

Christian Graetz, Bilal Al-Nawas, Paulina Düffert, Lutz Jatzwauk, Miriam Cyris, Markus Tröltzsch, Kai Voss, Stefan Rupf, Lena Katharina Müller

# Spraynebel und Aerosolkontrolle in der Raumluft zahnmedizinischer Einrichtungen – Zusammenfassung aktueller Evidenz\*

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Vor dem Hintergrund der aktuellen Pandemie SARS-CoV-2 wurden externe und interne Evidenz zum Thema Raumluftaustausch und Aerosolkontrolle in der zahnärztlichen Praxis analysiert und zusammengefasst.

**Einführung:** Eine evidenzbasierte, ausgewogene Diskussion der Fakten zur Senkung des Infektionsrisikos während der SARS-CoV-2-Pandemie durch aerosolkontrollierende Maßnahmen in der zahnärztlichen Praxis wurde bisher nicht vollumfänglich geführt. Im Folgenden soll deshalb über den derzeitigen Stand des Wissens zu Spraynebel und Aerosolkontrolle in den Räumen zahnmedizinischer Einrichtungen berichtet werden, um Schlussfolgerungen zur Risikominimierung von aerogen übertragbaren Infektionserkrankungen in der Praxis zu präsentieren.

**Methode:** Es werden die Ergebnisse von Studien mit unmittelbarem Bezug zur Spraynebel- und Aerosolkontrolle in der zahnärztlichen Praxis sowie Empfehlungen aus Veröffentlichungen einschließlich nationaler Stellungnahmen und Leitlinien für die Zahnmedizin in einem narrativen Verfahren diskutiert. Ergebnisse: Die Entscheidungsfindung in den frühen Phasen der SARS-CoV-2-Pandemie wurde durch die sehr eingeschränkte Evidenzlage erschwert, konnte aber mit zunehmender Pandemiedauer durch publizierte Erkenntnisse zur Spraynebel- und Aerosolkontrolle in der Raumluft zahnmedizinischer Einrichtungen verbessert werden. Die Studienergebnisse zum routinemäßigen Einsatz dentaler Absauganlagen können genutzt werden, um Grenzen ihrer Wirksamkeit im Rahmen der Aerosolreduktion zu spezifizieren. Ebenso zeigen die Erkenntnisse zur ubiquitär verfügbaren natürlichen Raumlüftung sehr hohe stündliche Luftwechselraten (LWR) von bis zu 40 bei ständiger Querlüftung unter optimaler Raumgeometrie mit gegenüberliegenden Fenstern, wohingegen für dezentrale mobile Luftreinigungsgeräte (DMLR) nur ein begrenzter zusätzlicher Effekt bei der Reduktion kleinerer Aerosolpartikel im Behandlungszimmer erwartet werden kann.

**Diskussion:** Für einen optimierten Infektionsschutz in der Zahnmedizin ist neben der natürlichen Raumbelüftung und der Einhaltung aller bekannten Hygienerichtlinien der Gebrauch der intraoralen Absaugung (hochvolumige Anlage (HVE) mit einem Saugvolumen > 250 l/min) unter Verwendung einer ausreichend groß dimensionierten Saugkanüle (Öffnung  $\geq$  10 mm), nah am aerosolgenerierenden Behandlungsfeld positioniert, obligatorisch. Aus

Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel: Prof. Dr. Christian Graetz, Paulina Düffert, Dr. Miriam Cyris  
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, plastische Operationen, Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz:

Prof. Dr. Dr. Bilal Al-Nawas, Dr. Lena Katharina Müller

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus an der TU Dresden, Geschäftsbereich Krankenhaushygiene/ Umweltschutz, Fetscherstr. 74, 01307 Dresden: Prof. Dr. Lutz Jatzwauk  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Ansbach Dr. Dr. Tröltzsch, Maximilianstr. 5, 91522 Ansbach: Dr. Dr. Markus Tröltzsch

Zahnarztpraxis Dr. Voss, Am Alten Bahnhof 1, 24245 Kirchbarkau: Dr. Kai Voss

Professur für Synoptische Zahnmedizin, Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde, Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar:

Prof. Dr. Stefan Rupf

\*Aktualisierte, deutsche Fassung der englischen Erstveröffentlichung von Graetz C, Al-Nawas B, Düffert P, Jatzwauk L, Cyris M, Tröltzsch M, Voss K, Rupf S, Müller LK: Spray mist and aerosol control in dental room air – summary of current evidence. Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 283–289

**Zitierweise:** Graetz C, Al-Nawas B, Düffert P, Jatzwauk L, Cyris M, Tröltzsch M, Voss K, Rupf S, Müller LK: Spraynebel und Aerosolkontrolle in der Raumluft zahnmedizinischer Einrichtungen – Zusammenfassung aktueller Evidenz. Dtsch Zahnärztl Z 2022; 77: 379–386

**Peer-reviewed article:** eingereicht: 09.07.2021, revidierte Fassung akzeptiert: 19.08.2021

DOI.org/10.53180/dzz.2022.0032

klinischer Sicht bieten ergänzend eingesetzte DMLR bei aerosolgenerierenden Tätigkeiten keinen oder nur einen geringen zusätzlichen Reduktionseffekt. Der Raumlufthausaustausch durch die natürliche Raumlüftung in Kombination mit einer HVE-Anlage zeigt einen hohen Wirkungsgrad und stellt weiterhin das Standardprozedere in der zahnärztlichen Praxis dar. Zukünftige Untersuchungen müssen klären, ob in Ausnahmesituationen mit hohem Infektionsrisiko, wenn beispielsweise keine intraorale Absaugung zur Anwendung kommt oder Schutz-/Hygienemaßnahmen nur eingeschränkt eingehalten werden können, DMLR-Geräte mit LWR  $\geq 6$  eine Ergänzung darstellen können.

**Schlussfolgerung:** Etablierte Hygienekonzepte und Schutzmaßnahmen einschließlich der Raumlüftung mit Frischluft haben sich auch während der SARS-CoV-2-Pandemie in der zahnärztlichen Praxis als ausreichend wirksam bewährt.

