

Vom Einzeltropfen zum Brenner mit 5 kW Heizleistung

Dipl.-Ing. I. Ederer

Vom Einzeltropfen zum Brenner mit 5 kW Heizleistung (Kfz-Wärmedefizitheizung)

I. Ederer, W. Schullerus, C. Tille, U. Zech, B. Zuck, S. Petters

Inhalt:

- Motivation und Stand der Technik
- Theoretische und experimentelle Vorüberlegungen
- Eigene Lösungen
- Zusammenfassung und Ausblick

Ingo Ederer,
Wolfgang Schullerus,
Carsten Tille

Ulrich Zech,
Bernhard Zuck
Stefan Petters,

Technische Universität München

Lehrstuhl für Feingerätebau
und Mikrotechnik

Lehrstuhl A für
Thermodynamik
Lehrstuhl für
Prozessrechner

Tel.: 089/ 2105-2346
Fax: -8397

Tel: 089/ 523 39 68

Tel.: 089/ 2105-3556

Arcisstr. 21
80290 München

Die Einführung modernster, hocheffizienter Antriebseinheiten in der Automobilindustrie, wie sie zur Zeit und in naher Zukunft stattfindet, hat den unerwarteten Nebeneffekt, daß derartige Motoren zu wenig nutzbare Abwärme erzeugen. Dies macht sich speziell in der kälteren Jahreszeit bemerkbar, da die Fahrgastzelle nicht mehr ausreichend beheizt wird. Zusätzlich wird die Warmlaufphase des Motors empfindlich verlängert, was einen überproportionalen Anstieg der Schadstoffemissionen zur Folge hat (Bild 1).

Zur Beseitigung dieses Mangels wird die Möglichkeit einer Zusatzheizung untersucht, die 3 - 5 kW Wärmeleistung abgibt. Konventionelle Konzepte einer derartigen Heizung bringen hier die unterschiedlichsten Schwierigkeiten mit sich. So gestalten sich die Regelbarkeit der abgegebenen Wärmemenge, die Konditionierung des Schadstoffverhaltens und der notwendige Einbauraum als problematisch (Bild 2). Das führt zu dem Ergebnis, daß neue technologische Pfade zu beschreiten sind, um befriedigende Lösungen zu finden.

Einen vielversprechenden Ansatz bietet hier die Mikrotechnik. Mit ihrer Hilfe ist man in der Lage Dosierpumpen zu bauen, die den Brennstoff in Form kleinster Tropfen abgeben. Für diese Pumpe wurden verschiedene Konzepte zur Dosierung und Einzeltropfenerzeugung untersucht. Dabei zeigte sich, daß vor allem Verfahren, die im Bereich der Tintendrucktechnologie bereits erfolgreich angewendet werden, wie das Bubble-Jet- (Bild 6) und das Piezo-Prinzip (Bild 7), hervorragend zur Tropfengenerierung geeignet sind. Beide Verfahren sind in der Lage Einzeltropfen von reproduzierbarer Masse und Geschwindigkeit zu wählbaren Zeitpunkten auszustoßen. Nach eingehenden Untersuchungen schied das Bubble-Jet-Prinzip allerdings aus, da sich auf deren Heizflächen Treibstoffrückstände ablagerten, die zum Versagen der Pumpen führten.

Mit der Piezotechnik ist eine Vielzahl unterschiedlicher aktorischer Konzepte realisierbar, die über die Verdrängung eines definierten Volumens eine Tropfenerzeugung ermöglichen (Bild 9). Im Verlauf des Projektes stellten sich zwei Varianten als besonders geeignet heraus, Brennstofftropfen in möglichst großer Anzahl bei geringem Komplexitätsgrad und kleiner Piezomasse (Preis) zu fördern. Es handelt sich dabei um ein Membranpumpen- (Bild 10, 11) und ein Schlagpaddelsystem (Bild 10, 12). Ersteres hat den Vorteil, daß der Piezo nicht mit dem Brennstoff in Berührung kommt. Hingegen weist das Schlagpaddel bessere Anlaufeigenschaften auf. Mit beiden Systemen lassen sich üblicherweise Brennstofftropfen mit Massen von 50 ng bis 300 ng erzeugen, welche mit einer Geschwindigkeit zwischen 3 m/s bis 10 m/s das Dosiersystem verlassen. Gängige Repetitionsraten liegen bei ca. 500 Hz bis 3000 Hz, was einen sehr weiten Regelungsbereich ermöglicht. Die bis jetzt erzielbaren Massenströme pro Pumpensystem erlauben eine thermische Leistung von bis zu 500 W. Die Systeme sind offen und werden somit nahezu im Gleichdruck betrieben (Bild 13).

Das Besondere dieser Technik aus der Sicht des Heizungsbauers ist zum einen die Möglichkeit, einen Massenstrom zu erzeugen, der exakt im angestrebten Verhältnis das Gemisch der Brennkammer zuführt und der äußerst homogen ist. Zum anderen können die einzelnen Dosierpumpen nahezu frei an der Brennkammer angeordnet werden (Bild 4). Letzteres ermöglicht es z.B. einen guten Ausbrandgrad noch im

Brennraum durch schrittweise Gemischzuführung zu erreichen. Dies konnte bereits in Untersuchungen mit dem LIF-Verfahren gezeigt werden (Bild 15, 16).

