



WHITEPAPER

Aerosolreduktion durch eine
Intraorale Spraynebel-Absaugung –
erste Erkenntnisse einer
experimentellen Pilotstudie

Aerosolreduktion durch eine
Intraorale Spraynebel-Absaugung –
erste Erkenntnisse einer
experimentellen Pilotstudie

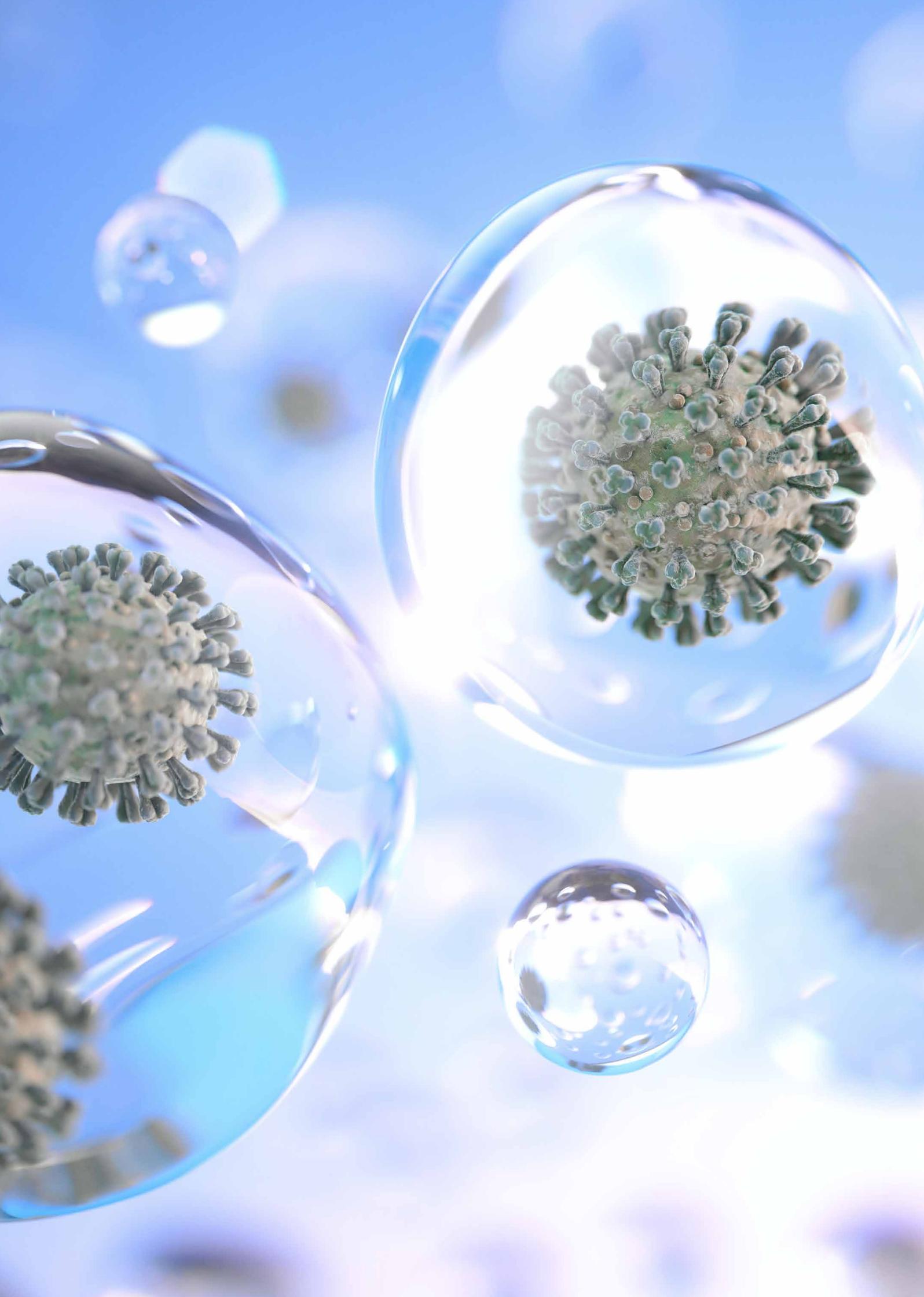
Studie DÜRR DENTAL SE
Copyright © 2020

Autor

Dr. Martin Koch
DÜRR DENTAL SE
Höpfigheimer Str. 17
74321 Bietigheim-Bissingen
info@duerrdental.com
www.duerrdental.com

Aerosolreduktion durch eine Intraorale Spraynebel-Absaugung – erste Erkenntnisse einer experimentellen Pilotstudie

1	Einleitung.....	5
2	Methodik.....	7
3	Ergebnisse.....	9
3.1	Charakterisierung der Partikelemission	
3.2	Einfluss des Saugsystems auf die Partikelreduktion	
3.3	Einfluss des Saugsystems auf die Saugleistung (Durchflussrate)	
3.4	Einfluss der Durchflussrate auf die Partikelreduktion	
3.5	Einfluss der Absaugposition auf die Partikelreduktion	
4	Diskussion.....	17