**Schlüsselwörter:** aerogen übertragbare Infektionskrankheiten; Aerosol; Leitlinien; SARS-CoV-2

## Einführung

Wissenschaftliche Stellungnahmen und Leitlinien schaffen Grundlagen zur Entscheidungsfindung für das zahnärztliche Handeln auf der Basis des derzeitigen Wissens. Dies setzt aber voraus, dass 1.) entsprechendes Wissen in Form von Studien hoher Evidenz mit unmittelbarem Bezug vorhanden ist und 2.) entsprechende Veröffentlichungen mit Empfehlungen auch den praktizierenden Zahnärzten/-ärztinnen bekannt sind. Im Verlauf der SARS-CoV-2-Pandemie konnte beobachtet werden, dass sich beide Aspekte fortlaufend veränderten. Dabei muss kritisch festgestellt werden, dass insbesondere in der Anfangsphase der Pandemie aufgrund fehlender Bewertungsgrundlagen Empfehlungen auf der Basis von Annahmen veröffentlicht wurden. Da die SARS-CoV-2-Pandemie nahezu alle privaten und beruflichen Lebensbereiche betraf, führte dies häufig zu emotional geführten Diskursen um teilweise angemessene Maßnahmenkataloge und nicht zu einer wünschenswerten ausgewogenen Diskussion der Fakten zum Infektionsrisiko in der zahnärztlichen Praxis. Es liegt auf der Hand, dass eine retrospektive Betrachtung stets einfacher ist. Für die SARS-CoV-2-Pandemie wurde die Entscheidungsfindung zudem insbesondere in deren frühen Phasen erschwert, da eine nur sehr eingeschränkte Evidenzlage existierte. Selbst zum heutigen Zeitpunkt sind grundlegend wichtige Fragen zur Herkunft des Virus sowie zu seiner Infek-

tiosität z.B. nach Erkrankung oder Impfung nicht abschließend geklärt. Daher möchten die Autoren in diesem Artikel über den derzeitigen Stand der Evidenz berichten und Schlussfolgerungen für den zukünftigen Umgang mit Spraynebel und der Aerosolkontrolle zur Risikominimierung von aerogen übertragbaren Infektionserkrankungen in der zahnärztlichen Praxis präsentieren.

Den folgenden Ausführungen muss vorangestellt werden, dass es nur eine wirksame Eindämmung der Pandemie und des Infektionsschutzes geben kann, wenn alle bekannten Präventionsmaßnahmen, beispielsweise die Einhaltung der Raumlüftungs-, Abstands- und Hygieneregeln sowie das Tragen medizinischer bzw. FFP-2-Masken, umgesetzt werden. Für die zahnärztliche Praxis muss aber der Umstand bedacht werden, dass Patienten während der Behandlung keine Mund-Nasen-Bedeckung tragen können und ein sehr enger Behandlungskontakt mit nur rund 30 cm Abstand zwischen Patienten und dem Behandlungsteam besteht. Außer Frage steht, dass durch eine Kofferdampplifikation eine sehr wirksame Reduktion der potenziellen Mikroorganismenkontamination durch Tröpfchen und Aerosole möglich ist [1, 3, 8, 25, 30, 35]. Diese protektive Maßnahme ist aber bei den vielfältigen Tätigkeiten in der zahnärztlichen Praxis nicht immer möglich. Zusätzlich zur Aerosol- und Tröpfchenfreisetzung des Patienten durch Sprechen, Atmen und Husten werden

Spraynebel und Aerosol generierende Maßnahmen in unmittelbarer Nähe zum zugewandten zahnmedizinischen Personal vorgenommen. Der Spraynebel ist dabei ein Gemisch aus Tröpfchen und Tröpfchenkernen unterschiedlicher Größe, bestehend aus Kühlwasser, (Pulver-)Partikeln, Spritzern von Speichel, Blut und Mikroorganismen, der beim Einsatz von hochtourigen Instrumenten einschließlich Schall-/Ultraschallscannern und Pulver-Wasserstrahlern entsteht. Wird dieser Spraynebel nicht fachgerecht abgesaugt, entsteht eine potenziell infektiöse Aerosolwolke. Seit Beginn der SARS-CoV-2-Pandemie wurden der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) in Deutschland bis Juni 2021 497 Fälle (*aktualisierte Abfrage Stand 31.08.22: 1377*) mit Infektionen mit dem SARS-Cov-2-Virus im Sektor Zahnmedizin gemeldet, wovon die BGW 143 als berufsbedingte Fälle listet (*aktualisierte Abfrage Stand 31.08.22: 556*). Selbst wenn hinsichtlich der veröffentlichten Fallzahlen von einer Untererfassung ausgegangen werden muss, ergibt sich eine Prävalenz von  $\leq 0,1\%$  (*aktualisiert Stand 31.08.22: 0,23\%*) für SARS-CoV-2-Infektionen bei zahnärztlichem Personal [10], was als ein Zeichen für das hohe Schutzniveau der etablierten Verhaltensweisen und Hygienemaßnahmen in der Zahnmedizin gesehen werden kann. Deshalb hat es sich bewährt, die zusätzlichen Schutzmaßnahmen im Sinne eines Maßnahmenbündels in die bereits geltenden Empfehlungen einzugliedern [28]. Dies kann in Analogie zum Vorsorgegedanken des Strahlenschutzes gesehen werden [19], was bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit einer Exposition mit SARS-CoV-2, die Zahl der exponierten Personen sowie die individuelle Erregerdosis, die auf eine Person einwirkt, so niedrig gehalten werden, wie es vernünftigerweise in der zahnärztlichen Praxis erreichbar ist. Zu diesem Maßnahmenbündel gehört nachgewiesenermaßen die Raumlüftung [19].

## Raumlüftung und Erregerübertragung

Anders als im Freien spielt in geschlossenen Räumen der Übertra-

## Spray mist and aerosol control in dental room air – summary of current evidence

**Introduction:** An evidence-based, balanced discussion of the facts regarding the reduction of infection risk during the SARS-CoV-2 pandemic by aerosol-controlling measures in dental practice has not yet been fully conducted. Therefore, the current state of knowledge on spray mist and aerosol control in dental offices will be reported in order to present conclusions on risk reduction of aerogen-transmitted infectious diseases in the dental practices.

**Methods:** Results of studies directly related to spray mist and aerosol control in a dental office, as well as recommendations from publications including national position statements and guidelines for dentistry, are discussed in a narrative format.

**Results:** Decision-making at the onset of the SARS-CoV-2 pandemic was hampered by the limited evidence base, but could be improved as the pandemic duration progressed by publishing more studies about spray mist and indoor aerosol control. Study results on the routine use of dental suction systems (intraoral) can be used to specify limits to their effectiveness in aerosol reduction. Similarly, findings on ubiquitously available natural room ventilation shows very high air exchange per hour (ACH) of up to 40 with continuous cross-ventilation under optimal room geometry with opposing windows, whereas only a limited additional effect can be expected for decentralized mobile air cleaning (DMAC) devices in reducing smaller aerosol particles in the treatment room.

**Discussion:** For optimized infection protection in dentistry, in addition to natural room ventilation and compliance with all known hygiene guidelines, the use of intraoral suction (high-volume evacuator (HVE) with a suction volume > 250 l/min) using a sufficiently large suction cannula (opening  $\geq 10$  mm), positioned close to the aerosol-generating treatment field, is mandatory. From a clinical point of view, supplementary DMAC devices provide a negligible additional reduction effect during aerosol-generating activities. Room air exchange by natural room ventilation in combination with HVE systems shows a high efficiency and continues to be the standard procedure in dental practices. Future studies must clarify whether DMAC devices with  $ACH \geq 6$  can be a supplement in exceptional situations with a high risk of infection, for example, when no intraoral suction is used or protective/hygiene measures can only be observed to a limited extent.

