



Schmutz- und Filtersimulation

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BETREUT VOM



Projektträger
Forschungszentrum
Karlsruhe (PTKA)

Fluidtronic



Software
Mechanik
Elektronik
Fluidtechnik

Gliederung

- ▶ Zielsetzung
- ▶ Modellierung
- ▶ Verifikation am Beispiel des Multipasstests
- ▶ Filterdatenbank und Parametrierung
- ▶ Simulationsbeispiel Saugfilter + Druckfilter
- ▶ Ausblick

Zielsetzung

- ▶ Modellierung, Analyse, Überprüfung, Vergleich und Optimierung von Hydraulik- und Filtrationskonzepten
- ▶ Berechnung und Darstellung von Druckverlusten, Abscheideraten, Partikelkonzentrationen, Partikelgrößenverteilungen, Reinheitsklassen, ...
- ▶ Ausgabe von Partikeldaten an beliebiger Stelle im Hydraulik-System
- ▶ Aufbau einer Filterdatenbank für die Simulation
- ▶ Verkürzung von Entwicklungs- und Auslegungszeiten
- ▶ Werkzeug für Entwicklung, Vertrieb und Kunde

Partikelmodell

- ▶ Partikeldurchmesser / Partikelklassen
- ▶ Partikelgrößenverteilung
- ▶ Formfaktor

Filtermodell (Partikelsenke)

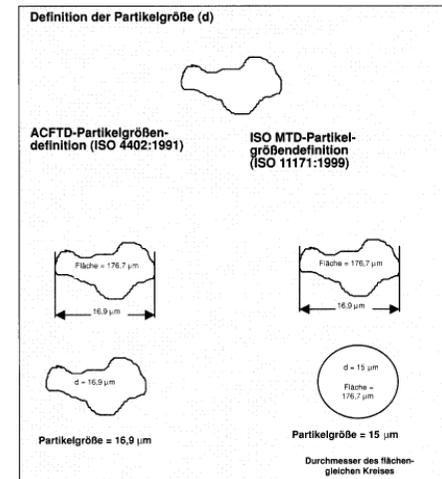
- ▶ Partikelabscheidung (β -Werte)
- ▶ Druckverlust in Abhängigkeit der Schmutzbeladung
- ▶ Gehäusedruckverluste, Bypass-Ventile

Hydraulikkomponenten (Pumpe, Ventil, Zylinder)

- ▶ Schmutzeintrag /-generierung (Partikelquelle)

Tank, Rohrleitung

- ▶ Partikeltransportgleichungen



Einteilung in bis zu 20 Partikelklassen (-grenzen)

- ▶ angelehnt an die Darstellung der Partikelreinheitsklassen (4, 6, 14 μm (c))

Gesonderte Behandlung sehr kleiner Partikel $< 4 \mu\text{m}$ (c)

- ▶ Können nicht gemessen, aber auch nicht vernachlässigt werden, da sie mit einem nicht unerheblichen Massenanteil im Filtermedium abgeschieden werden.

