etwa 320 Minuten. Die Administration von High-Flow-Sauerstoff über eine Maske beschleunigt diesen Prozess um das Fünffache auf etwa eine Stunde. Wird Sauerstoff unter Überdruck verabreicht, also mit erhöhtem Partialdruck wie es im Rahmen der HBO-Therapie erfolgt, reduziert sich die Halbwertszeit nochmal, auf etwa 20 Minuten. Neben der Verdrängung des Kohlenmonoxids von Hämoglobin und Myoglobin wird hierbei außerdem eine Erhöhung des physikalisch im Blutplasma gelösten Sauerstoffs und somit eine erhöhte Verfügbarkeit von Energieträgern an den Endorganen erreicht [Buckley et al. 2011, Chou et al. 2010, Fichtner et al. 2016, Rappard et al. 2014].

Die Patienten sitzen dabei in einer luftdichten Kammer, in der der Druck unter kontrollierten Bedingungen auf ein Mehrfaches des Atmosphärendrucks angehoben werden kann. Eines der Standardprotokolle für schwere Kohlenmonoxid-Vergiftungen ist das sogenannte Boerema-Schema TS300-90. Dabei wird der Umgebungsdruck in der Kammer auf insgesamt drei Bar (300 kPa), das heißt zwei Bar über Atmosphärendruck, angehoben. Das entspricht in etwa den Druckverhältnissen auf einer Tauchtiefe von 20 Metern. Die Patienten atmen anschließend für 90 Minuten reinen Sauerstoff über eine dicht sitzende Maske. Unter dieser Therapie können Gewebesauerstoffpartialdrücke von bis zu 2.000 mmHg erreicht werden, eine Steigerung des physiologischen Partialdrucks unter Luftatmung um das 20fache [Fichtner et al. 2016, Henze et al. 2015, Wick et al. 2017].

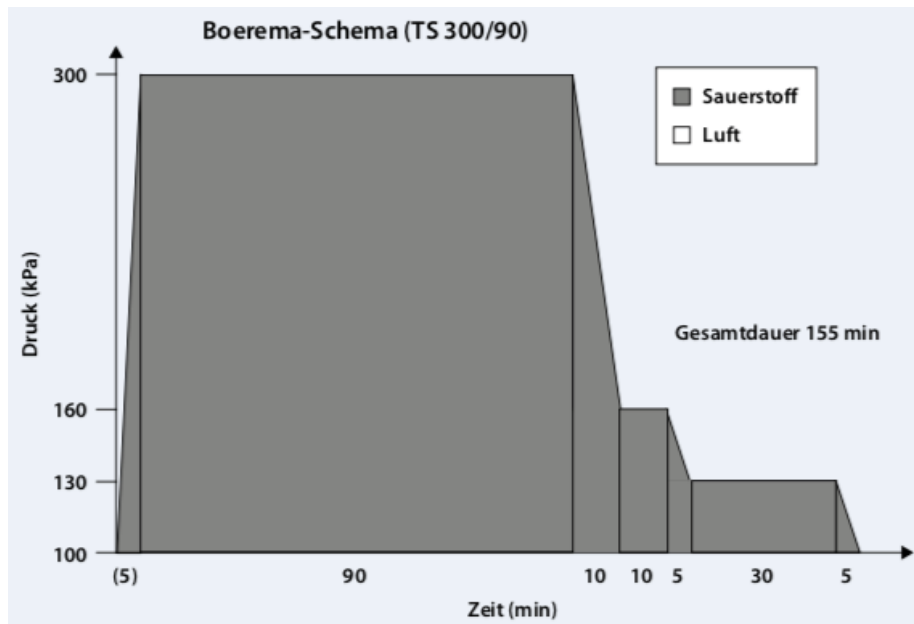


Abb. 2: Boerema-Schema TS300-90 [aus Erdmann et al. 2009, mit freundlicher Genehmigung des Verlags]

Die möglichen Nebenwirkungen dieses Verfahrens leiten sich aus der Tauchphysiologie ab. Die häufigste auftretende Nebenwirkung sind Verletzungen des Trommelfells durch insuffizienten Druckausgleich in der Abtauchphase. Lebensbedrohliche Komplikationen wie Pneumothorax, Gasembolie oder Mediastinalemphysem, welche beispielsweise bei Notaufstiegen im Tauchsport beschrieben sind, bleiben bei spontanatmenden Druckkammerpatienten aufgrund der sehr langsamen und kontrollierten Druckänderungen eher ein theoretisches Risiko. Ein weiterer Punkt ist die Vulnerabilität des ZNS gegenüber hohen O₂-Partialdrücken, die in seltenen Fällen zu sauerstoffinduzierten Krampfanfällen führen kann [Wiese et al. 2006]. Eine israelische Metaanalyse von 2.334 in den Jahren 2010 bis 2014 therapierter Patienten mit kumulativ 62.614 Therapiesitzungen zeigte bei 3,4% der Patienten subjektive Symptome eines Barotraumas wie Ohrenschmerzen und bei 9,2% der Patienten objektive Merkmale wie Rötung des Trommelfells. Ein Patient (0,04%) hatte einen Sauerstoffkrampf. Lebensgefährliche Komplikationen wie Pneumothorax und Gasembolie wurden nicht beschrieben [Haddany et al. 2016].

Bezüglich der Indikationsstellung findet sich in der deutsch- und englischsprachigen Literatur der Konsens, insbesondere schwere Kohlenmonoxid-Intoxikationen mittels HBO zu behandeln. Diese werden definiert als Vergiftungen mit neurologischen Symptomen, Bewusstlosigkeit, kardiovaskulärer Dysfunktion oder Azidose, sowie asymptomatische Patienten mit CO-Hb-Werten über 25% und Schwangere nach Exposition unabhängig der Höhe des CO-Hb-Wertes [Fichtner et al. 2016, Weaver et al. 2009].

Auch wenn HBO heute das Standard-Therapieverfahren darstellt, ist die wissenschaftliche Datenlage hinsichtlich der Effektivität konfliktär. Dies liegt unter anderem daran, dass nur wenige qualitativ hochwertige Studien zum Thema existieren. Die Empfehlung zur Therapie von Kohlenmonoxid-Intoxikationen mittels HBO beruhen daher im Wesentlichen auf einer Publikation von Weaver et al. aus dem Jahr 2002. Die fast 20 Jahre alte Studie gilt auch heute noch als einzige qualitativ hochwertige randomisiert-kontrollierte Doppelblindstudie. Die Autoren inkludierten 460 Patienten, die in den Jahren 1992 bis 1999 am *LDS Hospital* in Salt Lake City aufgrund von Kohlenmonoxid-Vergiftungen behandelt wurden. Von diesen wurden am Ende 76 Patienten mittels normobar verabreichtem Sauerstoff und die gleiche Anzahl an Patienten mit hyperbarem Sauerstoff behandelt. Endpunkt der Untersuchung waren mögliche neurologische Residuen 6 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr nach Exposition. Da in der *Hyperbar*-Gruppe Symptome nach 6 Wochen signifikant seltener auftraten als in der *Normobar*-Gruppe, wurde die HBO als effektivere Therapie gewertet [Weaver et al. 2002]. Ein Cochrane-Review aus dem Jahr 2011 adressierte allerdings einige methodische Mängel dieser Studie. So wurde der Endpunkt der Studie im Erhebungsverlauf mehrfach geändert und eine später veröffentlichte Langzeitstudie zeigte keine Unterschiede mehr zwischen den Gruppen. Auch wurde die Definition neurologischer Spätfolgen aufgeweicht und durch unspezifische Symptome ersetzt. Die durchgeführten neuropsychologischen Tests zeigten dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Behandlungspfaden. Im Fazit konstatiert das Cochrane-Review, dass neben der Weaver Studie noch fünf weitere Studien analysiert, dass schwer intoxikierte Patienten zwar profitieren könnten, eine allgemeine Empfehlung zur HBO-Therapie aber nicht ausgesprochen werden kann [Buckley et al. 2011, Rose et al. 2017]. Bis heute existiert international keine evidenzbasierte Behandlungsempfehlung im Sinne einer verabschiedeten Leitlinie [Jüttner et al. 2019]. Trotz der eingeschränkten Datenlage gilt die HBO in Deutschland als Standardtherapie von Kohlenmonoxid-Vergiftungen und ist vom Gemeinsamen Bundesausschuss als Leistung der gesetzlichen Krankenkassen anerkannt [Wick et al. 2017].

3. Strukturierte Literaturrecherche zu Kohlenmonoxid-Intoxikationen durch Wasserpfeifenkonsum

Bisher wurden nur wenige Fallberichte und Studien über Kohlenmonoxid-Intoxikationen aufgrund von Wasserpfeifenkonsum veröffentlicht. Im folgenden Kapitel sollen diese Arbeiten anhand einer strukturierten Literaturrecherche identifiziert und hinsichtlich der aufgetretenen Symptome und Rahmenbedingungen der Intoxikation ausgewertet werden.

3.1 Methodik der Literaturrecherche

Angelehnt an das methodische Vorgehen von Fauci et al. 2021 und Rappard et al. 2014 wurden die Datenbank *Pupmed* sowie die wissenschaftliche Meta-Suchmaschine *Google-Scholar* anhand der Suchbegriffe *Wasserpfeife*, *Shisha*, *Hookah*, *Narghile* und *Waterpipe* Anfang März 2019 nach relevanten Fachartikeln durchsucht. Dabei wurden insgesamt 825 Themen-bezogene Publikationen ausfindig gemacht. Anschließend erfolgte eine Durchsicht der Titel und Kurzzusammenfassungen hinsichtlich des thematischen Fokus auf Kohlenmonoxid-Vergiftungen, wobei 801 Artikel als nicht relevant verworfen wurden. Somit wurden insgesamt 24 Publikationen zum Thema Kohlenmonoxid-Intoxikation nach Wasserpfeifenkonsum identifiziert. In der weiteren Durchsicht der Artikel fand sich eine Studie über die Höhe des Carboxyhämoglobin-Wertes nach Besuch einer Shisha-Bar [Barnett et al. 2011]. Da die untersuchten Probanden keine Vergiftungssymptome zeigten und keiner weiteren Behandlung zugeführt wurden, wurde dieser Artikel ebenfalls exkludiert. Bei 22 der 23 verbliebenen Publikationen handelte es sich um einzelne Fallstudien bzw. Fallserien von 50 Patienten mit Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum aus insgesamt elf Ländern. Eine weitere Publikation untersuchte im Rahmen einer Kohorten-Studie die Symptom-Entwicklung von insgesamt 61 Patienten im Verlauf dreier HBO-Therapiesitzungen [Eichhorn et al. 2017]. Da die Studienergebnisse dieser Arbeit nur in aggregierter Form publiziert sind, erfolgt eine Einordnung und Auswertung nach Analyse der 50 separaten Fallstudien. Somit konnten insgesamt 111 bisher publizierten Fälle von Kohlenmonoxid-Intoxikation nach Wasserpfeifenkonsum identifiziert werden.

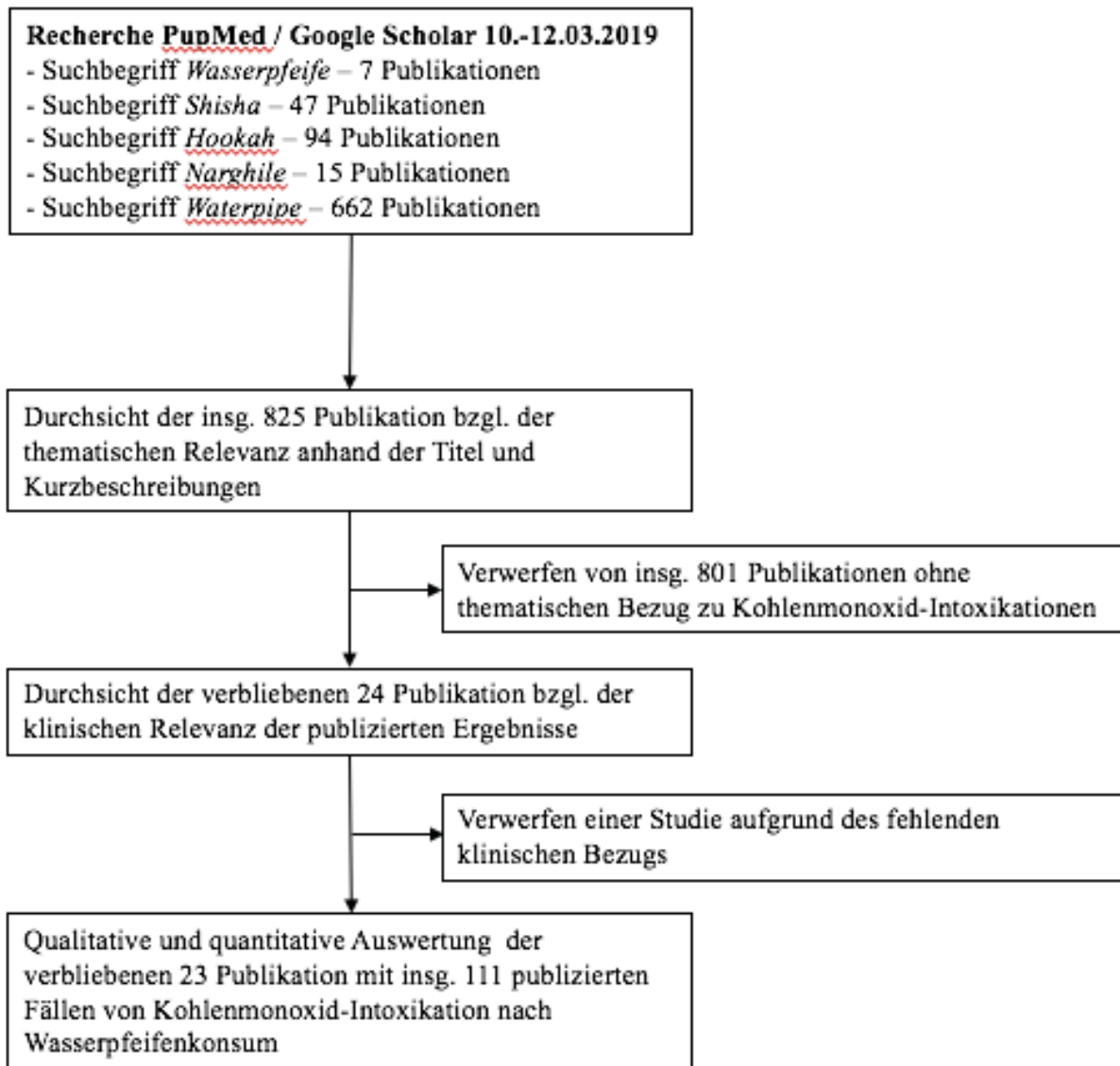


Abb. 3: Vorgehen strukturierte Literaturrecherche [eigene Darstellung]

Die in den Case-Studies genannten soziodemografischen Parameter Alter, Geschlecht und Nationalität, die Höhe des Carboxyhämoglobins bei Aufnahme in das Krankenhaus sowie die Symptome der Patienten, das gewählte Therapieverfahren und, soweit publiziert, die Rahmenbedingungen des Konsums wurden strukturiert erfasst und in eine *Excel*-Tabelle übertragen. Anschließend erfolgte die deskriptiv-statistische Auswertung mit der Statistiksoftware *SPSS 25* von *IBM*.

3.2 Auswertung der Literaturrecherche

In den analysierten Artikeln fanden sich Fallstudien aus insgesamt zwölf Ländern, wobei ein Gros der Fälle aus England (n=12), der Türkei (n=11) und Deutschland (n=6) stammten. Im Geschlechterverhältnis waren zu zwei Dritteln Männer (n=32 / 64%) und zu einem Drittel Frauen (n=18 / 36%) betroffen. In der Altersstruktur zeigte sich erwartungsgemäß eine Häufung bei jungen Erwachsenen im Alter von 18-25 Jahren. Der jüngste therapierte Patient war ein 13-jähriger Junge, der nach Shisha-Konsum kollabiert war und sich anschließend fußläufig in der Kindernotaufnahme eines französischen Krankenhauses vorstellte. Hier erlitt er nach kurzer Wartezeit einen Krampfanfall und wurde anschließend bei einem CO-Hb-Wert von 23,1% mittels HBO therapiert (de Suremain et al. 2019). Der älteste therapierte Patient war ein 51-jähriger Niederländer, der mit Kopfschmerzen nach 5 Minuten Wasserpfeife-Rauchen in einer Klinik vorstellig wurde und dort bei einem CO-Hb von 5,1% mittels High-Flow-Sauerstoff therapiert wurde (Bens et al. 2013). Das durchschnittliche Patientenalter betrug 21,9 Jahre.