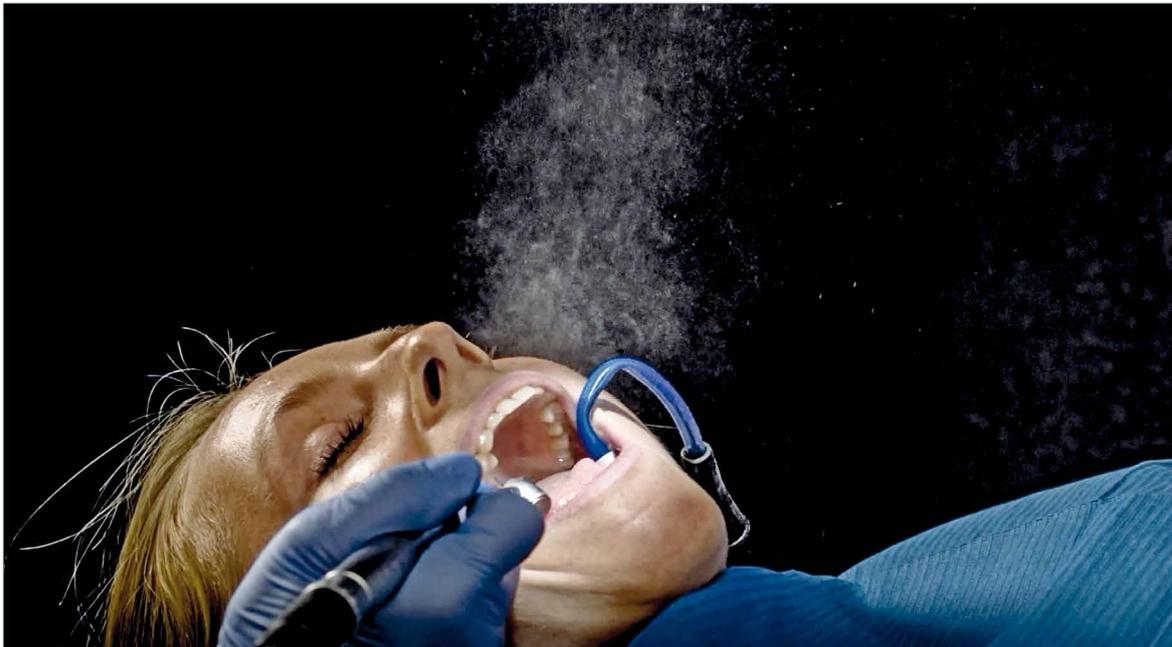
Aerosolreduktion durch eine Intraorale Spraynebel-Absaugung – erste Erkenntnisse einer experimentellen Pilotstudie

1 Einleitung

SARS-CoV2 wird nach heutigen Erkenntnissen überwiegend durch Aerosole und Tröpfchen übertragen. Aerosole sind per Definition Suspensionen von Feststoffen oder Flüssigkeiten in Gas mit einem Durchmesser kleiner 5 µm. Partikel größer 5 µm werden als Tröpfchen bezeichnet. Der Übergang ist in der Praxis allerdings fließend, da durch Verdunstung aus Tröpfchen Aerosole entstehen können. In der folgenden Untersuchung wird deshalb für beide Größenklassen der Begriff „Partikel“ verwendet.

Zahnärztliches Personal ist einer erhöhten Exposition durch Aerosole und Tröpfchen ausgesetzt. Diese entstehen während der Behandlung beim Einsatz zahnärztlicher Instrumente. Verschiedene rotierende Instrumente (Turbine, Hand- und Winkelstücke) und Ultraschallinstrumente (Scaler) werden mit Wasser gekühlt. Dabei trifft ein Kühlstrahl mit hoher Geschwindigkeit auf die Zahnoberfläche und wird als Spraynebel reflektiert. Spraynebel entsteht auch bei der Verwendung von Pulver-Wasserstrahlgeräten (PWS). Hierbei wird ein Pulver-Wasser-Gemisch durch Druckluft auf die Zahnoberfläche gestrahlt und reflektiert.

Dentales Aerosol, welches beim Einsatz einer Turbine als Rückprall des Kühlstrahles an der Zahnoberfläche entsteht.



Der Spraynebel enthält neben Wasser und Feststoffpartikeln auch die im Speichel und Blut enthaltenen potentiell infektiösen Erreger des Patienten. Das Infektionspotential dieser sog. Dentalen Aerosole wurde in der Literatur vielfach beschrieben und belegt. Auch eine Übertragung von SARS-CoV2 über Dentale Aerosole und Tröpfchen kann nach aktueller Evidenzlage nicht ausgeschlossen werden.

Bereits 1971 zeigten Davis et al. (Brit dent J ,130, 483), dass mit Hilfe einer intraoralen Absaugung mit einer hohen Durchflussrate (300 l/min) und einem geringen Vakuum eine bessere Aerosolreduktion erreicht werden kann als mit einer geringen Durchflussrate. In Europa hat sich diese Absaugphilosophie (hohe Durchflussrate bei geringem Vakuum) als Goldstandard durchgesetzt. In vielen anderen Ländern wird nach wie vor mit geringen Durchflussraten (z. B Speichelsauger) und hohem Vakuum gearbeitet.

Aus Sicht der Risikominimierung ist es evident, die Leistungsfähigkeit dentaler intraoraler Absauglösungen genau beurteilen zu können. In dieser Pilotstudie wurde deshalb die Effizienz der intraoralen Absaugung bezogen auf die Reduktion von aus dem Mund austretenden Partikeln untersucht.

Methodisch wurde in folgenden Schritten vorgegangen:

1. Charakterisierung der Partikelemission ohne intraorale Absaugung und Optimierung des Versuchsaufbaus
2. Einfluss des Saugsystems auf die Partikelreduktion
3. Einfluss des Saugsystems auf die Saugleistung (Durchflussrate)
4. Einfluss der Durchflussrate auf die Partikelreduktion
5. Einfluss der Absaugposition auf die Partikelreduktion

Wiederum aus Sicht der Risikominimierung wurde bei den Untersuchungen 2 und 4 eine suboptimale intraorale Absaugtechnik mit einem Abstand von 5 cm zur Präparationsstelle gewählt.

