

Keine Kompromisse bei mobilen Arzneimittelpumpen

Piezobasierte Ultraschallantriebe eröffnen neue Perspektiven



Mobile Arzneimittelpumpen sind aus der ambulanten Therapie bei vielen Erkrankungen nicht mehr wegzudenken, z. B. im Bereich der Schmerztherapie, der Onkologie aber auch bei der parenteralen Ernährung oder bei Stoffwechselerkrankungen. Sie geben den Patienten Mobilität und damit mehr Lebensqualität. Gleichzeitig sinken die Therapiekosten, da die Patienten nicht stationär oder ambulant in der Klinik betreut werden müssen.

Bei den heute üblichen mobilen Arzneimittelpumpen gibt es allerdings Verbesserungspotential, vor allem was Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Anwendungsmöglichkeiten, Größe, Gewicht und Zuverlässigkeit betrifft. Piezo-Ultraschallmotoren als Pumpentriebe können hier interessante Perspektiven erschließen (Abb. 1).



Abb. 1 Mobile Arzneimittelpumpen sind aus der ambulanten Therapie bei vielen Erkrankungen nicht mehr wegzudenken, z.B. im Bereich der Schmerztherapie. Allerdings gibt es Verbesserungspotential, vor allem was Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Anwendungsmöglichkeiten, Größe, Gewicht und Zuverlässigkeit betrifft (Bild: PI)

Bei mobilen Arzneimittelpumpen denkt man zunächst an Ballonpumpen, denn sie sind leicht, handlich und vom Patienten einfach zu bedienen. Sie arbeiten aber mit großen Laufzeitabweichungen und die Injektionsmengen sind nur schwer dokumentierbar.

Da sich der „mobile“ Patient allerdings meistens außerhalb der Klinik befindet, ist eine präzise Verfolgung des Therapieverlaufes äußerst wichtig. Der Arzt braucht für eine erfolgreiche Behandlung genaue Informationen. Gefragt ist dann ein Pumpensystem, das auch außerhalb der Klinik eine genaue Dokumentation erlaubt. Aktuell sind in solchen Fällen Peristaltikpumpen das Mittel der Wahl, die aber aufgrund ihres hohen Gewichts und der beachtlichen Größe den Patienten stark einschränken und damit nicht wirklich mobil sind. Sie erlauben allerdings eine präzise Dosierung und programmierbare Fördervolumina.

Je nach Therapie lassen sich so größere Mengen, kleinere Mengen oder über längere Zeiträume auch gar keine Arzneimittel verabreichen.

Großvolumige Infusionen sind ebenfalls möglich, da man an den Pumpen Arzneimittelreservoirs mit unterschiedlichem Fassungsvermögen anschließen kann. Die Peristaltikpumpen eignen sich für verschiedene Medikationen, da sie einen kontinuierlichen Fluss (Basalrate) liefern, genauso sind aber auch Sonderinjektionen (Bolusraten) dosierbar, die zeitlich beliebig platziert sein können. Alle Abläufe lassen sich zudem dokumentieren, um abgegebene Arzneimittelmengen und den Therapieverlauf bewerten und z. B. gegenüber Versicherungen belegen zu können.

Verbesserungspotentiale nutzen: Mobilität und Dokumentation

Alles in allem verknüpfen Peristaltikpumpen alle gewünschten Anforderungen, abgesehen von der Mobilität. Sie sollten deshalb möglichst kleine Abmessungen haben, leicht und leise sein, um den Benutzer möglichst wenig in seiner Bewegungsfreiheit einzuschränken. Ebenso wichtig sind ein niedriger Energieverbrauch, damit die Akkus lange halten und ein zuverlässiger, verschleißarmer Betrieb für lange Wartungsintervalle. In diesem Zusammenhang lohnt es sich, die üblicherweise in den Peristaltikpumpen eingesetzten Antriebe unter die Lupe zu nehmen:

Die oft verwendeten kleinen, getriebeübersetzten Elektromotoren erzeugen zwar die für das Pumpprinzip notwendigen hohen Kräfte bzw. Drehmomente. Sie sind aber auch langsam; ihre mechanischen Mikrogetriebe arbeiten selten spielfrei und sind obendrein sehr verschleißanfällig. Als wirklich zuverlässig lässt sich eine solche Lösung deshalb nicht bezeichnen, denn kurze Wartungsintervalle verursachen Aufwand und Kosten.