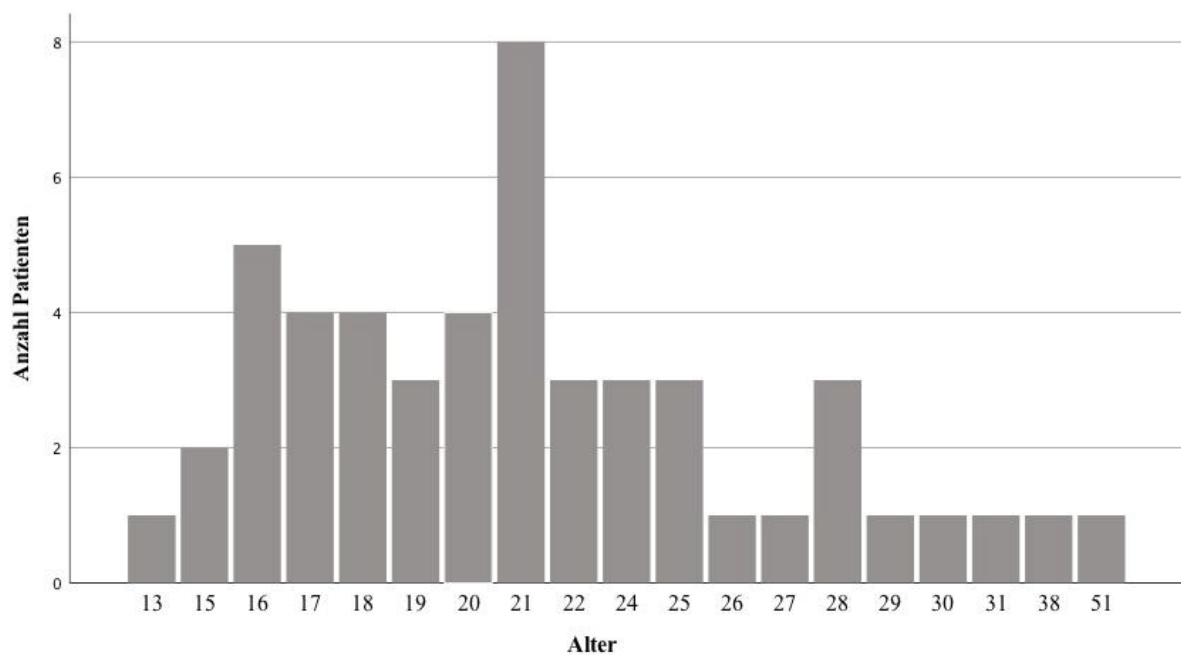


Abb. 4: Altersverteilung der Fallstudien-Patienten [eigene Darstellung]

Die bei Aufnahme ermittelten Carboxyhämoglobin-Werte der Patienten betrugen im Mittel 22,57% mit einer Streuung von 2% bis 39%

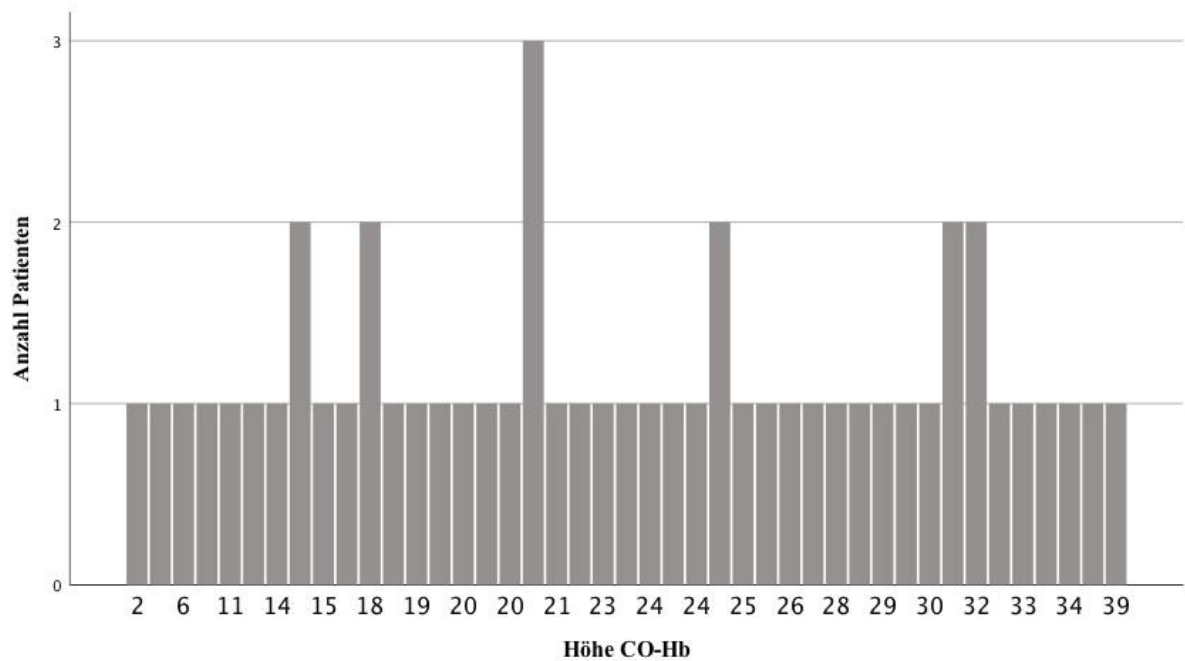


Abb. 5: Höhe der Carboxyhämoglobin-Werte der Fallstudien-Patienten [eigene Darstellung]

Die aufgetretenen Symptome reichten von Unwohlsein, Lethargie über Schwindel und Kopfschmerzen bis hin zu Bewusstseinsverlust. Die beiden letztgenannten zeigten sich bei über 50% der Patienten und waren, neben Schwindel, damit die häufigsten Symptome nach Wasserpfeifenkonsum. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied zeigte sich nicht.

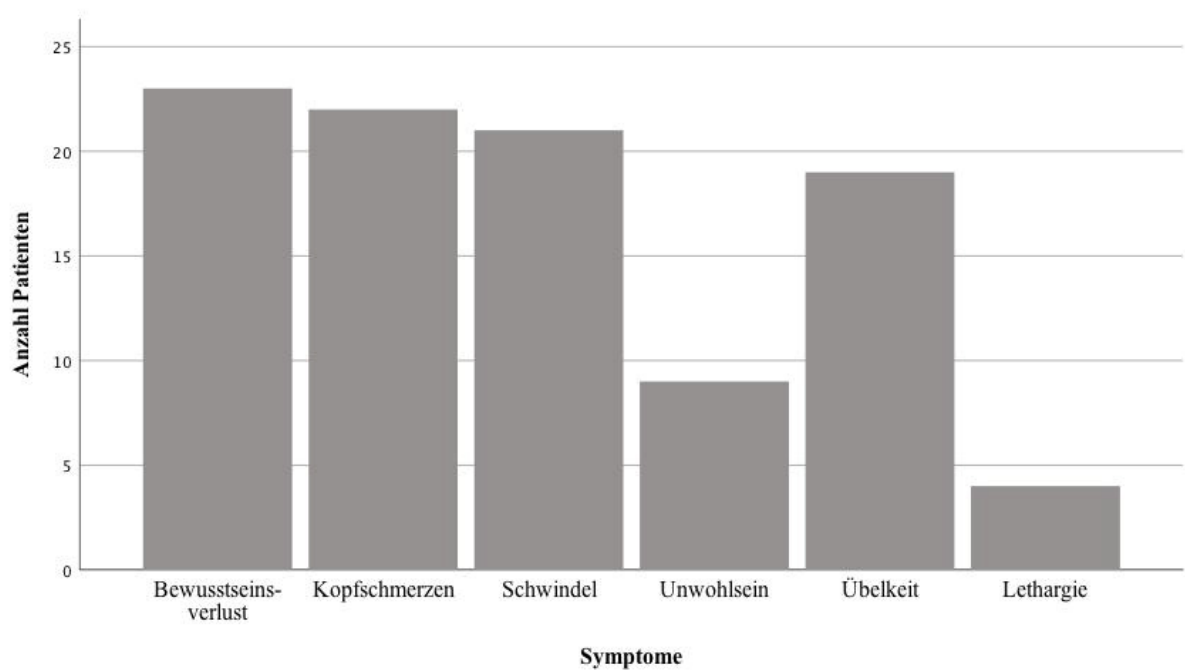


Abb. 6: Symptommhäufigkeit der Fallstudien-Patienten [eigene Darstellung]

Interessant ist ein Blick auf die unterschiedlichen Therapieansätze. Trotz der bereits diskutierten Hinweise auf einen Vorteil der HBO-Therapie zur Prävention neurologischer Spätschäden nach Kohlenmonoxid-Vergiftung, wurden insgesamt nur neun Patienten (18%) mittels hyperbarem Sauerstoff behandelt. Die Mehrzahl von 35 Patienten (70%) erhielt eine High-Flow-Sauerstoff Therapie, für sechs Patienten (12%) fehlten Angaben zur durchgeführten Therapie. Stratifiziert nach Herkunftsländern fällt auf, dass in England kein einziger Patient einer Druckkammer-Therapie zugeführt wurde. In Deutschland wurde nur einer von sechs Patienten mittels HBO therapiert, in der Türkei war es immerhin ein Drittel der Patienten (4/11).

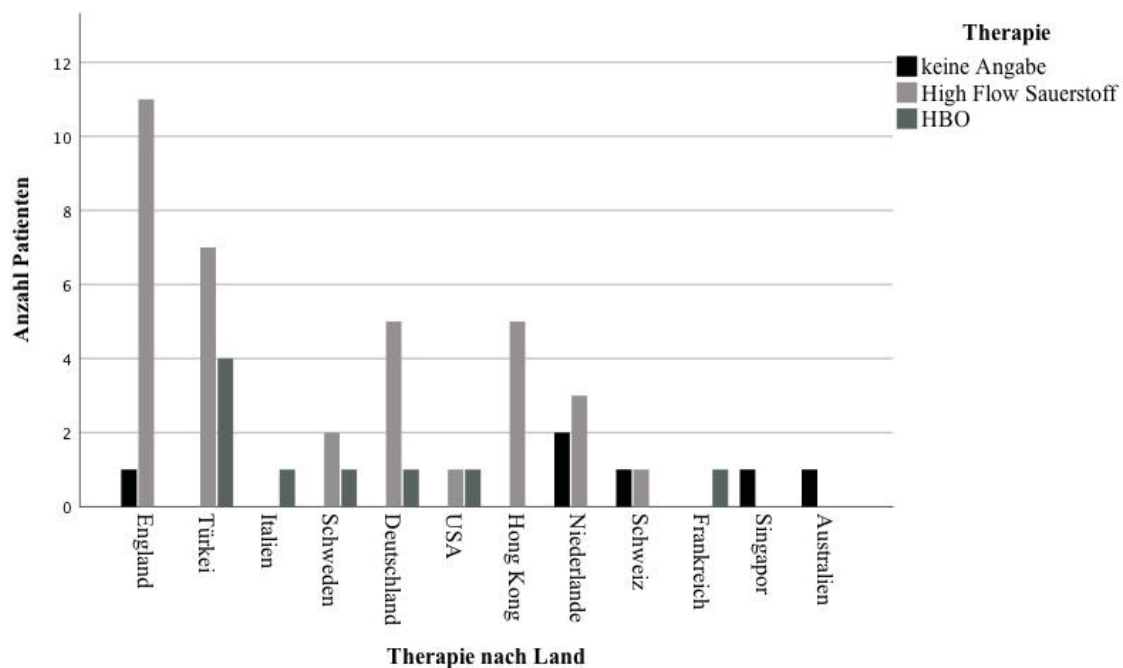


Abb. 7: Therapie-Regime nach Herkunftsland [eigene Darstellung]

Eine strukturierte Auswertung möglicher Spätfolgen erfolgte in keiner der angegebenen Studien. In Einzelfällen wie der Untersuchung von Rappard et al. 2014 wurden die vier mit High-Flow-Sauerstoff behandelten Patienten telefonisch kontaktiert, wobei keiner der Patienten unter neurologischen Spätfolgen litt. Eine Patientin hatte über einen Zeitraum von mehreren Wochen nach dem Akutereignis noch subjektive Luftnot. Angaben über den zeitlichen Abstand der Erhebung zur durchgeführten Therapie oder einen möglichen Interview-Leitfaden wurden nicht gemacht [Rappard et al. 2014].

Knapp 50% der Studien enthielten darüber hinaus Angaben zu den Rahmenumständen des Shisha-Konsums. Zehn Patienten erlitten ihre Intoxikation beim Besuch einer Shisha-Bar, neun Personen beim Rauchen im häuslichen Umfeld und vier Vorfälle ereigneten sich beim Rauchen

im Freien. Der letzte Punkt scheint dabei kontraintuitiv, da in der Literatur insbesondere das Rauchen in geschlossenen Räumen als Risikofaktor genannt wird.

Neben den genannten Fallstudien wurde bis heute eine Kohorten-Studie mit insgesamt 61 Patienten veröffentlicht, die nach Wasserpfeifen-Konsum in den Jahren 2013 bis 2016 an einem deutschen Druckkammerzentrum behandelt wurden. Ziel der Studie war es, den Symptomverlauf im Rahmen dreier sequentieller HBO-Therapien zu analysieren. Die soziodemografischen Daten dieser Studie sind nahezu deckungsgleich mit den analysierten Fallstudien. Von 61 Patienten waren 41 männlich und 20 weiblich. Das durchschnittliche Alter lag bei 22 Jahren und der durchschnittlich gemessene CO-Hb bei 18% mit einer Streuung von 3% bis 40%. Auch die Symptome der Patienten gleichen der Fallstudien-Auswertung. Die drei häufigsten Symptome waren Bewusstseinsverlust (75%), Schwindel (62%) und Kopfschmerzen (49%). Im Verlauf von 3 Therapiesitzungen in Anlehnung an das von Weaver et al. 2002 genutzte Protokoll (initial Boerema-Schema, anschließend zweimal Problemwundenschema unter 2,4 Bar Umgebungsdruck) zeigten sich 47 Patienten symptomfrei, ein Patient klagte über Kopfschmerzen und ein Patient über persistierenden Schwindel. Zwölf Patienten brachen die Therapie vorzeitig ab [Eichhorn et al. 2017]. Eine Erhebung von Spätschäden oder Aussagen über eine sich möglicherweise verändernden Inzidenz über den vierjährigen Beobachtungszeitraum erfolgten in dieser Studie nicht.

Die Altersstruktur der 111 publizierten Fälle korrespondiert mit den Aussagen der *KiGGS*-Studien sowie den *BZgA* Daten, die eine signifikanten Zunahme des Wasserpfeifenkonsums vor allem in Gruppe der 18- bis 25-jährigen sehen. Eine Aussage darüber, ob die Anzahl an CO-Intoxikationen über die letzten Jahre zugenommen hat, lässt sich aber weder über die ausgewerteten Fallstudien noch die vorgestellte Kohorten-Analyse treffen. Die Tatsache, dass die erste publizierte Studie zum Thema aus dem Jahr 2009 stammt, kann als anekdotischer Hinweis auf die in jüngerer Zeit veränderten Rauchgewohnheiten gewertet werden. Allerdings stammt die Hälfte der Publikationen aus den Jahren 2011 und 2012. In den Folgejahren finden sich dagegen nur vereinzelte Studien. Die Frage ob bzw. in welchem Ausmaß sich die steigende Zahl an Shisha-Konsumenten auch in einer zunehmenden Zahl an Intoxikationen niederschlägt, bleibt daher bis dato, ebenso wie die Frage nach der Schwere solcher Vergiftung, unbeantwortet.

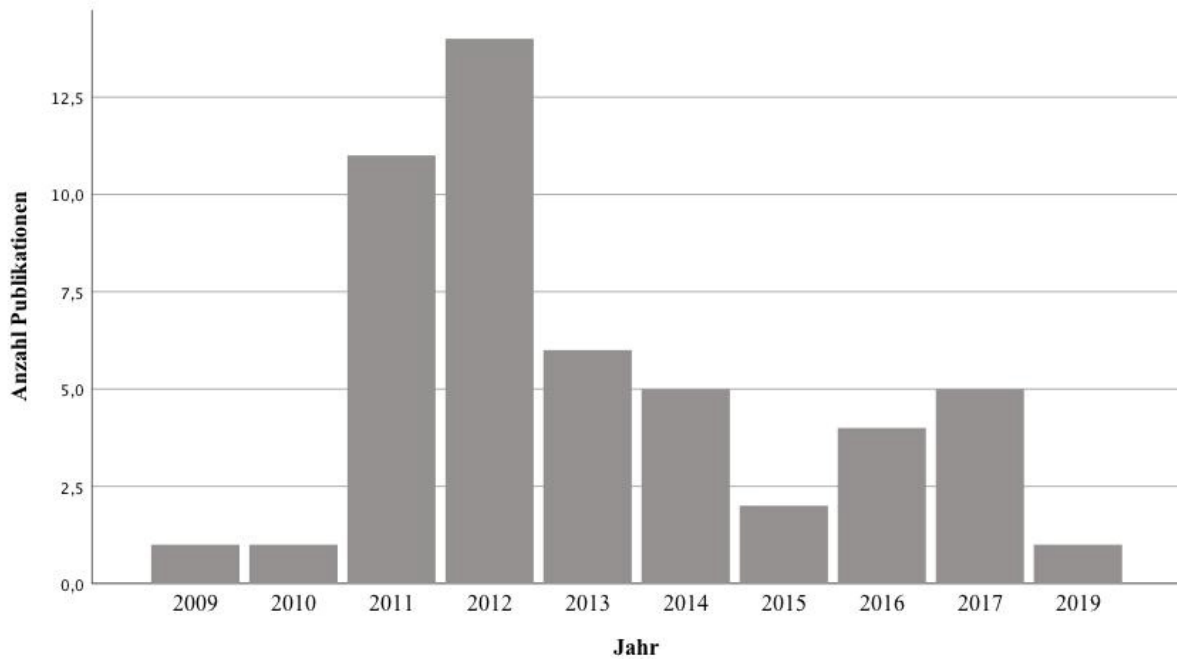


Abb. 8: Publizierte Fälle von Kohlenmonoxid-Intoxikationen aufgrund von Shisha-Konsum nach Jahren [eigene Darstellung]

Eine weitere offene Frage betrifft die Rahmenbedingungen bzw. prädisponierende Faktoren bei der Entstehung der Vergiftung. Bei durchschnittlichen CO-Hb-Werten von 20% wäre entsprechend Tabelle 1 nach Kaiser et al. 2013 und Weaver et al. 2009 mit Symptomen wie Unwohlsein und Übelkeit zu rechnen. Das dominierende Symptom bei klinischer Vorstellung mit 50% in den Fallstudien und 75% in der Kohorten-Studie ist aber der Bewusstseinsverlust, welcher nach bisherigen Studien eine Manifestation von Carboxyhämoglobin-Werten über 40% sein sollte (Weaver et al. 2009). Demgegenüber zeigten sich in einer Studie des *Bundesinstitut für Risikobewertung* bei 10 getesteten Shisha-Konsumenten durchschnittliche CO-Hb-Werte von 17%, mit einem Spitzenwert von 31%, ohne dass die Probanden therapiebedürftige Vergiftungssymptome gezeigt hätten [Bundesinstitut für Risikobewertung 2009].