2 Methodik

In dieser Studie wurde ein bildgebendes Verfahren (sog. Schattenverfahren) zur quantitativen Bestimmung der Partikelemission an einem in-vitro Modell (Phantomkopf) eingesetzt. Verglichen wurde die Partikelemission bei der Präparation mit einer Turbine (Super-Torque LUX 3 650 B (Fa. KaVo), 400.000 UpM, 58 ml/min Wasser) bei Einsatz verschiedener intraoraler Absauglösungen. Variiert wurden die Saugleistung, die Schlauchdurchmesser, das Absaugsystem sowie die Absaugposition. Als Absaugsystem kamen eine leistungsstarke Spraynebel-Absaugung (Modell Variosuc, Fa. Dürr Dental, max. Durchflussrate 370l/min) und ein Venturi-System (Fa. Belmont) zum

Einsatz. Die Saugleistung (Durchflussrate) wurde über einen Schieber am Saughandstück geregelt. Darüber hinaus kamen unterschiedliche Absaugkanülen (Speichelsauger (Fa. Henry Schein), Universalkanüle Protect (Fa. Dürr Dental), Universalkanüle Petitio (Fa. Dürr Dental), Aerosolkanüle (Fa. Dürr Dental)) und Saughandstücke (großes Saughandstück (Fa. Dürr Dental), kleines Saughandstück (Fa. Dürr Dental), Edelstahlhandstück (Fa. A-dec)) zum

Einsatz. Die Durchflussrate (l/min) wurde mit einem Schwebekörper-Volumenstrommessgerät (ROTA G 4.4000 SW=N4 10x) an der Kanüle gemessen.

Die Partikelemission wurde mit einem Schattenverfahren (Particle-maste, Fa. Lavigation) mit gepulster Hintergrundbeleuchtung gemessen (Bildfrequenz 12,95 Hz, Pulsdauer der Lichtquelle: 0,4 µs, Aufnahmemethode: Double frame mode mit 42 µs Belichtungszeit; Zeitabstand zw. 2 Bildern: 10 µs). Bei jeder Messung wurden 127 Einzelbilder (Messdauer 10 s) durch die Software DaVis (Fa. Lavigation, Version 10.1.1.60438) in einem Messfeld von 6,6 x 5,3 x 1,1 mm analysiert. Partikel größer 50 µm wurden nicht in die Auswertung einbezogen, da diese als großer Tropfen rasch absinken und für das Infektionsgeschehen über Tröpfchen und Aerosole nur eine geringe Bedeutung haben.



In dieser Studie wurde ein bildgebendes Verfahren (sog. Schattenverfahren) zur quantitativen Bestimmung der Partikelemission an einem in-vitro Modell (Phantomkopf) eingesetzt.



Folgende Messparameter wurden erfasst:

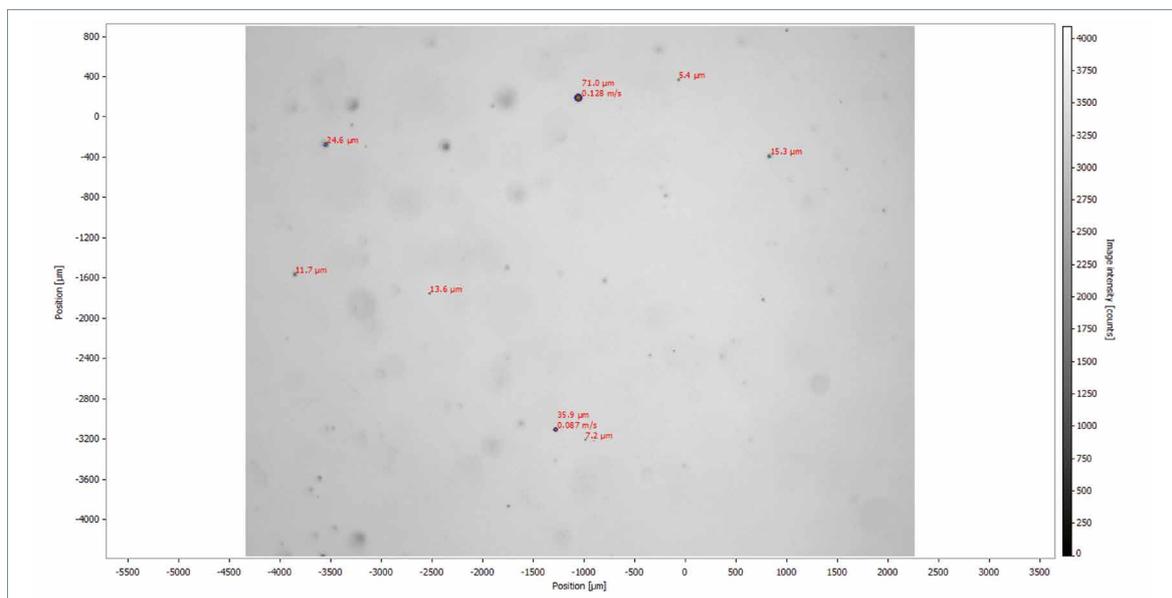
- Partikelanzahl [p/s]: Anzahl der Partikel zwischen 5 µm und 50 µm, die das Messfeld passieren
- Geschwindigkeit [m/s]: Geschwindigkeit der Partikel, die das Messfeld passieren
- MVF [µg/s*cm³]: Massestrom der Partikel pro Sekunde (Berechnung mit Dichte = 1)
- Reduktionsrate [%]: Partikelemission mit Absaugung im Verhältnis zur Partikelemission ohne Absaugung (Durchflussrate = 0 l/min) bezogen auf die MVF



Messaufbau mit Einheit für Hintergrundbeleuchtung links und Optik rechts neben dem Phantomkopf. Das optische Messfeld befindet sich 5 cm über Zahn 11.

Der Messaufbau wurde so gewählt, dass ein reproduzierbarer Spraynebel senkrecht in Richtung des Behandlers erzeugt wurde und dieser auch nicht durch die Wange abgelenkt wurde. (s. Bild 1). Dies war bei der Präparation von Zahn 14 auf dem bukkalen Höcker im Oberkiefer der Fall. Das Instrument befand sich unmittelbar über der Zahnoberfläche, so dass keine Zahnschicht abgetragen wurde. Der Phantomkopf wurde überstreckt gelagert. Die Optik wurde so positioniert, dass der Spraynebel ungehindert durch das Messfeld strömte (5 cm über Zahn 11).

