

**DURATEC**

**Analyse-technik GmbH**

# Pumpen, Dosieren und das ganze Drumherum

Dr. Gerald Degenhardt

# Agenda

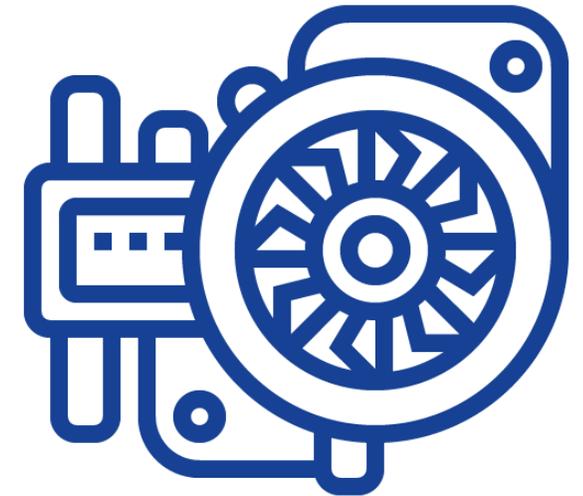
1. Grundlagen
2. Förderarten
3. Anschluss- & Verbindungskomponenten
4. Sensorik zur Überwachung
5. Anwendungen
6. Zusammenfassung
7. Kontaktdaten

# Grundlagen

- Begrifflichkeiten Pumpen/Dosieren
- Verdrängersystem
- Volumenstrom
- Druck
- Viskosität
- Fördermedien
- Beständigkeit/eingesetzte Materialien

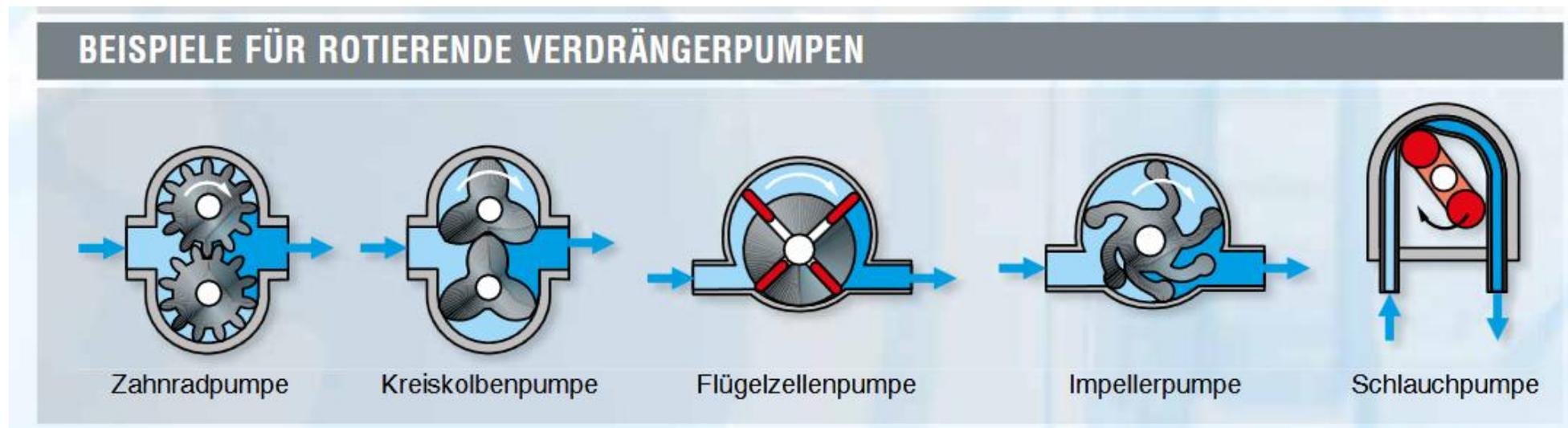
# Grundlagen - Begriffe

- **Pumpen** = kontinuierliches Fördern einer Flüssigkeit
  
- **Dosieren** = diskontinuierliches Fördern einer Flüssigkeit  
(bestimmt durch Volumen, Masse, Zeit)



# Grundlagen - Verdrängersystem

Verdrängerprinzip heißt, dass sich der für die Erzeugung eines Volumenstromes erforderliche Raum während eines Funktionszeitraumes geometrisch verkleinert (Druckperiode) und wieder vergrößert (Saugperiode). Der dabei aufzubringende Druck wird durch den Widerstand bestimmt, den das Antriebsglied (Zylinder, Motor) überwinden muss.



Quelle: © Gunt

# Grundlagen - Volumenstrom

$$Q = \frac{dV}{dt}$$

$$Q = v_A \cdot A$$

$$Q = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

$$m = \rho \cdot Q$$

Q: Volumen pro Zeit= Flussrate [m<sup>3</sup>/s]

V: Volumen [m<sup>3</sup>]

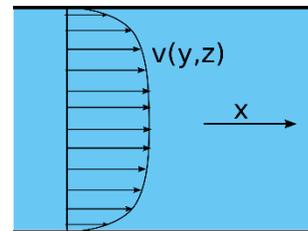
t: Zeit [s]

$v_A$  : Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

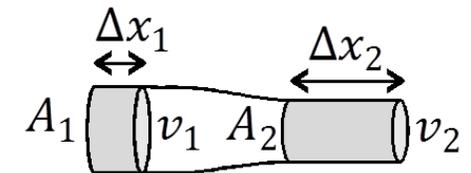
A: Querschnittfläche (Rohr) [m<sup>2</sup>]

m: Massenstrom [kg/s]

$\rho$ : spezifische Dichte [kg/m<sup>3</sup>]



Von Svebert - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39261524>



Von Guy vandegrift - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29981950>

# Grundlagen - Druck

Gerades Rohr - laminare stationäre Strömung - homogen Newton'sches Fluid

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l} \quad \text{Gesetz von Hagen-Poiseuille}$$

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \eta \cdot l \cdot Q}{\pi \cdot r^4}$$

Q: Volumenstrom = Flussrate [m<sup>3</sup>/s]

$\Delta p$ : Druckdifferenz [Pa]

r: Innenradius Rohr [m]

l: Länge des Rohrs [m]

$\eta$ : dynamische Viskosität [Pa·s]

**Beispiel 1: Wasser 20°C**

Q: 10ml/min

r: 0,5mm

l: 300cm

$\Delta p$ : 0,20bar

**Beispiel 2: Wasser 20°C**

Q: 10ml/min

r: 0,25mm

l: 300cm

$\Delta p$ : 3,20bar

**Beispiel 3: Wasser 20°C**

Q: 10ml/min

r: 0,5mm

l: 600cm

$\Delta p$ : 0,40bar

# Grundlagen - Viskosität

Die **Viskosität** bezeichnet die **Zähflüssigkeit** oder Zähigkeit von Flüssigkeiten und Gasen. Je höher die Viskosität ist, desto dickflüssiger (weniger fließfähig) ist das Fluid; je niedriger die Viskosität, desto dünnflüssiger (fließfähiger) ist es. Die *dynamische* Viskosität ist das Verhältnis von Schubspannung und Geschwindigkeitsgradient.

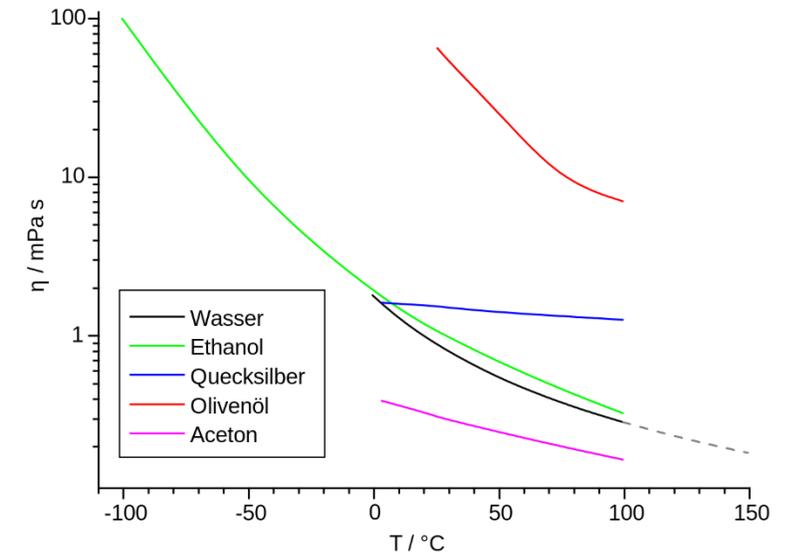
$\eta$  : dynamische Viskosität [Pa·s]

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \eta \cdot l \cdot Q}{\pi \cdot r^4}$$

<b>Bespiel 1:</b>	<b>Wasser 20°C</b>
$\eta$ :	1 mPa·s
Q:	5ml/min
r:	0,5mm
l:	300cm
$\Delta p$ :	0,10bar

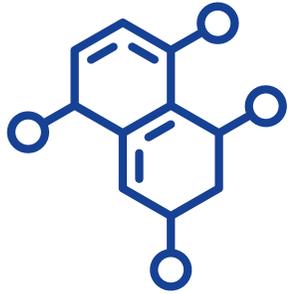
<b>Bespiel 2:</b>	<b>Wasser 25°C</b>
$\eta$ :	0,89 mPa·s
Q:	5ml/min
r:	0,5mm
l:	300cm
$\Delta p$ :	0,09bar

<b>Bespiel 3:</b>	<b>Olivenöl 20°C</b>
$\eta$ :	100 mPa·s
Q:	5ml/min
r:	0,5mm
l:	300cm
$\Delta p$ :	10,32bar



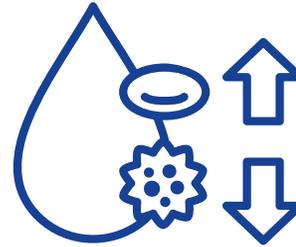
Von Prolineserver - self made, values mainly taken from Kaye & Laby and Handbook of Physics, Walter Beneson et al., Springer, New York, 2002, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1486199>

# Grundlagen - Fördermedien



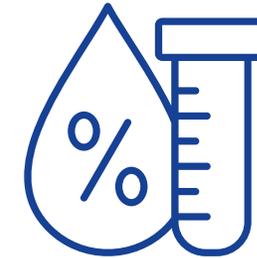
## Chemische Eigenschaften

- Stoffgruppe (wässrig, organisch, ...)
- Reaktive Gruppen
- pH-Wert



## Physikalische Eigenschaften

- Viskosität
- Dampfdruck
- Kompressibilität



## Zusammensetzung

- Reines Medium
- Lösung
- Gemisch
- Suspension
- Emulsion

**Auswahl Pump- / Dosiersystem**

# Grundlagen - Beständigkeit



## Mechanische Beständigkeit

- Druck
- Abrieb / Verschleiß

## Chemische Beständigkeit

- Korrosion
- Auflösen
- Quellen

## Fluidführende Komponenten

- Metalle (SS, Titan, Hastelloy, ...)
- Glas (Borosilikat,...)
- Keramik & überharte Werkstoffe (Zirkonoxid, Saphir, Rubin,..)
- Kunststoffe (PTFE, PCTFE, Silikon, Viton,..)

