

Mikropumpe auf Basis der Leiterplattentechnik

Ansgar Wego, Stefan Richter, Lienhard Pagel

Einleitung und Stand der Technik

In fluidischen Mikrosystemen werden Mikropumpen als Antriebe für Flüssigkeiten oder Gase benötigt. Sie übernehmen ähnlichen Funktionen wie elektrische Quellen in Stromkreisen. Heute kommt die Mikrofluidik verstärkt dort zum Einsatz, wo kleinste Fluidmengen transportiert, dosiert oder verarbeitet werden müssen. Einige Anwendungsgebiete sind z.B. chemische Mikroanalyseysteme, Medikamentenmikrodosiersysteme oder Versorgungssysteme für biologische Zellkulturen für komplexe Sensorsysteme.

Mikropumpen sind seit einigen Jahren Gegenstand der Forschung und Entwicklung. Die weitaus meisten Pumpen werden mit sehr teuren technologischen Verfahren hergestellt, die nur für hohe Stückzahlen preiswerte Produkte ermöglichen. Zu diesen Verfahren gehören die Siliziummikromechanik und die LIGA-Technik (**L**ithographie-**G**alvanik-**A**bformung). Beispiele für Mikropumpen dieser Technologien finden sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Stand der Technik bei Mikropumpen

Technologie	Aktortyp	max. Förderrate [$\mu\text{l}/\text{min}$]	max. Gegendruck [mbar]	Betriebsspannung [V]	Referenz
Silizium	piezoelektrisch	2000 (Wasser)	170 (Wasser)	ca. 200	[1]
LIGA	piezoelektrisch	250 (Wasser)	1600 (Wasser)	ca. 200	[2]
Silizium	elektrostatisch	350 (Wasser)	235 (Wasser)	ca. 200	[3]
LIGA	thermopneumatisch	400 (Gas)	200 (Gas)	ca. 15	[4]

Als alternative Herstellungstechnik für fluidische Mikrosysteme wurde an der Universität Rostock ein Verfahren entwickelt, das die Leiterplattentechnologie weitestgehend ausnutzt. Dabei wurde besonders auf den Erhalt der Kompatibilität zur Elektronik geachtet [5]. Die Leiterplattentechnologie ist eine bewährte, zuverlässige und vergleichsweise kostengünstige Technologie, die sich in der Aufbau- und Verbindungstechnik für elektronische Bauteile bzw. Baugruppen etabliert hat. Die Ausrüstungs- und Produktionskosten können von vielen kleineren und mittleren Unternehmen geleistet werden. Die Vorteile der Leiterplattentechnik wurde auch von anderen Entwicklern mikrofluidischer Systeme erkannt. So findet sich z.B. in [6] eine piezoelektrisch angetriebene Mikropumpe mit Zerstäuber/Düse-Ventilprinzip, die eine max. Förderrate von 3 ml/min (mit Wasser) aufweist und einen max. Gegendruck von 38 mbar aufbaut. Die Betriebsspannung wird mit 200 V angegeben.

Die an der Universität Rostock entwickelte Mikropumpe nutzt flexible Polymerfolien, wodurch bewegliche Strukturen möglich werden, die aktorische Funktionen ausüben können [7], [8]. Bild 1 zeigt eine fördernde Pumpe mit integrierter Elektronik.

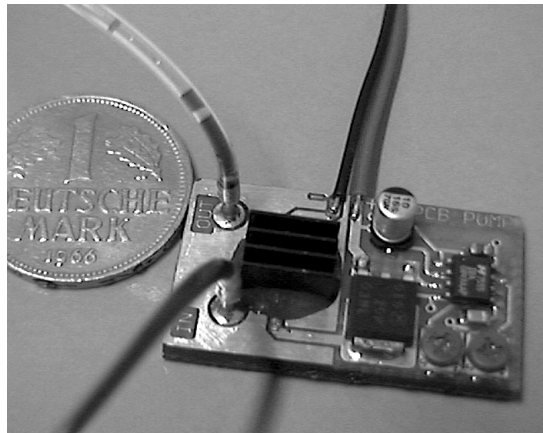


Bild 1: Photo einer fördernden Mikromembranpumpe in Leiterplattentechnik

Aufbau und Funktionsweise

Die Pumpe ist in einem Stapel von vier strukturierten Leiterplatten und einer Membranlage integriert (Bild 2). Zum Aufbau werden Leiterplatten mit FR4-Isolierstoff und beidseitiger Kupferkaschierung mit einer Gesamtdicke von 0,8 mm verwendet. Die Kupferkaschierungen haben eine Stärke von ca. 70 μm . Als Membranmaterial kommt Polyimid (Kapton[®]) oder Polyester (Mylar[®]) mit Dicken von 8 μm bzw. 6 μm zum Einsatz.