**Conclusion:** Established hygiene concepts and protective measures, including room ventilation with fresh air, have proven to be sufficiently effective in dental practice even during the SARS-CoV-2 pandemic.

**Keywords:** aerogene-transmitted infectious diseases; aerosol; guidelines; SARS-CoV-2

einschließlich Tröpfchen [13] sowie Übertragung über die Luft [39] für die Virusverbreitung verantwortlich sind [23] (Abb. 1).

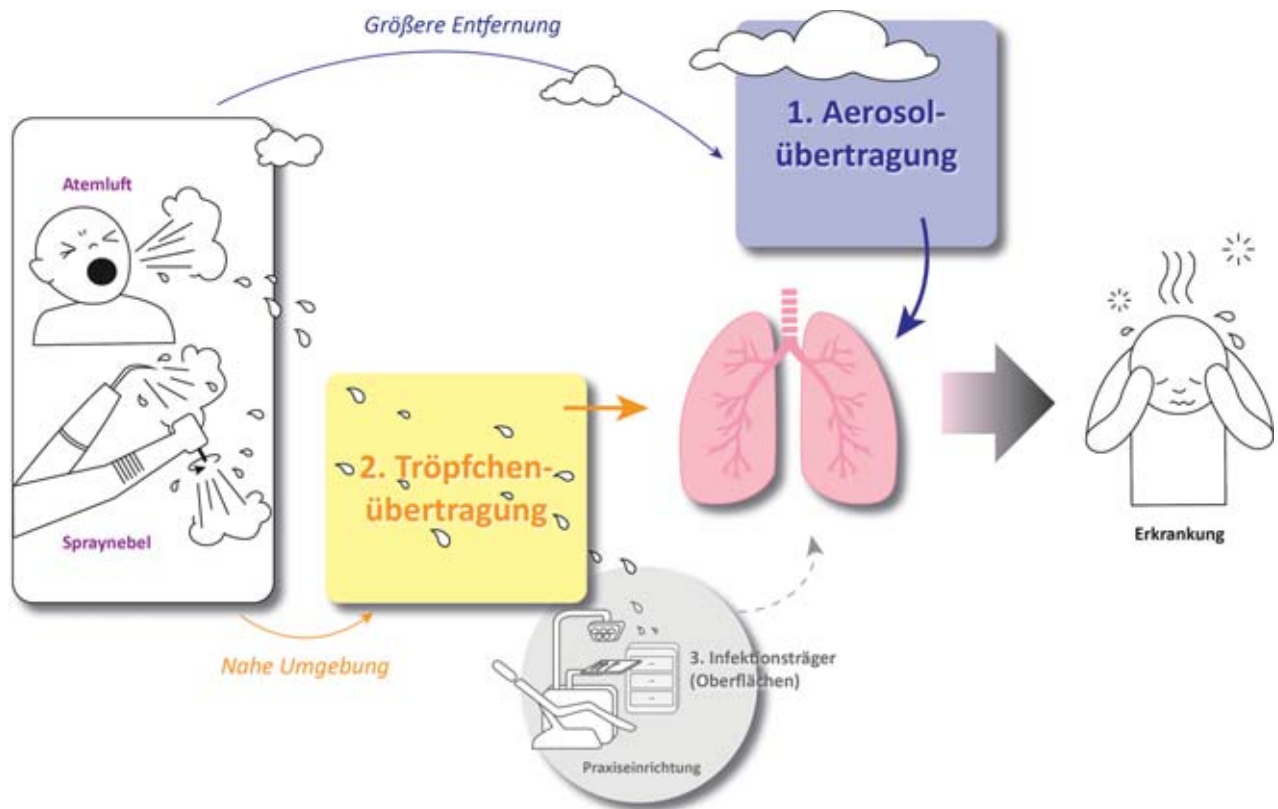
Physikalisch betrachtet werden Tröpfchen mit 4–8  $\mu\text{m}$  Größe entsprechend den Raumluftbedingungen innerhalb von 20–90 Minuten zu Boden fallen, während Aerosolpartikel mit Größen kleiner als 4  $\mu\text{m}$  bis zu 30 Stunden in der Luft bleiben können [9]. Da jedoch Tröpfchen bei geringer Luftfeuchtigkeit Wasser verlieren und kleiner werden (bei einer Tröpfchengröße < 10  $\mu\text{m}$  verdunstet der Wasseranteil innerhalb von Sekundenbruchteilen), entstehen Tröpfchenkerne, die dann stundenlang in der Raumluft schweben können und mit dem Luftstrom in den Innenräumen transportiert werden (Bio-Aerosol) [19, 37]. Dabei kann es zur Inaktivierung der Bakterien oder Viren kommen, womit sich die Infektiosität der Raumluft vermindert. Unbestritten ist, dass Tröpfchen aufgrund ihrer Größe deutlich mehr Erreger enthalten als die kleineren Tröpfchenkerne und damit ihre Infektionsdosis höher ist. In geschlossenen Räumen ist trotz der geringeren Erregermenge im Aerosol ein Übertragungsrisiko gegeben, da die Partikel gerade bei hoher Luftfeuchtigkeit nicht austrocknen und lange in Schwebelage gehalten werden. Deshalb spielen die Zirkulation und der Austausch der Partikel in der Raumluft (Luftwechsel) eine zentrale Rolle für die Infektionskontrolle und können auf natürliche Weise (z.B. Lüftung mit Frischluft durch geöffnete Fenster) oder unterstützt durch technische Anlagen (z.B. Raumlufttechnische Anlage, dezentrale mobile Luftreinigungsgeräte) umgesetzt werden (Abb. 2). Dabei ist die LWR ein Maß für die zugeführte Luftmenge je Raumvolumen pro Stunde.