In dieser Form der Gemischbildung unterscheidet sich diese Technik von herkömmlichen Verdampfungsbrennern grundlegend (Bild 3). Durch die großen Eingriffsmöglichkeiten in die Flamme, besteht die Möglichkeit den Schadstoffausstoß so zu optimieren, daß im Vergleich mit den herkömmlichen Fließverdampfern deutlich bessere Ergebnisse erzielbar sind. Dies gilt auch für das Zündverhalten, das mit dem Mikropumpenkonzept deutlich verkürzt wird, da je nach Zündungskonzept eine Zündung innerhalb weniger Sekunden oder sogar in Bruchteilen einer Sekunde erfolgt (Bild 14). Der Ausstoß von unverbranntem Treibstoff in der Startphase wird somit minimiert.

Auch die Anforderung einer kompakten Bauweise kann erfüllt werden, da durch die Brennstoffzuführung der Ausbrand noch im Brennraum erreicht wird, was lange Flammrohre vermeidet. Dies wird sich in kürzeren Baulängen niederschlagen.

Die Rahmenbedingungen einer Zusatzheizung erfordern, daß die Brennstoffdosierpumpe mit unterschiedlichsten Kraftstoffarten, wie z.B. Diesel, Benzin und PME betrieben werden kann. Dafür wird die Eignung mikrotechnisch hergestellter Einspritz- und Sensorsysteme für diese Aufgabe erprobt. Die Systemintegration im Fahrzeug wird mit Hilfe dieser Sensoren und einer zur Zeit entstehenden Ansteuerung der Einspritzanlage durchgeführt, welche z.B. CAN-Bus kompatibel sein sollte.

Literatur

Mikrotechnik allgemein:

- | | | | |
|-----|------------------|--|--------------------------|
| [1] | Heuberger A. | <i>Mikrosystemtechnik</i> | Springer Verlag 1989 |
| [2] | Büttgenbach S. | <i>Mikrosystemtechnik</i> | Teubnerverlag 1994 |
| [3] | Menz W., Bley P. | <i>Mikrosystemtechnik für Ingenieure</i> | VCH Verlag Weinheim 1993 |

Piezodruck:

- | | | | |
|-----|--------------------------|---|---------------------------------------|
| [4] | Berchtold A. | <i>Simulation of a Drop-on-Demand Print Head with Planar Piezoceramic Transducers</i> | Proceedings Comp Euro, Hamburg 1989 |
| [5] | Berchtold A. | <i>Optimization of a Drop-on-Demand Print Head with Planar Piezoceramic Transducers</i> | SID Symposium, Las Vegas 1990 |
| [6] | Berchtold A. | <i>Simulation und Optimierung eines Tintenschreibwerkes mit planaren, piezoelektrischen Aktoren</i> | Diss. TU München 1991 |
| [7] | Heinzl J., Rosenstock G. | <i>Ink-Jet Printer Mechanism Uses Non-Static Vacuum Technique</i> | Computer Design, July 1978, S.104-106 |
| [8] | Rosenstock G. | <i>Erzeugung schnell fliegender Tropfen für Tintendrucker mit Hilfe von Druckwellen</i> | Diss. TU München 1982 |

Brenner mit Mikropumpen:

- | | | | |
|------|--|--|---|
| [9] | Kirsch K.,
Funtsch M., Zürl K., Temmel G.;
Folkmer B.,
Ederer I., Zech U. | <i>Projekte des Forschungsverbundes FORMIKROSYS aus den Bereichen Medizintechnik, Fertigungsautomatisierung und Kraftfahrzeugtechnik.-</i> | Proc. der 7. Int. Fachmesse mit Kongress für Sensoren, Meßaufnehmer und Systeme Sensor '95, Nürnberg, Mai 9.-11., 1995. Eds.: ACS-Organisations-GmbH, Wunstorf-Steinhude, 1995. S. 587- S. 592. |
| [10] | Ederer I.,
Schullerus W.,
Zech U., Zuck B. | <i>Bericht des Teilprojektes 4 „Brennstoffdosierpumpe“</i> | Jahresbericht des FORMIKROSYS |