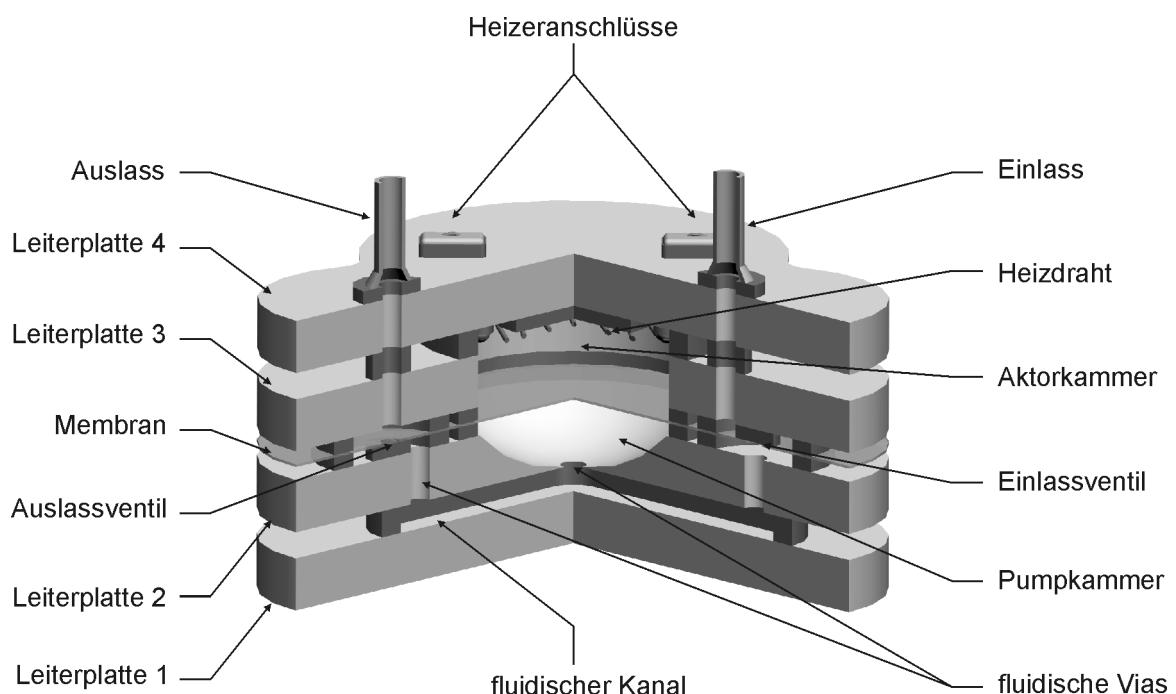


Bild 2: Schematischer Aufbau der Mikromembranpumpe in Leiterplattentechnik

Der Heizer der Aktorkammer wurde in verschiedenen Varianten realisiert. Eine Variante nutzt einen kommerziell erhältlichen Widerstandsdraht aus Constantan[®] mit einem Durchmesser von 70 μm . Diese Variante hat sich in einem Dauertest bisher am besten bewährt. Alternativ wurden Heizer, die in Dünnschichttechnik auf der Aktormembran oder mit Hilfe eines Trägers auf dem Boden der Aktorkammer hergestellt wurden, entwickelt. Eine andere Variante nutzt strukturiertes Kupfer der Platine selbst als Heizer. Die Ergebnisse der Untersuchungen zu den verschiedenen Aktorvarianten finden sich ausführlicher in [9].

Der Aktor bildet ein geschlossenes thermodynamisches System. Im Idealfall wird über die Systemgrenzen kein Stoff aber Energie ausgetauscht. Fließt ein elektrischer Strom durch den Heizer, so erhöht sich die Temperatur in der Aktorkammer. Das in der Aktorkammer eingeschlossene Gas expandiert und der steigende Druck presst die Membran in Richtung Pumpkammer. Nach Abschalten des Stromes kühlt das System ab und die Membran kehrt in ihre Ausgangsposition zurück.

Wird die Membran während der Heizphase in die Pumpkammer gepresst, so erhöht sich der Druck im Kanalsystem, und das Auslassventil öffnet (Ausstoßphase). In der Abkühlphase entsteht durch die relaxierende Membran ein Unterdruck, der das Einlassventil öffnet und Fluid ansaugt (Ansaugphase). Durch zyklisches Heizen entsteht auf diese Weise ein pulsierender Pumpstrom.

Ergebnisse und Charakterisierung

Bild 3 zeigt die charakteristische Förderkurve einer Mikropumpe in Leiterplattentechnik.