### Natürliches Lüften

Bei freier Lüftung kann zwischen Stoßlüften, Querlüften und Spaltlüften unterschieden werden (Abb. 2). Stoß- und Querlüften kann bei geeigneten, hohen Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenraum schnell zu einer Verdünnung der aerosolhaltigen Raumluft führen [18, 19]. Jedoch ist das Ergebnis der natürlichen Lüftung von etlichen

gungsweg bei einer aerogen übertragbaren Infektionserkrankung eine zentrale Rolle. Aber gerade beim SARS-

CoV-2-Virus wird bis heute kontrovers diskutiert, zu welchen Anteilen der direkte Kontakt oder andere Wege



**Abbildung 1** Schematische Darstellung möglicher Übertragungswege am Beispiel des SARS-CoV-2-Virus in der Zahnärztlichen Praxis (Anmerkung: Die Übertragung über Oberflächen kann nicht ausgeschlossen werden, wenn auch die Autoren diesen Weg aufgrund entsprechender Untersuchungen aus medizinischen Einrichtungen für eher weniger bedeutsam halten [4]).

nicht beeinflussbaren Faktoren abhängig, etwa der Außentemperatur, der Windrichtung und -stärke sowie der Fenstergröße und -lage im Raum. Auch wird es nach dem Schließen des Fensters zu einem erneuten Anstieg der Aerosolkonzentration im Behandlungszimmer kommen. Eine Spaltlüftung mittels dauerhaft gekippter Fenster ist nur unzureichend (LWR: 0,3–1,5) und kann maximal als ergänzende Maßnahme einer Stoß- oder Querlüftung mit kurzzeitig ganz geöffneten Fenstern (LWR: 0,3–4) betrachtet werden [18, 19]. Auch wenn eine Querlüftung über die Öffnung von 2 gegenüberliegenden Fenstern durch das Gebäude für Vertrauensräume wie Zahnarztpraxen während der Behandlung teils nur eingeschränkt oder aufgrund der Raumarchitektur sogar unmöglich sein kann, ist dies nach Abschluss der Behandlung und während der Umrüstung durch ständig offen gehaltene gegenüberliegende Fenster die effektivste Methode (LWR: bis zu 40) [19]. Da

während der wärmeren Sommermonate der Luftaustausch oft unzureichend ist, müssen längere Lüftungszeiten ( $\geq 10$  min) angestrebt werden. In den kälteren Wintermonaten ist ein ausreichender Luftaustausch infolge hoher Temperaturdifferenzen bereits bei einer Lüftungsdauer von 3 Minuten gegeben, was auch hilfreich ist, um den Energieverlust beim natürlichen Lüften in den Wintermonaten zu reduzieren. In Herbst, Winter und Frühling führt eine regelmäßige Stoßlüftung für 3–10 Minuten im Anschluss an eine zahnmedizinische Behandlung als praktikable Methode zum Luftaustausch und somit auch zur Verminderung der Aerosolkonzentration im Behandlungs- oder Wartezimmer [12]. Im Sommer sollten aber längere Lüftungsdauern von 10–15 Minuten angestrebt werden [22], da die Luftaustauschrate aufgrund der annähernd gleichen Temperaturen außen wie innen geringer sein kann als in den anderen Jahreszeiten. Kienbaum et al. [19]

empfehlen deshalb, einen Lüftungsplan auf der Basis von Lüftungstyp (Zahl der Fenster, ggf. Türen), Lüftungsdauer/-intervall (Jahreszeit) sowie zusätzlichen Lüftungsanlässen (konkrete Behandlungs-/Expositionssituationen) anzulegen.

### Lüftung durch technische Anlagen

Die Nutzung von Raumlufthahnmedizinischen Anlagen (RLTA) mit definierten LWR kann für größere Praxen/Kliniken mit besonderen baulichen Voraussetzungen und/oder für spezifische Situationen in Sommer- wie Wintermonaten, aber auch als ergänzende Lösung der natürlichen Lüftung eine Alternative sein. RLTA-Anlagen in Einrichtungen des Gesundheitswesens (also auch Zahnarztpraxen) werden durch die DIN 1946-4<sup>1</sup> geregelt. Ihre Aufgabe besteht in der Heizung oder Kühlung der Räume, der Entfernung chemischer Schadstoffe oder Gerüche, der Minimierung der Koloniezahl von Mikro-

<sup>1</sup> DIN 1946-4: 2018-09. Raumlufthahnmedizin – Teil 4: Raumlufthahnmedizinische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens



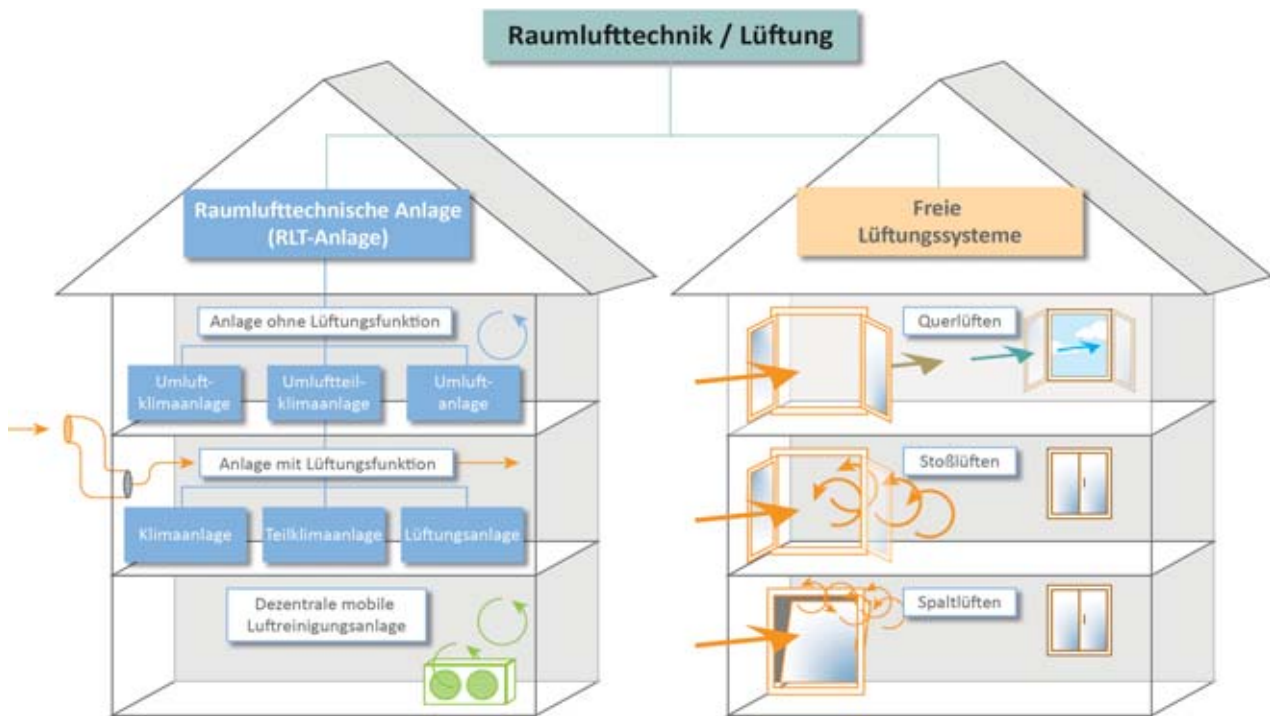


Abb. 1 und 2: S. Schorr

**Abbildung 2** Vereinfachte Darstellung zur Lufttechnik und ihrer Teilbereiche unter anderem nach DIN 1946 (Teil 1 der Norm) sowie der möglichen Raumlüftung