Auch wer deshalb getriebelose Direktantriebe einsetzt, muss leider meist Nachteile in Kauf nehmen. Je nach technischer Ausführung der Peristaltikpumpen stehen vergleichsweise wenig Kraft oder Drehmoment zur Verfügung. Man muss dann den Antrieb größer wählen, was wiederum Auswirkungen auf die Abmessung der Pumpe haben kann. Hinzu kommt, dass die Direktantriebe zwar reaktionsschnell sind, aufgrund der fehlenden Getriebe-Mechanik aber nicht selbsthemmend. Um bei Nicht-Betrieb der Pumpe die Position stabil zu halten, müssen sie folglich bestromt werden. Bei kurzen Betriebszyklen, also wenn die Zeitdauer der Medikation nur kurz ist und die „Nicht-Betriebszeiten“ lang, würde sich das verheerend auf die Akkulaufzeit auswirken.

Der Motor muss deshalb mechanisch blockiert werden; auch das ist wieder mit Aufwand verbunden. Es gibt also genügend Gründe, sich bei mobilen Arzneimittelpumpen nach einer alternativen Antriebslösung umzuschauen:

Kompakter Antrieb für den mobilen Einsatz

Piezobasierte Ultraschallantriebe beispielsweise können hier neue Perspektiven erschließen. Sie sind sehr kompakt, verschleißarm und selbsthemmend. Sie halten also auch im ausgeschalteten Betrieb ihre Position, selbst bei Stürzen und Schlägen. Aufgrund ihres Funktionsprinzips, ihrer flachen Bauweise und den individuellen Anpassungsmöglichkeiten lassen sie sich gut in mobile Arzneimittelpumpen integrieren (Abb. 2) und arbeiten praktisch geräuschlos.



Abb. 2 Aufgrund ihres Funktionsprinzips, ihrer flachen Bauweise und den individuellen Anpassungsmöglichkeiten lassen sich die piezobasierten Ultraschallantriebe gut in mobile Arzneimittelpumpen integrieren (Bild: PI)

Wie die kompakten Piezoantriebe funktionieren ist einfach zu verstehen (Abb. 3):

Schwingungen mit Ultraschallfrequenzen eines piezokeramischen Aktors werden entlang eines Läufers in lineare Bewegung umgewandelt und treiben so den beweglichen Teil eines mechanischen Aufbaus an. Das Kernstück des Antriebs ist eine monolithische Piezokeramik (der Stator), die auf einer Seite durch zwei Elektroden segmentiert wird.

Wahlweise wird die linke oder die rechte Elektrode zu den hochfrequenten Eigenschwingungen des piezokeramischen Elements im Bereich von einigen Hundert Kilohertz angeregt und bestimmt dadurch die Bewegungsrichtung. Ein Kopplungselement an der Piezokeramik wird so zu schnellen linearen Bewegungen angeregt.

Im Kontakt mit dem Läufer entstehen Mikroimpulse, die den beweglichen Teil der Dosier-Mechanik (Schlitten, Drehteller, usw.) vorwärts oder rückwärts bewegen. Jeder Schwingungszyklus bewegt die Mechanik um einige Nanometer; insgesamt ergibt sich so eine gleichmäßige Bewegung mit theoretisch unbegrenztem Stellbereich.

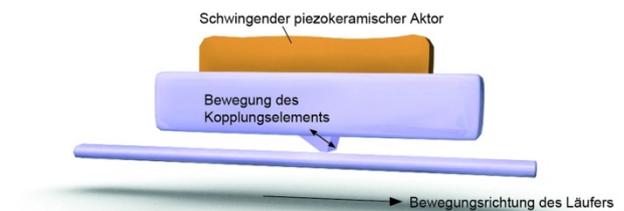


Abb. 3 Schwingungen mit Ultraschallfrequenzen eines piezokeramischen Aktors werden entlang einer Reibschiene in lineare Bewegung umgewandelt, und treiben so den beweglichen Teil eines mechanischen Aufbaus an (Bild: PI)

Unterschiedliche Konstruktionen sind realisierbar

Die Antriebe bauen sehr kompakt, da sie praktisch nur aus dem Piezoaktor und einer gelagerten bewegten Scheibe oder Linearachse bestehen. Die Treiberelektronik kann als Chip integriert werden und beansprucht also auch nur wenig Einbauplatz (Abb. 4).