Abgasverhalten vorgewärmter Motoren

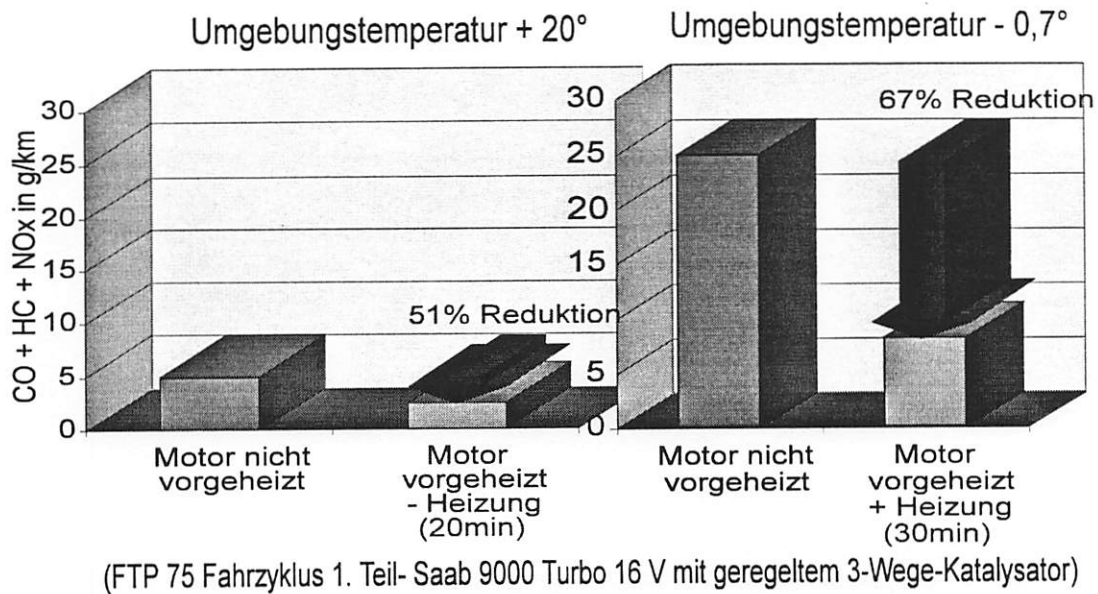


Bild 1

Heizungsvergleich

System	Baugröße Gewicht	Regel- barkeit	Start- verhalten	Schadstoff- verhalten	Wirkungs- grad
Fließver- dampfer	👍	👎	👎	👎	👎
Einspritzung	👎	👎	👍	👍	👍
Mikropumpen	👍	👍	👍	👍	👎
Latentwärme- speicher	👎	👎	👍	👎	👎
elektrische Heizung	👎	👍	👎	👎	👎