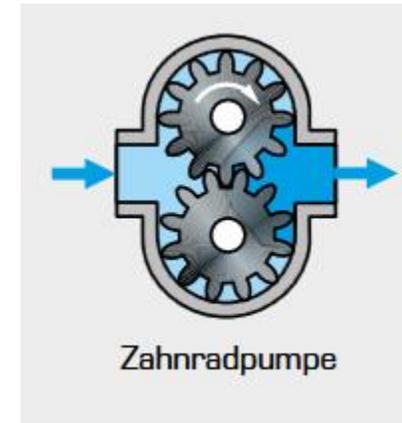
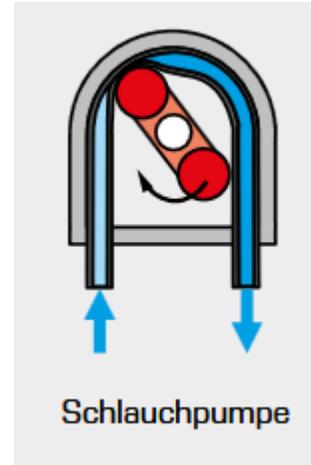
**Auswahl Pump- / Dosiersystem**

# Agenda

1. Grundlagen
- 2. Förderarten**
3. Anschluss- & Verbindungskomponenten
4. Sensorik zur Überwachung
5. Anwendungen
6. Zusammenfassung
7. Kontaktdaten

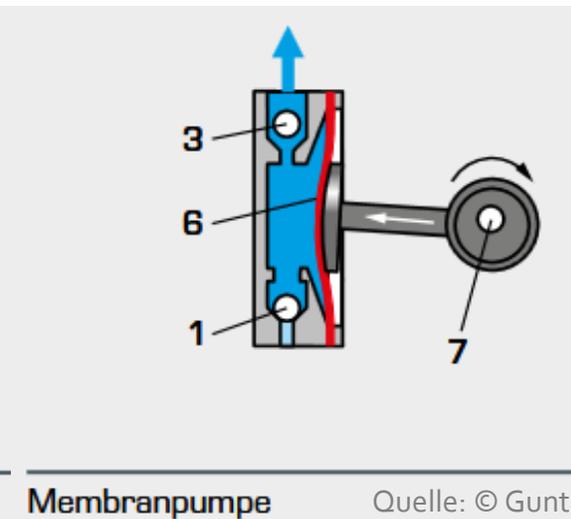
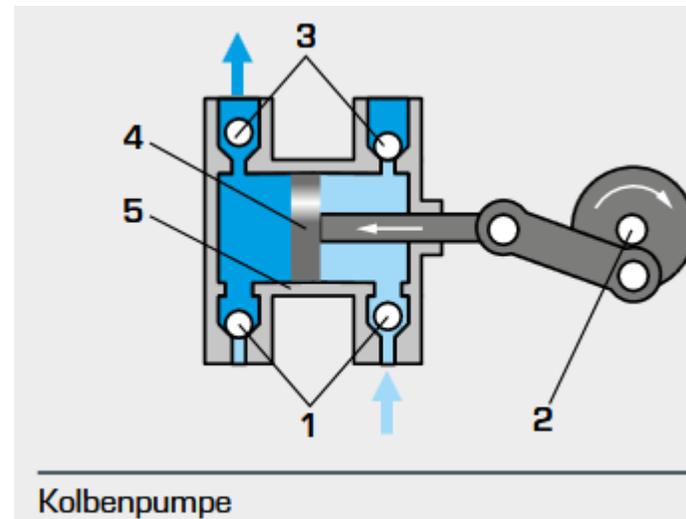
# Förderarten

- Membranpumpe
- Schlauchpumpe
- Zahnradpumpe
- Zahnringpumpe
- Exzentrerschneckenpumpe
- Kolbenpumpe
- Spritzenpumpe
- Spezifikationen



## Aufbau von oszillierenden Verdrängerpumpen

- 1 Saugventil,
- 2 Kurbeltrieb,
- 3 Druckventil,
- 4 Kolben,
- 5 Zylinder,
- 6 Membrane,
- 7 Exzentertrieb



Quelle: © Gunt

# Förderarten - Membranpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Auslenkung Membran (hydr./pneum./mech./elektromag.)

Ein- & Auslassventil (aktiv oder passiv)

Trennung Antrieb zu Medium durch Membran

## Anwendungsbereich:

Diverse Industriezweige & Anwendungen

Förderung Schlämme und Verunreinigung

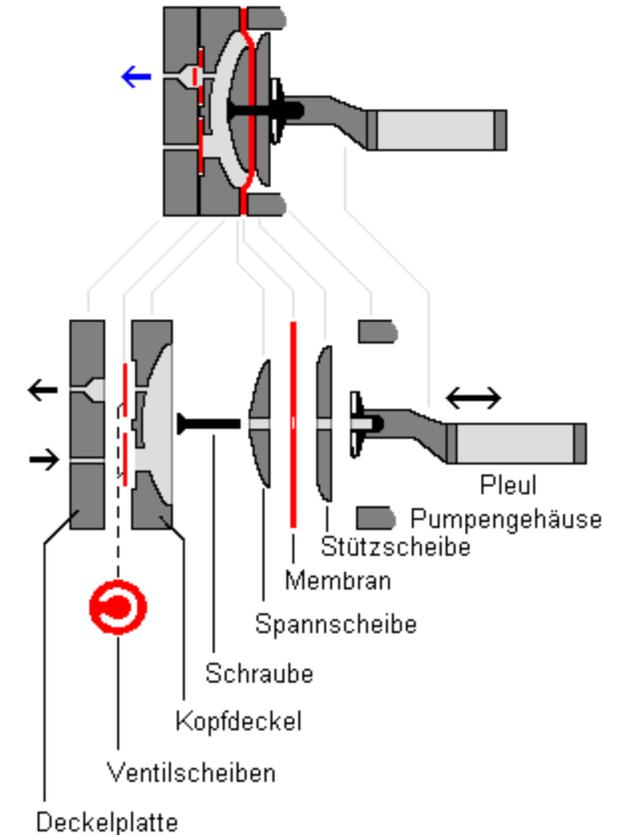
Aggressive Medien (in PTFE Ausführung)

## Vorteile:

abrasive Medien

## Nachteile:

niedrige Drücke



Quelle: © Freie Universität Berlin

# Förderarten - Schlauchpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Radiales Wirksystem

Abklemmstelle Schlauch wird bewegt -> Förderung

Entspannung Schlauch -> Ansaugen

## Anwendungsbereich:

Pharma , Lebensmittel, Chemie, Medizin, Industrie

## Vorteile:

- Medien mit Partikel
- sterilisierbar
- schonende Förderung (z.B) Zellen
- minimaler Wartungsaufwand
- zwei Laufrichtungen

## Nachteile:

- niedrige Drücke
- Ermüdung Schlauch -> Flussungenauigkeit
- Pulsation
- empfindlich gegenüber Druckschwankung, da elastischer Schlauch



Quelle: © ROWASOL GmbH

# Förderarten - Zahnradpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Gehäuse mit Zu- & Ablauf + 2 Zahnräder

## Anwendungsbereich:

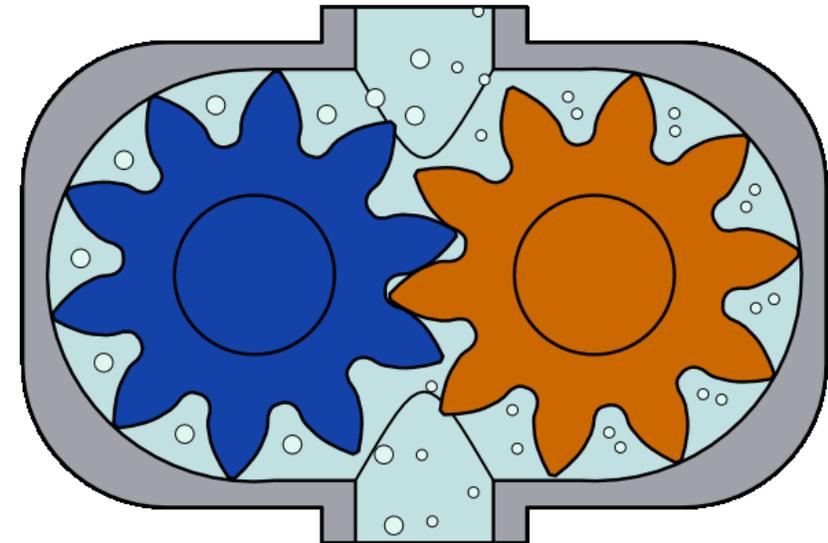
Öl & Kraftstoffe  
Dosierprozesse

## Vorteile:

- einfach & robust
- pulsationsarm
- hohe Drücke
- viskose Medien

## Nachteile:

- Verschleiß



Von Jahobr - Eigenes WerkInspired by File:Pumpa 1.gif from RoboTooth shape adapted from File:Terms involute gears.PNG from Bokai, CCo, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13281206>

# Förderarten - Zahnringpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Treibendes Zahnrad läuft exzentrisch  
Volumen Verdrängungsraum ändert sich

## Anwendungsbereich:

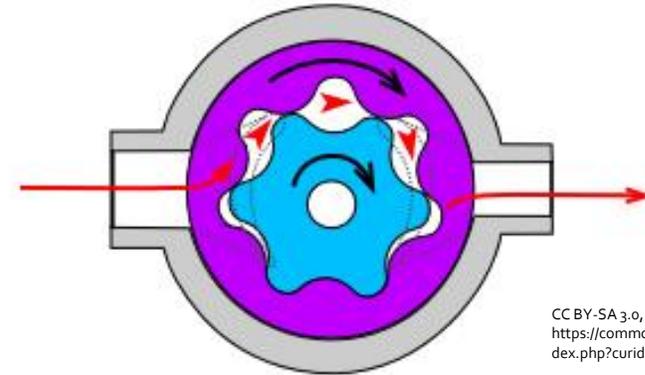
Dosierprozesse unterschiedliche Branchen