Abb. 4 Flache und kleine Abmessungen, aufgrund der Hohlläufer-Bauweise (Bild: PI)

Da es wenige mechanische Komponenten wie Getriebe gibt, ist die Lösung zudem sehr verschleißarm und zuverlässig. Dosierungen sind in einem breiten Geschwindigkeitsspektrum möglich, je nach Ausführung von wenigen Grad bis zu mehreren Umdrehungen pro Sekunde bzw. bei linearen Lösungen von weniger als 1 mm pro Sekunde bis zu mehreren 100 mm pro Sekunde.

Die Positionsrückmeldung für die Regelung steht für eine präzise Dokumentation zur Verfügung. Abb. 5 zeigt, wie eine so angetriebene mobile Arzneimittelpumpe aufgebaut sein kann: Der Motor besteht aus einem piezoelektrischen Ring (Aktor). Dieser Aktor wird derart angeregt, dass eine sogenannte Wanderwelle erzeugt wird. Die auf dem Piezoring sitzenden dünnen Aluminiumoxid Ringe (oben und unten) nehmen die Schwingungen auf.

Mit Hilfe der drei im Rotor eingesetzten Kopplungselemente wird die aufgenommene Schwingung auf den vorgespannten Rotor übertragen und in eine Drehbewegung umgewandelt. Die ringförmig angeordneten Piezo-Ultraschallantriebe bewegen hier eine Scheibe. Diese ist so aufgebaut, dass dank der speziellen Geometrie unterschiedliche Arzneimittelmengen dosiert werden können.

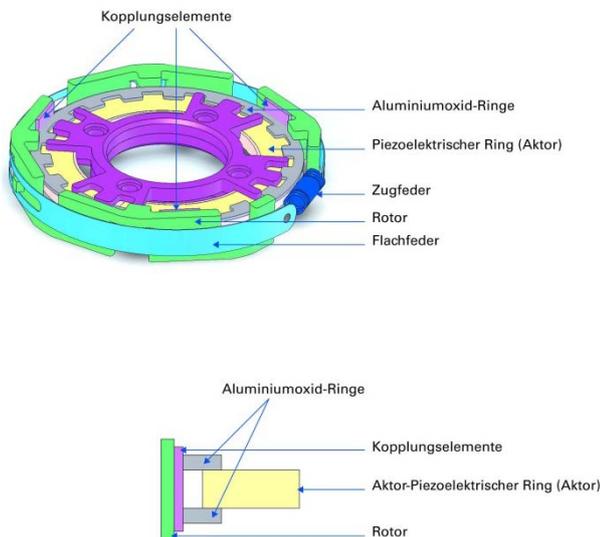


Abb. 5 Ein kompakter piezoelektrischer Ultraschallmotor bewegt eine Scheibe. Dieses System ist so aufgebaut, dass dank der speziellen Geometrie unterschiedliche Arzneimittelmengen dosiert werden können (Bild: PI)

Mit Piezo-Ultraschallantrieben sind aber auch andere Konstruktionen realisierbar. Der Piezoaktor kann beispielsweise auch seitlich angeordnet sein (Abb. 6) und einen Ring drehen, in dessen großen Apertur sich dann weitere Komponenten anordnen lassen.

Die so aufgebauten Arzneimittelpumpen sind besonders klein, leicht und leise. Außerdem bieten sie ein hohes Maß an Flexibilität im Hinblick auf unterschiedliche Therapien und Dosierungen. Noch mehr Patienten können dadurch zukünftig in den Genuss einer nicht-stationären oder ambulanten Therapie kommen.



Abb. 6 Der PI Line® Motor kann auch seitlich angeordnet sein (Bild: PI)

Über PI

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 fünfzehn ausländischen Vertriebs- und Serviceniederlassungen international vertreten.

Über 850 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 Positionssensoren.

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 parallelkinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.

Autoren



Dipl.-Physiker Gernot Hamann, Leiter Key Account Management bei Physik Instrumente (PI)

Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee