

Smart solutions are driven by



COVID-19: Linearmotor als künstliche Lunge bei Maskentests

Biofluidforscher prüfen Schutzwirkung von Masken

Medizinische Mund-Nase-Masken können helfen, die Ausbreitung des COVID-19-Virus zu verringern. Einfache zusätzliche Maßnahmen erhöhen die Schutzwirkung hierbei nochmals deutlich. Das haben systematische und reproduzierbare Untersuchungen der OTH Regensburg mit Hilfe eines Lungensimulators bestätigt, der mit Linearmotoren von LinMot arbeitet. Letztere haben dazu beigetragen, dass die Forscher den Testaufbau innerhalb weniger Tage erstellen und mit den Testreihen beginnen konnten.

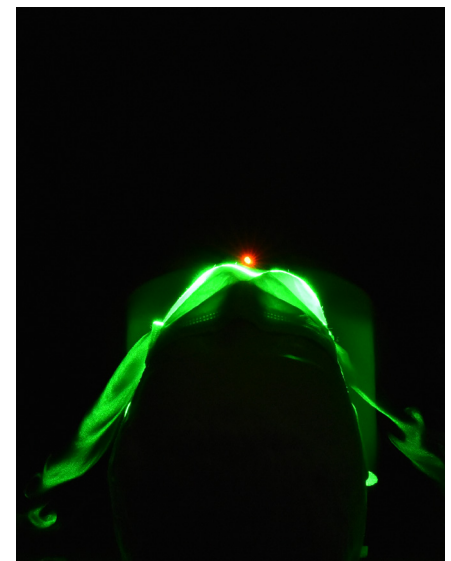


Das Licht bringt es an den Tag: Der aufgefächerte Laser macht im Labor von Prof. Dr.-Ing. Lars Krenkel den Rauch deutlich sichtbar, der unter den Rändern einer medizinischen Mund-Nase-Maske entweicht. Er besteht aus Partikeln von 200 nm bis 2 µm und eignet sich damit zur Modellierung der Aerosole, die von Menschen ausgeatmet werden. Besonders stark tritt der Rauch im Test oberhalb der Wangen und seitlich der Nasolabialfalten des verwendeten Dummies aus. Das legt nahe: Medizinisches Personal wie Rettungssanitäter oder Anästhesisten, die sich längere Zeit oberhalb oder unmittelbar neben dem Kopf eines erkrankten Patienten aufhalten, setzen sich dadurch der Gefahr einer Ansteckung aus, selbst wenn der Patient eine solche Maske trägt. „Einen 100%-Schutz können Masken grundsätzlich schon wegen möglicher Anwendungsfehler nicht bieten. Trotzdem wäre es falsch, ihnen eine Schutzwirkung komplett abzuspren-



Atemluft ohne Maske (Foto: OTH Regensburg)

chen“, sagt Prof. Krenkel, der an der Fakultät Maschinenbau der OTH Regensburg das Lehr- und Forschungsgebiet Biofluidmechanik leitet. „Mit einfachen Optimierungsmaßnahmen lässt sich bei den me-



Atemluft mit Maske (Foto: OTH Regensburg)

dizinischen Mund-Nase-Masken bezogen auf Aerosole eine Rückhalterate von bis zu 85 % und bezogen auf Tröpfchen von etwa 95% erreichen und damit die Schutzwirkung deutlich erhöhen.“

Kontaminierte Aerosole potenziell gefährlicher

Epidemiologen legen bei der Betrachtung der Infektionswege besonderes Augenmerk auf die Aerosole, weil sie lungengängig sind und sich durch Kon-

vektion lange in der Luft halten können. Unter Aerosolen werden Partikel in der Größenordnung von etwa 100 nm bis zu 5 µm verstanden. Sie dringen bis in die

Bronchien vor und können dort, wenn sie virenbelastet sind, Lungenentzündungen auslösen. Teilchen im Bereich von 5 bis 10 µm gelangen dagegen maximal bis

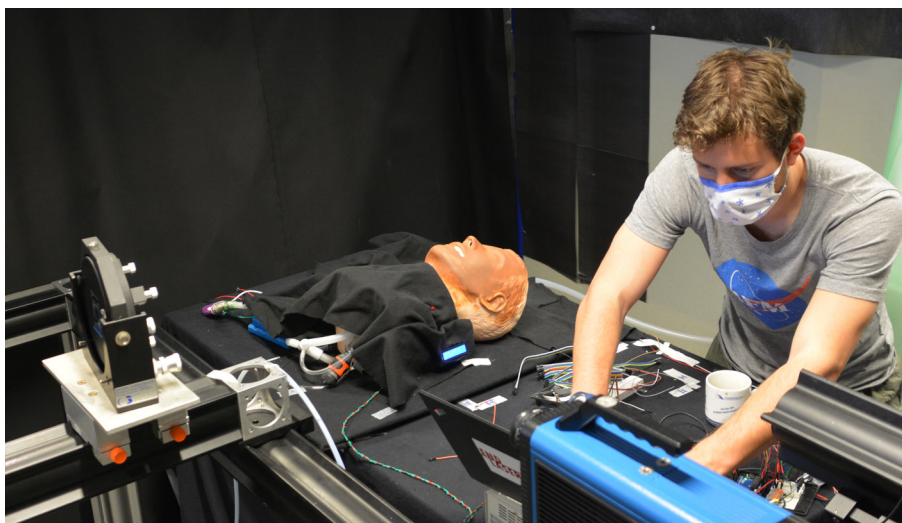
zur Stimmritze. Größere Tröpfchen bis etwa 100 µm scheiden sich sogar schon in der Nase oder im Rachen ab und verursachen so in der Regel nur leichte Krankheitsverläufe. Sie unterliegen den Gesetzen der Ballistik und können sich nicht über längere Strecken (etwa nur 1,5 m) in der Luft halten. Die Gefahr, die von kontaminierten Tröpfchen ausgeht,