## Vorteile:

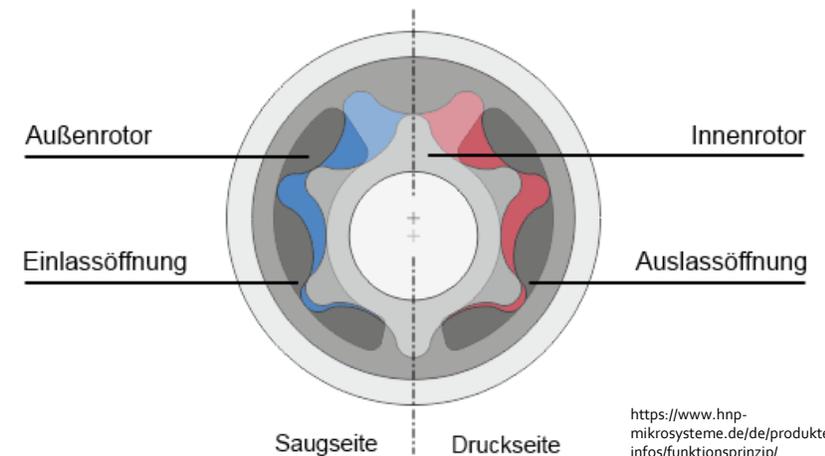
- einfach & robust
- pulsationsarm
- mittlere Drücke
- viskose Medien

## Nachteile:

- Verschleiß



CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38794>



<https://www.hnp-mikrosysteme.de/de/produkte/technische-infos/funktionsprinzip/>

# Förderarten - Exzenterpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Rotierende Verdrängerpumpe  
Rotor & Stator (ein Gewindegang mehr, doppelte Steigungslänge)  
Rundgewindeschraube mit großer Steigung

## Anwendungsbereich:

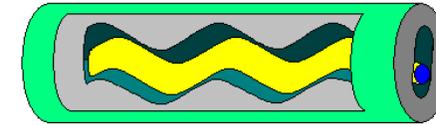
Förderung von dickflüssigen, viskosen und abrasiven Medien,  
Feststoffe

## Vorteile:

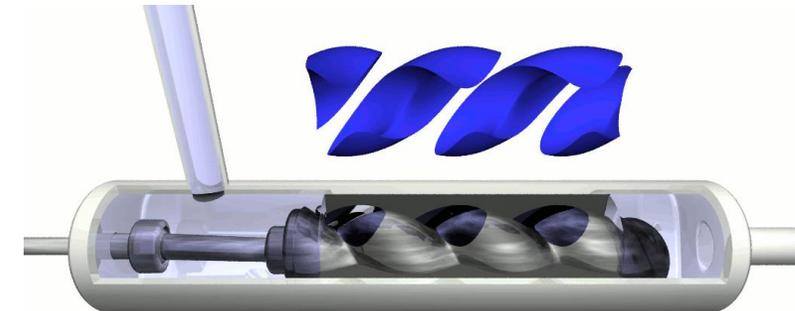
- pulsationsarm
- schonend
- viskose Medien

## Nachteile:

- Genauigkeit



Von Shannon, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23860904>



Von Petteri Aimonen - Eigenes Werk, Gemeinfrei,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8112239>

# Förderarten - Kolbenpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Zylinder/Pumpengehäuse & Kolben mit Zu- & Ablauf  
Ein- & Auslassventil (aktiv oder passiv)  
1-Kolben (diskonti.) bzw. 2-Kolbensysteme (konti.)

## Anwendungsbereich:

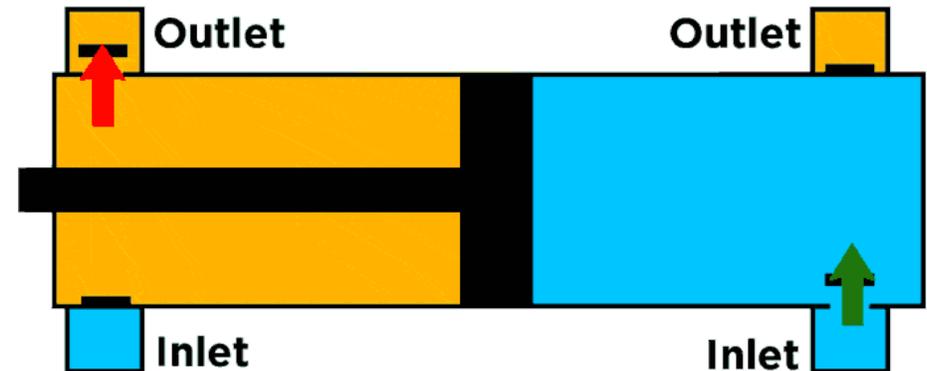
HPLC, Dosierpumpe

## Vorteile:

Erhältliche für unterschiedliche Druck- & Volumenbereiche

## Nachteile:

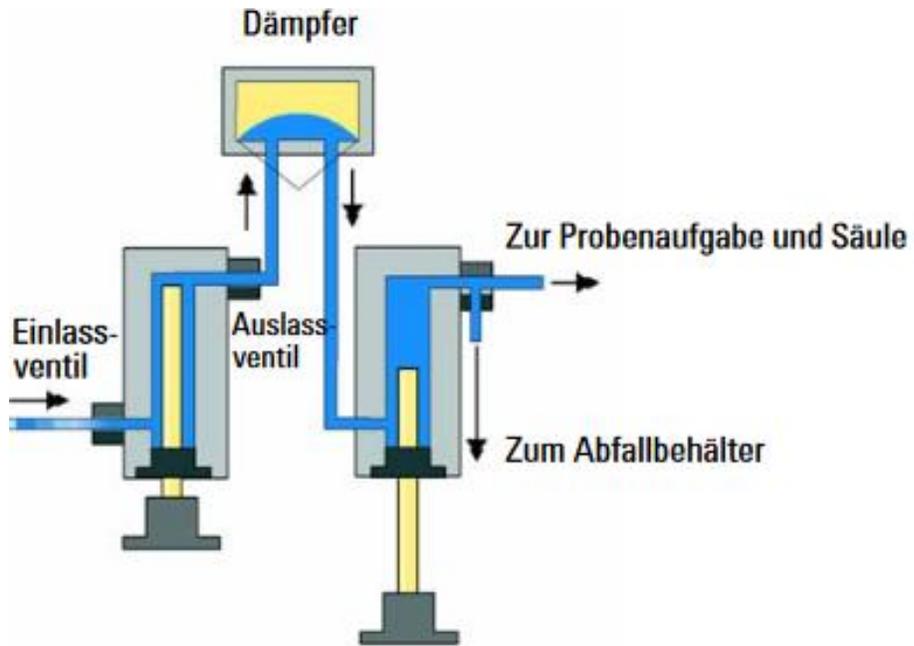
je nach Bauart Pulsation



Quelle: © Colnet

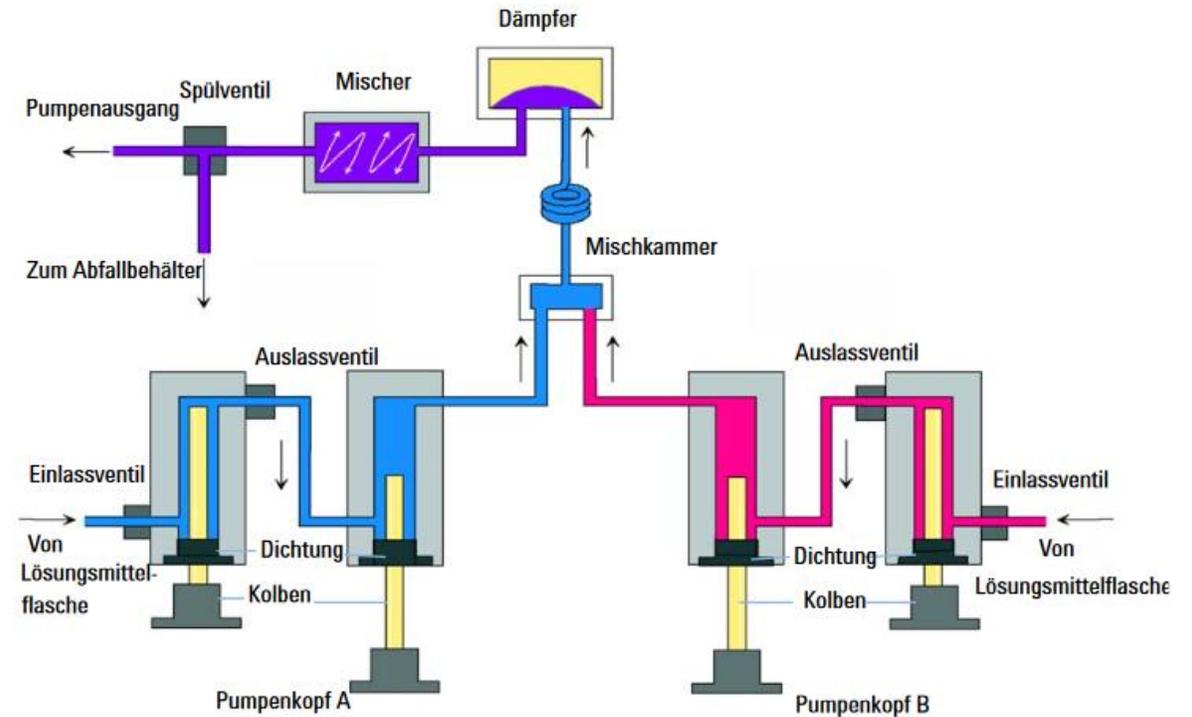
# HPLC Pumpe

## Doppelkolbenpumpe



Quelle: Agilent

## Binär Pumpe



Quelle: Agilent

# Förderarten - Spritzenpumpe

## Funktionsprinzip/Aufbau:

Sonderform der Kolbenpumpe  
zwangsgesteuerte Ventile (aktiv)

1-Spritzensystem (diskonti.)

2-Spritzensystem (konti.)