organismen in der Luft (Op-Räume), vor allem aber in der Frischluftzufuhr in nicht oder nicht ausreichend natürlich belüfteten Räumen. Untersuchungs- und Behandlungsräume werden der Raumklasse II zugeordnet. Diesen Räumen sind (sofern keine Fensterlüftung vorhanden ist) mindestens  $40 \text{ m}^3$  Frischluft pro Stunde und anwesende Person zuzuführen. Damit wird ein etwa 6-facher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet. Unter Berücksichtigung dieses Mindestaußenluftanteils und zur Minimierung der Heizkosten für die durch die RLT-Anlage zugeführte Außenluft ist eine Nutzung von Umluft zulässig. Frischluft und Umluft werden gemeinsam aufbereitet (geheizt, gekühlt, filtriert und ggf. befeuchtet). Die Luft wird durch 2 Filterstufen der Klassen F7 sowie F9 geführt. Gemäß EN 779 beträgt der mittlere Wirkungsgrad von F9-Filtern 95 % bei Partikeln von  $0,4 \mu\text{m}$  Durchmesser (also auch Tröpfchenkerne).

In Räumen, in denen eine Frischluftzufuhr durch ausreichende Fensterlüftung möglich ist, sind nach der DIN 1946-4 auch Umluftkühlgeräte (ohne Frischluftanteil) möglich, wenn die Luft demselben Raum wieder zugeführt wird, dem sie entnommen

wurde (Klimasplitgeräte). Auch diese müssen derzeit mit Filtern der Klassen F7 sowie F9 ausgestattet sein. Im Allgemeinen sollte in zahnärztlichen Behandlungszimmern auf Geräte im Umluftbetrieb ohne Filter (z.B. Standventilatoren, mobile Klimaanlage, Heizlüfter) verzichtet werden, da sie nicht zur Absenkung von Aerosolkonzentrationen führen, sondern eher durch den Luftstrom zu einer Verteilung von Aerosolen im Raum beitragen können. Sofern trotzdem ein Betrieb erforderlich ist, sollte auf eine regelmäßige, intensive natürliche Raumlüftung geachtet werden [19].

### Dezentrale mobile Luftreinigungsgeräte

In Situationen, in denen weder eine ausreichende natürliche Lüftung noch technische Raumlufteinrichtungen mit Frischluftbetrieb und Filtration betrieben werden, wird derzeit im Rahmen der Pandemie der zusätzliche Einsatz von dezentralen mobilen Luftreinigungsgeräten (DMLR) diskutiert [27, 29, 36]. Dabei handelt es sich um eine Vielzahl von Gerätetypen, die die angesaugte Raumluft durch unterschiedliche Verfahren (UV, Ionisierung, Filtration etc.) abscheiden oder Luftinhaltsstoffe inaktivieren sollen, um

sie abschließend wieder in denselben Raum abzugeben. Hierfür spielen der Luftvolumenstrom der Geräte sowie die erreichbare LWR eine entscheidende Rolle, also wie schnell entsprechende Partikel aus der Raumluft filtriert werden können. Besonders wirksame Geräte mit hoher LWR benötigen hohe Luftvolumenströme, was zu hohen Schalldruckpegeln und somit konsekutiv zu einer Lärmbelastung führt [2]. Chavis et al. [2] haben bis zu 86 dB gemessen (Vergleichsmessung Zahnpräparation ohne DMLR: 82 dB), wenn ein DMLR bei höchster Saugleistung und gleichzeitig eine Zahnpräparation erfolgten. Andererseits maßen Comisi et al. [5] Schalldruckpegel zwischen 87 dB und 89 dB beim Betrieb einer intraoralen Hochleistungsabsauganlage. Bei Verwendung eines Prototypen eines 3D-gedruckten Lippenretraktors mit interner Absaugung und Trichter konnten sogar bis zu 99 dB gemessen werden. In dieser experimentellen Studie war der alleinige Betrieb eines DMLR sogar mit den niedrigsten Geräuschpegeln verbunden (weniger als 80 dB) [5]. Diese erhöhten Schalldruckpegel können nicht nur die Kommunikation untereinander und den Patientenkomfort beeinträchtigen, sondern auch die

Überwachung des Patienten für das Personal erschweren.

Auch müssen für DMLR wie beim Betreiben einer RLT-Anlage ein gegenüber der natürlichen Raumlüftung möglicherweise kostenintensiverer Gerätebetrieb und regelmäßige Wartungen einkalkuliert werden. Letztlich wird die Filtrationsleistung der Geräte auch durch die Raumgeometrie und die Anordnung im Raum beeinflusst. Bei partikulären Aerosolen besteht kein Verteilungsgleichgewicht im Raum [11], weshalb eine optimale Aufstellung der Geräte z.B. in Nähe der Behandlungseinheit erfolgen sollte [2] – mit all den sich abzeichnenden Nachteilen wie Belästigung durch z.B. Lärm, Luftstrom und einem eingegengten Raum.

Für einen geplanten Einsatz von DMLR sollte nur Geräte in Betracht gezogen werden, bei denen durch ein Abscheideverfahren mit klassifizierten H13-Filtern (oder höherwertig) die Raumlufthahnfiltriert wird, da für alle anderen Geräte mit größeren Filtern eine zu geringe Wirksamkeit der Filterung feiner Partikel angenommen werden muss [11]. Zwar kann die Wirksamkeit aller Geräte möglicherweise noch durch die vorgenannten Verfahren wie z.B. Ozon oder Ionen gesteigert werden, es fehlen aber wissenschaftliche Studien zur Effektivität.

Wie eigene experimentelle Untersuchungen der Kieler Arbeitsgruppe um Graetz et al. mit einem DMLR im zahnmedizinischen Curriculum [15, 15a], aber auch Beobachtungsstudien in zahnärztlichen Praxen zeigten, ist die Definition der Messmethoden- und Versuchsbedingungen sehr komplex [31, 41] und nicht direkt vergleichbar [16]; zudem dürfen die Ergebnisse oftmals nicht verallgemeinert werden [2]. Auch dürfen experimentelle Studien mit Simulation von Tätigkeiten in der Zahnmedizin nicht für die Beurteilung der Raumlufthahnqualität herangezogen werden [40]. Die Kieler Versuche wurden beispielsweise mittels eines Phantoms in einem geschlossenen Behandlungszimmer (16,94 m<sup>2</sup>) durchgeführt. Das getestete DMLR wurde im Abstand von 35 cm zu einem Phantomkopf ausgerichtet, an dem verschiedene aerosolgenerierende Behandlungen wie ein hochtouriges Präparieren oder ei-