Bei jeder Messung wurden 127 Einzelbilder (Messdauer 10 s) durch die Bildverarbeitungssoftware analysiert und die Anzahl der Partikel und die Geschwindigkeit der einzelnen Partikel ermittelt. Jede Messung wurde mindestens 3 x wiederholt und der Durchschnitt errechnet.

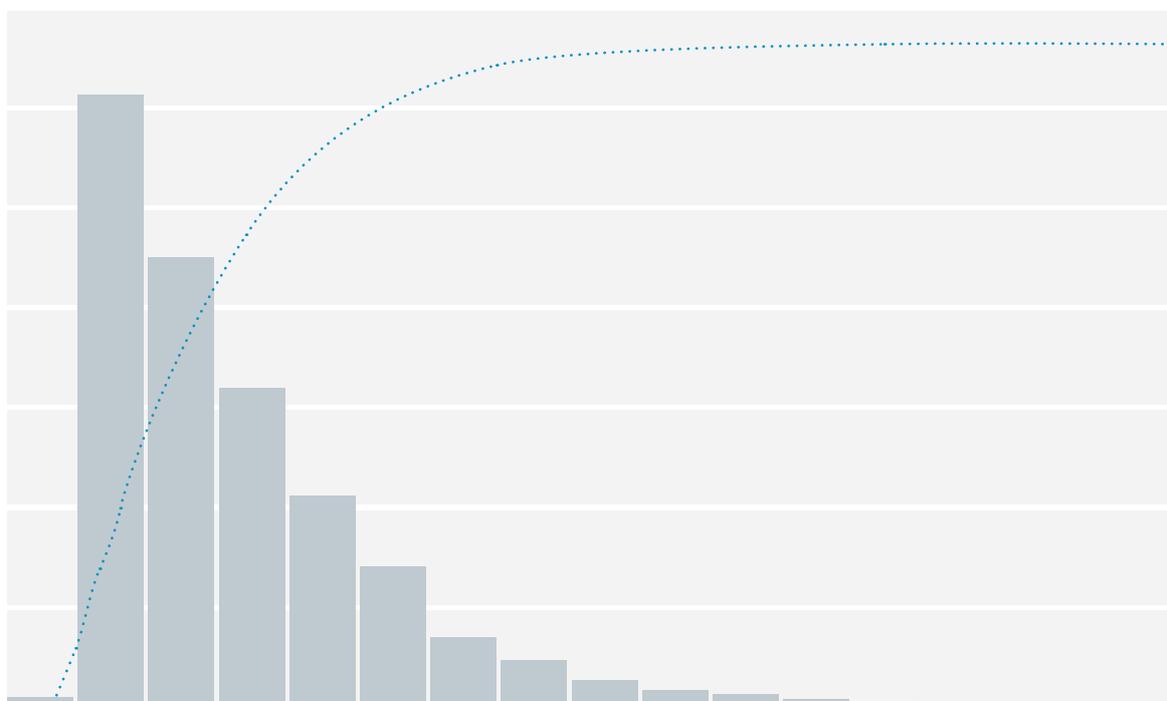


Auswertung eines Einzelbildes durch die Bildverarbeitungssoftware. Es wurden 7 Partikel zwischen 5,4 µm und 74 µm erfasst.

3 Ergebnisse

3.1 Charakterisierung der Partikelemission

Im Spraynebel einer Turbine waren mit dem Schattenverfahren in einem Abstand von 5 cm eine große Anzahl an Partikeln zwischen 5 μm (Auflösungsgrenze) und 75 μm nachweisbar (s. Abbildung). 99 % der Partikel waren kleiner als 50 μm . Die maximale Geschwindigkeit der Partikel betrug 0,7 m/s. Da größere Partikel als Tropfen rasch absinken und für das Infektionsgeschehen über Tröpfchen und Aerosole nur eine geringe Bedeutung haben, wurde bei den nachfolgenden Messungen Partikel größer 50 μm nicht in die Auswertung einbezogen.



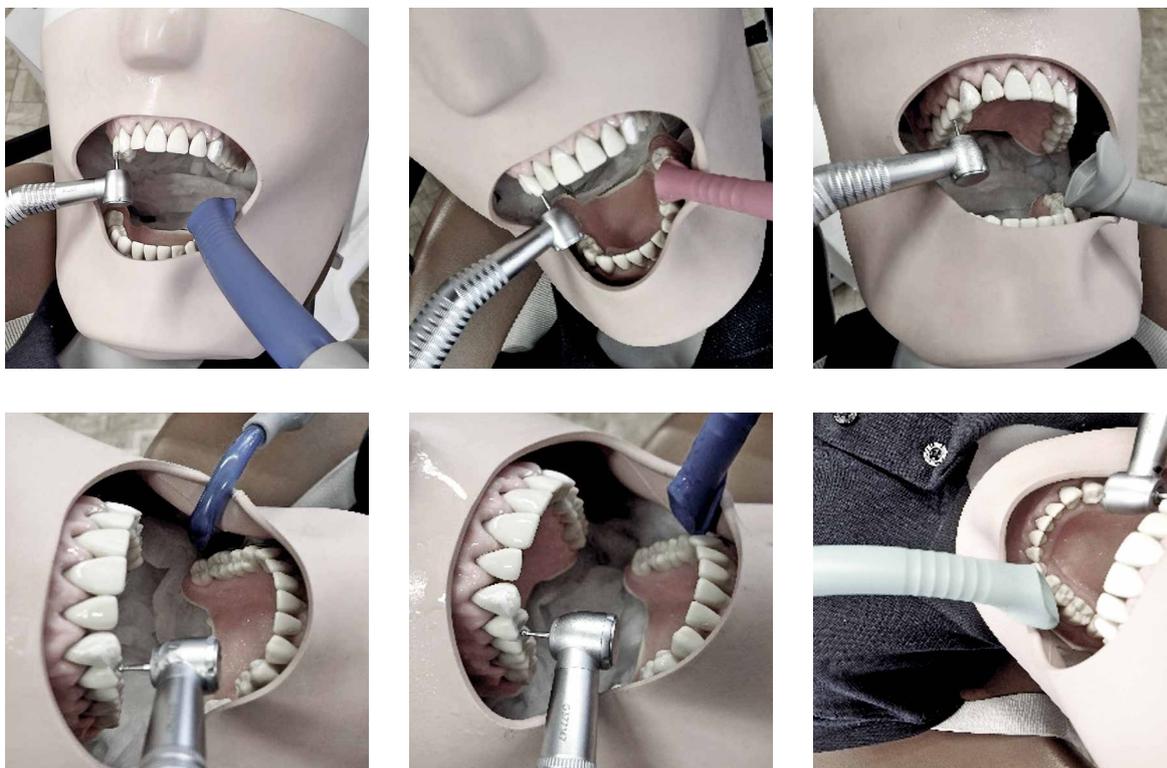
Größenverteilung der Partikel einer Spraynebelwolke verursacht durch eine Turbine