Durchmesserbezug

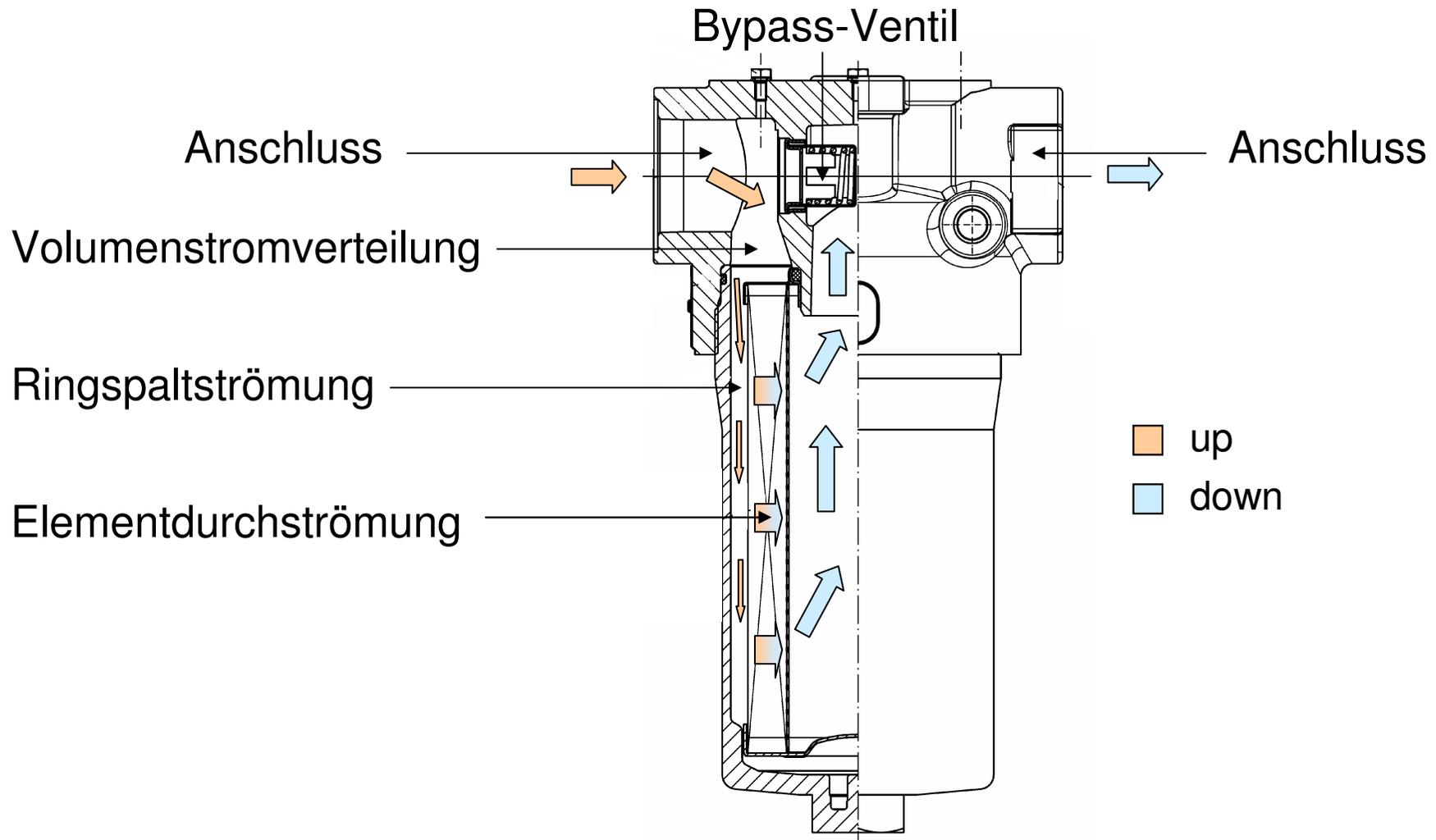
- ▶ Die Partikelberechnung wird in Bezug auf den Durchmesser der projektionsflächengleichen Kugel durchgeführt [μm (c)]
- ▶ Bei der Umrechnung von Partikelmasse in Partikelanzahl muss ein Formfaktor (Sphärizität) berücksichtigt werden

Partikelkonzentration

- ▶ Die Partikelkonzentrationen werden als Massenkonzentrationsdichten auf den Partikelklassengrenzen angegeben. [$\text{mg}/(\text{l} \cdot \mu\text{m})$]