## Anwendungsbereich:

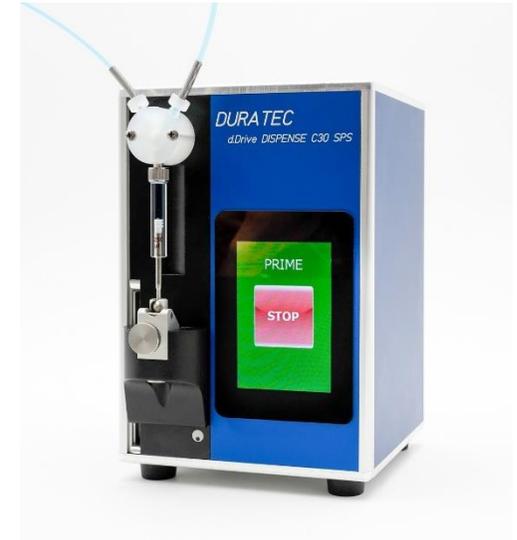
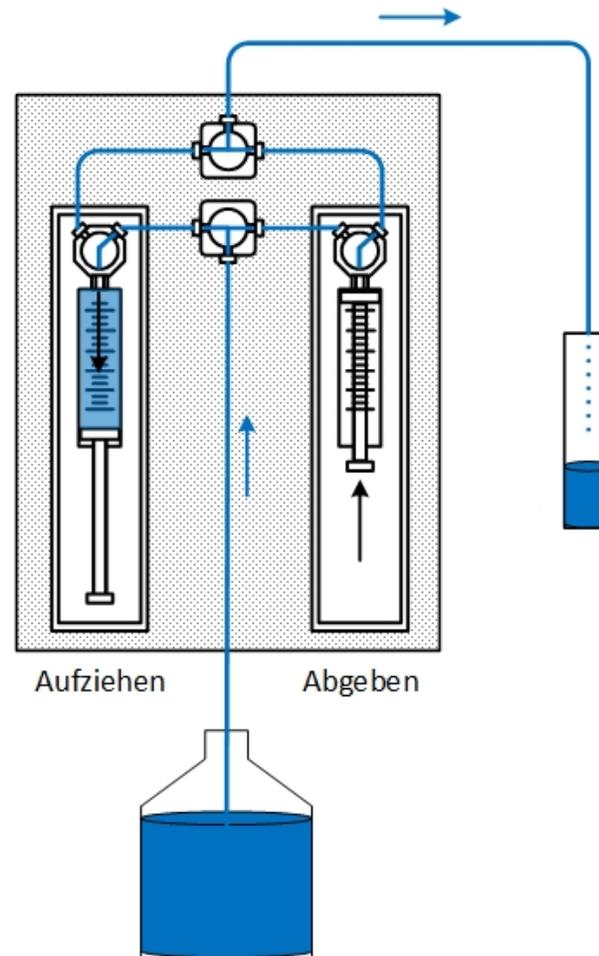
Dosierpumpen

## Vorteile:

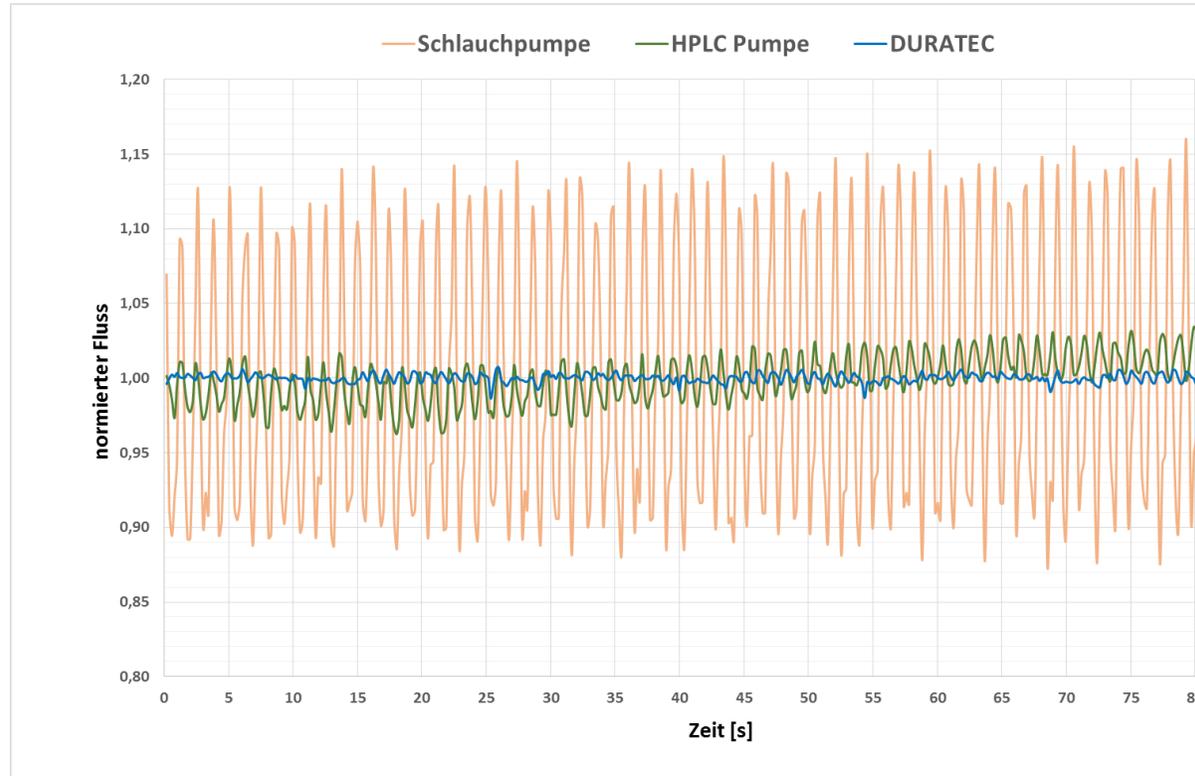
- pulsationsarm
- großer Flussbereich

## Nachteile:

- Keine hohen Drücke



# Förderarten - Pulsation



**Mittlerer Volumenstrom stimmt**

# Förderarten – Fluss- & Dosiergenauigkeit

<b>Richtigkeit</b> (Absolutgenauigkeit):	Abweichung Soll/Ist-Wert	(Ermittlung über Mittelwert)
<b>Präzision</b> (Wiederholgenauigkeit):	Streuung der Ist-Werte	(Ermittlung über Standardabweichung)

---

<b>Flussgenauigkeit:</b>	Flussratenmesser (Richtigkeit & Präzision) Waage+ Stoppuhr (Richtigkeit)
<b>Dosiergenauigkeit:</b>	Waage (Richtigkeit & Präzision)

---

Fluss- & Dosiergenauigkeit ist bedingt durch die Förderart, Förderbedingungen und die technische Ausführung des Systems. Sie kann sich durch Verschleiß ändern und sollte regelmäßig überprüft werden.

# Förderarten - Überblick

	Membran	Schlauch	Zahnrad	Zahnring	Exzenter	Kolben	Spritzen
Druck	--	-	+	+	+	+++	-
Flussratenbereich	+++	+	++	+	+	+++	+
Genauigkeit	+	-	+	++	--	+	+++
Partikel	+++	+++	---	---	+++	---	--
Pulsation	--	---	+	++	++	-	+++
Selbstansaugend	ja	ja	ja*	ja*	ja	ja	ja
Trockenlauf	ja	ja	nein	nein	bedingt	nein	bedingt
Unterhaltungsaufwand	o	++	+	+	o	---	+
Unterhaltungskosten	++	++	-	-	o	---	-
Ventil	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja
Verschleiß	+	---	--	--	o	---	-
Viskosität	+	o	++	++	+++	+	++

# Agenda

1. Grundlagen
2. Förderarten
- 3. Anschluss- & Verbindungskomponenten**
4. Sensorik zur Überwachung
5. Anwendungen
6. Zusammenfassung
7. Kontaktdaten

# Anschluss- & Verbindungskomponenten



**Kapillare, Schläuche**



**Fittinge**



**Adapter**



**Verteiler**

**Auswahl gemäß:**

- Anschlussgeometrie
- Förderraten, Totvolumen
- Druck, Temperatur
- Chemische Beständigkeit

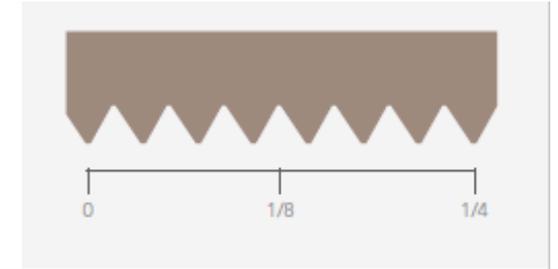
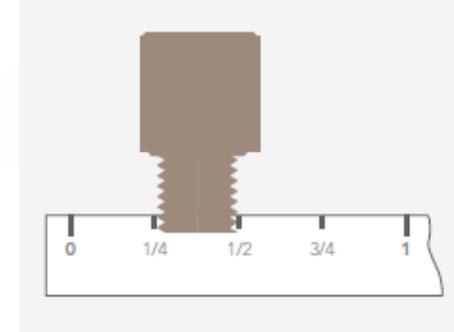
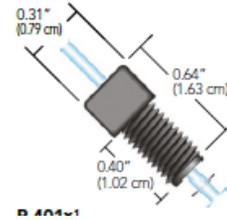
# Anschluss- & Verbindungskomponenten



## Kapillare, Schläuche

	Druck	Temp.	Beständigkeit	Gasdurchlässigkeit	Formbarkeit
Edelstahl	HD	<400°C	unbeständig für manche Säuren und Chlorverbindungen	nein	gut-mittel
PEEK	HD	< 100°C	inert (außer Methylenchloride, DMSO, THF, hochkonzentrierte Schwefel- & Salpetersäure)	sehr gering	weniger gut
PTFE	ND	< 80°C	inert	ja	gut
FEP	ND	< 50°C	inert	gering	gut
Silikon	ND	< 200°C	stark eingeschränkt	gering	sehr gut

# Anschluss- & Verbindungskomponenten



## Fittinge

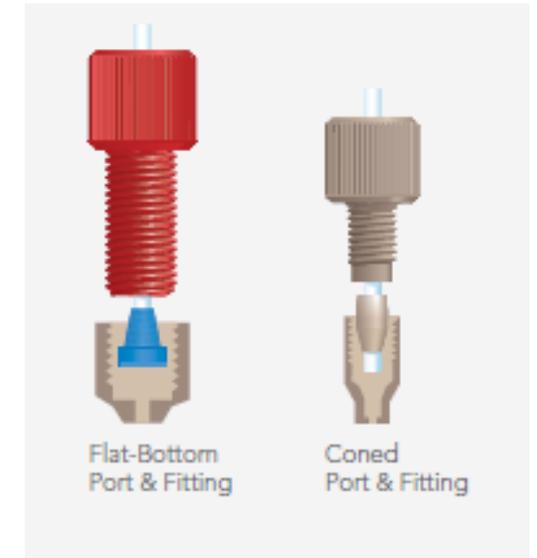
Fitting	Schlauch	Port	Empfohlen
Kunststoff	Kunststoff	Kunststoff	Ja
Kunststoff	Stahl	Kunststoff	Ja
Kunststoff	Stahl	Stahl	Ja
Kunststoff	Kunststoff	Stahl	Ja
Stahl	Stahl	Stahl	Ja
Stahl	Kunststoff	Stahl	Nein
Stahl	Kunststoff	Kunststoff	Nein
Stahl	Stahl	Kunststoff	Nein