3.2 Einfluss des Saugsystems auf die Partikelreduktion

Die Absaugkanüle wurde suboptimal auf Zahn 34 von bukkal platziert. Der Abstand zur Präparationsstelle auf Zahn 14 betrug 5 cm. Der Einfluss verschiedenen Komponenten des Saugsystems auf die Aerosolreduktion wurde mit der maximal möglichen Saugleistung der Spraynebel-Absaugung untersucht.

Untersucht wurden verschiedene Kanülen mit unterschiedlichen Formen und Durchmesser, verschiedene Saugschläuche und Saughandstücke sowie ein Venturi-Absaugsystem in den folgenden Kombinationen:

- KU 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm
- KP 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Petito 16 mm
- KA 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Aerosolkanüle 16 mm
- SPS: Kleiner Saugschlauch, kleines Saughandstück, Speichelsauger
- KU 11: Kleiner Saugschlauch, Edelstahlhandstück, Universalkanüle Protect 11 mm
- KU 11-16: Kleiner Saugschlauch, Edelstahlhandstück, 11-16 mm Adapter, Universalkanüle Protect 16 mm
- VU 16: Absaugsystem Venturi, großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm



Einsatz verschiedener Komponenten von links nach rechts: KU 16, KP 16, KA 16, SPS, KU 11, KU 11-16

	KU 16	KP 16	KA 16	SPS	KU 11	KU 11-16	VU 16
Partikel [p/s]	0	4	0	301	644	710	720
MVF [$\mu\text{g}/\text{scm}^3$]	0	0,03	0	1,7	3,1	3,6	3,5
Reduktionsrate des Spraynebels [%]	100	99	100	31	-25	-44	-40

MVF: Massestrom der Partikel pro Sekunde

Die Komponenten Saugschlauch, Saughandstück und Absaugkanüle hatten enormen Einfluss auf die Reduktionsrate der emittierten Partikel. Die Kombination „Großer Saugschlauch und leistungsfähiges Absaugsystem (Variosuc, Fa. Dürr Dental)“ führte zu einer Aerosolreduktionsrate von nahezu 100 %. Wurden hier Kanülen mit einem großen Durchmesser verwendet (Universalkanüle, Aerosolkanüle, Fa. Dürr Dental), waren keine Partikel zwischen 5 µm und 50 µm im Messfeld während des Messzeitraums von 10 s nachweisbar. Dies galt nicht für ein Venturi-Absaugsystem. Hier waren auch mit der Kombination „Großer Saugschlauch und große Absaugkanüle“ noch viele Partikel nachweisbar.

Der in der Zahnmedizin übliche Speichelsauger war nicht in der Lage, die Aerosole vollständig abzusaugen. Hier waren noch über 300 Partikel pro Sekunde nachweisbar.

Alle Versuchsansätze mit kleinem Saugschlauch führten zu einer Zunahme der Partikelanzahl im Messbereich. Die ungenügende Absaugleistung erzeugte einen auch optisch zu beobachtenden Akkumulationseffekt der Partikelwolke im Messfeld. Dies führte zu einer messtechnisch bedingten Zunahme der Partikel im Messfeld und rechnerisch zu einer negativen Partikelreduktion.

3.3 Einfluss des Saugsystems auf die Saugleistung (Durchflussrate)

Der Einfluss verschiedener Komponenten des Saugsystems auf die Durchflussrate wurde untersucht. Die Saugleistung der verwendeten Spraynebel-Absaugung Variosuc betrug maximal 370 l/min.

Durch den Einsatz verschiedener Schlauchdurchmesser, Saughandstücke und Absaugkanülen wurde die Durchflussrate an der Absaugkanüle reduziert. Je kleiner die Querschnitte waren, desto geringer waren die erzielten Durchflussraten an der Kanüle.

	Durchflussrate [l/min]
ohne Saughandstück und Kanüle	370
KU 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm	330
KP 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Petite, 16 mm	270
KA 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Aerosolkanüle 16 mm	330
SPS: Kleiner Saugschlauch, kleines Saughandstück, Speichelsauger	70
KU 11: Kleiner Saugschlauch, Edelstahlhandstück, Universalkanüle Protect 11 mm	120
KU 11-16: Kleiner Saugschlauch, Edelstahlhandstück, 11-16 mm Adapter, Universalkanüle Protect 16 mm	120
VU 16: Absaugsystem Venturi, großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm	160

Die schlechteste Saugleistung mit 70 l/min erzielte der Speichelsauger.

Das Venturi Absaugsystem erzielte bei Auswahl der gleichen Komponenten (Saughandstück, Absaugkanüle) nur 48 % der Saugleistung gegenüber der Spraynebel-Absaugung der Fa. Dürr Dental.