Auch bezüglich der gewählten Therapieform scheint es weiterhin Diskussionsbedarf zu geben. Aufgrund der eingeschränkten Studienlage besteht in Deutschland weiterhin die Empfehlung zur HBO-Therapie. Alle Patienten in der von Eichhorn et al. publizierten Kohorten-Studie wurden dementsprechend mittels HBO-Therapie behandelt [Eichhorn et al. 2017]. Autoren wie Rappard et al. argumentieren allerdings, dass die Therapie mit hyperbarem Sauerstoff aufgrund des Nebenwirkungsprofils den schweren Kohlenmonoxid-Intoxikationen vorbehalten bleiben sollte. Intoxikationen nach Wasserpfeifenkonsum zählen die Autoren offensichtlich nicht in

diese Gruppe, da die von ihnen publizierten Fälle mittels einer risikoärmeren High-Flow-Sauerstoff Therapie behandelt wurden [Rappard et al. 2014]. Prospektiv randomisierte Studien, die beide Therapie-Regime miteinander vergleichen oder strukturierte Nacherfassungen möglicher neurologischer Langzeitfolgen, wurden bisher für das Subsegment der Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum nicht publiziert.

4. Datenanalyse

4.1 Methodik der Datenerhebung und Analyse

Es wurden retrospektiv die Daten aller Patienten, die im Zeitraum Januar 2010 bis Dezember 2020 am *Universitätsklinikum Düsseldorf* aufgrund einer Kohlenmonoxid-Intoxikation behandelt wurden, ausgewertet. Hierfür wurde ein Votum der Ethikkommission (Studiennummer: 2021-1339) eingeholt. Als Datengrundlage dienten die im Krankenhausinformationssystem *Medico* befindlichen *COPRA*-Dokumentationen der Zentralen Notaufnahme sowie die im Rahmen der Patientenbehandlung erhobenen Laborwerte. Die folgenden Parameter wurden dabei anonymisiert in Form einer aufsteigenden Zahlenreihe erhoben:

1. Alter in Jahren
2. Geschlecht
3. Jahr und Monat der HBO-Therapie
4. Höhe des erstgemessenen Carboxyhämoglobin
5. Höhe des Carboxyhämoglobin bei Aufnahme am *Universitätsklinikum Düsseldorf*
6. Symptome bei Vorstellung
7. Troponin
8. Leukozyten
9. Intoxikationsursache
10. Intubation
11. Reanimation

Anschließend erfolgte mittels der Statistiksoftware *SPSS 25* von *IBM* eine deskriptiv-statistische Auswertung der Intoxikationsursachen über den betrachteten Zeitraum sowie eine Analyse des Zusammenhangs der Intoxikationsursachen mit der initialen Symptomatik sowie der Höhe der Troponin- und Leukozyten-Werte bei Aufnahme. Als Surrogat-Parameter für die Intoxikationsschwere wurden außerdem Informationen über die prä- und innerklinische Intubation und Reanimation der Patienten ausgewertet. Zur statistischen Analyse wurde die Gruppe der Shisha-Konsumenten mit einer Referenzgruppe verglichen, die alle anderen Vergiftungsursachen umfasste. Im Falle kategorialer Variablen wie beispielsweise den Symptomen oder der Frage nach Intubation oder Reanimation erfolgte die Analyse über einen Chi-Quadrat-Test. Metrische Variablen wie die Höhe des Carboxyhämoglobin, Troponin oder

der Leukozyten wurden mittels Student's t-test analysiert. Als Zusammenhangsmaß wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson verwendet. Hierbei wurde bei ausreichend großen Gesamt- und Teilsamples entsprechend des *Central Limit Theorem* von einer Normalverteilung der Daten ausgegangen [Field 2009].

4.2 Soziodemografische Daten und Patientenaufkommen

Im Zeitraum Januar 2010 bis Dezember 2020 stellten sich insgesamt 734 Patienten mit Kohlenmonoxid-Intoxikationen am *Universitätsklinikum Düsseldorf* vor. 317 Personen (42,9%) waren weiblich, 417 (56,5%) männlich. Das durchschnittliche Alter aller behandelten Patienten betrug 36,5 Jahre.

Synopsis der soziodemografischen Daten des Gesamtsample	
Gesamtsample	734 = 100%
Geschlechterverhältnis Gesamtsample	
männlich	417 = 56,5 %
weiblich	317 = 42,9 %
Durchschnittliches Alter Gesamtsample	
36,5 Jahre	

Tabelle 2: Synopsis der soziodemografischen Daten des Gesamtsample [eigene Darstellung]

Eine Analyse des Patientenaufkommens über den elfjährigen Beobachtungszeitraum zeigte nach Etablierung des Standorts als Druckkammer mit 24 Stunden Bereitschaft Anfang 2015, eine stetige Zunahme der durchgeführten Notfallbehandlungen bis zum Jahr 2018.

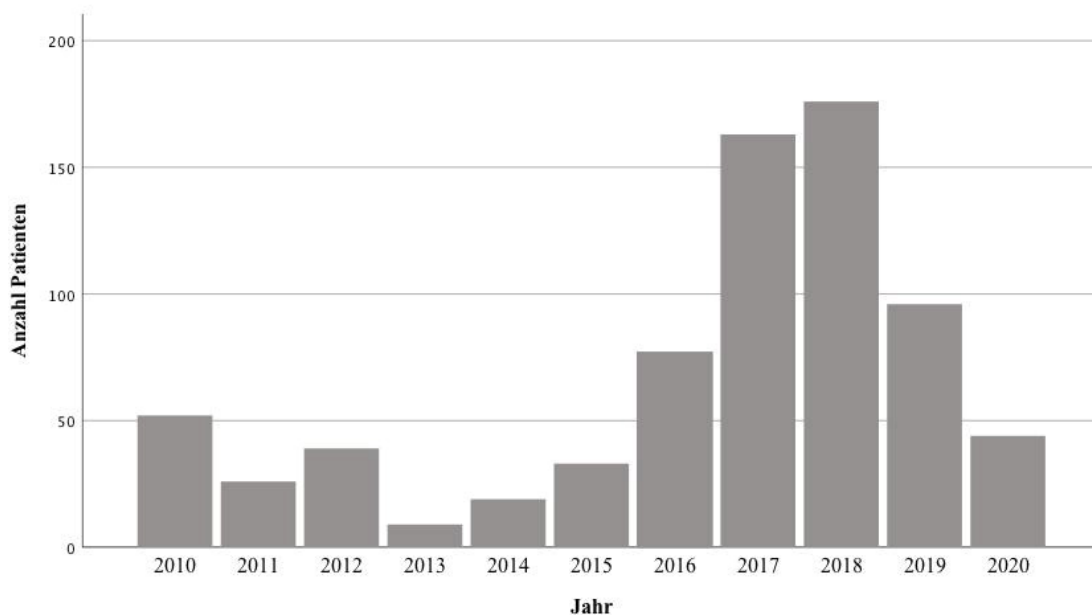


Abb. 9: Anzahl der behandelten Kohlenmonoxid-Intoxikationen im Betrachtungszeitraum 2010-2020 [eigene Darstellung]

Die rückläufigen Patientenzahlen der Jahre 2019 und 2020 sind im Kontext dieser Trendanalyse nur eingeschränkt interpretierbar. Das liegt zum einen an der Druckkammer-Infrastruktur in Deutschland. So gab es im Zeitraum 2015 bis 2018 in ganz Deutschland nur acht Druckkammern mit 24 Stunden Einsatzbereitschaft und vorgehaltenen Intensivkapazitäten. Die meisten davon im Süden und Osten des Landes (siehe Abbildung 10). Notfälle aus den Bundesländern Niedersachsen, Bremen und Hamburg, welche nicht über eigene Druckkammerzentren verfügten, wurden dementsprechend in den geografisch nächsten Standorten Kiel sowie den beiden nordrhein-westfälischen Druckkammern in Düsseldorf und Aachen behandelt. Am 27. September 2018 eröffnete im nördlich von Düsseldorf gelegenen Krankenhaus *Bergmannsheil Buer* in Gelsenkirchen die dritte Druckkammer mit 24 Stunden Bereitschaft in Nordrhein-Westfalen. Somit entstand ein weiterer Anlaufpunkt für Patienten aus dem Ruhrgebiet und dem Nordwesten Deutschlands. Dies ist neben der allgemeinen Fluktuation sicher ein Erklärungsansatz für die im Jahr 2019 stark rückläufigen Notfallbehandlungen am Standort Düsseldorf. Im Vergleich zu 176 Patienten im Jahr 2018 halbierte sich die Zahl 2019 fast auf 96. Das Jahr 2020 brachte eine weitere Halbierung der Patientenzahlen auf 44. Neben den erhöhten Kapazitäten zeigt sich hierfür sicherlich die SARS-CoV-2 Pandemie verantwortlich, die an deutschen Notaufnahmen insgesamt für ein abnehmendes Patientenaufkommen sorgte [Graulich et al. 2020, Tschaikowsky et al. 2020].



Abb. 10: Geografische Verteilung von Druckkammern in Deutschland [eigene Darstellung nach Wunderlich et al. 2019]

Eine Betrachtung der Patientenverteilung über das Jahr bzw. die Jahreszeiten zeigt eine Häufung in den kalten Monaten (Abbildung 11). So fanden 61% der Druckkammerbehandlungen nach Kohlenmonoxid-Vergiftungen in den Herbst- und Winter-Monaten Oktober bis März statt. Das ist wenig überraschend, da insbesondere in Innenräumen hohe Konzentrationen von Kohlenmonoxid erreicht werden [Clarke et al. 2012, Fromme et al. 2009].

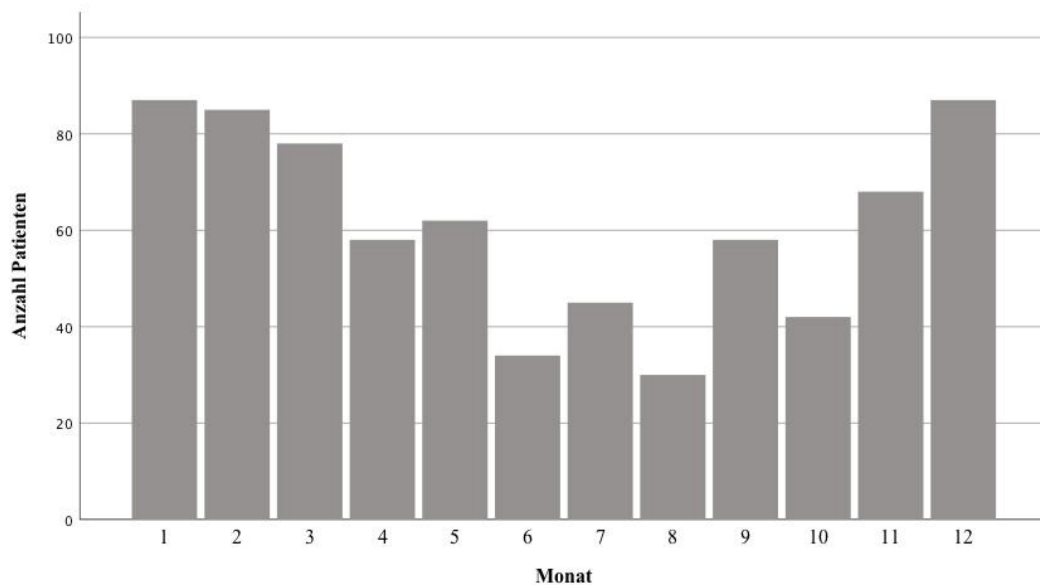


Abb. 11: Patientenaufkommen im Jahresverlauf [eigene Darstellung]

4.3 Intoxikationsursachen

Die häufigsten Vorstellungsgründe über den elfjährigen Beobachtungszeitraum waren defekte Gasthermen (n=191) und Hausbrände (n=191), gefolgt von Vergiftungen durch Wasserpfeifenkonsum (n=134), Suizidversuche (n=91), unsachgemäße Verwendung von Grills in Innenräumen (n=49), das Heizen mit Kohleöfen (n=41) sowie das akzidentelle Inhalieren von Abgasen (n=18). Bei n=19 Patienten blieb die Vergiftungsursache unklar.

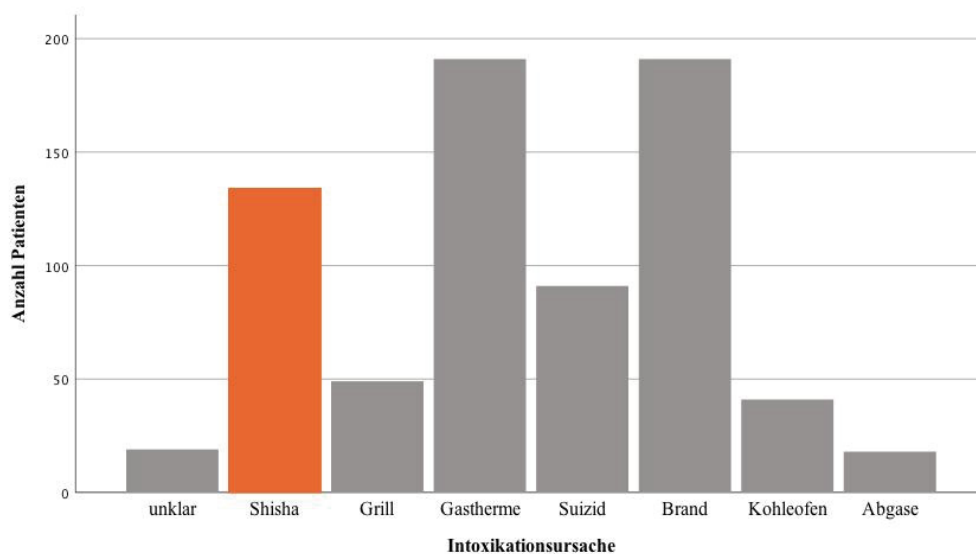


Abb. 12: Intoxikationsursachen im Betrachtungszeitraum 2010-2020 [eigene Darstellung]

Interessant ist die Betrachtung der Häufigkeit verschiedener Vergiftungsursachen über den Beobachtungszeitraum. Während in den Jahren 2010 bis 2014 am *Universitätsklinikum Düsseldorf* keine einzige Kohlenmonoxid-Vergiftung durch Wasserpfeifenkonsum behandelt wurde, zeigt sich seit dem Jahr 2015 eine stetige Zunahme dieser Patientengruppe. In den Jahren 2017 und 2018 war es mit 30,1% bzw. 27,8% der Notfallpatienten sogar die anteilmäßig größte Gruppe, die eine Druckkammertherapie erhielt. Im Jahr 2019 belegte Shisha-Konsum bei insgesamt stark rückläufigen Patientenzahlen mit 25% Platz Zwei der häufigsten Behandlungsursachen hinter defekten Gasthermen mit 26%. Im letzten Jahr der Untersuchung stellten sich bei erneut stark gesunkenen Patientenzahlen noch sechs bzw. 13% der Patienten mit Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum vor. Wie im vorhergehenden Abschnitt bereits erläutert, sind die beiden letzten Jahre der Auswertung, 2019 und 2020, aufgrund der erhöhten Druckkammer-Kapazitäten in Nordrhein-Westfalen sowie des veränderten Patientenaufkommens durch die SARS-CoV-2 Pandemie, nicht für eine Trendanalyse zu verwerten.

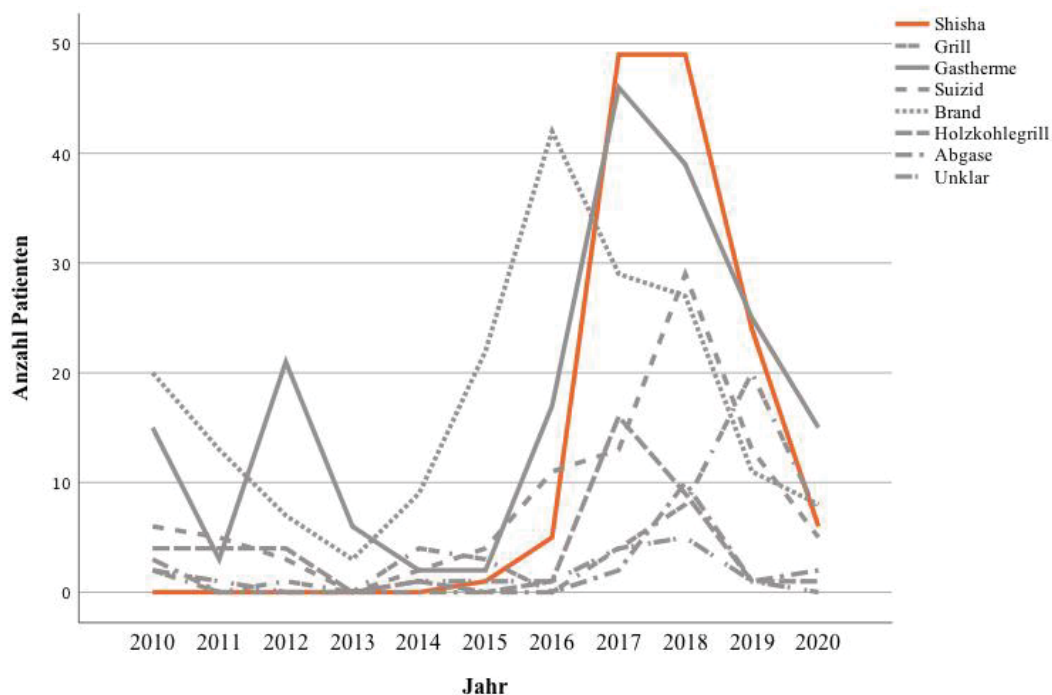


Abb. 13: Intoxikationsursachen am *Universitätsklinikum Düsseldorf* 2010-2020 [eigene Darstellung]

Anzahl therapierter Patienten nach Intoxikationsursache											
Ursache	Jahr										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Shisha	0	0	0	0	0	1	5	49	49	24	6
Grill	2	0	1	0	4	3	0	4	8	20	7
Gastherme	15	3	21	6	2	2	17	46	39	25	15
Suizid	6	5	3	0	2	4	11	13	29	13	5
Brand	20	13	7	3	9	22	42	29	27	11	8
Kohleofen	4	4	4	0	1	0	1	16	9	1	1
Abgase	3	0	0	0	0	0	0	2	10	1	2
unklar	2	1	3	0	1	1	1	4	5	1	0
gesamt	52	26	39	9	19	33	77	163	176	96	44

Tabelle 3: Anzahl therapierter Patienten nach Intoxikationsursache 2010-2020 [eigene Darstellung]

Zusammenfassend zeigt sich in der deskriptiv statistischen Auswertung ein stetiger Anstieg therapiebedürftiger Kohlenmonoxid-Intoxikationen aufgrund von Wasserpfeifenkonsum bis zum Jahr 2018. Die beiden Folgejahre sind aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen nicht mit den vorhergehenden Jahren vergleichbar. Zur weiteren statistischen Fundierung der deskriptiven Trendanalyse wurden in Anlehnung an das Vorgehen von Graulich et al. und Tschaikowsky et al. zwei repräsentative Zeiträume definiert und, hinsichtlich signifikanter Unterschiede im Patientenaufkommen, miteinander verglichen [Graulich et al. 2020, Tschaikowsky et al. 2020]. Hierfür wurde zum einen das Jahr 2016 ausgewählt, da sich der Standort zu diesem Zeitpunkt, nach Einführung einer 24 Stunden Bereitschaft Anfang 2015, bereits etabliert hatte. Zum anderen das Jahr 2018, da zu diesem Zeitpunkt die Notfallversorgung im Westen Deutschlands, wie im Vergleichszeitraum, nur von den beiden Druckkammern in Aachen und Düsseldorf gewährleistet wurde. Ob zwischen beiden Zeiträumen im Hinblick auf die Anzahl der therapierten Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum ein statistisch signifikanter Unterschied bestand, wurde mittels Chi-Quadrat-Test berechnet. Während Vergiftungen durch Wasserpfeifenkonsum im Jahr 2016

6,5% der behandelten Notfälle ausmachten, vervierfachte sich dieser Wert im Jahr 2018 auf 27,4%. Im Chi-Quadrat-Test zeigte sich dieser Unterschied mit $p < 0.05$ hochsignifikant. Somit kann in der Gesamtschau der Ergebnisse festgehalten werden, dass es in der letzten Dekade am Standort Düsseldorf zu einer stark zunehmenden Zahl behandlungsbedürftiger Kohlenmonoxid-Intoxikationen durch Wasserpfeifenkonsum gekommen ist. Inwieweit dieser Trend, insbesondere auch das Ausmaß der Zunahme auf andere Standorte bzw. Deutschland als Ganzes übertragbar ist, muss vor dem Hintergrund möglicher Störvariablen, insbesondere der genannten institutionellen Veränderungen am Standort Düsseldorf und in Nordrhein-Westfalen kritisch hinterfragt werden.