### U.S. Standard-Gewinde

6-40	
6-32	
10-32	
1/4-28	
5/16-24	
1/2-20	

### Metrische Gewinde

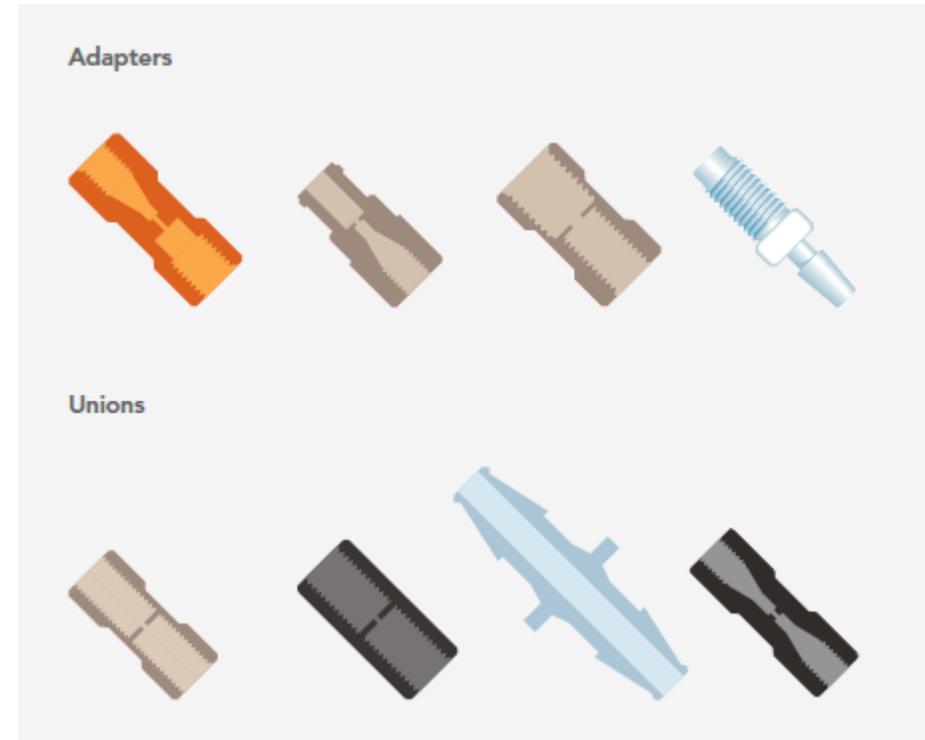
M4 x 0.7	
M6 x 1	



Quelle: IDEX Health & Science

# Anschluss- & Verbindungskomponenten

## Adapter & Verteiler



Quelle: IDEX Health & Science

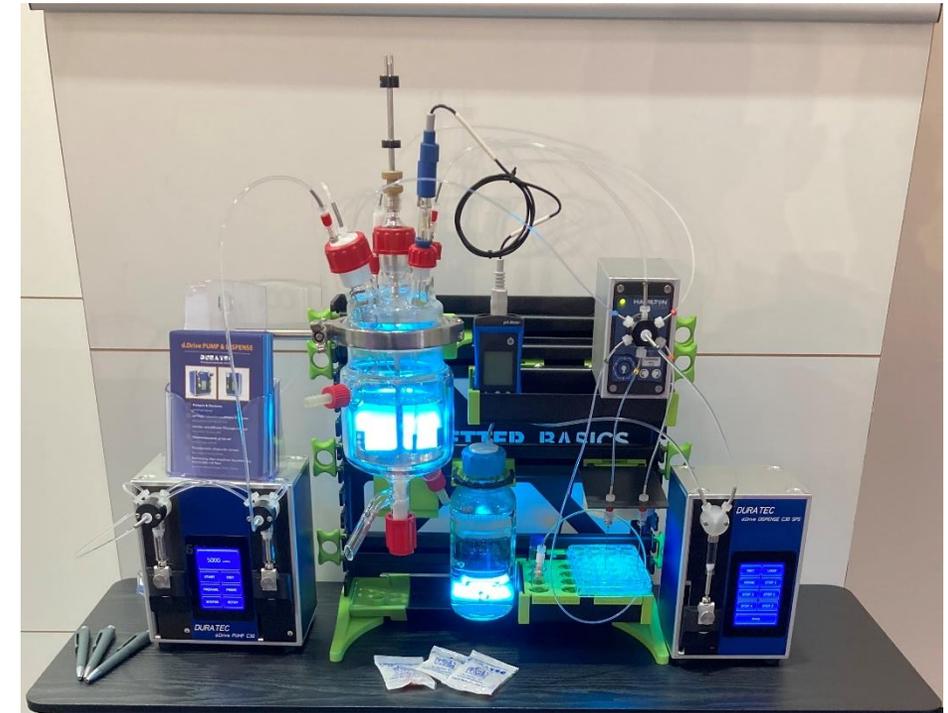
# Agenda

1. Grundlagen
2. Förderarten
3. Anschluss- & Verbindungskomponenten
- 4. Sensorik zur Überwachung**
5. Anwendungen
6. Zusammenfassung
7. Kontaktdaten

# Sensorik

Parameter	Flussrate	Füllstand	Druck	Leckage	Temperatur	pH	Störung
Beispielfotos							
Gerät	Flowmeter	Level-Sensor	Inline-Druck-Sensor	Leck-Sensor	Digital-thermometer	Elektrochemische Sensoren	Blasensensor
Bereich	0,05-10,0ml/min	leer/voll	Diverse Druckbereiche je nach Ausführung	Konzentration, Undichtigkeit, Leckage	-100 - +1000°C	0-14	ja/nein
Anwendungen Beschreibung	Überprüfung von Pumpen  Volumetrische Messung  Genauigkeit : <1%  Reproduzierbar. : <1%  Auflösung: 0.0001ml/min  RS-232-Schnittstelle  Inkl. Zertifikat	Vorratsgefäße Abfallflaschen  Kapazitive-Messzelle  Näherungsschwelle einstellbar  Akustisches Signal  Verzögerungszeit zur Reaktion  Relaiskontakte zum Datensystem	Druckaufzeichnung Druckabschaltung	Sensoren für Gase & Lösemitteldämpfe  Schwellwert einstellbar  Erkennung von Undichtigkeiten und Leckagen	Diverse Sensoren  RS232 Schnittstelle  Datenlogger  Inkl. Zertifikat	Chemie Pharma Lebensmittel Umwelt  BNC, DIN, Lemo  unterschiedliche Dicken  Inkl. Temperaturfühler  Puffer	Fluidpfade Pumpen Verdüner  justierbar TTL Signal  Aufzeichnung Störung  Stopp-Signal

# Sensorik

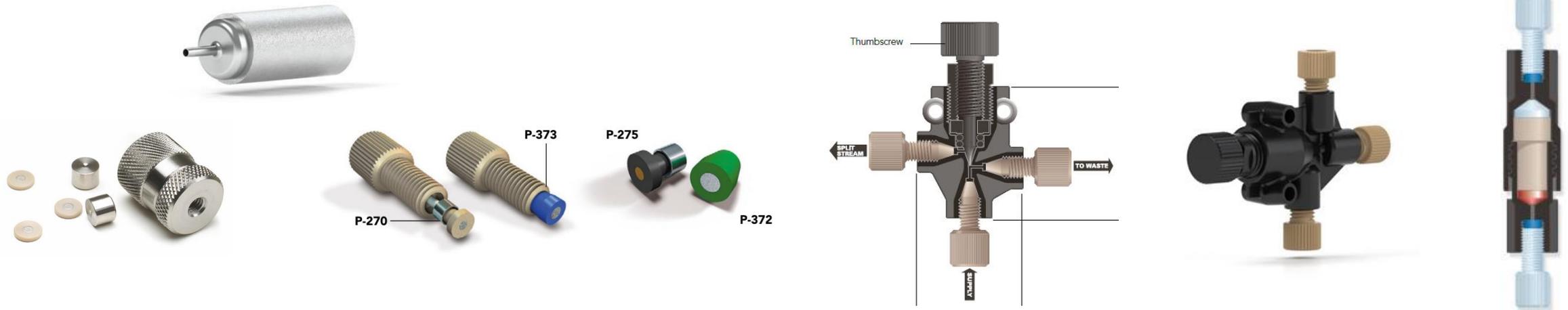


# Agenda

1. Grundlagen
2. Förderarten
3. Anschluss- & Verbindungskomponenten
4. Sensorik zur Überwachung
- 5. Anwendungen**
6. Zusammenfassung
7. Kontaktdaten

# Anwendungen - Tipps

- **Ansaugen viskose Medien** → Druckbeaufschlagung Vorratsbehälter
- **Ansaugen leichtflüchtige Medien** → Kühlen, Druck, Rückschlagventil
- **störende Partikel** → Ansaug- oder Inlinefilter
- **zu hoher Fluss** → Flowsplit
- **zu hoher Druck** → Überströmventil



Quelle: IDEX Health & Science

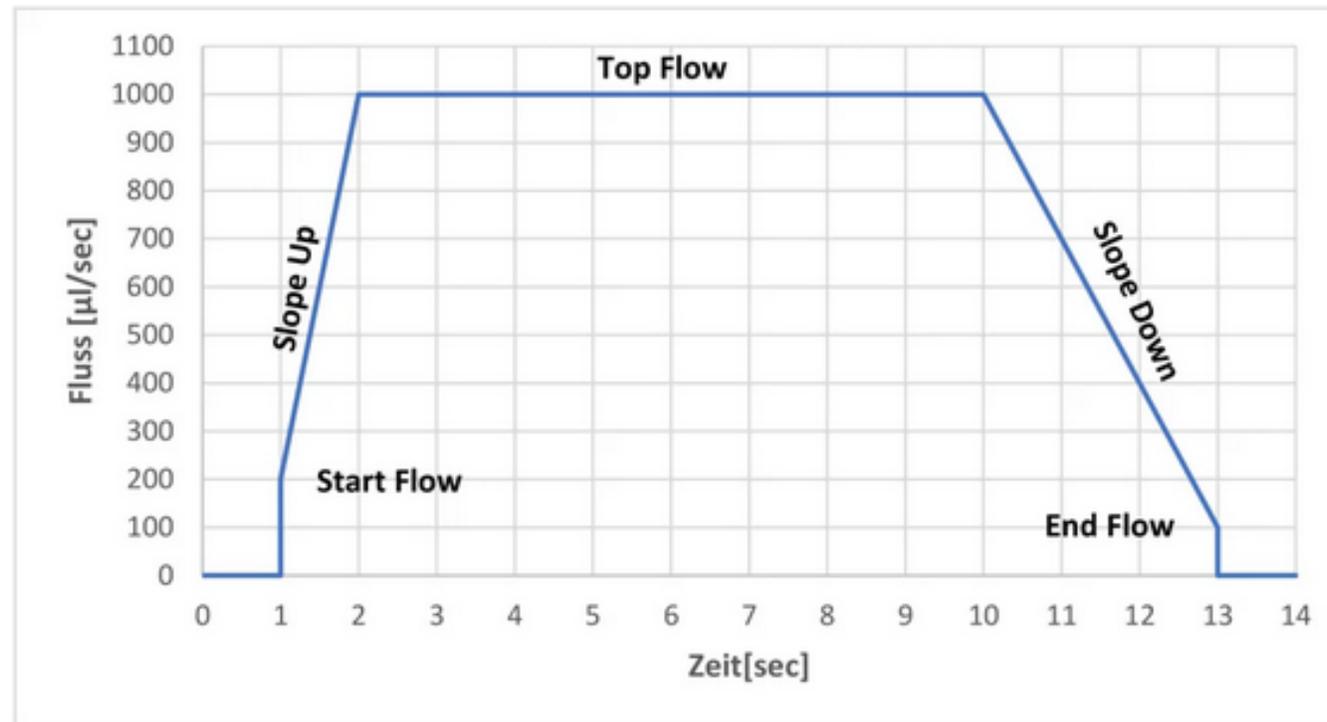
# Anwendungen - Tipps

- **Pulsation** → Pulsationsdämpfer
- **Sicherheit** → Sicherheitsbehälter / Sicherheitsverschluss
- **Störende Luftblasen** → Entgasung
- **Dosierung Tropfenabriss** → Geschwindigkeit, Beschichtung