3.4 Einfluss der Durchflussrate auf die Partikelreduktion

Die Absaugkanüle wurde suboptimal auf Zahn 34 von bukkal platziert. Der Abstand zur Präparationsstelle auf Zahn 14 betrug 5 cm. Die Durchflussrate wurde über einen Schieber am großen Saughandstück zwischen 100 l/min und 330 l/min eingestellt.

Untersucht wurden drei unterschiedliche 16-mm-Absaugkanülen:

Universalkanüle Protect, Universalkanüle Petite und Aerosolkanüle (alle Fa. Dürr Dental).



Versuchsaufbau mit suboptimaler Absaugposition mit der Absaugkanüle Universalkanüle Protect. Die Durchflussrate wurde am Schieber des Saughandstücks eingestellt

KU 16 Universalkanüle Protect

	Durchflussrate [l/min]						
	0	100	150	200	250	300	330
KU 16 Universalkanüle Protect	0	100	150	200	250	300	330
Partikel [p/s]	483	633	726	94	63	0	0
MVF [$\mu\text{g}/\text{scm}^3$]	2,5	3,0	3,5	0,5	0,3	0	0
Reduktionsrate des Spraynebels [%]	0	-20	-39	79	87	100	100

MVF: Massestrom der Partikel pro Sekunde

KP 16 Universalkanüle Petito

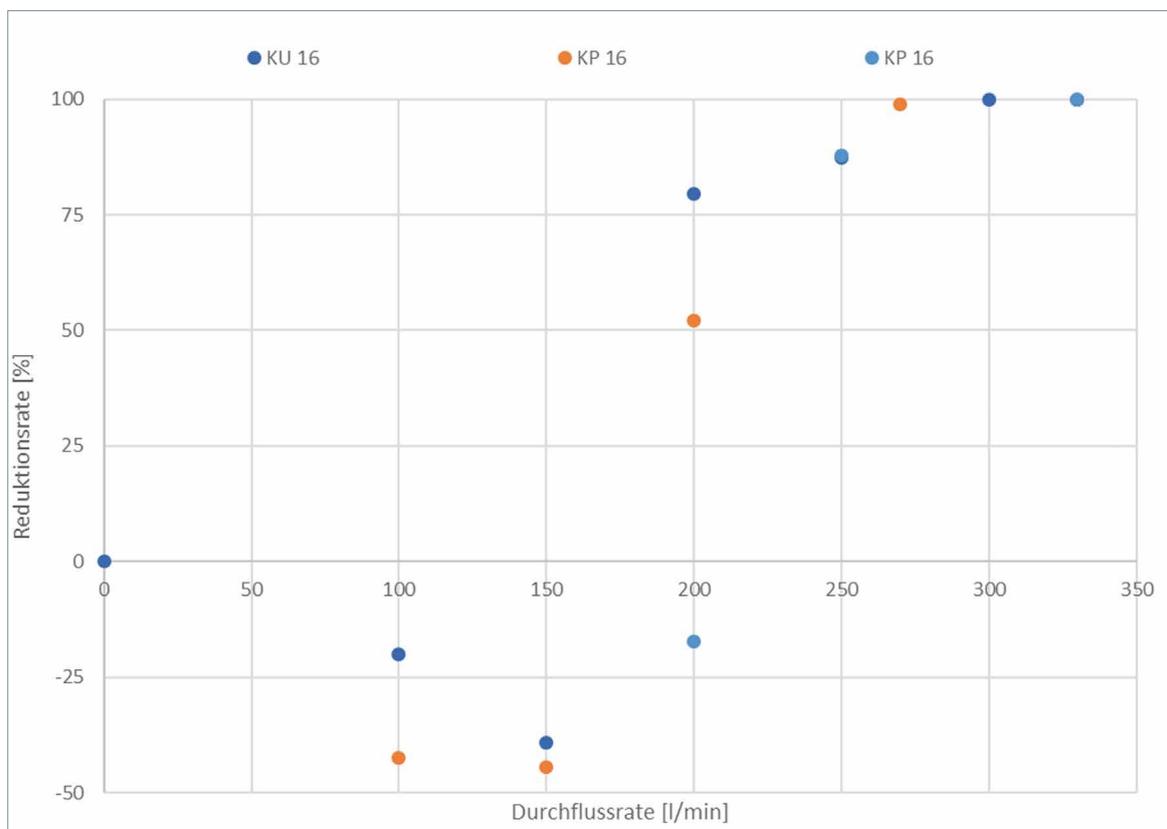
	Durchflussrate [l/min]				
	0	100	150	200	270
KP 16 Universalkanüle Petito	0	100	150	200	270
Partikel [p/s]	483	671	725	223	4
MVF [$\mu\text{g}/\text{scm}^3$]	2,5	3,6	3,6	1,2	0,03
Reduktionsrate des Spraynebels [%]	0	-43	-44	52	99

MVF: Massestrom der Partikel pro Sekunde

KA 16 Aerosolkanüle

	Durchflussrate [l/min]			
	0	200	250	330
KA 16 Aerosolkanüle	0	200	250	330
Partikel [p/s]	483	639	63	0
MVF [$\mu\text{g}/\text{scm}^3$]	2,5	2,9	0,3	0
Reduktionsrate des Spraynebels [%]	0	-17	88	100

MVF: Massestrom der Partikel pro Sekunde



Abhängigkeit der Partikelreduktion von der Durchflussrate der intraoralen Absaugung bei unterschiedlichen 16-mm-Absaugkanülen. KU 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm, KP 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Petito, 16 mm, KA 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Aerosolkanüle 16 mm

Ohne intraorale Absaugung (Durchflussrate 0 l/min) waren im Durchschnitt 480 Partikel pro Sekunde im Messfeld nachweisbar. Bis zu einer Durchflussrate bis 200 l/min stieg zunächst die Partikelanzahl pro Sekunde an. Daraus resultiert die negative Reduktionsrate der emittierten Partikel. Durch die intraorale Absaugung kommt es zu einem Abbremsen der Partikel. Dies erzeugte einen auch optisch zu beobachtenden Akkumulationseffekt der Partikelwolke im Messfeld. Demgegenüber waren ab einer Durchflussrate von 270 l/min an allen drei untersuchten Absaugkanülen keine Partikel zwischen 5 µm und 50 µm im Messfeld während des Messzeitraums von 10 s nachweisbar. Dies entspricht unter den gewählten Messbedingungen einer Reduktionsrate von 100 %.