Interessant ist auch der Blick auf die Altersstruktur der behandelten Patienten. Wie bereits in Kapitel zwei ausgeführt, wird sowohl von der *WHO*, als auch in der *KiGGS* sowie der *BZgA* Studie besorgt vor einer Zunahme des Wasserpfeifenkonsums in der Gruppe der 18- bis 25-Jährigen gewarnt. Eine Stratifizierung des Sample entsprechend der Intoxikationsursachen und dem Alter der behandelten Patienten stützt diese Befürchtung (Abbildung 14).

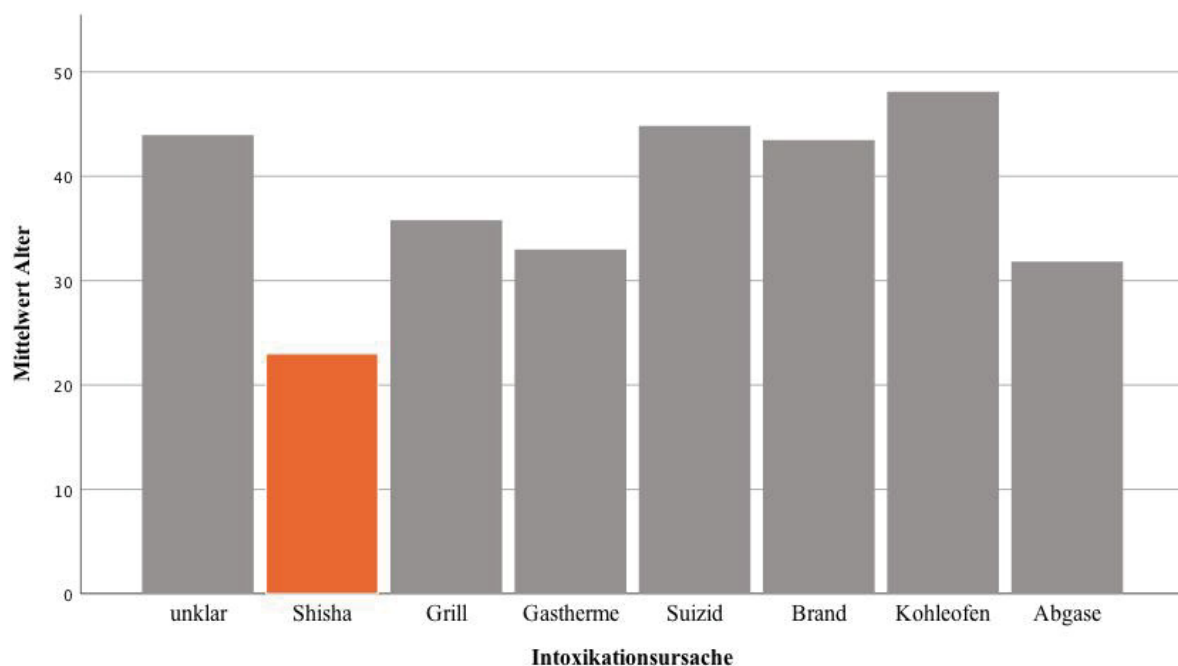


Abb. 14: Durchschnittliches Patientenalter nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]

Während Patienten nach Wasserpfeifenkonsum durchschnittlich 23,01 Jahr alt waren, betrug das mittlere aggregierte Patientenalter aller anderen Kategorien 39,69 Jahre.

Die statistische Signifikanzprüfung des Altersunterschieds zwischen der Patientengruppe mit Kohlenmonoxid-Vergiftung nach Shisha-Konsum und der Referenzgruppe erfolgte über den

Student's t-test, der mit $p < 0.05$ hochsignifikant für einen relevanten Unterschied in der Altersstruktur ausfiel.

Die Auswertung der Patientendaten untermauert damit die Aussagen der zitierten Studien. Wasserpfeifenkonsum scheint sich bei jungen Patienten nicht nur zunehmender Beliebtheit zu erfreuen, sondern führen in dieser Patientengruppe auch zu einer signifikanten Zunahme behandlungsbedürftiger Kohlenmonoxid-Vergiftungen.

4.4 Symptome und Schwere der Vergiftung

Die Auswertung der Symptome erfolgte entsprechend der Angaben der Patienten bei Aufnahme, bzw. den aus den Rettungsdienstprotokollen in die hausinterne Dokumentation übernommenen Symptomen bei Erstkontakt des Rettungsdienstes mit den Patienten. Auffällig ist, dass 39% der Patienten in der Gruppe nach Wasserpfeifenkonsum mit Bewusstseinsverlusten als führendem Symptom vorstellig wurden. Beschwerden wie Schwindel (19,1%), Kopfschmerzen (15,6%) und Übelkeit (13,3%) folgen mit weitem Abstand. Eine Betrachtung der Symptome anderer Intoxikationsursachen zeigt, dass Bewusstseinsverlust nur in der Gruppe der Suizidenden mit 53,7% noch häufiger vorkommt als beim Wasserpfeifenkonsum. Bei defekten Gasthermen (18,4%), der Nutzung von Holzkohlegrills in Innenräumen (7,6%), nach Häuserbränden (23,9%), bei der Verwendung von Kohleöfen zum Heizen (11,9%) und bei der Inhalation von Abgasen (8,8%) tritt dieses Symptom signifikant seltener auf.

Akkumuliert über alle Vergiftungsursachen ohne Wasserpfeifenkonsum war das häufigste genannte Symptom Kopfschmerz (24,4%), gefolgt von Bewusstseinsverlust (21,5%), Schwindel (19,3%) und Übelkeit (15,1%). Die folgenden beiden Tabellen geben einen Überblick über die relative Häufigkeit der Beschwerden in der Gruppe nach Wasserpfeifenkonsum gegenüber der Referenzgruppe anderer Intoxikationsursachen. Der durchgeführte Chi-Quadrat-Test bestätigt, dass sich beide Gruppen signifikant ($p < 0.05$) hinsichtlich der entwickelten Symptome unterscheiden.

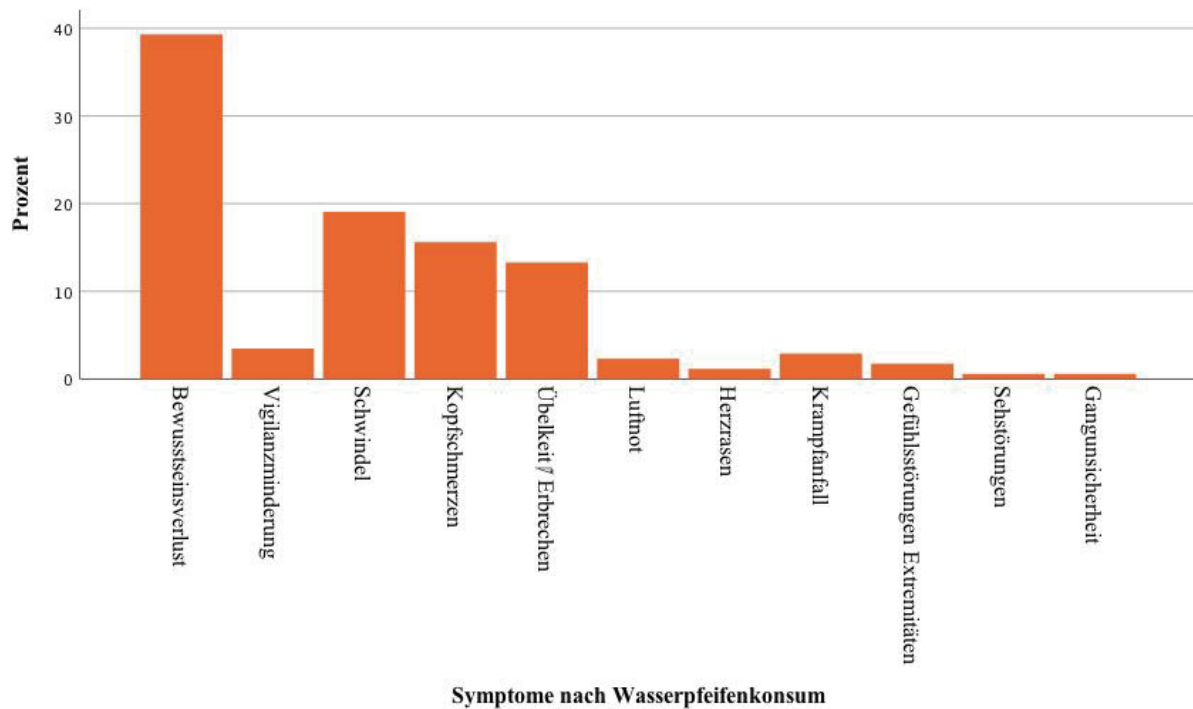


Abb. 15: Symptome nach Kohlenmonoxid-Vergiftungen durch Wasserpfeifenkonsum [eigene Darstellung]

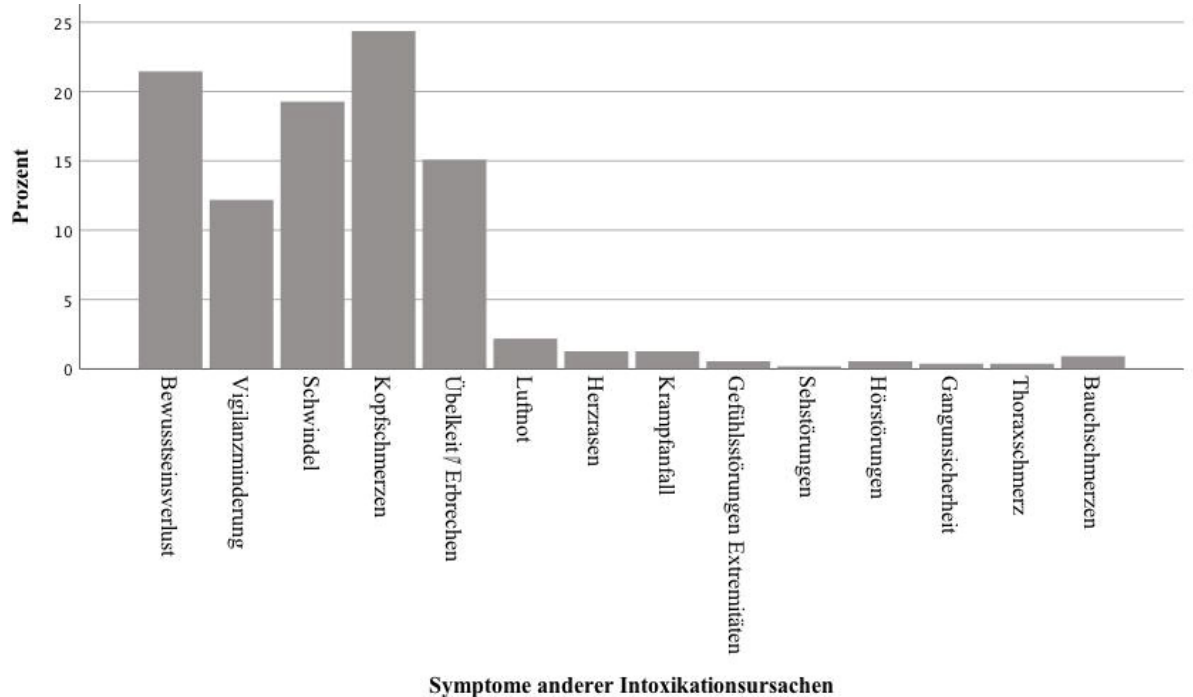
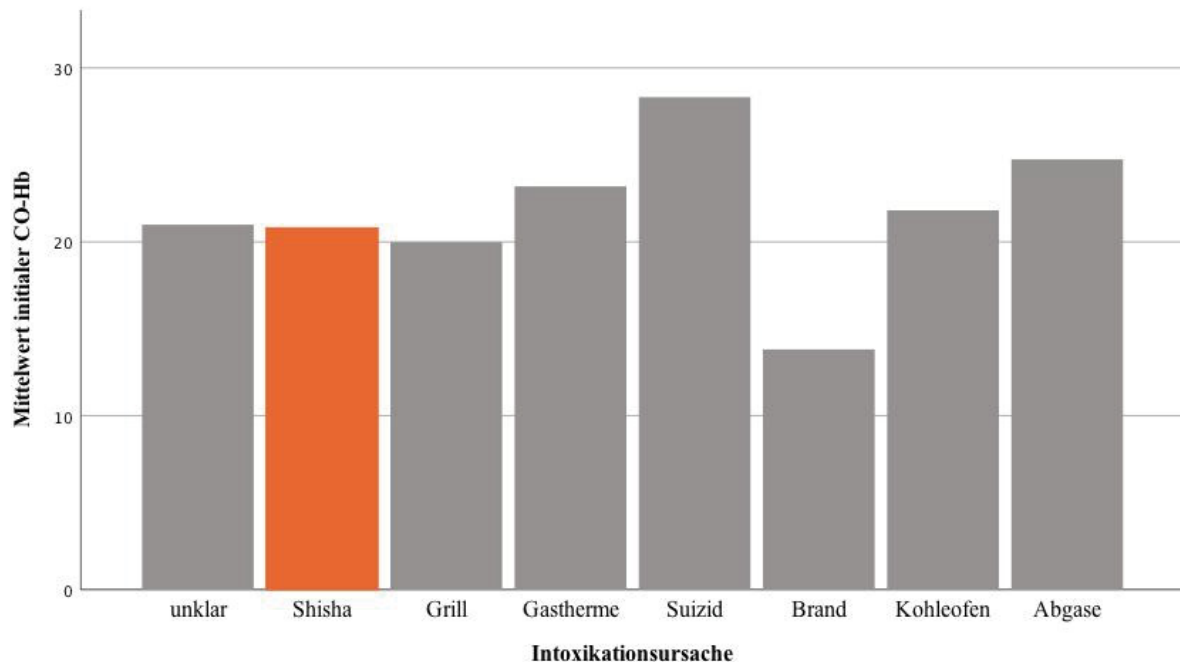


Abb. 16: Symptome nach Kohlenmonoxid-Vergiftungen anderer Ursachen [eigene Darstellung]

Aufgrund des subjektiven Charakters von Symptomen ist ein direkter Rückschluss von diesen auf die Schwere der Vergiftung nur eingeschränkt möglich. In der Literatur wird zu diesem Zweck meistens die Höhe des CO-Hb-Wertes verwendet.



**Abb. 17: Höhe des durchschnittlichen Carboxyhämoglobin-Werts nach Intoxikationsursache
[eigene Darstellung]**

Nach Shisha-Konsum zeigten die Patienten einen durchschnittlichen Carboxyhämoglobin-Wert von 20,81% mit einer Streuung von 4% bis 40%. Die durchschnittlichen Werte in der Vergleichsgruppe betrugen bei der Verwendung von Grills in Innenräumen 19,99%, bei Gasthermen-Unfällen 23,19%, nach Suizidversuchen 28,31%, bei Bränden 13,82%, bei Kohleöfen 21,82% und nach der Inhalation von Abgasen 24,75%. Damit waren die Durchschnittswerte nur nach unsachgemäßer Grillverwendung und nach Häuserbränden niedriger als nach Wasserpfeifenkonsum. Diese Erkenntnis ist insbesondere in Bezug auf Häuserbrände irreführend, denn eine Betrachtung der Streuung in dieser Gruppe zeigt Minimalwerte von 0% und Maximalwerte von 77%. Eine mögliche Erklärung ist die niedrige Schwelle zur klinischen Vorstellung von Patienten, die aus Häuserbränden gerettet wurden, auch ohne die Entwicklung ausgeprägter Symptome. Eine Betrachtung der minimalen und maximalen CO-Hb-Werte der anderen Gruppen ist ebenfalls aufschlussreich. Während unsachgemäß verwendete Grills mit Werten von 4% bis 38% und das Heizen mit Kohleöfen mit Werten von 7% bis 43% eine ähnliche Streuung zeigten wie Wasserpfeifenkonsum, war

diese Spanne bei akzidenteller Inhalation von Abgasen mit Werten von 13% bis 55%, Gasthermen mit Werten zwischen 2% und 77% und Suizid-Versuchen mit Werten zwischen 1% und 80% wesentlich größer.