Bild 2

Schnittbild einer Standheizung

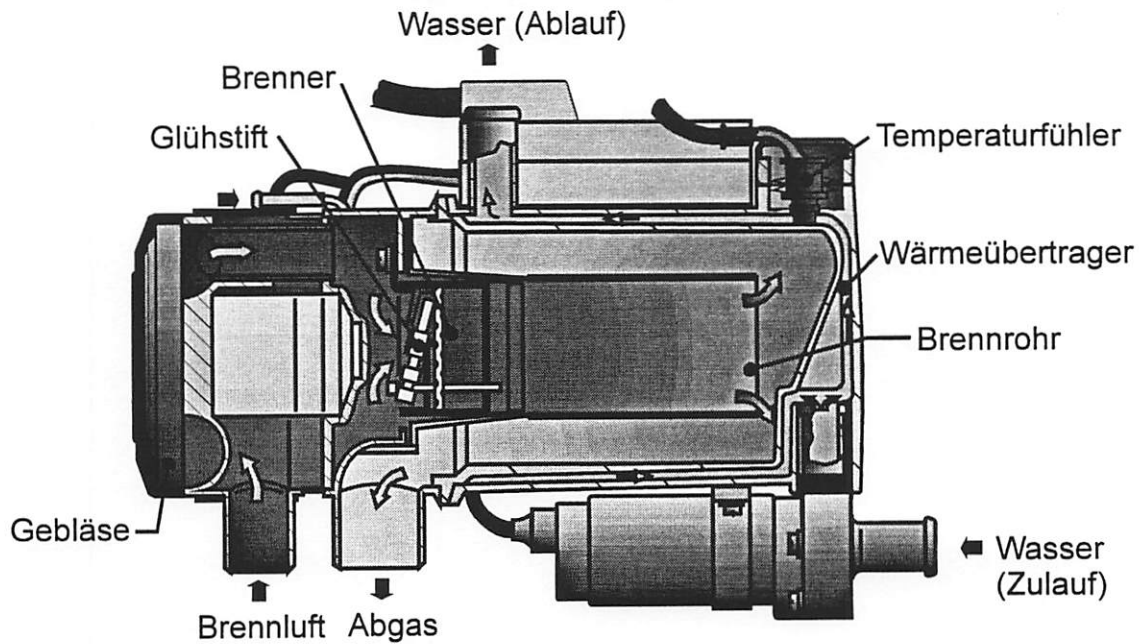


Bild 3

Kanalbrennkammer mit Mehrfacheinspritzung

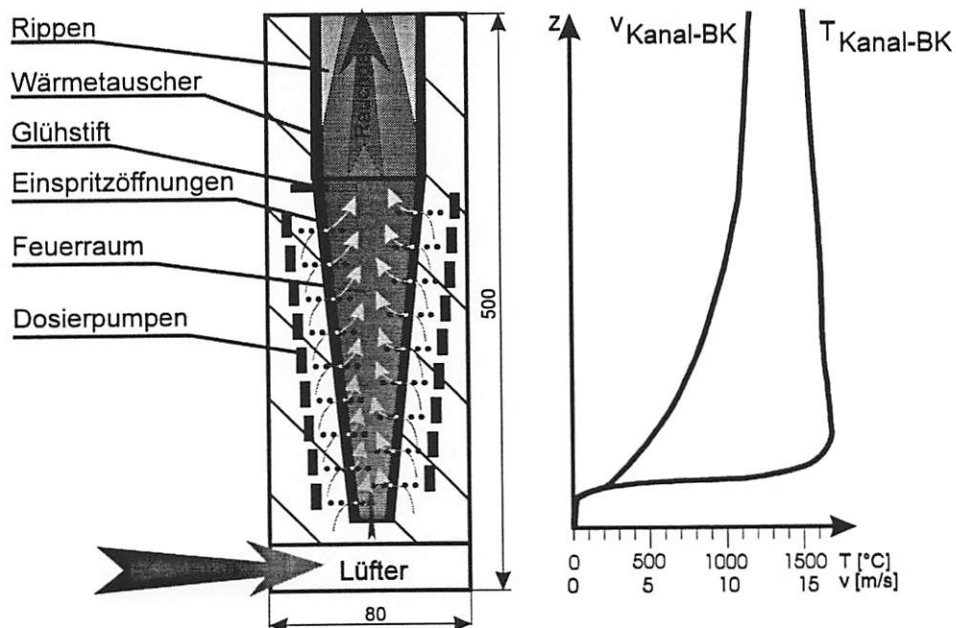


Bild 4



Auslegungsdiagramm für eine einzelne Dosierpumpe (Diesel / 500 W)

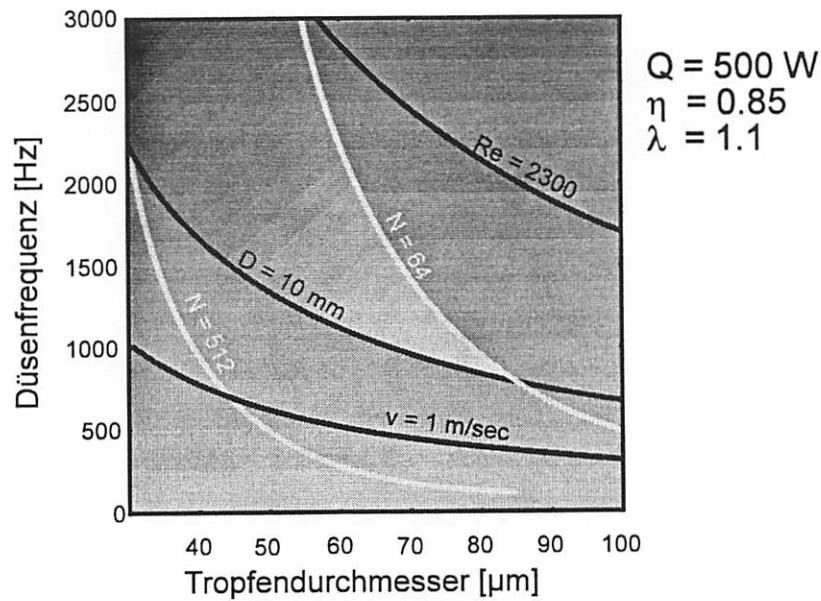


Bild 5



Aufbau und Funktion eines Bubble-Jet-Edge-Shooters

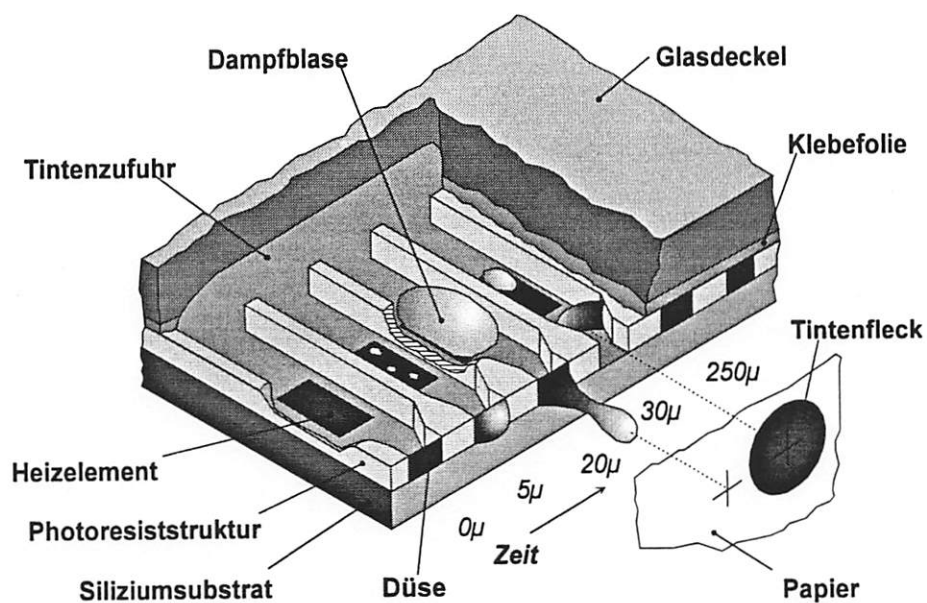


Bild 6

Piezo-Tropfenerzeuger-Prinzip

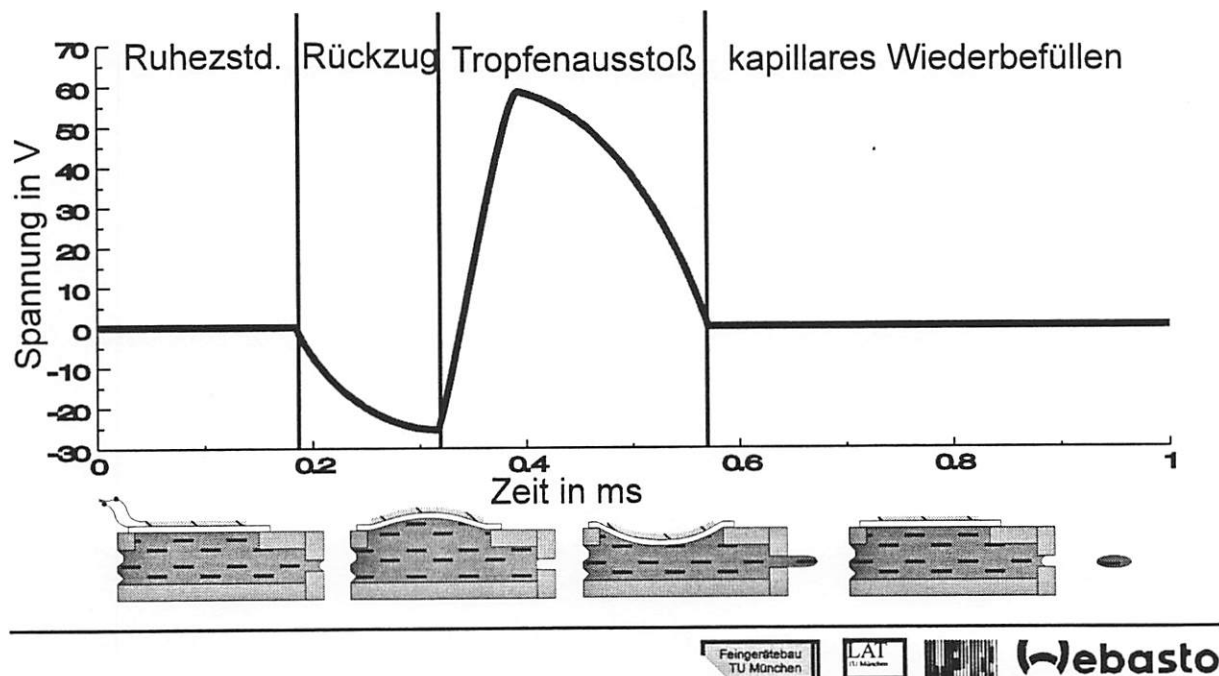
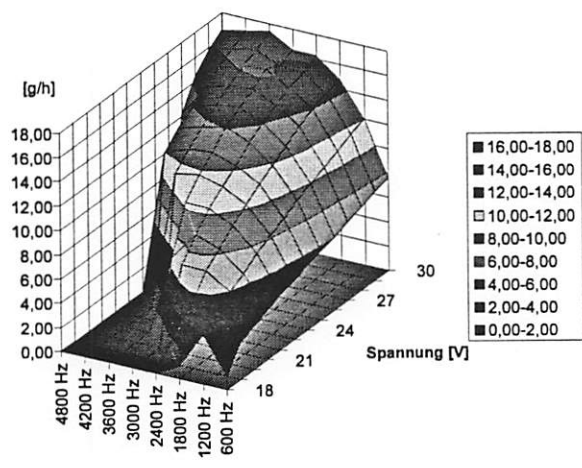


Bild 7

Förderrate [g/h] und durchschnittliche Tropfenmasse [ng] von Diesel aus 48 Düsen

(Versuch mit Epson Stylus 800 Druckkopf)

Förderraten Diesel [g/h]



Durchschnittliche Tropfenmasse Diesel [ng]