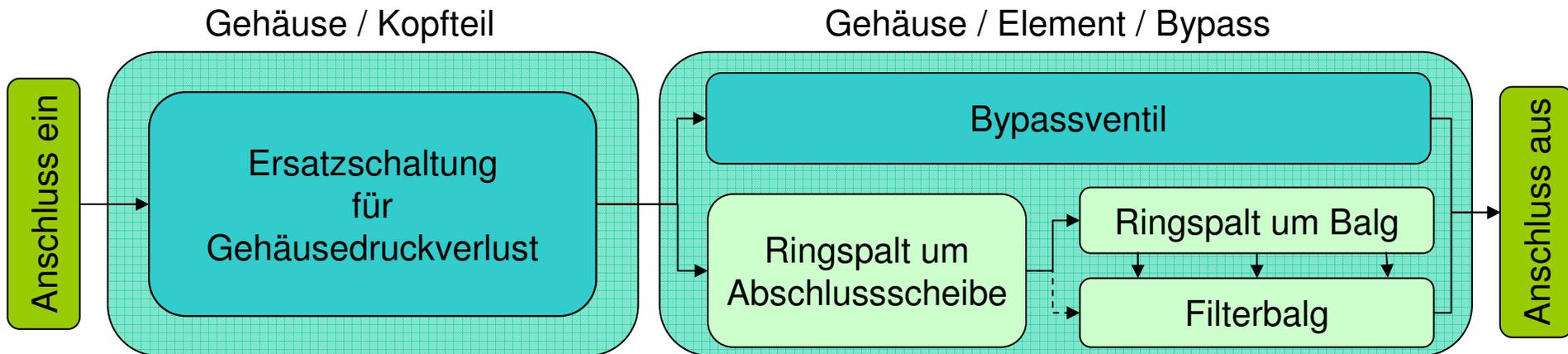
Filtermodellierung

Druckfilter



Filtermodellierung

Druckfilter



Komplexe Gehäusegeometrie
kann nicht analytisch
berechnet werden



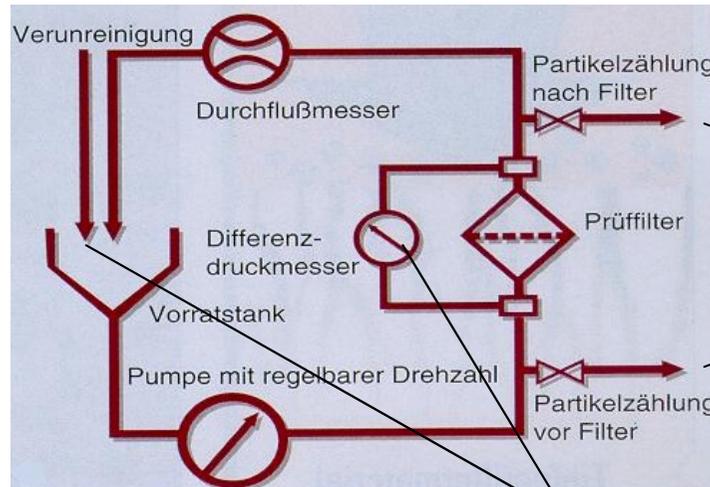
Ersatzschaltung aus
turbulenten und laminaren
Widerständen

Der Ringspalt um das Element
wird vom Volumenstrom nicht
vollständig durchströmt

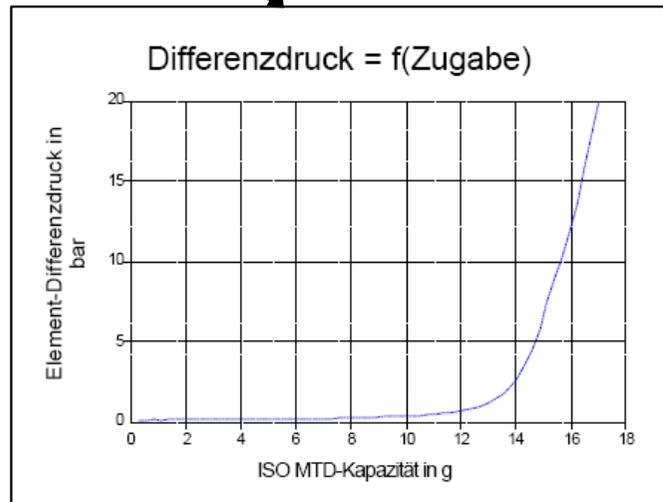
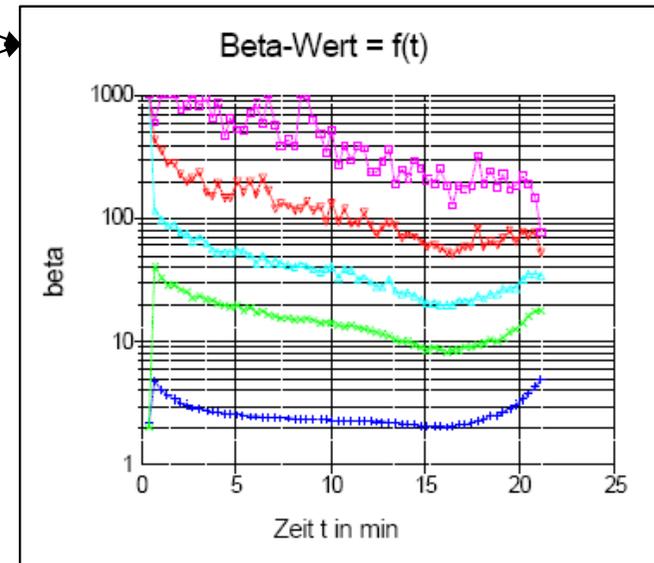


