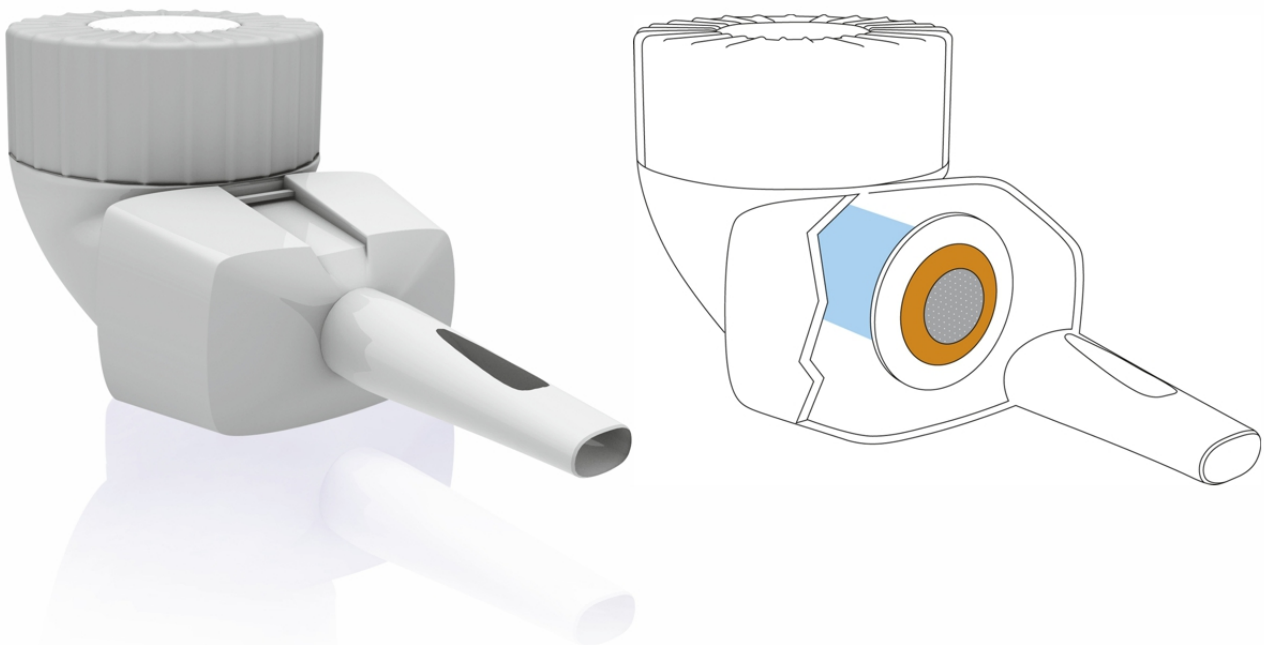


Piezoaktoren: Antrieb und Testhelfer für Inhalationsgeräte

Schwingungen erzeugen – Schwingungen messen



Piezoelektrische Materialien wandeln elektrische Energie direkt in mechanische und umgekehrt. Dies birgt interessante Möglichkeiten: Für die Erzeugung von Schwingungen von großer Bedeutung ist beispielsweise die Bewegung, die entsteht, wenn eine elektrische Wechsellspannung an ein piezoelektrisches Material angelegt wird. Aktoren, die auf dem Piezoeffekt basieren, bewegen sich mit Auflösungen im Sub-Nanometerbereich bei hoher Dynamik und Frequenzen bis zu mehreren tausend Hertz. In der im Folgenden beschriebenen Anwendung bringt dies gleich doppelten Nutzen: In Inhalationsgeräten sorgen piezoelektrische Elemente für eine gleichmäßige Medikamentenzerstäubung und auch beim Funktionstest der Aerosolzerzeuger sind die Piezos die treibende Kraft.



Abb. 1 Das Inhalationssystem eFlow®rapid arbeitet bei vergleichsweise kurzen Inhalationszeiten sehr effizient und kommt damit den Patientenbedürfnissen sehr entgegen (Pari Pharma)

Schwingungen äußern sich unterschiedlich: Sie können störend oder gar zerstörend wirken, z. B. bei Unwucht, Lärm, Reibung oder Stoß. Andererseits entfalten sie aber auch positive Wirkung, z. B. als Musik oder in therapeutischen Anwendungen, beispielsweise bei Atemwegserkrankungen. Beim Inhalieren müssen flüssige Medikamente in feinste Tröpfchen zerstäubt und die Atemluft möglichst homogen mit dem Medikamentennebel angereichert werden. Die Pari Pharma GmbH hat hierfür mit dem Inhalationssystem eFlow®rapid (Abb. 1) ein innovatives Gerät entwickelt, das bei vergleichsweise kurzen Inhalationszeiten sehr effizient arbeitet.