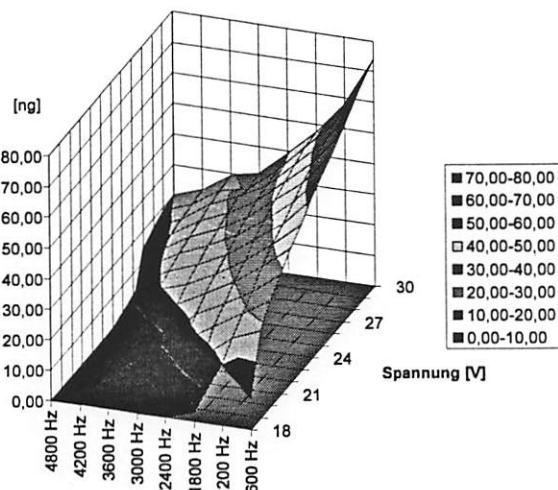


Bild 8



Verschiedene Piezo-Tropfenerzeuger Prinzipien

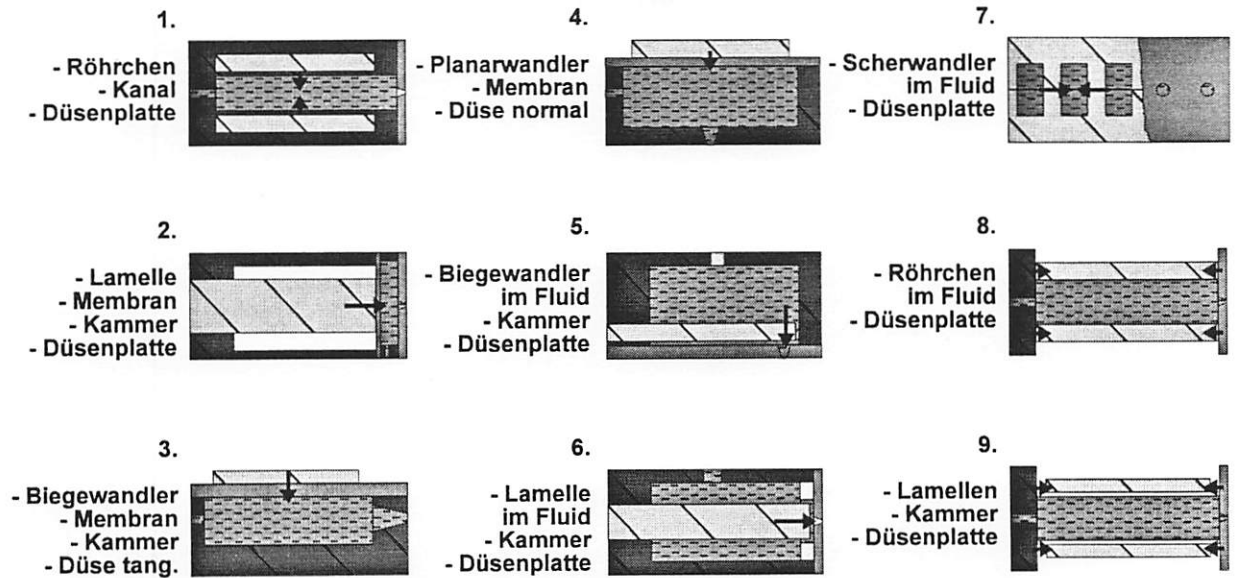


Bild 9



Funktionsprinzipien

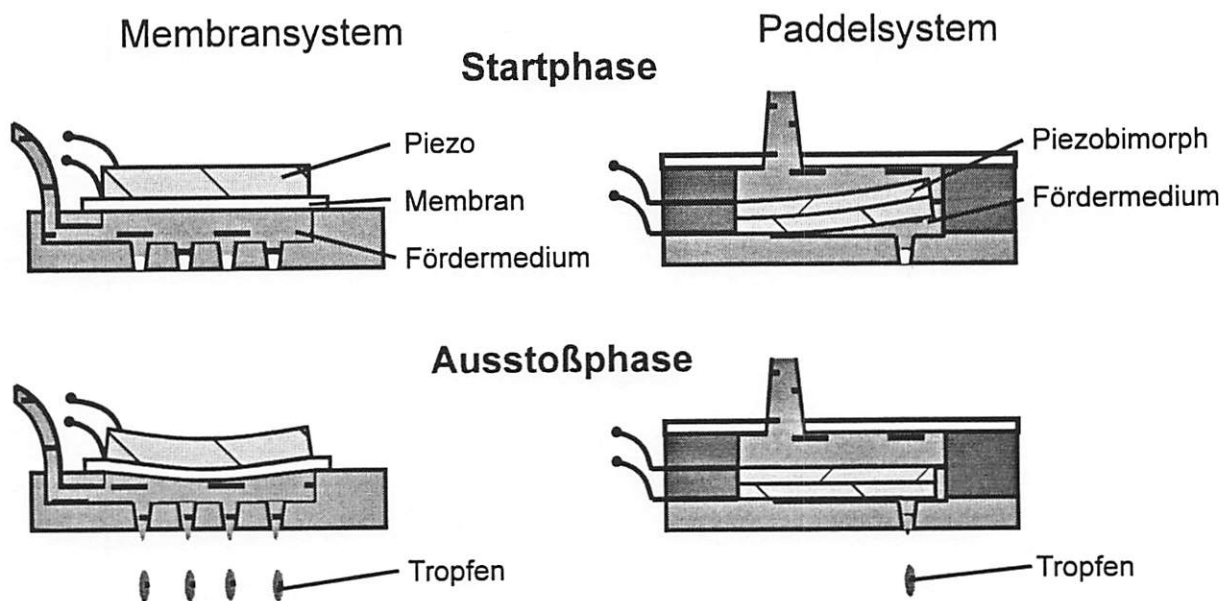


Bild 10

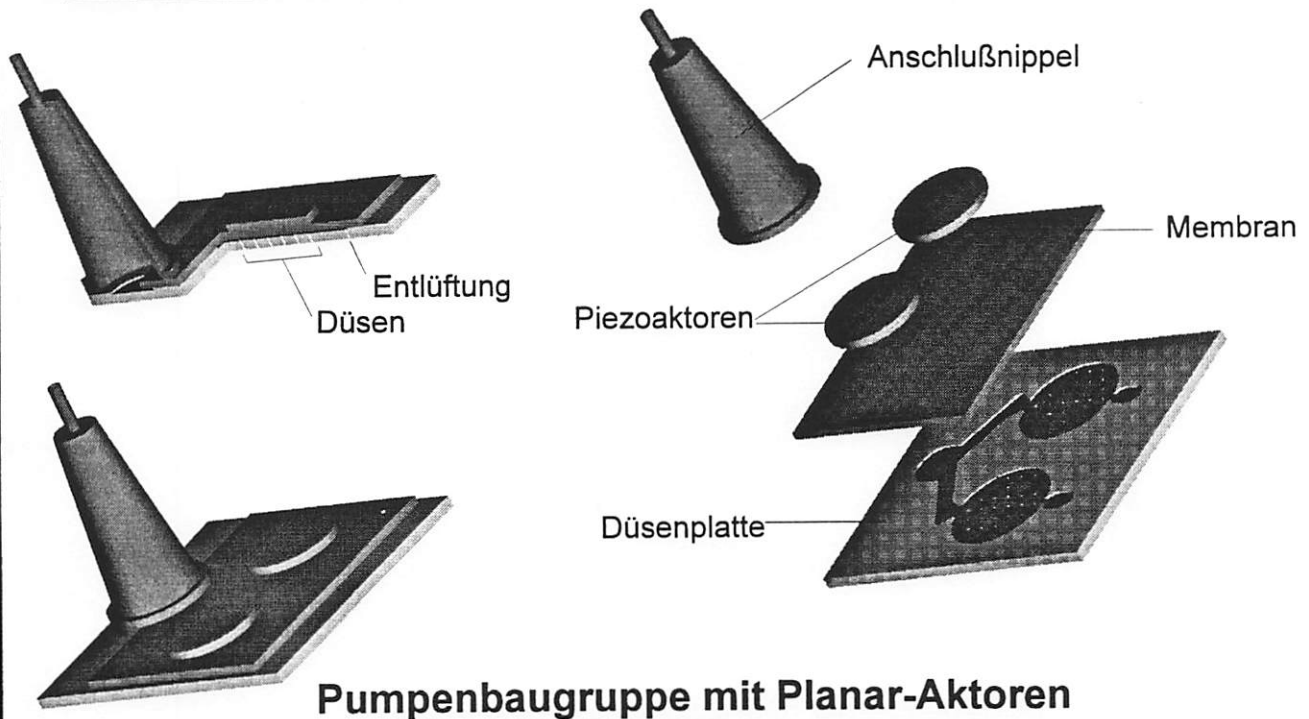


Bild 11

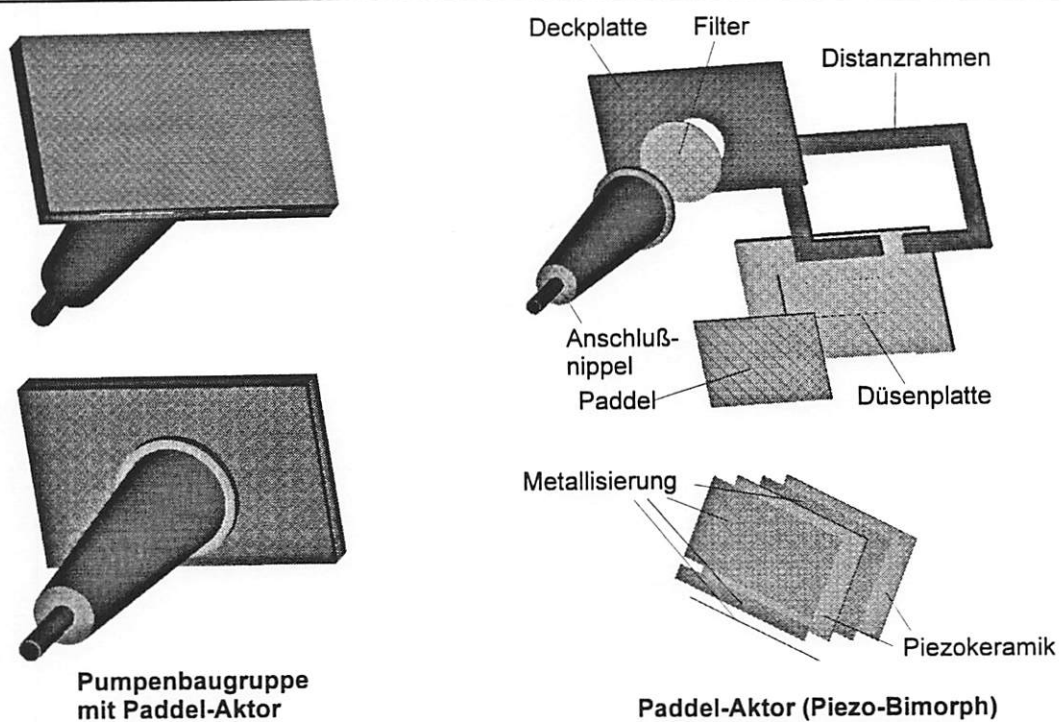


Bild 12



Leistungsdaten

		Membransystem	Paddelsystem
Außenabmessungen	[mm]	19•19•2	18•12•3
Düsenanzahl		2•19	17
Düsendurchmesser	[µm]	50	50
max. Spannung	[V]	120	150
Piezohub	[µm]	3,5	15
max. Frequenz	[Hz]	3000	2500
Fördermenge	[ml/h]	2•25	40