wird daher insgesamt als gering bzw. einfacher beherrschbar eingeschätzt. Partikel ab einer Größe von 100 µm können unter normalen Umständen gar nicht erst eingeatmet werden. Um alle relevanten Übertragungswege von Partikeln abzudecken, untersucht das Team von Prof. Krenkel die Ausbreitungsmechanismen sowohl von Aerosolen als auch von

Tröpfchen unter möglichst realistischen Bedingungen: „Der Fokus unserer Forschungsarbeit in Zusammenarbeit mit den Unikliniken Hamburg Eppendorf und Regensburg liegt darauf, die Schutzfunktion von Masken unter verschiedensten Randbedingungen zu untersuchen sowie Optimierungsmaßnahmen zu identifizieren und sie zu quantifizieren.“

Linearmotoren helfen Forschern

Das Team um Prof. Krenkel hat seit der Eröffnung des Labors für biomedizinische bzw. biologische Strömungen Anfang 2014 schon umfangreiche Erfahrungen mit dem Aufbau von Testanordnungen zur experimentellen und numerischen Untersuchung von Strömungen in biologischen/medizinischen, aber auch technischen Systemen gesammelt. So haben die Forscher sowohl Vorgänge im menschlichen Blutkreislauf als auch in den Atemwegen nachgebildet und analysiert. Für die Untersuchung von Atemwegsprozessen benötigten die Forscher unter anderem eine „passive Lunge“, mit der sie das Druck-Volumen-Verhalten des menschlichen Atemorgans nachstellen konnten. Da die Druck-Volumen-Kurve aufgrund der Nachgiebigkeit (Compliance) des Lungengewebes nicht linear verläuft, sondern S-förmig (sigmoidal), und beim Ein- und Ausatmen unterschiedlich ausfällt, kamen dafür einfachen Apparate wie ein Windkessel oder Vergleichbares nicht in Frage. Dies galt auch für die Simulation



Forscher der OTH Regensburg untersuchen mit Hilfe eines Beatmungstrainers die Schutzwirkung von Mund-Nase-Masken im Kampf gegen Verbreitung des COVID-19-Virus. (Foto: Rossmann)

des Herzens. Auch hier stoßen einfache Systeme schnell an ihre Grenzen. Schrittmotor-angetriebene Exzenterpumpen erlauben beispielsweise nur die Abbildung linearer Abhängigkeiten und bieten den

Forschern auch sonst nur wenige Freiheiten. „Wir brauchten daher etwas, das schnell und zugleich exakt regelbar ist“, fasst Prof. Krenkel die Anforderungen an die gesuchte Lösung zusammen.

Universell einsetzbares Motor-Pumpen-System

Die Forscher bedienen sich schließlich zweier LinMot-Linearmotoren vom Typ PS01-48x240F-C in Schutzart IP67, die jeweils den Kolben eines zylindrischen Linearpumpensystems antreiben. Ein Ventilsystem ermöglicht die Druckregelung und Einbringung von Medien (Luft, Blutersatz) pro Zylinder. Die Linearmotoren werden über LinMot-Regler

versorgt und von einer häufig in Maschinen eingesetzten Industriesteuerung kontrolliert und koordiniert. Bei ihrer Arbeit profitieren die Forscher von der Flexibilität, die die Linearmotoren bieten. So kann mit dem System das kontinuierlich pulsatile Druck-Volumen-Verhalten eines gesunden, aber auch eines erkrankten Herzens im Te-

staufbau realitätsnah und reproduzierbar nachgestellt werden. Das gleiche System haben die Forscher eingesetzt, um eine passive Lunge zu simulieren, die in der Lage ist, selbst die Folgen krankhafter Veränderungen nachzubilden. Das schließt beispielsweise die Luftumverteilungen zwischen den Lungenflügeln mit ein.