Abb. 2 Ein Piezo-Element regt die Membran des Verneblers zu Ultraschallschwingungen an. Das Fluid wird durch die rund 3000 feinen Löcher der Membran gepresst und so zerstäubt (Pari Pharma)

Dazu wird zunächst das Reservoir des Inhalationsgeräts mit der gewünschten Medikamentendosis befüllt. Im Vernebler (Abb. 2) wird daraus dann mit Hilfe einer gelochten Stahlmembran das Aerosol erzeugt. „Ein Piezo-Element regt diese Membran zu Ultraschallschwingungen an mit einer Frequenz von ca. 120 kHz“, erläutert Philipp Holzmann (Abb. 3), Leiter der Gruppe Entwicklung Mikrosysteme bei Pari Pharma, die Funktionsweise des Verneblers. „Durch die daraus resultierenden Druckänderungen an der Membran wird das Fluid durch Löcher in der Membran gepresst und so zerstäubt. Die rund 3000 Löcher der Membran haben einen Durchmesser von circa 2 µm. Eine definierte Tropfen-Größenverteilung ist dadurch garantiert.“



Abb. 3 Dipl.-Ing. (FH) Philipp Holzmann, Leiter der Gruppe Entwicklung Mikrosysteme bei Pari Pharma (Pari Pharma)

Überzeugende Argumente für das Piezo-Element

Für die Wahl eines Piezo-Elements als treibende Kraft bei der Aerosolerzeugung sprachen gleich mehrere Gründe. So ist die Erzeugung von Vibrationen eine geradezu klassische Piezo-Anwendung, denn beim Anlegen einer Wechselspannung beginnt das Piezoelement zu schwingen. Da der ringförmige Piezo (Abb. 4) direkt mit dem Metallring der Membran verklebt ist, schwingt die Membran mit. Die Amplitude liegt dabei im Bereich weniger μm . „Die vom Piezoelement erzeugte Schwingung passt also sowohl in der Frequenz als auch in der Auslenkung perfekt für die Anwendung“, freut sich Holzmann. Die kurzen Ansprechzeiten der Piezos und die hohe Dynamik der Bewegung kommen der Anwendung als Membran-Antrieb natürlich ebenfalls entgegen.

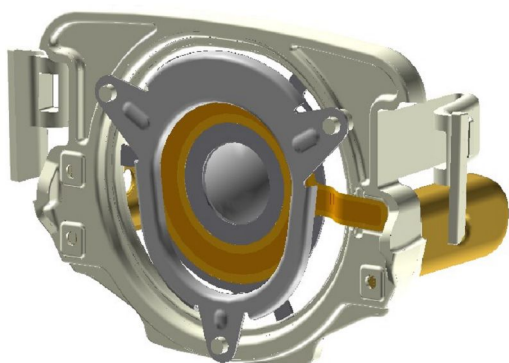


Abb. 4 Der ringförmige Piezo ist direkt mit dem Metallring der Membran verklebt. Beim Anlegen der Wechselspannung schwingt das Piezoelement mit einer Frequenz von 120 kHz (Pari Pharma/PI)

Es gibt jedoch noch weitere Argumente, die für den Piezo-Einsatz im Aerosol-Vernebler sprechen: Da die Bewegung auf kristallinen Festkörpereffekten beruht, ist Abnutzung bei dieser Technik nicht zu befürchten; es gibt auch keine Zahnräder, Lager oder andere verschleißanfällige Mechanik. Piezos erzeugen keine Magnetfelder und werden auch nicht von solchen beeinflusst. Sich ändernde Umgebungstemperaturen beeinträchtigen den Piezoeffekt ebenfalls nicht.

„Außerdem haben wir mit PI Ceramic, einer Tochtergesellschaft der in Karlsruhe ansässigen Firma Physik Instrumente (PI), einen etablierten und kompetenten Hersteller gefunden (Abb. 5), der die Piezoelemente speziell im Hinblick auf unsere Applikationsgegebenheiten modifiziert und produziert“, ergänzt Holzmann.