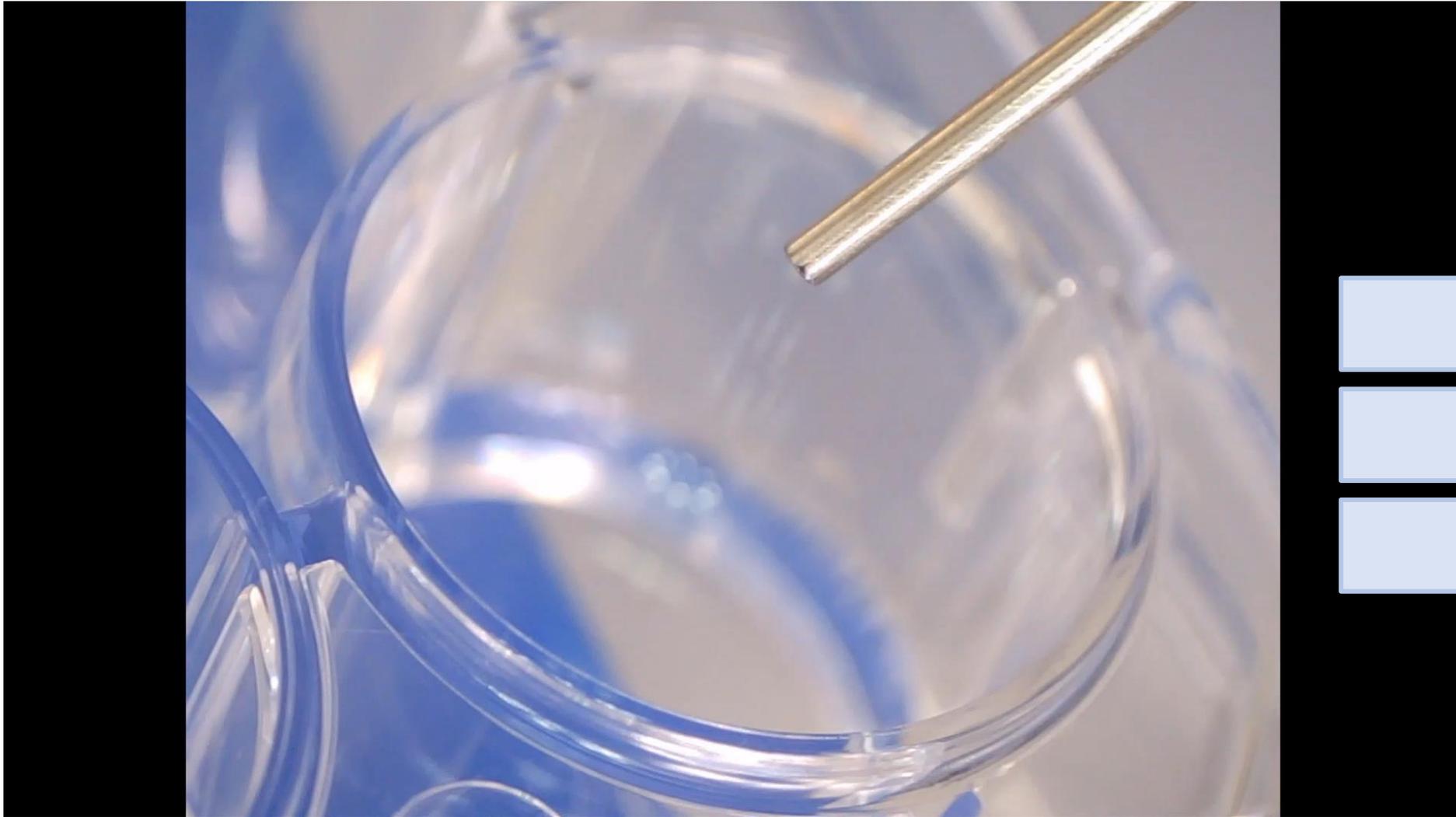


# Anwendungen - Tipps

Durch die Änderung dieser Dosierparameter kann auf die Fließ- und Dosiereigenschaften des jeweiligen Mediums für eine optimale Dosierung eingegangen werden, z.B. Ansaug- & Einstrahlverhalten, Tropfenabriss



# Anwendungen - Tipps



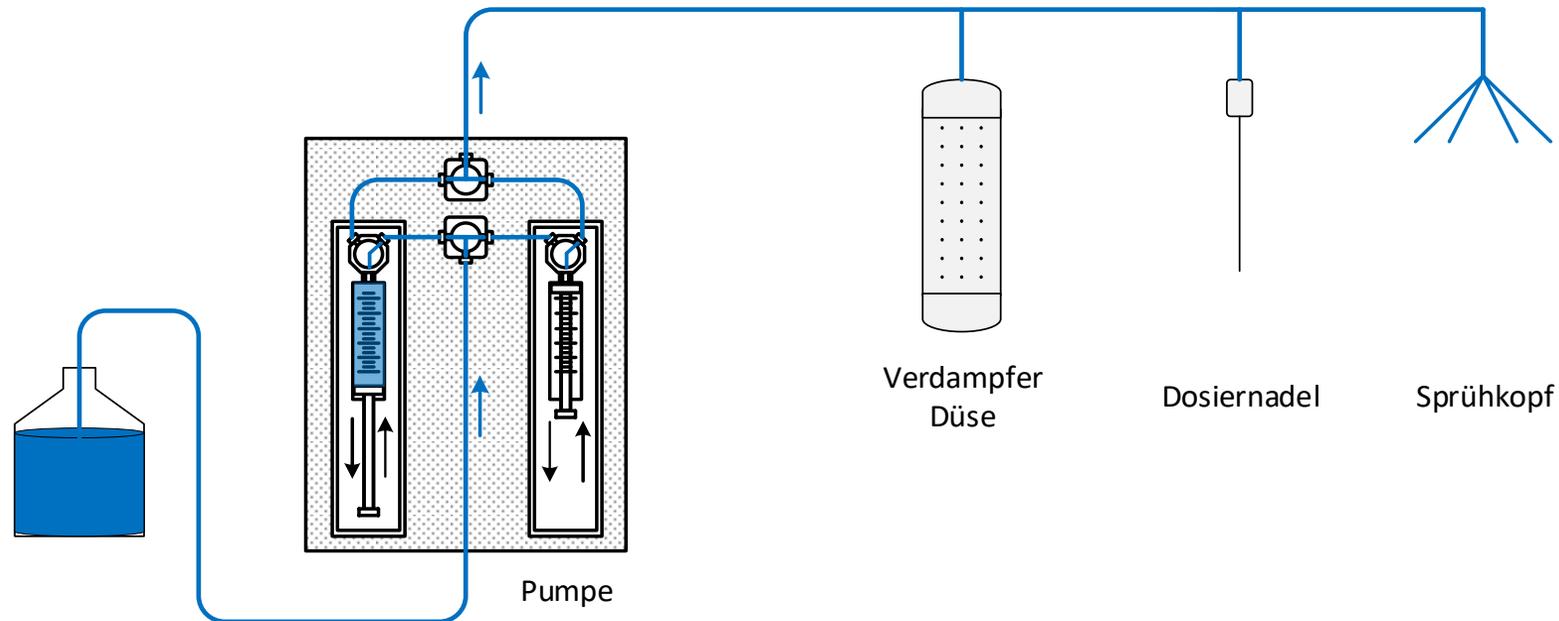
500µl

50µl

5µl

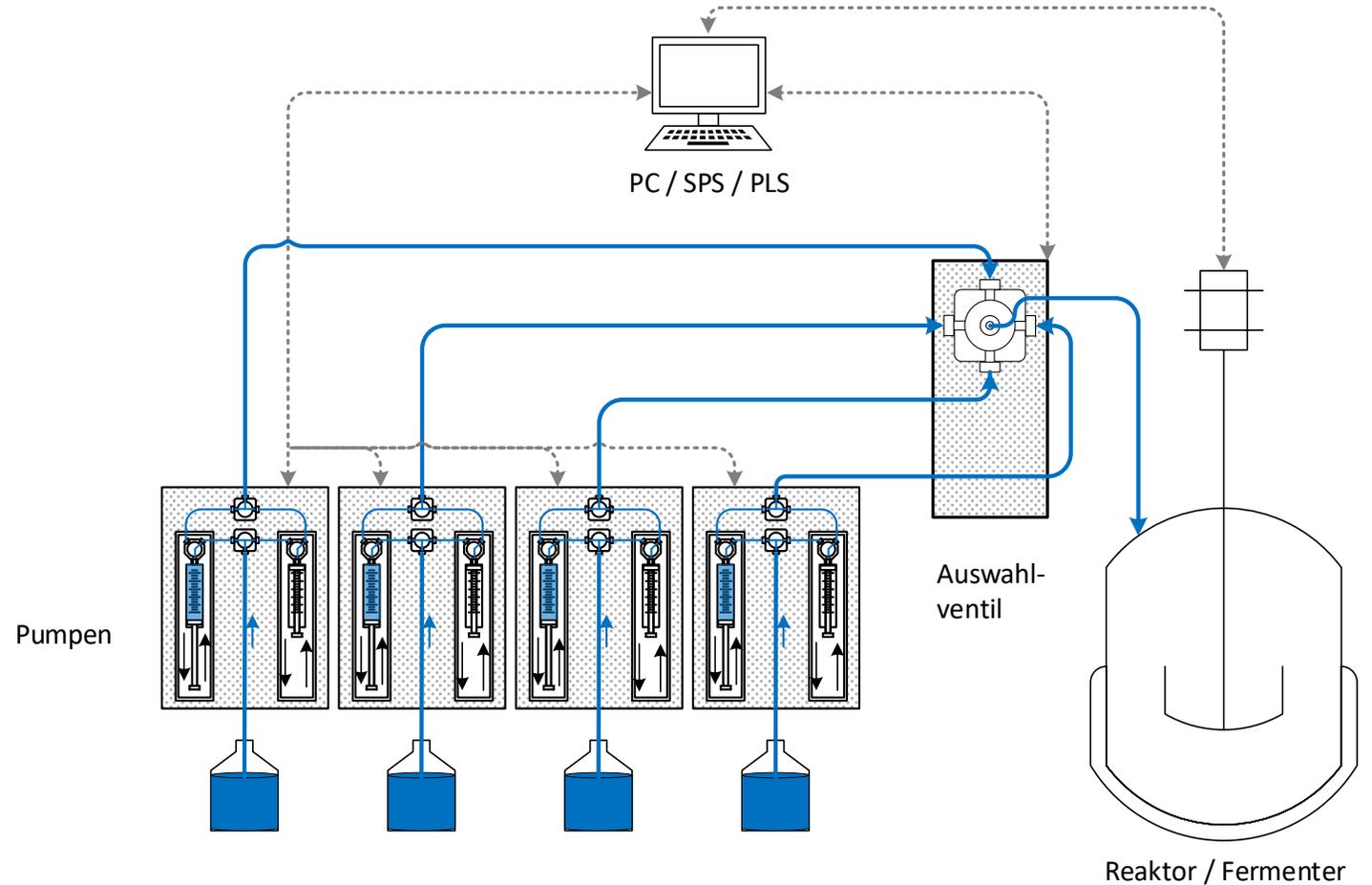
# Verdampfen / Dosieren / Sprühen

- Abfüllungen
- Prüfstände
- Wirkstoffaufbringung Medizintechnik und Medizindiagnostik
- Prüfgasherstellung über Verdampfer Systeme
- Reinigungsprozesse Halbleiterindustrie & Automobile
- Klebprozesse