3.5 Einfluss der Absaugposition auf die Partikelreduktion

Die Strömungsgeschwindigkeit der durch die intraorale Absaugung erzeugten Gegenströmung nimmt mit steigendem Abstand zur Absaugkanüle rasch ab. Der Versuch wurde deshalb mit einer optimalen Absaugtechnik (1 cm Abstand zur Präparationsstelle an 14) wiederholt und die Ergebnisse mit suboptimaler Absaugtechnik verglichen.



Versuchsaufbau mit optimaler Absaugposition mit der Absaugkanüle Universalkanüle Protect. Die Durchflussrate wurde am Schieber des Saughandstücks eingestellt.

Suboptimale Absaugung

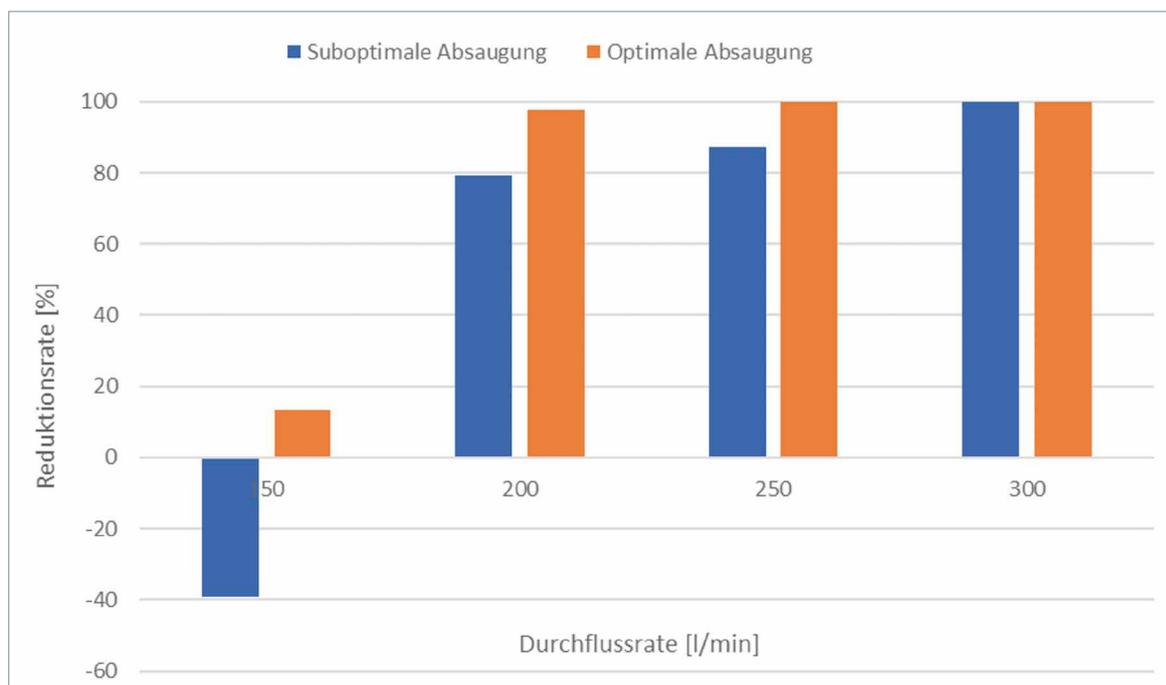
	Durchflussrate [l/min]						
	0	100	150	200	250	300	330
Suboptimale Absaugung	0	100	150	200	250	300	330
Partikel [p/s]	483	633	726	94	63	0	0
MVF [$\mu\text{g}/\text{scm}^3$]	2,5	3,0	3,5	0,5	0,3	0	0
Reduktionsrate des Spraynebels [%]	0	-20	-39	79	87	100	100

MVF: Massestrom der Partikel pro Sekunde

Optimale Absaugung

	Durchflussrate [l/min]				
	0	150	200	250	300
Optimale Absaugung	0	150	200	250	300
Partikel [p/s]	483	460	11	0	0
MVF [$\mu\text{g}/\text{scm}^3$]	2,5	2,2	0,06	0	0
Reduktionsrate des Spraynebels [%]	0	13	98	100	100