Abb. 5 Bei Piezoelementen sind unterschiedliche Varianten realisierbar, die die Anpassung an die jeweilige Anwendung ermöglichen: z. B. Piezorohre, Scheiben, Bieger, Scherer oder Translatoren

Qualitätssicherung der Membranen direkt im Fertigungsprozess

Wichtige Voraussetzung für den Patientennutzen des neuen Inhalationssystems ist die fehlerfreie Funktion des Verneblersystems. Deshalb setzt der Hersteller hier auf eine 100-Prozent-Prüfung. „Hierfür wäre prinzipiell auch eine elektrische Impedanzprüfung infrage gekommen, mit der sich bestimmte Schwingungseigenschaften des Bauteils (Abb. 6) erfassen lassen,“ fährt Holzmann fort. „Letztendlich hielten wir diese Methode jedoch nicht für genau und zuverlässig genug. Da das Schwingverhalten bereits in der Entwicklungsphase mit einem Scanning-Vibrometer optimiert wurde, konnten wir aus den gewonnenen Erkenntnissen solche Messpunkte ermitteln, die bei Schwingungsmessungen in der Fertigung qualitätsrelevante Ergebnisse liefern. Wir entschieden uns also auch bei der Qualitätskontrolle für den Einsatz eines Laser-Vibrometers.“

Abweichungen der Membranqualität, z. B. durch Verformungen bei der Montage oder Fehler beim Klebprozess, lassen sich anhand der optischen Schwingungsanalyse zuverlässig aufspüren.

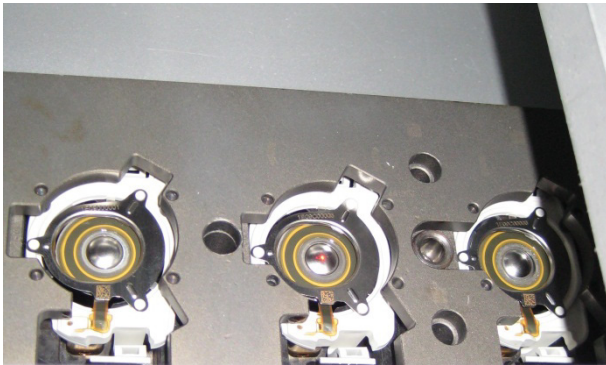


Abb. 6 Blick auf die Prüflinge (Pari Pharma)

Für die Qualitätskontrolle in der Fertigung wurde ein halbautomatisierter Messplatz entwickelt. Kernstück ist ein Laser-Vibrometer aus dem Produktprogramm von Polytec, das aus einer Steuereinheit und einem kompakten Messkopf mit flexiblem Lichtleiterkabel besteht. Im Rahmen der Qualitätskontrolle wird nun an jedem Aerosolerzeuger das Schwingungsverhalten der Membran berührungslos gemessen und für jede Membran das Frequenzspektrum ermittelt. Die maßgeblichen Messpunkte hierfür wurden bereits in der Entwicklungsphase mit Hilfe des Scanning-Vibrometers gewonnen.

Piezo als treibende Kraft beim Test

Auch beim Funktionstest übernimmt der Piezo als treibende Kraft eine Schlüsselrolle: Er wird elektrisch in einem Frequenzspektrum zwischen 30 und 300 kHz angeregt. Messungen der Schwingungsamplituden innerhalb dieses Frequenzbandes und die Lage der Resonanzen lassen dann Rückschlüsse auf die Membranqualität zu (Abb. 7).

Die Auswertung übernimmt die Prüfsoftware QuickCheck von Polytec, die sich sehr gut an unsere Anforderungen anpassen ließ und Gut- und Schlechteile zuverlässig trennt“, ergänzt Holzmann.

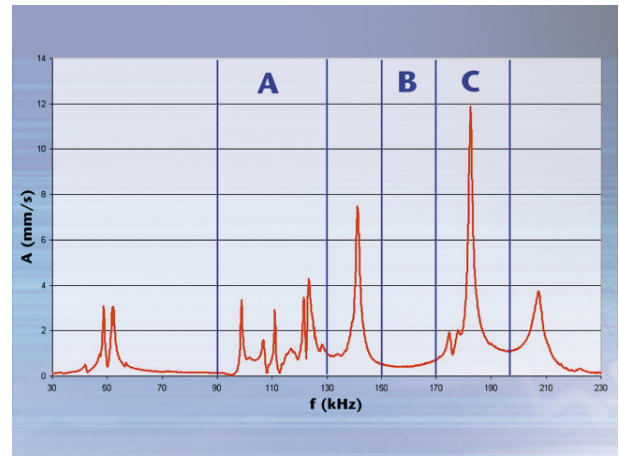


Abb. 7 Qualitätskontrolle mit dem Laser-Vibrometer:
Exemplarisches Frequenzspektrum einer Membran (Pari Pharma)