Eine Kontextualisierung der gemessenen CO-Hb-Werte mit den entwickelten Symptomen ist, wie bereits in Kapitel 2.6.5. erläutert, schwierig. Ein Blick auf die Gruppe der Shisha-Raucher verdeutlicht dies. Entsprechend der in Tabelle 1 zusammengefassten Kategorisierung nach Kaiser et al. und Weaver et al. wären bei einer durchschnittlichen Höhe des CO-Hb-Wertes von 20,81% die zu erwartenden Symptome Schwindel, Übelkeit und Erbrechen [Kaiser et al. 2013, Weaver et al. 2009]. Tatsächlich zeigten aber nur 19,1% der Patienten Schwindel und 13,3% Übelkeit oder Erbrechen. Umgekehrt rechnen die Autoren erst ab Werten über 40% mit einem Bewusstseinsverlust. In der betrachteten Gruppe wiesen aber nur zwei Patienten (1,5%) einen Wert von genau 40% auf. Höhere Werte traten in dieser Gruppe nicht auf. Einer der Patienten klagte über Kribbelparästhesien, der andere erlitt einen Bewusstseinsverlust. Insgesamt erlitten de facto aber 39% der Patienten aus dieser Gruppe einen Bewusstseinsverlust, also ein Vielfaches des erwarteten Wertes von 1,5%.

Umgekehrt zeigt ein Mittelwertvergleich des CO-Hb-Wertes zwischen der Gruppe nach Wasserpfeifenkonsum und der Referenzgruppe mittels t-test, trotz der in den Abbildungen 15 und 16 gezeigten Symptomunterschiede, keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0.89$).

Somit lässt sich festhalten, dass sich die Höhe des Carboxyhämoglobin-Wertes in diesem Sample, nicht bzw. nur eingeschränkt zur Vorhersage der Symptome und damit entsprechend der von Kaiser et al. und Weaver et al. vorgenommenen Kategorisierung der Symptomschwere verwenden lässt.

Neben der Auswertung der Symptome und dem CO-Hb-Wert wurden für diese Studie weitere, in der Literatur bisher weniger etablierte Parameter zur Beurteilung der Intoxikationsschwere erhoben.

Im Kontext der in Kapitel 2.6.5 diskutierten pathophysiologischen Mechanismen wurde der Troponin-Wert als Parameter für einen möglichen Endorganschaden am Herzen im Sinne eines Myocardial Injury verwendet. Hierbei handelt es sich um einen nicht Ischämie bedingten Untergang von Herzmuskelzellen [Liebetrau et al. 2018].

Die Höhe der Leukozyten wurde entsprechend der Annahmen von Weaver et al. als möglicher Prognosefaktor für das Verbleiben neurologische Folgeschäden erhoben [Weaver et al. 2009].

Letztendlich wurde die Information, ob die Patienten prä- oder innerklinisch intubiert oder reanimiert werden mussten, als klinischer Surrogat-Parameter der Symptomschwere verwendet.

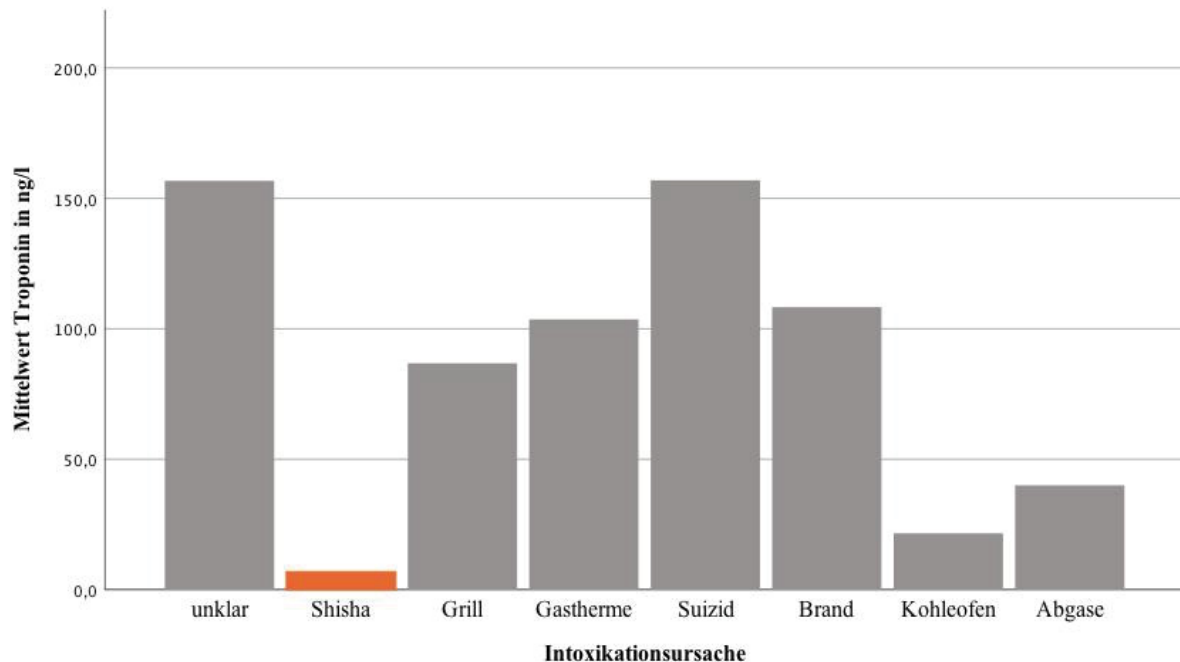


Abb. 18: Höhe des durchschnittlichen Troponin-Wertes nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]

Bei Betrachtung der Troponin-Mittelwerte in Abbildung 18 fällt auf, dass dieser Wert nach Wasserpfeifenkonsum mit 6,9 ng/l wesentlich kleiner ausfällt als bei allen anderen Intoxikationsursachen. Während 6,9 ng/l im festgelegten Normbereich kleiner 14 ng/l liegt, liegen die Durchschnittswerte nach Intoxikation durch unsachgemäß verwendete Grills (93,2 ng/l), defekte Gasthermen (106,3 ng/l), Suizidversuche (155,6 ng/l), Brände (106,5 ng/l), Kohleöfen (21,6 ng/l) und Inhalation von Abgasen (40 ng/l) alle im pathologischen Bereich. Ein ebenfalls durchgeführter Mittelwertvergleich der Wasserpfeifen- und der Referenz-Gruppe zeigt einen hochsignifikanten ($p < 0.05$) Unterschied beider Gruppen.

Eine Betrachtung der Einzelwerte zeigt, dass in der Shisha-Gruppe insgesamt nur sechs Patienten (5,5%) über dem Cut-Off von 14 ng/l liegen. In den Referenzgruppen waren dies bei unsachgemäß verwendete Grills 37%, defekte Gasthermen 37,4%, Suizidversuchen 71,7%, Bränden 54,8%, Kohleöfen 33,3% und Inhalation von Abgasen 40%. Somit kann festgehalten werden, dass Patienten nach Wasserpfeifenkonsum wesentlich seltener über die Norm erhöhte

Troponin-Werte aufwiesen und die Maximalwerte bei Erhöhungen wesentlich niedriger waren als bei allen anderen Intoxikationsursachen des betrachteten Sample.

Neben dem Vergleich der Troponin-Werte unterschiedlicher Vergiftungsursachen erfolgte eine Korrelation mit dem Carboxyhämoglobin-Wert. Da dieser in der Literatur meist als Indikator der Vergiftungsschwere herangezogen wird, wäre zu erwarten gewesen, dass der Troponin-Wert als Surrogat-Parameter eines Endorganschadens am Herzen konkordant ansteigt. In der durchgeführten Korrelationsanalyse zeigte sich eine hochsignifikante ($p < 0.05$) Korrelation beider Variablen. Allerdings steht der Korrelationskoeffizient von $r = 0.25$ nach der Einteilung von Cohen für einen kleinen Effekt [Field 2009]. Die erklärte Varianz beträgt lediglich 6%, was im Umkehrschluss bedeutet, dass 94% der Varianz nicht über eine Korrelation beider Variablen erklärt werden kann. Somit liegt die Vermutung nahe, dass neben der absoluten Höhe des CO-Hb weitere Faktoren einen Einfluss auf die Entstehung eines Myocardial Injury haben.

Korrelation Carboxyhämoglobin- und Troponin-Wert			
		CO-Hb	Troponin
CO-Hb	Korrelation nach Pearson	1	,252**
	Signifikanz (2-seitig)		,000
	N	691	409
Troponin	Korrelation nach Pearson	,252**	1
	Signifikanz (2-seitig)	,000	
	N	409	428
**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.			

Tabelle 4: Korrelation Carboxyhämoglobin- und Troponin-Wert [eigene Darstellung]

Aufgrund der von Weaver et al. postulierten Annahme, die Höhe der Leukozyten könnte ein Prognosefaktor für das Auftreten neurologischer Folgeschäden sein, wurde auch dieser Wert zwecks Gruppenvergleich erhoben. Einschränkend muss dazu gesagt werden, dass die Autoren selber anmerken, es handle sich lediglich um eine Vermutung, deren wissenschaftlicher Beweis noch erbracht werden muss [Weaver et al. 2009]. Wie aus Abbildung 19 ersichtlich, zeigten sich bzgl. der Durchschnittswerte nur geringe Unterschiede der Leukozyten-Höhe zwischen den einzelnen Intoxikationsursachen. Die niedrigsten Durchschnittswerte zeigten sich

nach dem Heizen mit Kohleöfen mit 9.320/ μ l. Es folgten Gasthermen mit 10.160/ μ l, Brände mit 10.210/ μ l, Abgase mit 10.430/ μ l, und Wasserpfeifen mit 11.330/ μ l. Die höchste durchschnittliche Leukozytenzahl fand sich bei Suizidversuchen mit 13.820/ μ l. Damit liegen alle Durchschnittswerte, bis auf Kohleöfen, leicht über der oberen Normwert-Grenze von 10.000 Leukozyten/ μ l. Ein Mittelwert-Vergleich der Wasserpfeifen- mit der Referenzgruppe mit 10.830 Leukozyten/ μ l, zeigte mit $p = 0.31$ keinen signifikanten Unterschied.

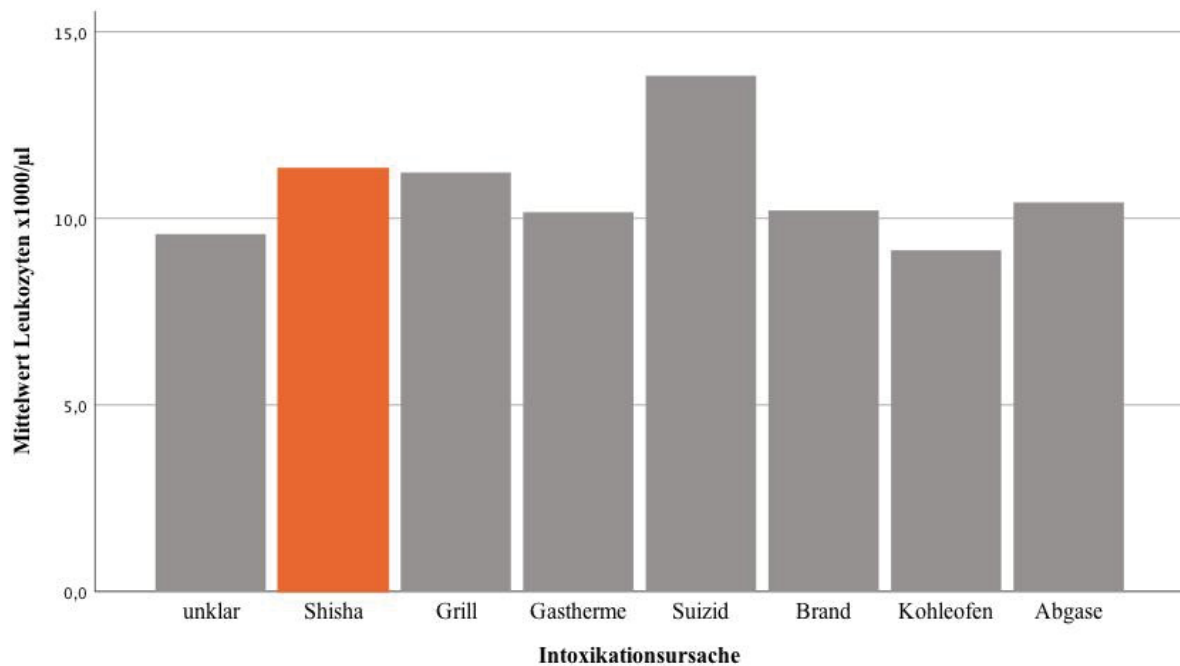


Abb. 19: Höhe des durchschnittlichen Leukozyten-Wertes nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]

Anders sieht es bei der Atemwegssicherung aus. Entsprechend der aktuell geltenden AWMF Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ werden vier Gruppen von Indikation zur notfallmäßigen Intubation eines Patienten unterschieden. Ein reduzierter Bewusstseinszustand einhergehend mit einer hohen Aspirationsgefahr, respiratorische Insuffizienz, instabile Patienten nach Polytrauma sowie reanimationspflichtige Patienten [Timmermann et al. 2019]. Die Kategorie des polytraumatisierten Patienten konnte beim vorliegenden Sample außer Acht gelassen werden. Wie aus Abbildung 21 ersichtlich, waren 16 Patienten reanimationspflichtig. Zehn Patienten nach Häuserbränden und sechs Patienten nach Suizidversuchen. Von den insgesamt 17 Patienten mit Luftnot mussten zwei präklinisch intubiert werden. Damit bleibt das Symptom Bewusstseinsverlust als Hauptindikation der insgesamt 81 präklinischen Intubationen. Da dies das dominante Symptom in der Gruppe der Suizidversuche (53,7%) und der Wasserpfeifenkonsumenten (39%) war, wäre zu erwarten, dass sich bei diesen beiden

Intoxikationsursachen die meisten Intubationen finden. Auch ohne Berücksichtigung der Symptommhäufigkeit zeigte der durchgeführte Chi-Quadrat-Test einen statistischen Erwartungswert von 14,8 intubierten Patienten in der Shisha-Gruppe. De facto wurden aber kein einziger Wasserpfeifenkonsumenten intubiert, während die Gruppe der Suizidversuche mit 38 Patienten (41,8%) der Spitzenreiter in Sachen Atemwegssicherung war.

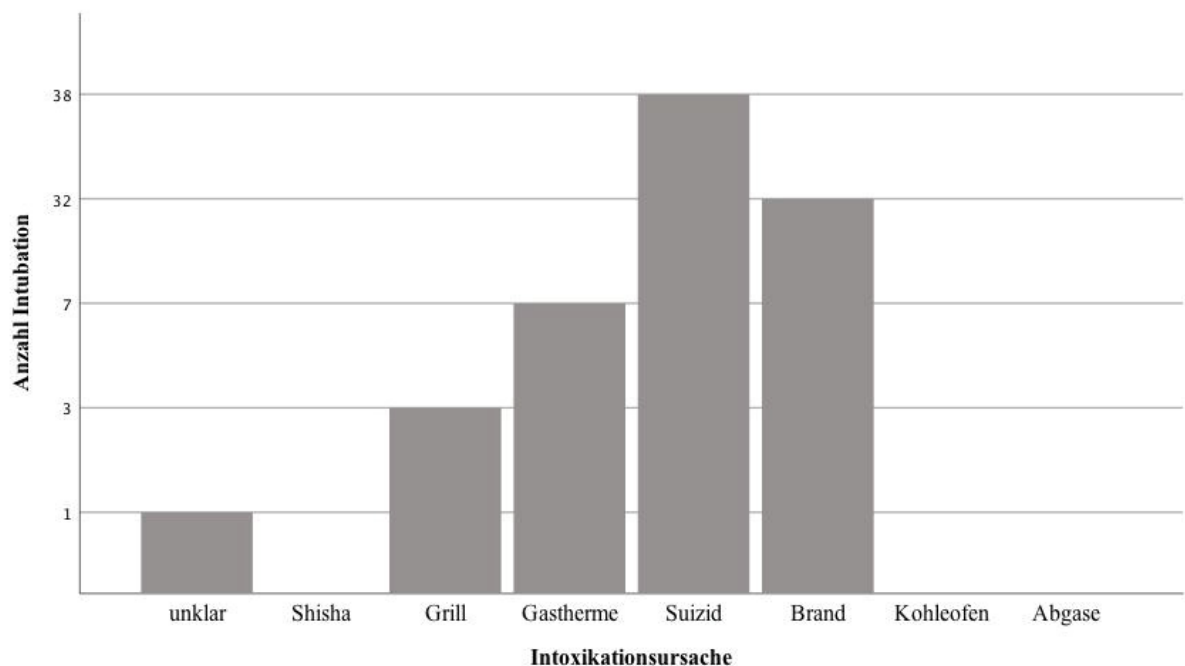


Abb. 20: Anzahl der Intubationen nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]

Entsprechend der deskriptiven Ergebnisse fiel auch der Chi-Quadrat Test mit $p < 0.05$ hochsignifikant für einen Unterschied zwischen Wasserpfeifenkonsumenten und Referenzgruppe aus. Es muss im Folgenden daher hinterfragt werden, wie es zu dieser Diskrepanz zwischen erwarteten und erfolgten Intubationen kommen kann.