ne Zahnreinigung mittels Pulverwasserstrahlgerät simuliert wurden. Es wurde mit Ausnahme der Kontrollen (keine aerosolgenerierende Maßnahme) immer mit einer 16 mm starken Saugkanüle in Kombination mit einem Speichelzieher unter Einsatz einer dentalen Hochleistungsabsauganlage (Saugvolumen (Luft) an der Spitze der Saugkanüle:  $\geq 300$  l/min) getestet, jeweils mit versus ohne DMLR. Bei gleichzeitiger Überwachung der Raumlufthahnparameter wie CO<sub>2</sub>-Sättigung, Temperatur und Luftventilation wurde die Partikelkonzentration (PN) der Aerosole mittels eines optischen Verfahrens durch Streulicht eines Reinraumzählers (LasAir III, PMS Inc., USA) erfasst. Für das DMLR konnte eine mittlere LWR von 3 h<sup>-1</sup> ermittelt werden, wobei sich nur für Partikel mit kleinem Durchmesser (0,1–0,3  $\mu$ m) eine signifikante Reduktion ( $p < 0,001$ ) bei zusätzlicher Anwendung des DMLR neben der konventionellen intraoralen Absaugung ergab [15]. Im Gegensatz zu anderen experimentellen Untersuchungen, die auch für Tröpfchen und Spritzer eine weitere signifikante Reduktion mittels zusätzlicher DMLR nachweisen konnten [2], beobachteten die Autoren der Kieler Arbeitsgruppe für Partikel mit einem größeren Durchmesser keine zusätzliche Reduktion der Raumlufthahnkonzentration im Vergleich zur alleinigen intraoralen Anwendung der dentalen Hochleistungsabsauganlage (0,5–5,0  $\mu$ m;  $p = 0,089$ ).

### Intraorale dentale Absauganlagen

Die intraorale Nutzung einer Spraynebelabsaugung ist eine etablierte Maßnahme im Rahmen der meisten zahnärztlichen Behandlungen und trägt damit bereits entscheidend zur ausreichenden Hygiene und Infektionskontrolle bei [15, 32]. Um diese Funktion zu gewährleisten, wurden Hochleistungsabsaugsysteme (sog. „HVE“ für Hochvolumen-Evakuierungssystem) mit einem Saugvolumen (Luft) von  $\geq 250$  l/min beschrieben [34] und sind durch die ISO 10637:2018 (deutsche Fassung EN ISO 10637:2018) geregelt. Darin werden nicht nur der Aufbau der zentralen Absaugmaschine, sondern auch

Hinweise zur Verrohrung beschrieben. Sowohl die Saugleistung als auch der Durchmesser aller Rohre, einschließlich der angewendeten Saugkanüle, müssen in der Konzeption und zum Betrieb einer optimalen dentalen Absaugung berücksichtigt werden. Für eine optimale Risikoreduktion aerogen übertragbarer Infektionserkrankungen während Spraynebel generierender Interventionen sind Saugkanülen mit Nebenlufteinlässen (verhindern ein Festsaugen und damit Verblocken der Kanüle) mit Durchmessern  $> 10$  mm empfohlen [28]. Ein Absaugen mit einem schmalen Speichelzieher (Durchmesser  $< 8$  mm) und Saugvolumen  $< 200$  l/min ist für die Reduzierung von Aerosolen ungeeignet [20], wenn auch Flüssigkeiten damit sehr wohl aus der Mundhöhle suffizient eliminiert werden können. Rupf et al. [33] konnten zeigen, dass Feinpartikelaerosole, die in der Mundhöhle eines Phantoms freigesetzt werden, nur durch die hochvolumige Absaugung reduziert werden. Deshalb sollte neben den technischen Voraussetzungen vor allem die Rolle der optimalen Absaugtechnik im Praxisteam diskutiert werden, um einen optimalen Infektionsschutz in der täglichen Routine zu gewährleisten. Leider führt, wie bereits erwähnt, das Absaugen mit HVE-Anlagen zu einer nicht zu unterschätzenden Geräuschemission, und diese kann die interne Kommunikation zwischen Behandler und Assistenz sowie zwischen Patienten erschweren. Wie auch für die vorhergehenden technischen Systeme bereits diskutiert, bedarf es auch daher einer regelmäßigen Kontrolle (Praxisteam) und Wartung (herstellerspezifisch), um beispielsweise Ablagerungen mit nachfolgenden Verlegungen/Verengungen der Innenrohrdurchmesser entgegenzuwirken.

### Zusammenfassende Diskussion der internen und externen Evidenz

Bereits vor Beginn der SARS-CoV-2-Pandemie war bekannt, dass die zahnmedizinische Tätigkeit mit einer Freisetzung von Aerosolen und Partikeln verbunden ist, die gesundheitsbeeinträchtigende Eigenschaften aufweisen können [26, 38]. Nach derzeitiger Studienlage ist eine wirksame Reduktion von Aerosolen mit potenziellem Risiko für eine ae-

rogen übertragbare Infektionserkrankung über natürliches Lüften am einfachsten möglich. Eine technische Filtration der Raumlufthahn mittels RLT-Anlagen ist möglich, hingegen ist die Nutzung von DMLR-Geräten nur als eine ergänzende Maßnahme für Räume beschrieben, in denen primäre Maßnahmen zum Infektionsschutz nicht suffizient umgesetzt werden können [11]. Betriebsbedingt verfügt jede Zahnarztpraxis in Deutschland über eine HVE-Anlage, mit der primär ein Absaugen von Flüssigkeiten aus der Mundhöhle des Patienten gelingt und gleichzeitig der potenziell kontaminierte Spraynebelrückprall wirksam reduziert werden kann [15, 32] – entsprechend dem primären Infektionsschutz. Gegenüber dem routinemäßigen Betrieb so konfigurierter HVE-Anlagen können DMLR-Geräte nur in kleinen bis mittelgroßen Praxisräumen eine ergänzende Maßnahme zur Kontrolle von potenziell infektiösen Aerosolen darstellen [6, 15, 18], immer verbunden mit nicht unerheblichen Anschaffungs- und Betriebskosten der Geräte (z.B. regelmäßige Reinigung oder Austausch der HEPA-Filter (High-Efficiency-Particulate-Air-Filter), sodass diese nicht selbst zur Quelle für Mikroorganismen und Luftschadstoffe werden [11, 18]), dem Lärm oder einer Einschränkung der Platzverhältnisse. Zwar müssen auch HVE-Anlagen regelmäßig gewartet werden, jedoch ist deren Anwendung in der zahnärztlichen Praxis vertraut, und bei einer ausreichend dimensionierten und intraoral richtig positionierten Saugkanüle und einem Saugvolumenstrom (Luft) von rund 300 l/min lassen sich so Aerosole aus dem Mund des Patienten während des Einsatzes deutlich reduzieren [15]. In einer Studie zu SARS-CoV-2 und anderen Mikroorganismen in dentalen Aerosolen mit 28 Teilnehmern konnten lediglich bei 8 Personen Speichelbakterien im kondensierten Aerosol nachgewiesen werden [24]. Meethil et al. [24] fanden trotz nachweisbarer SARS-CoV-2-Viren im Speichel einiger asymptomatischer Patienten keine Viren im erzeugten Aerosol. Diese Ergebnisse sollten umsichtig interpretiert werden, und es muss auch bedacht werden, dass die Entfernung von Aerosolen immer nur dann erfolgt, wenn Absaugkanülen aufgrund von Maßnahmen mit Spraynebelbildung überhaupt angewendet