„Als Bewertung für die Güte einer Messung wird zusätzlich das Signal-/Rauschverhältnis berechnet.“

Um sicherzustellen, dass der Laser bei jedem Prüfling auf eine ebene Stelle zwischen den Löchern der Membran trifft, wird die Messung anhand der Lichtintensität des rückgestreuten Lichts bewertet. Bei zu niedriger Laserintensität wird der Messpunkt mit einer Ablenkeinheit um wenige Mikrometer verfahren, bis die volle Intensität erreicht ist (Bild 8).



Abb. 8 Integration des Laser-Vibrometers in den Prüfstand (Foto: Pari Pharma/Polytec)

Die 100-Prozent-Prüfung mit dem Laser-Vibrometer stellt damit sicher, dass die Inhalationssysteme im praktischen Einsatz beim Patienten zuverlässig funktionieren. Wesentlich dazu tragen aber auch die eingesetzten Piezoelemente bei, die sowohl bei der Aerosolerzeugung als auch bei der Schwingungsprüfung die treibende Kraft sind.

Autoren

Dipl.-Phys. Steffen Arnold, Leiter „Markt und Produkte“ bei Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, Dipl.-Ing. Elmar Uhlitzsch, Produktmanager Vibrometer bei der Polytec GmbH

Über die PI Gruppe

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich Physik Instrumente (PI) mit Stammsitz in Karlsruhe zum führenden Hersteller von Positioniersystemen mit Genauigkeiten im Nanometerbereich entwickelt. Das privat geführte Unternehmen ist mit vier Sitzen in Deutschland und zehn ausländischen Vertriebs- und Servicenederlassungen international vertreten. Über 700 hochqualifizierte Mitarbeiter rund um die Welt versetzen die PI Gruppe in die Lage, fast jede Anforderung aus dem Bereich innovativer Präzisionspositioniertechnik zu erfüllen. Alle Schlüsseltechnologien werden im eigenen Haus entwickelt. Dadurch kann jede Phase vom Design bis hin zur Auslieferung kontrolliert werden: die Präzisionsmechanik und Elektronik ebenso wie die Positionssensorik. Die dafür benötigten piezokeramischen Elemente werden bei der Tochterfirma PI Ceramic in Lederhose gefertigt, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte. Die PI miCos GmbH in Eschbach bei Freiburg ist spezialisiert auf flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen sowie parallel-kinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.

Über Polytec

Als innovatives Hightech-Unternehmen entwickelt, produziert und vertreibt Polytec seit über 40 Jahren laserbasierte Messtechnik-Lösungen für Forschung und Industrie. Aufbauend auf dem Erfolg im Distributionsgeschäft begann Polytec bereits in den 70er Jahren mit der Entwicklung und der Fertigung eigener, laserbasierter Messgeräte. Heute nimmt das Unternehmen mit Stammsitz in Waldbronn bei Karlsruhe im Bereich der optischen Schwingungsmessung mit Laservibrometern eine weltweit führende Position ein. Systeme für die Oberflächenmesstechnik, die analytische Messtechnik sowie Geschwindigkeits- und Längenmessung gehören ebenfalls zur mittlerweile breit gefächerten Palette innovativer Eigenprodukte.

Über Pari Pharma

Seit über 100 Jahren hat sich PARI einen Namen als weltweit anerkannter Spezialist in der Atemwegstherapie gemacht. Heute werden in der PARI Pharma GmbH moderne Geräte zur Inhalationstherapie entwickelt. Mit eigener Forschung und Produktion gelingt es dem Unternehmen immer wieder, in der Aerosoltechnologie international Standards zu setzen. Sorgfältige Auswahl der Materialien, die Produktion in unseren eigenen Fertigungsstätten und strengste Qualitätskontrollen garantieren die Zuverlässigkeit der Produkte, deren Sinn es ist, den Menschen, die an Atemwegserkrankungen leiden, und denen, die sich um sie kümmern, das Leben zu erleichtern.