Bezüglich der durchgeführten Reanimationen fiel das Ergebnis ähnlich aus, wobei es mit insgesamt 16 reanimierten Patienten nur selten zu Wiederbelebungsmaßnahmen kam. Wie bereits erwähnt, wurden sechs Patienten nach Suizidversuchen und zehn Patienten nach Häuserbränden reanimiert. In allen anderen Gruppen, inklusive Shisha-Konsum, musste keiner der Patienten reanimiert werden. Der durchgeführte Chi-Quadrat Test der Reanimationshäufigkeit zwischen Wasserpfeifen- und der Referenzgruppe fiel aufgrund der niedrigen Gesamtzahl von Reanimationen mit $p = 0.056$ nicht signifikant aus, zumal die Test-Voraussetzung eines minimal ermittelten Erwartungswertes von fünf in der Kategorie Wasserpfeifenkonsum mit 2,9 nicht erfüllt wurde.

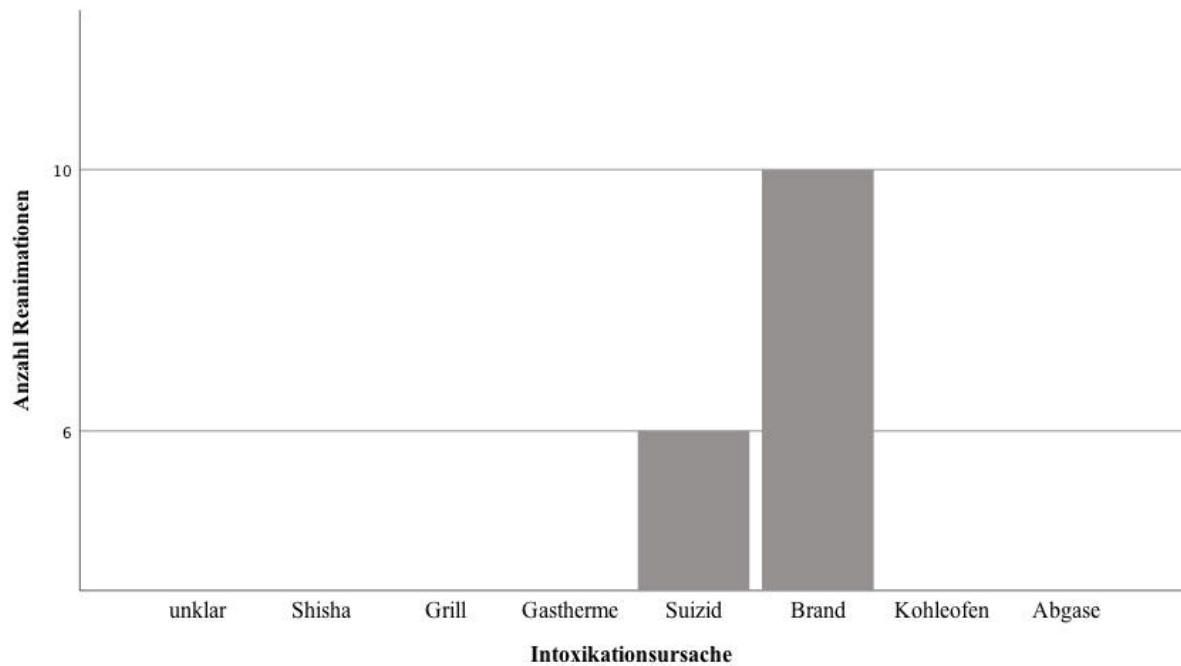


Abb. 21: Anzahl der Reanimationen nach Intoxikationsursache [eigene Darstellung]

In der Gesamtschau der Ergebnisse kann festgehalten werden, dass es am Standort Düsseldorf in den letzten Jahren zu einer stark steigenden Anzahl an Patienten mit Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum gekommen ist. Inwieweit diese Vergiftungen vor dem Hintergrund der Symptominkongruenz, der fast normwertigen Troponin-Werte und der kompletten Abwesenheit intubations- und reanimationspflichtiger Patienten die Kriterien einer schweren Kohlenmonoxid-Vergiftung erfüllen, muss im Folgenden kritisch diskutiert werden.

5. Ergebnisdiskussion

5.1 Trendanalyse der Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum

Wie bereits zu Beginn der Arbeit ausführlich dargestellt, wurde in der vom *Robert-Koch-Institut* in Auftrag gegebenen Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen (KiGGS) sowie in der von der *Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)* veranlassten Umfrage zum Substanzkonsum deutscher Jugendlicher eine signifikante Zunahme des Wasserpfeifenkonsums in der Gruppe der 18- bis 25-Jährigen festgestellt. Ein Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, ob die zunehmende Beliebtheit von Wasserpfeifen auch zu einer zunehmenden Zahl von Patienten mit behandlungsbedürftigen Kohlenmonoxid-Vergiftungen geführt hat. Dazu wurde zum einen eine strukturierte Auswertung der bisher publizierten Studien zum Thema vorgenommen, zum anderen die Daten der im Zeitraum 2010 bis 2020 am *Universitätsklinikum Düsseldorf* behandelten Patienten ausgewertet.

Einen ersten Hinweis auf eine zunehmende Inzidenz liefert die Tatsache, dass die erste englischsprachige Studie zum Thema ein Fallbericht aus Singapur aus dem Jahr 2009 ist [Lim et al. 2009]. Zum Zeitpunkt der Literaturrecherche Ende 2019 waren insgesamt 22 Fallstudien und eine retrospektive Kohortenanalyse mit zusammengekommen 111 Fällen publiziert. Damit scheint es in der letzten Dekade entweder zu einer zunehmenden Zahl von Patienten gekommen zu sein, oder die Forschungsgemeinschaft hat zunehmend Interesse an dem Thema entwickelt. Dem gegenüber stehen die Daten des *Universitätsklinikums Düsseldorf*. Hier wurden im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2020 insgesamt 134 Patienten mit Kohlenmonoxid-Vergiftung nach Shisha-Konsum behandelt. Dabei zeigt sich in der zweiten Hälfte des Betrachtungszeitraums ein starker Anstieg der Fallzahlen. Während in den Jahren 2010 bis 2015 kein einziger Patient nach Wasserpfeifenkonsum vorstellig wurde, kam es in den Jahren 2016 bis 2018 zu einer starken Zunahme dieser Patientengruppe. In den Jahren 2017 und 2018 war Shisha-Konsum, bei insgesamt steigenden Fallzahlen, der Hauptgrund für eine Notfall-HBO-Therapie am Standort. Dieser Trend zeigte sich im Vergleich der Jahre 2016 und 2018 hochsignifikant. Einschränkend müssen die veränderten institutionellen Rahmenbedingungen und Behandlungskapazitäten angeführt werden. So ist die Druckkammer des *Universitätsklinikums Düsseldorf* erst seit Anfang 2015 in 24 Stunden Notfallbereitschaft. Dies ist eine Erklärung für die von 2015 bis 2018 stark ansteigenden Patientenzahlen, nicht aber für die Verschiebung der Vorstellungsgründe von Vergiftungen durch Gasthermen und Brände hin zu Wasserpfeifenkonsum. Für die fallenden Patientenzahlen seit 2019 scheinen zum einen die vergrößerten Behandlungskapazitäten durch Eröffnung einer weiteren Druckkammer in

unmittelbarer Nähe zu Düsseldorf Ende 2018 sowie die abnehmenden Patientenzahlen durch die SARS-CoV-2 Pandemie verantwortlich gewesen zu sein.

Ein Blick auf die Altersstruktur der Patienten untermauert diesen Trend. Die beiden genannten Studien des *RKI* und der *BZgA* sehen die größte Verbreitung von Wasserpfeifenkonsum in der Gruppe der 18- bis 25-Jährigen. Eine Auswertung des durchschnittlichen Patientenalters der publizierten Fallstudien zeigt ein durchschnittliches Patientenalter von 21,9 Jahren. In der von Eichhorn et al. publizierten Kohorten-Studie betrug das durchschnittliche Patientenalter 22 Jahre [Eichhorn et al. 2017]. Auch das Durchschnittalter der am *Universitätsklinikum Düsseldorf* behandelten Patienten ist mit 23 Jahren nahezu deckungsgleich mit den Daten der Fallstudien.

In der Gesamtschau zeigen die Daten damit nicht nur steigende Fallzahlen, sondern konkret eine zunehmende Zahl von Kohlenmonoxid-Vergiftung in der vom *RKI* und dem *BZgA* definierten Hauptnutzungs-Gruppe der 18- bis 25-Jährigen.

Damit muss die zunehmende Zahl publizierter Fallstudien und die steigende Zahl der am Standort Düsseldorf behandelten Patienten, trotz der genannten Einschränkungen, als starker Hinweis darauf gewertet werden, dass die zunehmende Beliebtheit von Wasserpfeifen auch zu einer zunehmenden Zahl behandlungsbedürftiger Patienten mit Kohlenmonoxid-Vergiftung geführt hat.

5.2 Analyse der Vergiftungsschwere nach Wasserpfeifenkonsum

Neben einer Trendanalyse der Fallzahlen sollte in dieser Arbeit untersucht werden, wie ausgeprägt die Vergiftungserscheinungen von Patienten nach Wasserpfeifenkonsum sind. Hier ergaben sich in der Analyse mehrere signifikante Unterschiede zwischen den Patienten nach Shisha-Konsum und Patienten anderer Vergiftungsursachen wie defekten Gasthermen, Bränden, Suizidversuchen, Nutzung von Grills in Innenräumen, Heizen mit Kohleöfen und akzidentellem Einatmen von Abgasen.

Der Carboxyhämoglobin-Wert als etablierter Parameter zur Beurteilung der Schwere der Vergiftung zeigte bei Durchschnittswerten von 20,81% nach Shisha-Konsum gegenüber 20,65% in der Referenzgruppe keine signifikanten Unterschiede. Dies ist aus zweierlei Gründen irreführend. Zum einen war die Streuung der Werte und damit die erreichten Maximalwerte beispielsweise bei defekten Gasthermen mit 77% oder Suizidversuchen mit 80% wesentlich höher als nach Shisha-Konsum mit maximal 40%. Zum anderen passten die Symptome der Patienten nicht zur Höhe der CO-Hb-Werte. Zwar wird in der Literatur beschrieben, dass die

Höhe des Carboxyhämoglobin-Werts nicht immer exakt mit der Schwere der entwickelten Symptome korreliert. Trotzdem haben mehrere Autoren entsprechenden Zuordnungen publiziert [Kaiser et al. 2013, Weaver et al. 2009]. Dementsprechend wäre bei durchschnittlichen CO-Hb-Werten von 20% in der Gruppe der Shisha-Konsumenten mit Symptomen wie Schwindel, Kopfschmerzen und Übelkeit zu rechnen gewesen. Tatsächlich war das führende Symptom mit 39% betroffener Patienten aber der Bewusstseinsverlust. Nur in der Gruppe der Suizidenten fand sich dieses Symptom mit 53,7 % noch häufiger.

Was fehlt ist eine qualitative Beurteilung der aufgetretenen Bewusstlosigkeit. So ist anzunehmen, dass das Rettungspersonal bei Suizidversuchen tief somnolente Patienten angetroffen hat, so dass im untersuchten Sample 38-mal (41,8% der Patienten) die Indikation zur Atemwegssicherung gestellt wurde. Umgekehrt könnte es sich beim Bewusstseinsverlust nach Shisha-Konsum um ein transientes Phänomen gehandelt haben. Beispielsweise eine auf multifaktorielle Ursachen wie junges Alter, langes Sitzen in beengter, warmer Umgebung, die Inhalation von Kohlenmonoxid bei insgesamt schlechter Luftqualität, ggf. gepaart mit Alkoholkonsum, zurückzuführende Reflexsynkope, von der sich die Patienten bei Eintreffen des Rettungsdienstes schon weitestgehend erholt hatten [Bruno et al. 2019, Schellong et al. 2015]. Zumindest wäre dies ein möglicher Erklärungsansatz für die Tatsache, dass anders als nach Suizidversuchen, kein einziger Patient aus dieser Gruppe intubiert werden musste.

Eine Erkenntnis der Datenanalyse, die diese These stützen würde, sind die sehr niedrigen Troponin-Werte in der Gruppe der Shisha-Konsumenten, die mit durchschnittlich 6 ng/l normwertig und signifikant niedriger waren als bei allen anderen Intoxikationsursachen. Die Überlegungen zu den qualitativen Symptomunterschieden haben hypothetischen Charakter und bedürfen der weiteren Überprüfung durch Fragebogen-gestützte Studien. Sollten sie sich bestätigen, hätte dies auch Implikationen für die gewählte Therapieform. Bisher gibt es weder im deutschen noch im angelsächsischen Raum verbindliche Leitlinien zur Behandlung von Kohlenmonoxid-Vergiftungen [Jüttner et al. 2019]. Für Deutschland sind diese für Mitte 2021 geplant. Somit orientieren sich entsprechenden Therapieindikationen, neben der Tatsache, dass die Behandlung von Kohlenmonoxid-Vergiftungen mittels HBO vollumfänglich von den Krankenkassen vergütet wird, an Kriterienkatalogen wie dem von Fichtner et al. oder Weaver et al.. Nach diesen soll das Verfahren vor allem schweren CO-Vergiftungen vorbehalten sein, charakterisiert durch das Auftreten von Bewusstseinsverlust, abnormen neurologischen Symptomen, kardiovaskulären Dysfunktionen oder Azidose. Therapiert werden sollten außerdem asymptomatische Patienten mit einem CO-Hb über 25% und Schwangere unabhängig der Höhe des CO-Hb [Fichtner et al. 2016, Weaver et al. 2016.]. Obwohl es sich

um ein risikoarmes Verfahren handelt, kam es in einer israelischen Metaanalyse nach HBO-Therapie immerhin bei 9,4% der Patienten zu Rötungen des Trommelfells, bei 3,4% zu Ohrenschmerzen und bei 0,04% zu einem Sauerstoffkrampf [Haddany et al. 2016]. Letztere ziehen in Deutschland, genauso wie Krampfanfälle anderer Genese, ein halbjähriges Autofahrverbot nach sich. Somit sollte die Indikation zur HBO-Therapie nicht leichtfertig gestellt werden. Eine Einschätzung, ob CO-Vergiftung nach Wasserpfeifenkonsum schwere, und damit HBO-pflichtige Vergiftungen im Sinne der genannten Autoren sind, ist schwierig. Mit durchschnittlichen CO-Hb-Werten von 20,81% blieben die meisten Patienten unter dem genannten Grenzwert von 25%. Kardiovaskuläre Dysfunktionen sind bei fast durchgehend normwertigen Troponin-Werten in dieser Gruppe auch nicht zu erwarten. Die Problematik möglicher qualitativer Unterschiede des Symptoms Bewusstseinsverlust wurde bereits diskutiert. Es bleibt das Kriterium der abnormen neurologischen Symptome, das einen breiten Interpretationsspielraum zulässt. Bei fehlender Spezifizierung, kann prinzipiell jedes Symptom in dieser Hinsicht gewertet werden. Da aber die Entwicklung von Symptomen in den allermeisten Fällen überhaupt erst zu einer Vorstellung im Krankenhaus führt, beinhaltet diese Implizit die Indikation zur Durchführung einer hyperbaren Sauerstofftherapie. Überspitzt formuliert hieße das, die Indikation zur HBO-Therapie besteht bei Kohlenmonoxid-Vergiftungen, die zu einer Krankenhausvorstellung führen. Das diese Interpretation im Sinne der Patienten oder im Sinne der Autoren dieser Empfehlungen ist, darf bezweifelt werden. Auf der anderen Seite wäre es aber auch zu kurz gegriffen, der hyperbaren Sauerstofftherapie zur Behandlung von Wasserpfeifenkonsumenten auf Basis der Ergebnisse dieser retrospektiven Kohorten-Studie ihre Berechtigung abzuspochen. Stattdessen bedarf es weiterer Studien, die zum einen die Rahmenbedingung des Wasserpfeifenkonsums und der Symptomentwicklung näher beleuchten, zum anderen die Therapieansätze HBO und High-Flow-Sauerstoff bei dieser Intoxikationsursache prospektiv randomisiert miteinander vergleichen. Zielpunkte wären hierbei das Auftreten neurologischer Residuen nach drei, sechs und zwölf Monaten entsprechend der beiden Therapie-Pfade. Für die Gruppe der Wasserpfeifenkonsumenten existieren solche Studien bisher nicht. Lediglich Rappard et al. fragten bei den vier von ihnen behandelten Patienten nach Shisha-Konsum telefonisch nach verbliebenen Symptomen. Die kontaktierten Patienten waren alle mehrere Wochen nach dem Initialereignis beschwerdefrei. Wohlgemerkt waren sie, so wie mit 70% die Mehrzahl der ausgewerteten Fallstudien-Patienten, nicht mittels HBO, sondern mittels High-Flow-Sauerstoff Therapie behandelt worden [Rappard et al. 2004].

Ein entsprechendes Studiendesign würde auch eine Überprüfung der Annahme von Weaver et al. 2009 ermöglichen, die Leukozyten-Höhe könnte ein Prognose-Faktor für das Auftreten neurologischer Spätfolgen sein. In der untersuchten Sample war dieser Wert bei allen Intoxikationsursachen, bis auf Kohleöfen, leicht erhöht, wobei sich zwischen der Shisha- und der Referenzgruppe kein signifikanter Unterschied zeigte. Neben der Höhe der Leukozyten könnten in einer solchen Erhebung mit Troponin als Parameter für einen Endorgan-Schaden des Herzens sowie der Neuronenspezifischen Enolase (NSE) bzw. S100B als Prognose-Marker für hypoxische Hirnschäden nach Reanimationen, drei weitere in der Literatur zu Kohlenmonoxid-Vergiftungen bisher nicht etablierte Marker im Hinblick auf ihr prognostisches Potential bzgl. des Auftretens neurologischer Spätfolgen überprüft werden. Entsprechende Skalen zur Beurteilung neurologischer Spätschäden sowie zur näheren Charakterisierung der Rauchgewohnheiten von Shisha-Konsumenten sind bereits publiziert und könnten in den entsprechenden Studien genutzt werden. Etablierte Skalen zur Beurteilung neurologischer Spätschäden sind beispielsweise die *100-point Mental Status Examination* oder die *Carbon Monoxide Neuropsychological Screening Battery (CONSB)* [Quinn et al. 2009]. Bezüglich des Wasserpfeifenkonsums finden sich neben der bereits etablierten *Lebanon Waterpipe Dependence Scale* zur Analyse des Suchtpotentials von Wasserpfeifen verschiedene Skalen und Fragebögen zur Analyse des sozialen Konsum-Kontexts, der Einstellungen junger Konsumenten gegenüber Wasserpfeifen, den Rahmenbedingungen stattgehabter Kohlenmonoxid-Vergiftungen sowie den Beweggründen junger Frauen Wasserpfeife zu rauchen [Akl et al. 2010, Holtzman et al. 2013, Retzky et al. 2017, Sharma et al. 2013, Sigaladeh et al. 2018, WHO 2015].