MVF: Massestrom der Partikel pro Sekunde



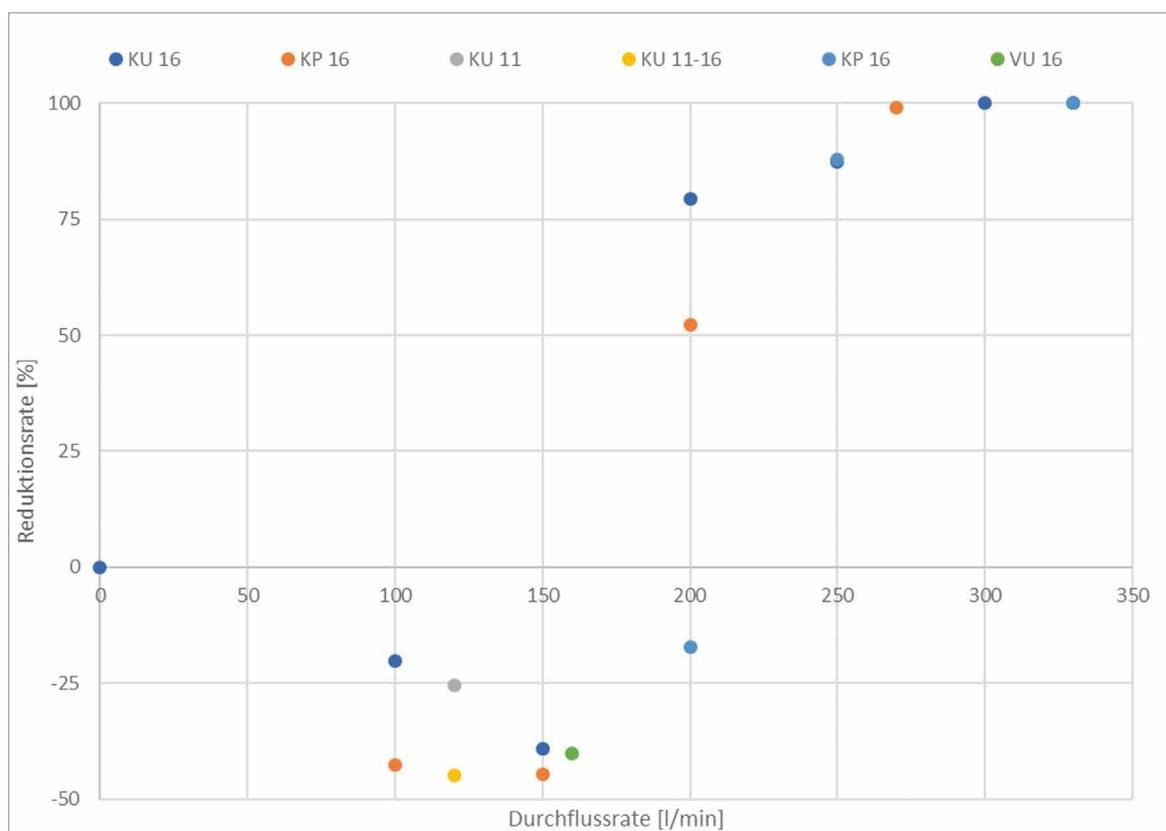
Vergleich der Partikelreduktion bei suboptimaler und optimaler Absaugtechnik in Abhängigkeit von der Durchflussrate

Bei einer suboptimalen Absaugung waren bis zu einer Durchflussrate von 250 l/min Partikel im Messfeld nachweisbar. Bei optimaler Absaugung verschiebt sich dieser Wert hin zu geringeren Durchflussraten. Die Effizienz einer intraoralen Absaugung konnte durch eine optimale Absaugtechnik (geringer Abstand) verbessert werden. Ab einer Durchflussrate ≤ 200 l/min war in den Versuchen keine Partikelreduktion mehr möglich.

4 Diskussion

Eine intraorale Absaugung erzeugt eine Gegenströmung und bremst dadurch die emittierenden Partikel ab. Im optimalen Fall ist die intraorale Absaugung so stark, dass die Partikel nicht den Mundbereich verlassen und über die Absaugkanüle abgesaugt werden. Die physikalische wirkende Größe ist dabei die Strömungsgeschwindigkeit v [cm/s]. Diese ist nach $v = f / d$ (mit d = Durchmesser in cm^2 und f = Durchflussrate in cm^3/s) umso größer, je größer die Durchflussrate ist. Somit ist die Durchflussrate an der Absaugkanüle die entscheidende physikalische Größe für die Reduktion der Dentalen Aerosole.

Die Grafik fasst alle erzielten Messergebnisse der vorliegenden Pilotstudie zusammen und zeigt den Zusammenhang zwischen



Abhängigkeit der Partikelreduktion von der Durchflussrate der intraoralen Absaugung bei unterschiedlichen intraoralen Absauglösungen. KU 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm, KP 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Petito, 16 mm, KA 16: Großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Aerosolkanüle 16 mm, KU 11: Kleiner Saugschlauch, Edelstahlhandstück, Universalkanüle Protect 11 mm), KU 11-16: Kleiner Saugschlauch, Edelstahlhandstück, 11-16 mm Adapter, Universalkanüle Protect 16 mm), VU 16: Absaugsystem Venturi, großer Saugschlauch, großes Saughandstück, Universalkanüle Protect 16 mm

Die Grafik fasst alle erzielten Messergebnisse der vorliegenden Pilotstudie zusammen und zeigt den Zusammenhang zwischen Durchflussrate und Partikelreduktion auf.

Eine Durchflussrate von weniger als 200 l/min an der Absaugkanüle ist zu gering, um eine Partikelemission zu verhindern. Auch eine optimierte Absaugtechnik führt in diesem Fall nicht zu einer besseren Partikelreduktion. Hier scheint die Geschwindigkeit der Gegenströmung zu gering zu sein, um die Partikel abzusaugen. Bei Durchflussraten zwischen 200 l/min und 250 l/min kann eine gute Absaugtechnik die Wirkung der Absaugung optimieren. Bei einer Durchflussrate von 270 l/min sind nur noch wenige Partikel im Messfeld nachweisbar. Ab einer Durchflussrate von 300 l/min kann die Partikelemission bei der Präparation mit einer Turbine unter die Nachweisgrenze reduziert werden.

In Europa hat sich seit Jahrzehnten eine Spraynebelabsaugung von mindestens 300 l/min am Saughandstück etabliert. Bei Einsatz einer Kanüle mit einem großen Durchmesser ist diese Saugleistung nach der vorliegenden Studie in der Lage die Aerosole auch bei nicht optimaler Absaugtechnik unter die Nachweisgrenze zu reduzieren. Ein zusätzliches extraorales Absaugsystem scheint nach den Ergebnissen dieser Studie nicht indiziert zu sein.

DÜRR DENTAL SE
Höpfigheimer Str. 17
74321 Bietigheim-Bissingen
info@duerrdental.com
www.duerrdental.com