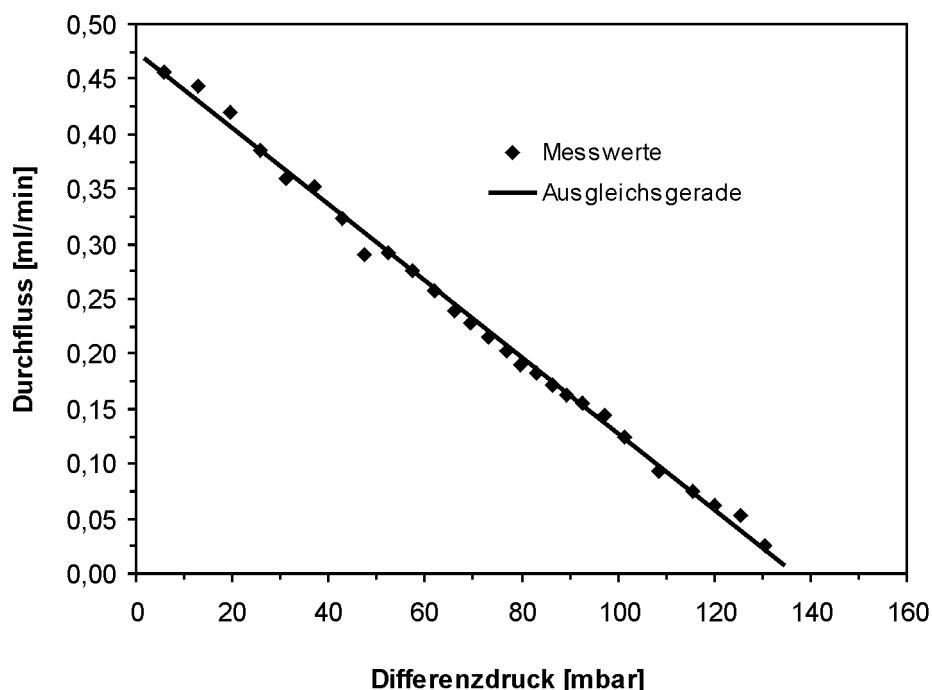


Bild 3: Fördercharakteristik der Mikropumpe in Leiterplattentechnik

Die Pumpe erreicht mit Wasser als Fördermedium ohne Gegendruck eine max. Förderrate von ca. 470 $\mu\text{l}/\text{min}$. Die Förderung nimmt mit steigendem Gegendruck linear ab und kommt bei ca. 140 mbar zum Stillstand. Die Pumpe arbeitet mit einer Frequenz von 0,9 Hz und nimmt eine mittlere elektrische Leistung von ca. 900 mW auf.

Literatur

- [1] Stehr, M., Messner, S., Sandmaier, H., Zengerle, R.: A New Micropump with Bidirektional Fluid Transport and Selfblocking Effect, Proc. MEMS '96, San Diego, USA, 1996, S. 485-490
- [2] Döpfer, J.: Untersuchung zur Auslegung und Fertigung von Mikropumpen, Düsseldorf: VDI-Verl., 1997
- [3] Zengerle, R., Geiger, W., Richter, M., Ulrich, J., Kluge, S., Richter A.: Application of microdiaphragm pumps in microfluid systems, Proc. Actuator 94, Bremen, 1994, S. 25-29
- [4] Büstgens, B., Bacher, W., Menz, W., Schomburg, W.K.: Entwicklung von Mikromembranpumpen von der seriengerechten Konzeption bis zur Anwendung, Karlsruhe: Wissenschaftliche Berichte FZKA 5856, 1996
- [5] Gräber, M.: Entwicklung einer Technologie für fluidische Mikrosysteme auf Basis der Leiterplattentechnologie, Rostock, Univ., Diss, 2000
- [6] Nguyen, N-T., Huang, X. : Miniature valveless pumps based on printed circuit board technique, Sensors and Actuators, A 88 (2001), S. 104-111
- [7] Wego, A., Pagel, L.: A self-filling micropump based on PCB technology, Sensors and Actuators A 88 (2001) S. 220-226
- [8] Pagel, L., Wego, A., Richter, S.: Mikrofluidik auf Leiterplattenbasis, F&M 108 (2000) 9, S. 82-84
- [9] Wego, A., Glock, H-W., Pagel, L., Richter, S.: Investigations on thermo-pneumatic volume actuators based on PCB technology, Sensors and Actuators, zur Veröffentlichung eingereicht (2001)

Verfasser

Dipl.-Ing. Ansgar Wego und Dipl.-Ing. Stefan Richter, Universität Rostock, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Graduiertenkolleg, 18051 Rostock

Prof. Dr. sc. tech. Lienhard Pagel, Universität Rostock, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik, 18051 Rostock