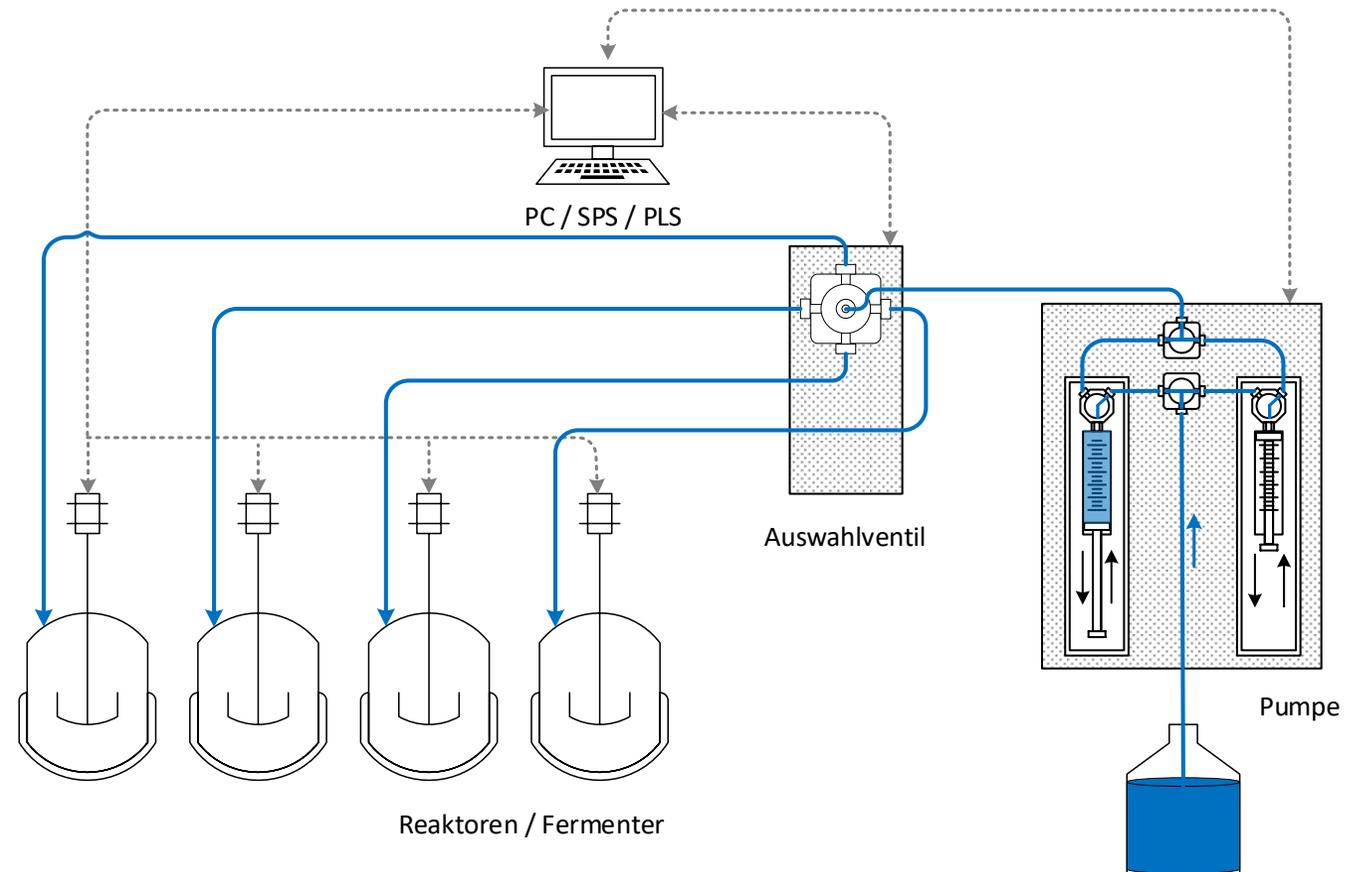
# Multi-Medien Dosierung

- Reaktanten, Katalysator
- Säure / Base
- Substrat / Nährlösung
- Detergenzien



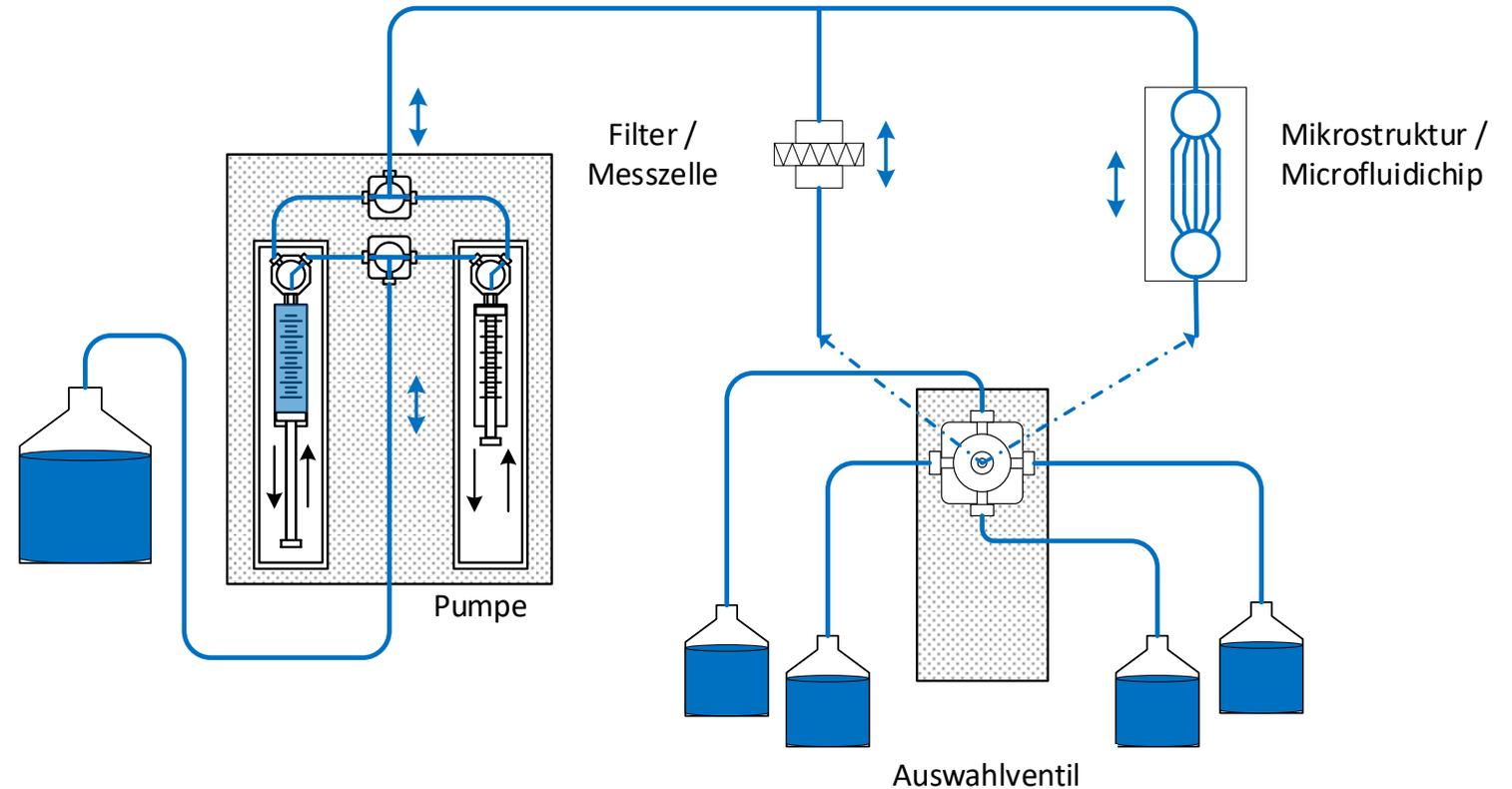
# Multi-Reaktor Dosierung

- Reaktanten, Katalysator
- Säure / Base
- Substrat / Nährlösung
- Detergenzien



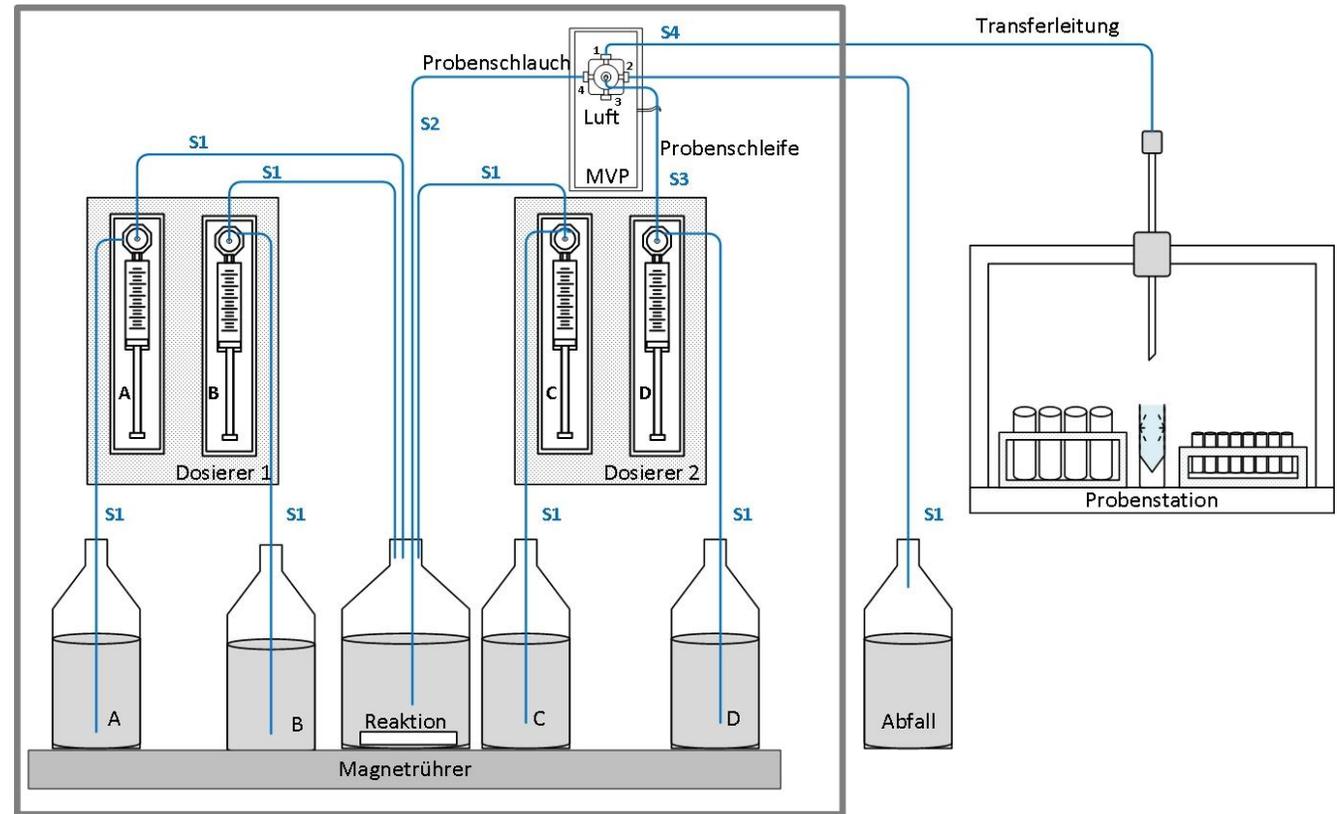
# Liquid Handling / Microfluidic

- beidseitiges Pumpen/Dosieren
- unterschiedlicher Medien auch mit kleinen Flüssen/Mengen
- Mikrostrukturen
- Microfluid-Chips
- Messzellen
- Filtrationssysteme

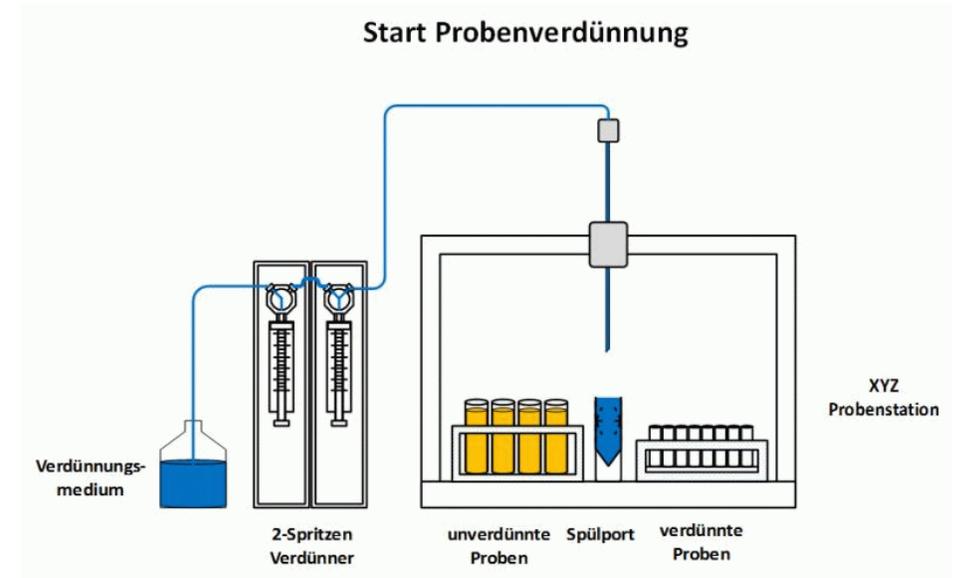


# Dosieren & Probenentnahme

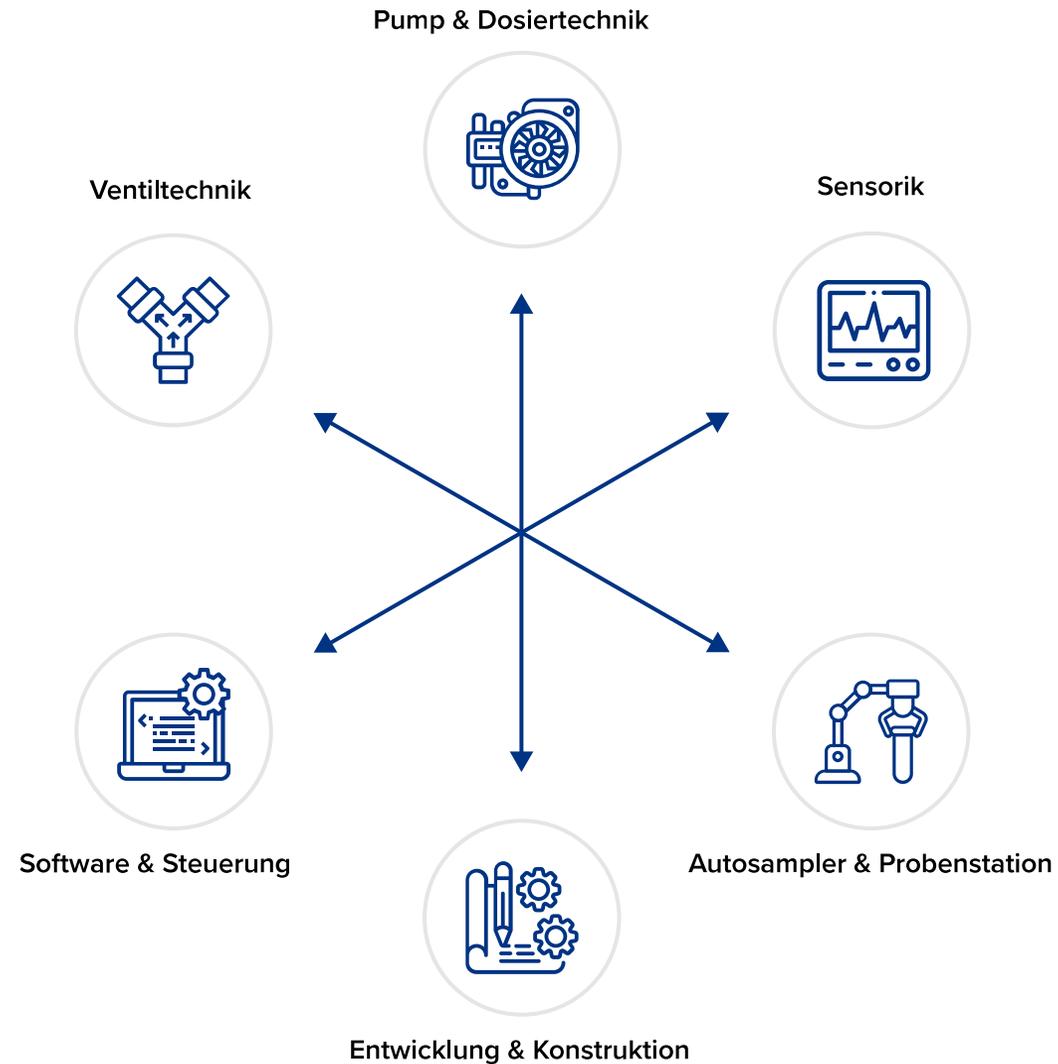
- Reaktionstechnik / Reaktionskinetik
- Zudosierung
- Probenentnahme



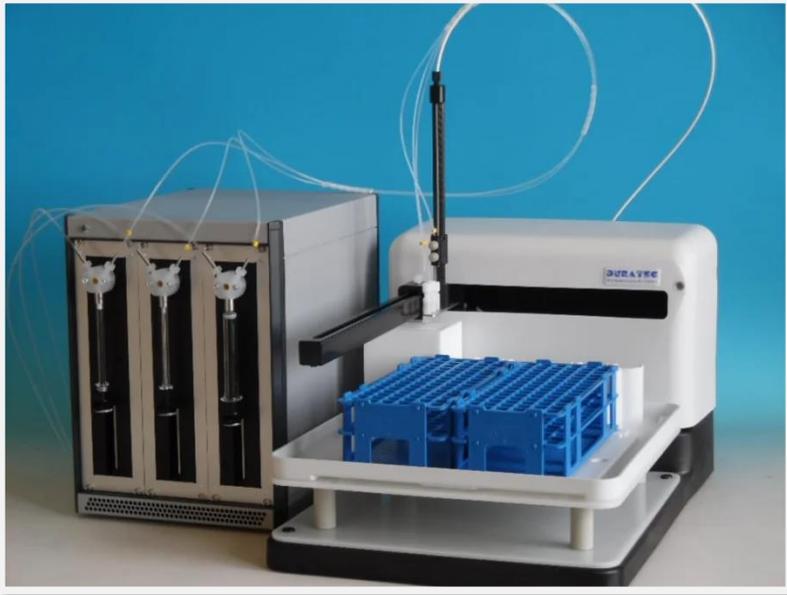
# Proben automatisch verdünnen & abfüllen



# Sonderlösungen



# Anwendungen - Sonderlösungen



3-fach Dosierer für Herstellung von Küvettentest-Reagenzgemisch



Linedispenser Produktion



Probenentnahmesystem für Rückstellmuster