Bild 13



Zündkonfigurationen

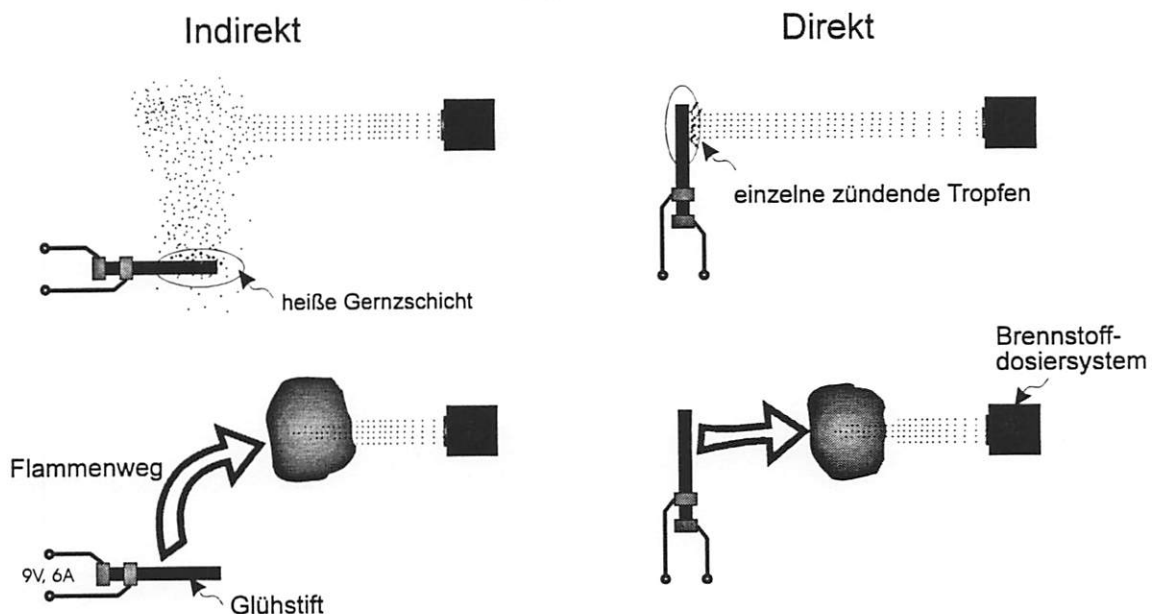


Bild 14



Experimenteller Aufbau Laser Induzierte Fluoreszenz (LIF)

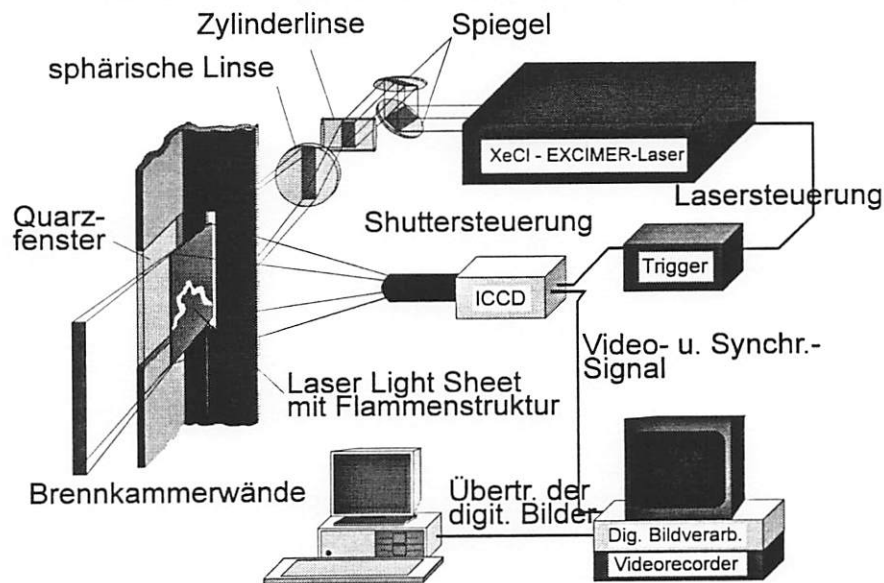


Bild 15



Lichtschnitt (LIF)

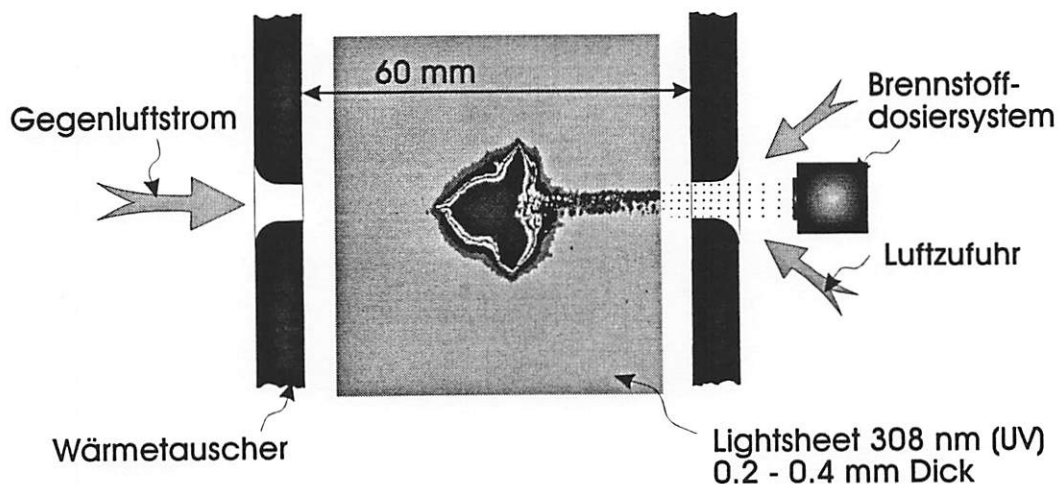


Bild 16