werden. Zusätzlich weisen die Ergebnisse darauf hin, dass trotz HVE-Absaugung nicht in allen Fällen eine Exposition mit Pathogenen aus dem Speichel vollständig verhindert werden kann. Bei bestimmten zahnärztlichen Tätigkeiten, beispielsweise der intraoralen Untersuchung, werden zwar auch Aerosole auftreten, aber insbesondere durchmesseroptimierte Sauger finden in der Regel dabei dann keine Anwendung.

### Schlussfolgerung

Für einen optimierten Infektionsschutz in der Zahnmedizin ist der Gebrauch der intraoralen Absaugung während aerosolgenerierenden Behandlungen neben der Einhaltung aller bekannten Hygienerichtlinien obligatorisch [24, 28, 34]. Dafür haben sich HVE-Anlagen (nach ISO 10637:2018 Typ 1 mit einem Saugvolumen > 250 l/min) in Kombination mit einer Saugkanüle bewährt, die eine ausreichend groß dimensionierte Öffnung besitzt ( $\geq 10$  mm) und nah am Behandlungsfeld positioniert ist [7, 14, 34]. Durch sie kann direkt die Aerosol- und Tröpfchenausbreitung im Behandlungsumfeld signifikant vermindert werden [7, 15, 17, 21, 32]. Zwar konnten zusätzlich eingesetzte DMLR-Geräte eine weitere signifikante Verringerung vor allem kleinerer Aerosolpartikel im Behandlungszimmer bewirken [15, 29, 36], aber gerade bei den Spraynebel/Tröpfchen generierenden Tätigkeiten ist der Effekt aus klinischer Sicht vernachlässigbar, weil die zwingend zu betreibenden HVE-Anlagen bereits intraoral eine signifikante Reduktion bewirken [15]. Somit scheinen während der zahnärztlichen Behandlung sowohl Personal als auch Patienten bei Anwendung des bereits mehrfach postulierten Maßnahmenbündels [28] weitgehend vor einer Exposition gegenüber potenziellen Krankheitserregern geschützt zu sein [24]. Auch wenn das natürliche Lüften in seiner Effizienz stark von äußeren, unbeeinflussbaren Größen (Temperaturdifferenz Innen- und Außenluft, Windbedingungen, Raumarchitektur) abhängig ist, ist es die simpelste und nahezu immer verfügbare Maßnahme mit einer hohen LWR und sollte nur in Ausnahmefällen ersetzt werden. DMLR-Geräte, selbst jene mit hoher LWR ( $\geq 6$ ) und HEPA-Filtern nach DIN EN 1822, können nur eine

ergänzende Schutzmaßnahme darstellen, wenn die etablierten Methoden zur Infektionskontrolle eingeschränkt sind. Es sei jedoch nochmals betont, dass aufgrund der nachweislich hohen Wirksamkeit der in Deutschland verwendeten HVE-Anlagen und der natürlichen Raumlüftung der Zusatznutzen von DMLR-Geräten für einen verbesserten Infektionsschutz Gegenstand zukünftiger wissenschaftlicher Untersuchungen sein muss.

### Interessenkonflikte

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte im Sinne der Richtlinien des Internationalen Committee of Medical Journal Editors bestehen. Die Autoren C. Graetz, M. Cyris, P. Düffert zeigen an, in den letzten 5 Jahren wissenschaftliche Untersuchungen in Kooperation mit Herstellern für HVE-Anlagen (Dürr Dental SE, 74321 Bietigheim-Bissingen, Deutschland) und DMLR-Geräte (ULT, Löbau, Germany) zur Wirksamkeit der Aerosol- und Spraynebelreduktion in der Zahnmedizin durchgeführt zu haben.

### Danksagung

Für die Erstellung der Abbildungen danken die Autoren Frau Dr. Susanne Schorr.

### Literatur

1. Ather, A., B. Patel, Ruparel NB, A. Diogenes, Hargreaves KM: Coronavirus Disease 19 (COVID-19): implications for clinical dental care. *J Endod* 2020
2. Chavis, S.E., Hines SE, Dyalram D, Wilken NC, Dalby RN: Can extraoral suction units minimize droplet spatter during a simulated dental procedure? *J Am Dent Assoc* 2021; 152: 157–165
3. Cochran, M.A., Miller CH, Sheldrake MA: The efficacy of the rubber dam as a barrier to the spread of microorganisms during dental treatment. *J Am Dent Assoc* 1989; 119: 141–4
4. Colaneri M, Seminari E, S. Novati et al.: Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA contamination of inanimate surfaces and virus viability in a he-