# Anwendungen - Sonderlösungen



Automatisches Verdünnen / Probenaufnahme / Messen



pH Regulation / Probennahme / Verdünnen

# Agenda

1. Grundlagen
2. Förderarten
3. Anschluss- & Verbindungskomponenten
4. Sensorik zur Überwachung
5. Anwendungen
- 6. Zusammenfassung**
7. Kontaktdaten

# Zusammenfassung

- Welche Kriterien (Flussrate, Druck, Viskosität, Beständigkeit, ...) sind wichtig für die Auswahl des richtigen Systems
- Funktionsweise & Aufbau der Systeme sind unterschiedlich, daraus resultieren die Stärken und Schwächen
- Auswahl der richtigen Anschluss- & Verbindungskomponenten wichtig
- Sensorik sorgt für Redundanz und Sicherheit im Prozess
- Breiter und vielseitiger Einsatz in diversen Anwendungen, Bereichen und Branchen
- Sonderlösungen für viele Anwendungsbereiche

**Vielen Dank!**

**DURATEC**  
Analyse-technik GmbH



Jetzt Kontaktdaten speichern!

# Kontaktdaten



DURATEC Analyse-technik GmbH  
Rheinauer Straße 4  
D-68766 Hockenheim



Tel. +49 6205 9450 -0  
Fax. +49 6205 9450 -33



gerald.degenhardt@duratec.de

[www.duratec.de](http://www.duratec.de)