Schneller zu ersten Testergebnissen

Die Flexibilität des Systems kam den Forschern jüngst wieder zu Gute, als durch die akute COVID-19-Pandemie kurzfristig Antworten auf die drängende Frage gesucht wurden, inwieweit sich medizinische Mund-Nase-Masken zum Schutz des medizinischen Personals eignen. Als Anfang März 2020 Krankenhäuser mit dieser Frage an die Forscher um Prof. Krenkel herantraten, entwickelten diese innerhalb weniger Tage einen entsprechenden Testaufbau, bei dem die Linearmotoren ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Sie bilden im Testaufbau das Herzstück eines künstlichen Atemsystems und erzeugen einen variierbaren Atemstrom.

Dank der Programmierbarkeit der Parameter „Beschleunigung“, „Verfahrgeschwindigkeit“ und „Hub“ konnten die Forscher verschiedene Atemszenarien wie normales Atmen, Husten oder hypoxisches Atmen mit geringem Aufwand implementieren. Dazu erstellten sie mit dem Engineering- und Konfigurationswerkzeug LinMot Talk verschiedene Bewegungsprofile. Die Forscher können diese Profile abspeichern und jederzeit direkt aus dem Steuerprogramm heraus abrufen - in beliebiger Reihenfolge und bei Bedarf gegebenenfalls auch während der Programmausführung über die Bedienerschnittstelle der Industrie-



Flexibel und effizient einsetzbar: Linearmotoren von LinMot bilden die Basis für die Simulation von Atem- oder Blutströmungen.. (Foto: Rossmann)

steuerung. Bei der Erstellung der Profile kam den Forschern zugute, dass der Hub-Volumen-Zusammenhang für die Kombination Linearmotor-Linearpumpe proportional

ist, sodass sich die in der Literatur häufig anzutreffenden Kurven, bei denen das Volumen über die Zeit hinweg dargestellt wird, einfach übertragen lassen.

Testautomation mit Industriekomponenten

„Von Vorteil ist es aus unserer Sicht auch, dass wir die LinMot-Motoren mit sehr universellen und ausgereiften Systemen wie den Steuerungen von Beckhoff oder B&R kombinieren können; Firmen also, die wiederum eine große Palette an unterschiedli-

chen I/O- und Schnittstellenmodulen im Programm haben“, erläutert Prof. Krenkel. „So können wir den kompletten Testablauf vollständig automatisieren, die Systeme synchronisieren und damit eine hohe Reproduzierbarkeit gewährleisten.“

So hängen beispielsweise an einer 24V-Ausgangssklemme der Aerosolgenerator und das Ventil, das den Zugang zur Linearpumpe steuert, sodass die Partikel exakt zum richtigen Zeitpunkt vom Kolben der Pumpe eingesogen werden können.

Fazit

„Stand Mitte Mai 2020 stellt sich die Datenlage so dar, dass medizinische Masken je nach Konstruktion 65 bis 75% der Aerosole in der Hauptebene zurückhalten können. In der Nebenebene hängt die Filterwirkung sehr davon ab, wie gut die Maske angelegt ist und welche Körperkonstitution des Trägers vorliegt“, fasst Prof. Krenkel die Ergebnisse der in sechs Wochen durchgeführten Testreihen zusammen. „Mit einfachen Maßnahmen, wie dem Fixieren bzw. seitlichem Abkleben der Masken mit Klebeband, lassen sich 85% der Aerosole zurückhalten und der Austritt von ungefilterter Luft an den Seiten komplett unterbinden.“ Dass der Forscher innerhalb weniger Tage erste reproduzierbare Testergebnisse vorlegen konnte, lag auch an der Verwendung des hoch flexiblen Linearmotorsystems von LinMot. Es lässt sich in vielen Arbeitsgebieten der Biofluidmechanik einsetzen und reduziert dort die Zeit und den Aufwand für den Aufbau von komplexen Testszenarien. Prof. Krenkel will daher auch bei weiteren Forschungsaufträgen verstärkt auf das Linearmotorsystem zurückgreifen.



Prof. Dr.-Ing. Lars Krenkel, Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets Biofluidmechanik der Fakultät Maschinenbau an der OTH Regensburg: „Wie wir mit Hilfe der Linearmotoren von LinMot nachweisen konnten,

lässt sich mit einfachen Optimierungsmaßnahmen sich bei den medizinischen Mund-Nase-Masken bezogen auf Aerosole eine Rückhalterate von bis zu 85 % und bezogen auf Tröpfchen von etwa 95% erreichen und damit die Schutzwirkung deutlich erhöhen.“



Atemluft mit Maske (Foto: OTH Regensburg)

LinMot Europe

NTI AG - LinMot & MagSpring
Bodenaeckerstrasse 2
CH-8957 Spreitenbach
Switzerland

☎ +41 (0)56 419 91 91
✉ +41 (0)56 419 91 92

✉ office@linmot.com
🏠 www.linmot.com

LinMot USA

LinMot USA, Inc.
N1922 State Road 120, Unit 1
Lake Geneva, WI 53147
United States

☎ 262-743-2555

✉ usasales@linmot.com
🏠 www.linmot-usa.com



All linear motion from a single source