5.3 Resümee

Als Resümee dieser Arbeit lässt sich festhalten, dass aufgrund der Fallstudien- und Datenauswertung von einer steigenden Zahl von Kohlenmonoxid-Vergiftungen nach Wasserpfeifenkonsum in der Hauptnutzungs-Gruppe der 18- bis 25-Jährigen ausgegangen werden muss. Ob bei diesen Patienten die Indikation zu einer Therapie mit hyperbarem Sauerstoff vorliegt oder eine Therapie mit High-Flow-Sauerstoff ausreichen würde, sollte in einer prospektiven Folgestudie weiter untersucht werden. Hinweise auf eine im Vergleich zur Referenzgruppe geringeren Intoxikationsschwere liefern die Inkongruenz der Symptome, die signifikant niedrigeren Troponin-Werte und die komplette Abwesenheit von intubations- und reanimationspflichtigen Patienten. Diese Überlegungen dürfen allerdings nicht darüber

hinwegtäuschen, dass auch leichtere Kohlenmonoxid-Vergiftungen therapiebedürftige Gesundheitsrisiken darstellen. Zumal die Gefahren durch Kohlenmonoxid beim Wasserpfeifenkonsum nur einen weiteren Faktor neben den bereits bekannten Gesundheitsrisiken durch Tabakrauchen darstellen. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, gerade bei jungen Menschen ein Bewusstsein für die Gesundheitsgefahren durch Shisha-Konsum zu schaffen und die Zugangshürden zu erhöhen. Mögliche Stellschrauben wären hier striktere gesetzliche Regelungen, entsprechende Besteuerung und differenziertere und Zielgruppen-gerechte Aufklärungskampagnen [Mugenyi et al. 2018, Roberts et al. 2017]. Ehemalige Shisha-Hochburgen wie die Türkei, der Libanon oder Saudi-Arabien sind bereits einen Schritt weiter gegangen und haben das Rauchen von Wasserpfeifen in öffentlich zugänglichen Innenräumen untersagt [Zhang et al. 2013].

6. Literatur

Agaku, I., Odani, S., Armour, B., & Glover-Kudon, R. (2018). Social Aspects of Hookah Smoking Among US Youth. *Pediatrics*, 142(2), e20180341.

Akl, E. A., Aleem, S., Gunukula, S. K., Honeine, R., Jaoude, P. A., & Irani, J. (2010). Survey instruments used in clinical and epidemiological research on waterpipe tobacco smoking: a systematic review. *BMC Public Health*, 10(1), 415.

Akl, E. A., Gaddam, S., Gunukula, S. K., Honeine, R., Jaoude, P. A., & Irani, J. (2010). The effects of waterpipe tobacco smoking on health outcomes: a systematic review. *International journal of epidemiology*, 39(3), 834-857.

Akl, E. A., Gunukula, S. K., Aleem, S., Obeid, R., Jaoude, P. A., Honeine, R., & Irani, J. (2011). The prevalence of waterpipe tobacco smoking among the general and specific populations: a systematic review. *BMC public health*, 11(1), 244.

Akl, E. A., Jawad, M., Lam, W. Y., Obeid, R., & Irani, J. (2013). Motives, beliefs and attitudes towards waterpipe tobacco smoking: a systematic review. *Harm reduction journal*, 10(1), 12.

Akl, E. A., Ward, K. D., Bteddini, D., Khaliel, R., Alexander, A. C., Lotfi, T., ... & Afifi, R. A. (2015). The allure of the waterpipe: a narrative review of factors affecting the epidemic rise in waterpipe smoking among young persons globally. *Tobacco control*, 24(Suppl 1), i13-i21.

Aljarrah, K., Ababneh, Z. Q., & Al-Delaimy, W. K. (2009). Perceptions of hookah smoking harmfulness: predictors and characteristics among current hookah users. *Tobacco induced diseases*, 5(1), 16.

Alzoubi, K. H., Khabour, O. F., Alharahshah, E. A., Alhashimi, F. H., Shihadeh, A., & Eissenberg, T. (2015). The effect of waterpipe tobacco smoke exposure on learning and memory functions in the rat model. *Journal of Molecular Neuroscience*, 57(2), 249-256.

Annane, D., Chadda, K., Gajdos, P., Jars-Guincestre, M. C., Chevret, S., & Raphael, J. C. (2011). Hyperbaric oxygen therapy for acute domestic carbon monoxide poisoning: two randomized controlled trials. *Intensive care medicine*, 37(3), 486-492.

Arrazola, R. A., Dube, S. R., & King, B. A. (2013). Tobacco product use among middle and high school students—United States, 2011 and 2012. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 62(45), 893.

Arrazola, R. A., Singh, T., Corey, C. G., Husten, C. G., Neff, L. J., Apelberg, B. J., ... & McAfee, T. (2015). Tobacco use among middle and high school students—United States, 2011–2014. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 64(14), 381.

Arziman, I., Acar, Y. A., Yildirim, A. O., Cinar, O., Cevik, E., Eyi, Y. E., & Kaldirim, U. (2011). Five cases of carbon monoxide poisoning due to narghile (shisha). *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*, 18(4), 254-257.

Asfar, T., Ben Taleb, Z., Osibogun, O., Ruano-Herrera, E. C., Sierra, D., Ward, K. D., ... & Maziak, W. (2018). How Do Waterpipe Smoking Establishments Attract Smokers? Implications for Policy. *Substance use & misuse*, 1-12.

Ashurst, J. V., Urquhart, M., & Cook, M. D. (2012). Carbon monoxide poisoning secondary to hookah smoking. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 112(10), 686-688.

Ateş, A., Arikan, M., & Özgök, A. (2016). An unusual cause of carbon monoxide poisoning: narghile smoking. *The American journal of case reports*, 17, 660.

Baheiraei, A., Sigaladeh, S. S., Ebadi, A., Kelishadi, R., & Majdzadeh, R. (2015). The role of family on hookah smoking initiation in women: a qualitative study. *Global journal of health science*, 7(5), 1.

Baheiraei, A., Sigaladeh, S. S., Ebadi, A., Kelishadi, R., & Majdzadeh, S. R. (2015). Psycho-social needs impact on hookah smoking initiation among women: A qualitative study from Iran. *International journal of preventive medicine*, 6.

Barnett, T. E., Curbow, B. A., Soule Jr, E. K., Tomar, S. L., & Thombs, D. L. (2011). Carbon monoxide levels among patrons of hookah cafes. *American journal of preventive medicine*, 40(3), 324-328.

Bens, B. W., & Ligtenberg, J. J. (2013). Carbon monoxide poisoning after smoking from a water pipe. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*, 157(29), A6201-A6201.

Ben Taleb, Z., Breland, A., Bahelah, R., Kalan, M. E., Vargas-Rivera, M., Jaber, R., ... & Maziak, W. (2018). Flavored Versus Nonflavored Waterpipe Tobacco: A Comparison of Toxicant Exposure, Puff Topography, Subjective Experiences, and Harm Perceptions. *Nicotine & Tobacco Research*.

Böhles, H., & Qirshi, M. (2018). Kulturtypische Suchtformen. In *Transkulturelle Medizin* (pp. 113-116). Springer, Berlin, Heidelberg.

Bonadies, N., Tichelli, A., & Rovó, A. (2013). When water does not clear the smut from the smoke. *BMJ case reports*, 2013, bcr2013200665.

Bosch, S. (2016). Unerwartete Kohlenmonoxid-Gefahren: Tischgrills, Wasserpfeifen und Holzpellets. *Biologie in unserer Zeit*, 46(2), 114-117.

Brinkman, M. C., Kim, H., Buehler, S. S., Adetona, A. M., Gordon, S. M., & Clark, P. I. (2018). Evidence of compensation among waterpipe smokers using harm reduction components. *Tobacco control*, tobaccocontrol-2018.

Bundesinstitut für Risikobewertung (2009). Gesundheits-und Suchtgefahren durch Wasserpfeifen. *Aktualisierte Gesundheitliche Bewertung*, (011).

Buckley, N. A., Juurlink, D. N., Isbister, G., Bennett, M. H., & Lavonas, E. J. (2011). Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. *Cochrane Database Syst Rev*, 4.

Castañeda, G., Barnett, T. E., Soule, E. K., & Young, M. E. (2016). Hookah smoking behavior initiation in the context of Millennials. *Public health*, 137, 124-130.

Cavus, U. Y., Rehber, Z. H., Ozeke, O., & Ilkay, E. (2010). Carbon monoxide poisoning associated with narghile use. *Emergency medicine journal: EMJ*, 27(5), 406.

Chaouachi, K. (2009). Hookah (shisha, narghile) smoking and environmental tobacco smoke (ETS). A critical review of the relevant literature and the public health consequences. *International journal of environmental research and public health*, 6(2), 798-843.

Chaouachi, K. (2010). Lessons from the recent case of CO poisoning due to shisha (hookah, narghile) tobacco smoking in Singapore. *International journal of emergency medicine*, 3(1), 67.

Chaouachi, K. (2011). More rigor needed in systematic reviews on “waterpipe”(hookah, narghile, shisha) smoking. *Chest*, 139(5), 1250-1251.

Chattopadhyay, A. P. A. R. N. A. (2000). Emperor Akbar as a healer and his eminent physicians. *Bulletin of the Indian Institute of the History of Medicine*, 30(2), 151-157.

Chou, K. J., Fisher, J. L., & Silver, E. J. (2000). Characteristics and outcome of children with carbon monoxide poisoning with and without smoke exposure referred for hyperbaric oxygen therapy. *Pediatric emergency care*, 16(3), 151-155.

Clarke, S. F., Stephens, C., Farhan, M., Ward, P., Keshishian, C., Murray, V., & Zenner, D. (2012). Multiple patients with carbon monoxide toxicity from water-pipe smoking. *Prehospital and disaster medicine*, 27(6), 612-614.

Cobb, C., Ward, K. D., Maziak, W., Shihadeh, A. L., & Eissenberg, T. (2010). Waterpipe tobacco smoking: an emerging health crisis in the United States. *American journal of health behavior*, 34(3), 275-285.

Cobb, C. O., Shihadeh, A., Weaver, M. F., & Eissenberg, T. (2010). Waterpipe tobacco smoking and cigarette smoking: a direct comparison of toxicant exposure and subjective effects. *Nicotine & Tobacco Research*, 13(2), 78-87.

Cohn, A. M., Johnson, A. L., Rath, J. M., & Villanti, A. C. (2016). Patterns of the co-use of alcohol, marijuana, and emerging tobacco products in a national sample of young adults. *The American journal on addictions*, 25(8), 634-640.

Colditz, J. B., Chu, K. H., Switzer, G. E., Pelechrinis, K., & Primack, B. A. (2018). Online data to contextualize waterpipe tobacco smoking establishments surrounding large US universities. *Health informatics journal*, 1460458217754242.

Cooper, M., Pacek, L. R., Guy, M. C., Barrington-Trimis, J. L., Simon, P., Stanton, C., & Kong, G. (2018). Hookah Use Among US Youth: A Systematic Review of the Literature From 2009 to 2017. *Nicotine & Tobacco Research*.

de Suremain, N., Ngo, J., Loschi, S., Haegy-Doehring, I., Aroulandom, J., & Carbajal, R. (2019). Carbon monoxide poisoning from waterpipe (narghile) smoking in a child. *Archives de Pediatrie*, 26(1), 44-47.

Devine, S. A., Kirkley, S. M., Palumbo, C. L., & White, R. F. (2002). MRI and neuropsychological correlates of carbon monoxide exposure: a case report. *Environmental health perspectives*, 110(10), 1051-1055.

Dar-Odeh, N. S., & Abu-Hammad, O. A. (2009). Narghile smoking and its adverse health consequences: a literature review. *British dental journal*, 206(11), 571.

Dogan, M., Niederstadt, T., & Dittrich, R. (2012). Kohlenmonoxid-Intoxikation, nicht immer ein Arbeitsunfall. *Klinische Neurophysiologie*, 43(03), 233-234.

Eberle, Lukas (2018) Shisha-Rauchen ist wie am Autoauspuff nuckeln. *Spiegel Online*. Abgerufen von: <http://www.spiegel.de/spiegel/shisha-raucher-riskieren-kohlenmonoxid-vergiftungen-a-1179835.html>

Eckardt, J., Seliger, U., Keutel, K., Bartels, H., Beck, N., Jachau, K., ... & Szibor, R. (2011). Tödliche verlaufende Kohlenstoffmonoxidintoxikationen. *Rechtsmedizin*, 21(2), 116-123.

Eichhorn, L., Michaelis, D., Kemmerer, M., Jüttner, B., & Tetzlaff, K. (2018). Carbon monoxide poisoning from waterpipe smoking: a retrospective cohort study. *Clinical toxicology*, 56(4), 264-272.

Eichhorn L, Thudium M, Jüttner B: The diagnosis and treatment of carbon monoxide poisoning. *Dtsch Arztebl Int* 2018; 115: 863–70.

Eichhorn, L., Kieback, M., Michaelis, D., Kemmerer, M., Jüttner, B., & Tetzlaff, K. Behandlung von Kohlenmonoxidvergiftungen in Deutschland. *Der Anaesthetist*, 1-10.

Eissenberg, T., Ward, K. D., Smith-Simone, S., & Maziak, W. (2008). Waterpipe tobacco smoking on a US College campus: prevalence and correlates. *Journal of Adolescent Health*, 42(5), 526-529.

Erdmann, M., Schöppenthau, H., & Büttner, J. (2009). Hyperbare Oxygenierung bei Kohlenmonoxidintoxikation. *Der Anaesthetist*, 58(6), 589-593.

Fichtner, A. (2016). Druckkammerindikationen in der präklinischen Notfallmedizin-Hyperbaric Oxygen Therapy Indications in Preclinical Emergency Medicine. *Der Notarzt*, 32(04), E1-E1.

Fromme, H., Dietrich, S., Heitmann, D., Dressel, H., Diemer, J., Schulz, T., ... & Völkel, W. (2009). Indoor air contamination during a waterpipe (narghile) smoking session. *Food and Chemical Toxicology*, 47(7), 1636-1641.

Fromme, H., & Schober, W. (2017). Die Wasserpfeife (Shisha)–Innenraumlufthqualität, Human-Biomonitoring und Gesundheitseffekte. *Der Pneumologe*, 14(4), 250-264.

Gathuru, I. M., Tarter, R. E., & Klein-Fedyshin, M. (2015). Review of hookah tobacco smoking among college students: policy implications and research recommendations. *The American journal of drug and alcohol abuse*, 41(4), 272-280.

Goodwin, R. D., Grinberg, A., Shapiro, J., Keith, D., McNeil, M. P., Taha, F., ... & Hart, C. L. (2014). Hookah use among college students: prevalence, drug use, and mental health. *Drug and alcohol dependence*, 141, 16-20.

Grant, A., Morrison, R., & Dockrell, M. J. (2014). Prevalence of waterpipe (Shisha, Narghille, Hookah) use among adults in Great Britain and factors associated with waterpipe use: data from cross-sectional Online Surveys in 2012 and 2013. *nicotine & tobacco research*, 16(7), 931-938.

Graulich, T., Gerhardy, J., Gräff, P., Örgel, M., Pacha, T. O., Krettek, C. & Liodakis, E. (2020). Patientenaufkommen, Diagnosen und Verletzungsmechanismen eines überregionalen Traumazentrums mit Beginn der COVID-19-Pandemie im Vergleich zum Mittelwert der 3 Vorjahre. *Der Unfallchirurg*, 123(11), 862-869.

Haddad, L., El-Shahawy, O., Ghadban, R., Barnett, T., & Johnson, E. (2015). Waterpipe smoking and regulation in the United States: a comprehensive review of the literature. *International journal of environmental research and public health*, 12(6), 6115-6135.

Hadanny, A., Meir, O., Bechor, Y., Fishlev, G., Bergan, J., & Efrati, S. (2016). The safety of hyperbaric oxygen treatment—retrospective analysis in 2,334 patients. *Undersea Hyperb Med*, 43(2), 113-122.

Haider, M. R., Salloum, R. G., Islam, F., Ortiz, K. S., Kates, F. R., & Maziak, W. (2015). Factors associated with smoking frequency among current waterpipe smokers in the United States: findings from the National College Health Assessment II. *Drug and alcohol dependence*, 153, 359-363.

Handa, P. K., & Tai, D. Y. H. (2005). Carbon monoxide poisoning: a five-year review at Tan Tock Seng Hospital, Singapore. *ANNALS-ACADEMY OF MEDICINE SINGAPORE*, 34(10), 611.

Hart, I. K., Kennedy, P. G., Adams, J. H., & Cunningham, N. E. (1988). Neurological manifestation of carbon monoxide poisoning. *Postgraduate medical journal*, 64(749), 213-216.

Henze, C., & Heß, C. (2015). Hyperbare Therapie und Tauchmedizin–Druckkammer im Einsatz. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 50(10), 648-656.

Höjer, J., & Enghag, M. (2011). Carbon monoxide poisoning caused by water pipe smoking. *Clinical toxicology*, 49(7), 702-703.

Hölling H, Schlack R, Kamtsiuris P, Butschalowsky H, Schlaud M, Kurth BM (2012). Die KiGGS-Studie. Bundesweit repräsentative Längs- und Quer- schnittstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen im Rahmen des Gesundheitsmonitorings am Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 55:836–842.