- alth care emergency unit. *Clin Microbiol Infect* 2020; 26: 1094 e1–1094 e5
5. Comisi JC, Ravenel TD, Kelly A, Teich ST, and W. Renne: Aerosol and spatter mitigation in dentistry: analysis of the effectiveness of 13 setups. *J Esthet Restor Dent* 2021; 33: 466–479
  6. Curtius J, Granzin M, and J. Schrod: Testing mobile air purifiers in a school classroom: reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2. *Aerosol Science and Technology* 2021: 1–14
  7. Davies MH, Rosen M, Eccles JD, Marshal RJ: Criteria of air flow and negative pressure for high volume dental suction. *Br Dent J* 1971; 130: 483–7
  8. Day CJ, Sandy JR, Ireland AJ: Aerosols and splatter in dentistry – a neglected menace? *Dent Update* 2006; 33: 601–2, 604–6
  9. Duguid, J.P.: The size and the duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet-nuclei. *J Hyg (Lond)* 1946; 44: 471–9
  10. Estrich CG, Mikkelsen M, R. Morrissey et al.: Estimating COVID-19 prevalence and infection control practices among US dentists. *J Am Dent Assoc* 2020; 151: 815–824
  11. Exner M, Walger P, Gebel J, Schmitthausen R, K. A., and Engelhart S, Zum Einsatz von dezentralen mobilen Luftreinigungsgeräten im Rahmen der Prävention von COVID-19., in Stellungnahme der Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH) vom 25.09.2020, DGKH, Editor. 2020: [https://www.krankenhaushygiene.de/ccUpload/upload/files/2020\\_09\\_03\\_DGKH\\_Stellungnahme\\_Zum\\_Einsatz\\_von\\_dezentralen\\_Luftreinigern\\_zur\\_Praevention.pdf](https://www.krankenhaushygiene.de/ccUpload/upload/files/2020_09_03_DGKH_Stellungnahme_Zum_Einsatz_von_dezentralen_Luftreinigern_zur_Praevention.pdf) (Abgerufen 09.07.2021)
  12. Fitzner, K. and U. Finke: Lüftungsregeln für freie Lüftung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2012: 1–89 [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2072.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2072.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (Abgerufen 09.07.2021)
  13. Ge ZY, Yang LM, Xia JJ, Fu XH, Zhang YZ: Possible aerosol transmission of COVID-19 and special precautions in dentistry. *J Zhejiang Univ Sci B* 2020; 21: 361–368
  14. Graetz C, Bielfeldt J, Tillner A, Plauermann A, and C. Dörfer: Spatter contamination in dental practices – how can it be prevented? *Rev. Med. Chir. Soc. Med. Nat., Iași* 2014; 118: 1122–1134
  15. Graetz C, Duffert P, Heidenreich R, Seidel M, Dorfer CE: The efficacy of an extraoral scavenging device on reducing aerosol particles  $\leq 5$  microm during dental aerosol-generating procedures: an exploratory pilot study in a university setting. *BDJ Open* 2021; 7: 19
  - 15a. Graetz C, Sayk N, Düffert P, Heidenreich R, Dörfer CE, Cyris M: Air quality in a dental skills lab during the SARS-CoV-2 pandemic: results of an experimental study. *Int J Dent* 2022; 2022: 9973623
  16. Innes N, Johnson IG, W. Al-Yaseen et al.: A systematic review of droplet and aerosol generation in dentistry. *J Dent* 2021; 105: 103556
  17. Ishihama K, Koizumi H, T. Wada et al.: Evidence of aerosolised floating blood mist during oral surgery. *J Hosp Infect* 2009; 71: 359–64
  18. Kähler C, Fuchs T, and Hain R, Können mobile Raumlufreiniger eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren? 2020
  19. Kienbaum, T.: Hygienemanagement in Gesundheitseinrichtungen – Teil 4: Effektives Lüften während der Pandemie. *HYGIENEMANAGEMENT* 2020; 10: 47–55
  20. Koch M, Graetz C: Spray mist reduction by means of a high-volume evacuation system-Results of an experimental study. *PLoS One* 2021; 16(9): e0257137
  21. Kohn WG, Harte JA, D.M. Malvitz et al.: Guidelines for infection control in dental health care settings – 2003. *J Am Dent Assoc* 2004; 135: 33–47
  22. Kun-Szabo F, Gheorghita D, T. Ajtai et al.: Aerosol generation and control in the dental operator: An in vitro spectrometric study of typical clinical setups. *PLoS One* 2021; 16: e0246543
  23. Lewis, D.: Is the coronavirus airborne? Experts can't agree. *Nature* 2020; 580: 175
  24. Meethil AP, Saraswat S, Chaudhary PP, Dabdoub SM, Kumar PS: Sources of SARS-CoV-2 and other microorganisms in dental aerosols. *J Dent Res* 2021: 220345211015948
  25. Meng L, Hua F, and Z. Bian: Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Emerging and future challenges for dental and oral medicine. *Journal of Dental Research*; 0: 0022034520914246
  26. Mittmann-Frank M, Berger H, S. Rupp et al.: Exposition gegenüber Nanopartikeln und neuen Materialien in der Zahnheilkunde. *Zentralbl Arbeitsmed Arbeitssch Erg.* 2011; 61: 40–53
  27. Morawska L, Tang JW, W. Bahnfleth et al.: How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int* 2020; 142: 105832
  28. Müller LK, Heider J, R. Frankenberger et al.: German Guidelines: dealing with aerosol-borne pathogens in dental practices. *Dtsch Zahnärztl Z INT* 2020; 2: 164–9
  29. Nulty A, Lefkaditis C, Zachrisson P, Q. Van Tonder, and R. Yar: A clinical study measuring dental aerosols with and without a high-volume extraction device. *Br Dent J* 2020
  30. Peng X, Xu X, Li Y, Cheng L, Zhou X, and B. Ren: Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. *Int J Oral Sci* 2020; 12: 9
  31. Polednik, B.: Exposure of staff to aerosols and bioaerosols in a dental office. *Building and Environment* 2021; 187: 1–13
  32. Reitemeier B, Jatzwauk L, Jesinghaus S, Reitemeier C, and K. Neumann: Effektive Reduktion des Spraynebel-Rückpralls – Möglichkeiten und Grenzen. *ZMK* 2010; 26: 662–673
  33. Rupp S, Berger H, Buchter A, Harth V, Ong MF, and M. Hannig: Exposure of patient and dental staff to fine and ultrafine particles from scanning spray. *Clin Oral Investig* 2015; 19: 823–30
  34. Samaranayake LP, Fakhruddin KS, Buranawat B, and C. Panduwawala: The efficacy of bio-aerosol reducing procedures used in dentistry: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2021; 79: 69–80
  35. Samaranayake LP, Reid J, and D. Evans: The efficacy of rubber dam isolation in reducing atmospheric bacterial contamination. *ASDC J Dent Child* 1989; 56: 442–4
  36. Shahdad S, Patel T, A. Hindocha et al.: The efficacy of an extraoral scavenging device on reduction of splatter contamination during dental aerosol generating procedures: an exploratory study. *Br Dent J* 2020
  37. Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, and P. Anfinrud: The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2020; 117: 11875–11877
  38. Szymanska, J.: Dental bioaerosol as an occupational hazard in a dentist's workplace. *Ann Agric Environ Med* 2007; 14: 203–7
  39. van Doremalen N, Bushmaker T, D.H. Morris et al.: Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382: 1564–1567
  40. Veena HR, Mahantesha S, Joseph PA, Patil SR, Patil SH: Dissemination of aerosol and splatter during ultrasonic scaling: a pilot study. *J Infect Public Health* 2015; 8: 260–5
  41. Watanabe A, Tamaki N, Yokota K, Matsuyama M, and S. Koikeguchi: Use of ATP bioluminescence to survey the spread of aerosol and splatter during dental treatments. *J Hosp Infect* 2018; 99: 303–305



Foto: C. Graetz

**PROF. DR. CHRISTIAN GRAETZ**  
 Klinik für Zahnerhaltungskunde  
 und Parodontologie am Universitäts-  
 klinikum Schleswig-Holstein,  
 Campus Kiel  
 Arnold-Heller-Str. 3, 24105 Kiel  
[christian.graetz@uksh.de](mailto:christian.graetz@uksh.de)