Holtzman, A. L., Babinski, D., & Merlo, L. J. (2013). Knowledge and attitudes toward hookah usage among university students. *Journal of American College Health*, 61(6), 362-370.

Jackson, D., & Aveyard, P. (2008). Waterpipe smoking in students: prevalence, risk factors, symptoms of addiction, and smoke intake. Evidence from one British university. *BMC public health*, 8(1), 174.

Jawad, M., Nakkash, R. T., Hawkins, B., & Akl, E. A. (2015). Waterpipe industry products and marketing strategies: analysis of an industry trade exhibition. *Tobacco control*, 24(e4), e275-e279.

Jawad, M., Charide, R., Waziry, R., Darzi, A., Ballout, R. A., & Akl, E. A. (2018). The prevalence and trends of waterpipe tobacco smoking: A systematic review. *PloS one*, 13(2), e0192191.

Juju (2018). Raucher erleidet Kohlenmonoxidvergiftung in Shisha-Bar. *Rheinische Post*. Abgerufen von: https://rp-online.de/nrw/staedte/duesseldorf/blaulicht/duesseldorf-raucher-erleiden-kohlenmonoxidvergiftung-in-shisha-bar_aid-16443443

Jüttner, B., & Tetzlaff, K. (2015). Hyperbare Therapie und Tauchmedizin–Hyperbare Therapie Teil 1: evidenzbasierte Akutversorgung. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 50(10), 618-626.

- Jüttner, M., Körner-Göbel, H., Starke, H., Enax, S., Eismann, H., Göbel, V., ... & Jüttner, B. (2019). Evaluation und Beurteilung des Versorgungsprozesses von Patienten mit Kohlenmonoxidvergiftung in Deutschland. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 140, 1-13.
- Kaiser, G., & Schaper, A. (2012). Akute Kohlenmonoxidvergiftung/Acute carbon monoxide intoxication. *Notfall+ Rettungsmedizin*, 15(5), 429-435.
- Kaiser, G., & Müller, D. (2014). Einsatz von Kohlenstoffmonoxidwarngeräten im Rettungsdienst. *Notfall+ Rettungsmedizin*, 17(2), 141-146.
- Karaca, Y., Eryigit, U., Aksut, N., & Turkmen, S. (2013). Syncope associated with water pipe smoking. *BMJ case reports*, 2013, bcr2013009526.
- Knörr, F., Doll, L., Rohde, M., Kamrath, C., & Hahn, A. (2017). Kohlenmonoxidintoxikation durch Shisha-Rauchen. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 1-3.
- Koçak, A. O., Akbas, I., & Cakir, Z. (2017). Carbon monoxide poisoning due to water pipe smoking: case series. *Journal of Emergency Medicine Case Reports*, 8(2), 27-31
- Krauss, M. J., Sowles, S. J., Moreno, M., Zewdie, K., Grucza, R. A., Bierut, L. J., & Cavazos-Rehg, P. A. (2015). Peer reviewed: Hookah-related twitter chatter: A content analysis. *Preventing chronic disease*, 12.
- Kuntz, B., Lampert, T., & KiGGS Study Group. (2015). Wasserpfeifenkonsum (Shisha-Rauchen) bei Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 58(4-5), 467-473.
- Kuntz, B., & Lampert, T. (2016). "Smoke on the water"—Wasserpfeifenkonsum bei Jugendlichen in Deutschland (Ergebnisse aus KiGGS Welle 1).

La Fauci, G., Weiser, G., Steiner, I. P., & Shavit, I. (2012). Carbon monoxide poisoning in narghile (water pipe) tobacco smokers. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 14(1), 57-59.

Lapresle, J., & Fardeau, M. (1967). The central nervous system and carbon monoxide poisoning II. Anatomical study of brain lesions following intoxication with carbon monoxide (22 cases). In *Progress in brain research* (Vol. 24, pp. 31-74). Elsevier.

Liebetrau, C., Elsässer, A., Nef, H., & Möllmann, H. (2018). Management des akuten Koronarsyndroms. *Der Kardiologe*, 12(5), 371-390.

Lim, B. L., Lim, G. H., & Seow, E. (2009). Case of carbon monoxide poisoning after smoking shisha. *International journal of emergency medicine*, 2(2), 121.

Maus, Robert (2018). Vergiftung in der Shisha-Bar. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. Abgerufen von: <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/risiko-durch-kohlenmonoxid-vergiftungen-in-der-shisha-bar-15481111.html>

Mascalchi, M., Petruzzi, P., & Zampa, V. (1996). MRI of cerebellar white matter damage due to carbon monoxide poisoning: case report. *Neuroradiology*, 38(1), S73-S74.

Maziak, W. (2011). The global epidemic of waterpipe smoking. *Addictive behaviors*, 36(1-2), 1-5.

Misek, R., & Patte, C. (2014). Carbon monoxide toxicity after lighting coals at a hookah bar. *Journal of medical toxicology*, 10(3), 295-298.

Monn, C., Kindler, P., Meile, A., & Brändli, O. (2007). Ultrafine particle emissions from waterpipes. *Tobacco Control*, 16(6), 390-393.

Monzer, B., Sepetdjian, E., Saliba, N., & Shihadeh, A. (2008). Charcoal emissions as a source of CO and carcinogenic PAH in mainstream narghile waterpipe smoke. *Food and Chemical Toxicology*, 46(9), 2991-2995.

- Moon, J. M., Chun, B. J., Baek, B. H., & Hong, Y. J. (2018). Initial diffusion-weighted MRI and long-term neurologic outcomes in charcoal-burning carbon monoxide poisoning. *Clinical Toxicology*, 56(3), 161-169.
- Mugenyi, A. E. K., Haberer, J. E., & O'Neil, I. (2018). Pleasure and practice: a qualitative study of the individual and social underpinnings of shisha use in cafes among youth in the UK. *BMJ open*, 8(4), e018989
- Nadia, M. M., Shamseldeen, H. A., & Sara, A. S. (2015). Effects of Cigarette and Shisha Smoking on Hematological Parameters: An analytic case-control study. *IMJH*, 10, 44-51.
- Neergaard, J., Singh, P., Job, J., & Montgomery, S. (2007). Waterpipe smoking and nicotine exposure: a review of the current evidence. *Nicotine & tobacco research*, 9(10), 987-994.
- Nibbe, L., Lamberti-Castronuovo, A., & Martens, F. (2015). Geräuchert. *Der Notarzt*, 31(01), 34-36.
- Omaye, S. T. (2002). Metabolic modulation of carbon monoxide toxicity. *Toxicology*, 180(2), 139-150.
- Orth, B., & Merkel, C. (2018). Der Rückgang des Zigarettenskonsums Jugendlicher und junger Erwachsener in Deutschland und die zunehmende Bedeutung von Wasserpfeifen, E-Zigaretten und E-Shishas. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 61(11), 1377-1387.
- Ozkan, S., Ozturk, T., Ozmen, Y., & Durukan, P. (2013). Syncope associated with carbon monoxide poisoning due to narghile smoking. *Case reports in emergency medicine*, 2013.
- Piatkowski, A., Ulrich, D., Grieb, G., & Pallua, N. (2009). A new tool for the early diagnosis of carbon monoxide intoxication. *Inhalation toxicology*, 21(13), 1144-1147.
- Primack, B. A., Fertman, C. I., Rice, K. R., Adachi-Mejia, A. M., & Fine, M. J. (2010). Waterpipe and cigarette smoking among college athletes in the United States. *Journal of Adolescent Health*, 46(1), 45-51.

Quinn, D. K., McGahee, S. M., Politte, L. C., Duncan, G. N., Cusin, C., Hopwood, C. J., & Stern, T. A. (2009). Complications of carbon monoxide poisoning: a case discussion and review of the literature. *Primary care companion to the Journal of clinical psychiatry*, 11(2), 74.

Von Rappard, J., Schönenberger, M., & Bärlocher, L. (2014). Akzidentelle Kohlenmonoxidintoxikation nach Wasserpfeifenkonsum. *Dtsch Arztebl*, 111, 674-679.

Ray, C. S. (2009). The hookah—the Indian waterpipe. *Current Science*, 1319-1323.

Retzky, S. S., Spiller, H. A., & Callahan-Lyon, P. (2018). Calls to Poison Centers for hookah smoking exposures. *Clinical toxicology*, 56(6), 442-445.

Retzky, S. S. (2017). Carbon monoxide poisoning from hookah smoking: an emerging public health problem. *Journal of medical toxicology*, 13(2), 193.

Roberts, M. E., Klein, E. G., Berman, M. L., Berhane, B., & Ferketich, A. K. (2017). Young adult perceptions surrounding hookah use. *Health behavior and policy review*, 4(6), 593-600.

Robinson, J. N., Wang, B., Jackson, K. J., Donaldson, E. A., & Ryant, C. A. (2017). Characteristics of hookah tobacco smoking sessions and correlates of use frequency among US adults: findings from wave 1 of the Population Assessment of Tobacco and Health (PATH) study. *Nicotine and Tobacco Research*, 20(6), 731-740.

Rose, J. J., Wang, L., Xu, Q., McTiernan, C. F., Shiva, S., Tejero, J., & Gladwin, M. T. (2017). Carbon monoxide poisoning: pathogenesis, management, and future directions of therapy. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 195(5), 596-606.

Rose, J. J., Wang, L., Xu, Q., McTiernan, C. F., Shiva, S., Tejero, J., & Gladwin, M. T. (2017). Reply: Better studies are needed to guide treatment of carbon monoxide poisoning. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 195(5), 694-695.

Rostron, B. L., Wang, B., & Liu, S. T. (2019). Waterpipe or Hookah-Related Poisoning Events Among US Adolescents and Young Adults. *Journal of Adolescent Health*.

Saleh, R., & Shihadeh, A. (2008). Elevated toxicant yields with narghile waterpipes smoked using a plastic hose. *Food and Chemical Toxicology*, 46(5), 1461-1466.

Salama, M., Fernandez, D., Wang, J., & Nguyen, V. (2018). News: A New Old Problem Carbon Monoxide Poisoning from Hookah Smoking.

Schober, W., Matzen, W., Szendrei, K., Heitmann, D., Schettgen, T., & Fromme, H. (2017). Elektrische Shisha-Wasserpfeifen: eine neue Quelle für Innenraumluftschadstoffe. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 60(10), 1092-1101.

Schubert, J., Hahn, J., Dettbarn, G., Seidel, A., Luch, A., & Schulz, T. G. (2011). Mainstream smoke of the waterpipe: does this environmental matrix reveal as significant source of toxic compounds?. *Toxicology letters*, 205(3), 279-284.

Schubert, J., Heinke, V., Bewersdorff, J., Luch, A., & Schulz, T. G. (2012). Waterpipe smoking: the role of humectants in the release of toxic carbonyls. *Archives of toxicology*, 86(8), 1309-1316.

Schwarzer, M., Thomas, J., Nedela-Morales, M., Kaltenbach, M., Herrmann, E., & Groneberg, D. (2015). Zur Selbsteinschätzung des Wasserpfeifenkonsums von Jugendlichen. *Psychiatrische Praxis*, 42(01), 47-49.

Seeger, D., & Welch, L. (1994). Carbon monoxide controversies: neuropsychologic testing, mechanism of toxicity, and hyperbaric oxygen. *Annals of emergency medicine*, 24(2), 242-248.

Sharma, E., Beck, K. H., & Clark, P. I. (2013). Social context of smoking hookah among college students: scale development and validation. *Journal of American College Health*, 61(4), 204-211.

Shahbazi Sighaldehy, S., Baheiraei, A., Ebadi, A., Khaki, I., Kelishadi, R., & Majdzadeh, R. (2018). Development and psychometric properties of the Hookah Smoking Initiation for Women Questionnaire (HIWQ). *Health promotion international*.

Singh, N., Jawad, M., Darzi, A., Lotfi, T., Nakkash, R., Hawkins, B., & Akl, E. A. (2018). Features of the waterpipe tobacco industry: A qualitative study of the third International Hookah Fair. *F1000Research*, 7.

Sivaramakrishnan, V. M. (2001). *Tobacco and areca nut*. Orient Blackswan.

Soulakova, J. N., Pham, T., Owens, V. L., & Crockett, L. J. (2018). Prevalence and factors associated with use of hookah tobacco among young adults in the US. *Addictive behaviors*, 85, 21-25.

Sutfin, E. L., Song, E. Y., Reboussin, B. A., & Wolfson, M. (2014). What are young adults smoking in their hookahs? A latent class analysis of substances smoked. *Addictive behaviors*, 39(7), 1191-1196.

Tadmor, T., Mishchenko, E., Polliack, A., & Attias, D. (2011). Hookah (narghile) smoking: a new emerging cause of secondary polycythemia. *American journal of hematology*, 86(8), 719-720.

Taufik, F. F., Giovana, L., & Susanto, A. D. (2018, August). Levels of urinary cotinine and exhaled carbon monoxide after shisha smoking. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1073, No. 2, p. 022019). IOP Publishing.

Timmermann, A., Böttiger, B. W., & Byhahn, C. (2019). S1-Leitlinie: Prähospitales Atemwegsmanagement. *Anästhesi Intensivmedizin*, 60, 316-336.

Travers, M. J., Kulak, J. A., & Vogl, L. (2018). Waterpipe cafés are hazardous to your health: determination of a waterpipe specific calibration factor. *International journal of hygiene and environmental health*, 221(1), 48-53.

Tschaikowsky, T., von Rose, A. B., Consalvo, S., Pflüger, P., Barthel, P., Spinner, C. D. & Dommasch, M. (2020). Patientenzahlen im Rahmen der COVID-19-Pandemie in einer zentralen Notaufnahme. *Notfall+ Rettungsmedizin*, 1-10.

Türkmen, S., Eryigit, U., Sahin, A., Yeniocak, S., & Turedi, S. (2011). Carbon monoxide poisoning associated with water pipe smoking. *Clinical Toxicology*, 49(7), 697-698.

Uchino, A., Hasuo, K., Shida, K., Matsumoto, S., Yasumori, K., & Masuda, K. (1994). MRI of the brain in chronic carbon monoxide poisoning. *Neuroradiology*, 36(5), 399-401.

Uyanık, B., Arslan, E. D., Akay, H., Erçelik, E., & Tez, M. (2011). Narghile (hookah) smoking and carboxyhemoglobin levels. *Journal of Emergency Medicine*, 40(6), 679.

Veen, M. (2016). Carbon monoxide poisoning caused by water pipe smoking: a case series. *The Journal of emergency medicine*, 51(3), e41-e44.

Vierregge, P., Klostermann, W., Blümm, R. G., & Borgis, K. J. (1989). Carbon monoxide poisoning: clinical, neurophysiological, and brain imaging observations in acute disease and follow-up. *Journal of neurology*, 236(8), 478-481.

Wang, L. W., He, E. Y., Ghosh, D., Day, R. O., Jones, G. R., Subbiah, R. N., & Holloway, C. J. (2015). Severe carbon monoxide poisoning from waterpipe smoking: a public health concern. *Med J Aust*, 202(8), 446-7.

Warren, C. W., Lea, V., Lee, J., Jones, N. R., Asma, S., & McKenna, M. (2009). Change in tobacco use among 13-15 year olds between 1999 and 2008: findings from the Global Youth Tobacco Survey. *Global health promotion*, 16(2_suppl), 38-90.

Waziry, R., Jawad, M., Ballout, R. A., Al Akel, M., & Akl, E. A. (2016). The effects of waterpipe tobacco smoking on health outcomes: an updated systematic review and meta-analysis. *International Journal of Epidemiology*, 46(1), 32-43.

Weaver, L. K., Hopkins, R. O., Chan, K. J., Churchill, S., Elliott, C. G., Clemmer, T. P., ... & Morris, A. H. (2002). Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *New England Journal of Medicine*, 347(14), 1057-1067.

Weaver, L. K. (2009). Carbon monoxide poisoning. *New England Journal of Medicine*, 360(12), 1217-1225.

Weitzman, M., Yusufali, A. H., Bali, F., Vilcassim, M. R., Gandhi, S., Peltier, R., ... & Shearston, J. (2017). Effects of hookah smoking on indoor air quality in homes. *Tobacco control*, 26(5), 586-591.

Welslau, W., Van Laak, U., & Pröhl, J. (2004). HBO-Therapie bei CO-Intoxikation. *Trauma und Berufskrankheit*, 6(1), 12-15.

WHO Study Group on Tobacco Product Regulation. (2005). Waterpipe Tobacco Smoking: Health Effects, Research Needs and Recommended Actions by Regulators.

WHO Study Group on Tobacco Product Regulation. (2015). Advisory note: Waterpipe tobacco smoking: health effects, research needs and recommended actions for regulators.

Wick, M., Schneiker, A., Bele, S., Pawlik, M., Meyringer, H., Graf, B., ... & Kieninger, M. (2017). Kleinhirnfarkt nach CO-Intoxikation und hyperbarer Sauerstofftherapie. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 52(06), 463-470.

Wiese, S., Beckers, S., Siekmann, U., Baltus, T., Rossaint, R., & Schröder, S. (2006). Hyperbare Sauerstofftherapie. *Der Anaesthetist*, 55(6), 693-705.

Wirtz, S., Callies, A., & Schaper, A. (2021). Vergiftung durch Rauchgase–Kohlenmonoxidintoxikation. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 56(01), 69-74.

Wunderlich, T., Kranich, M., & Staps, E. (2019). Prähospitaler Strategie beim Tauchunfall. *Der Notarzt*, 35(06), 347-357.

Zhang, B., Haji, F., Kaufman, P., Muir, S., & Ferrence, R. (2015). ‘Enter at your own risk’: a multimethod study of air quality and biological measures in Canadian waterpipe cafes. *Tobacco control*, 24(2), 175-181.

Zyoud, S. E. H., Al-Jabi, S. W., & Sweileh, W. M. (2014). Bibliometric analysis of scientific publications on waterpipe (narghile, shisha, hookah) tobacco smoking during the period 2003-2012. *Tobacco induced diseases*, 12(1), 7-7.