Analytische Näherungs-
umrechnung in eine reine
Reihenschaltung

Element-Daten aus Multipass-Test



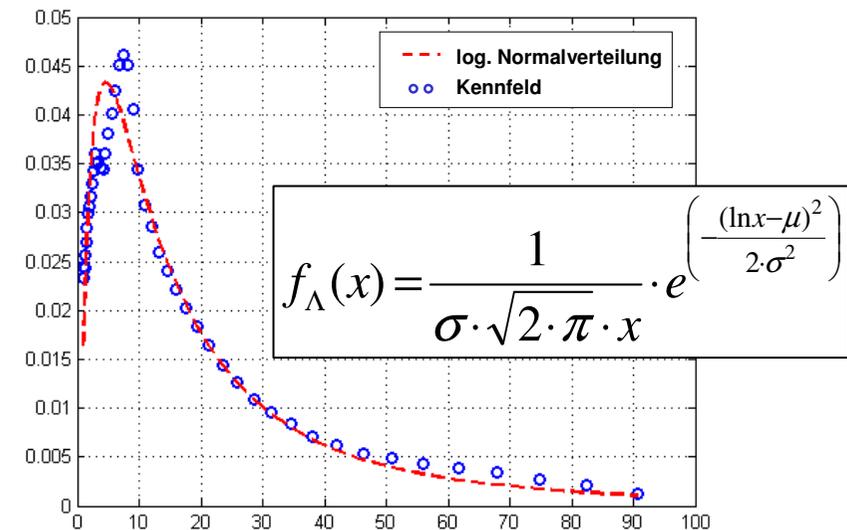
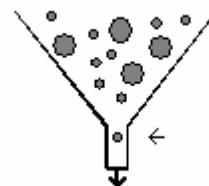
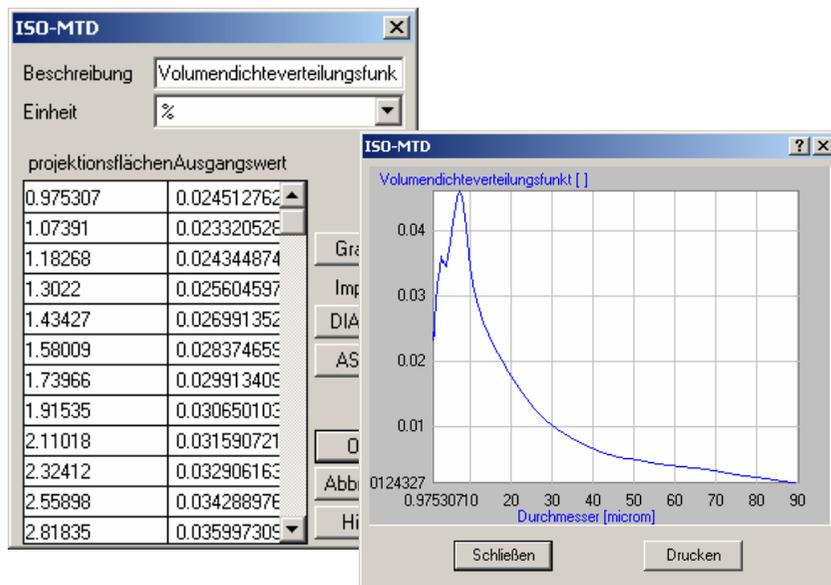
$$\beta_x = \frac{c_{vor}(\geq x)}{c_{nach}(\geq x)}$$



$$\Delta p = f_{Schmutz} \cdot \Delta p_0$$

$$f_{Schmutz} = f\left(\frac{m}{m_{max}}\right)$$

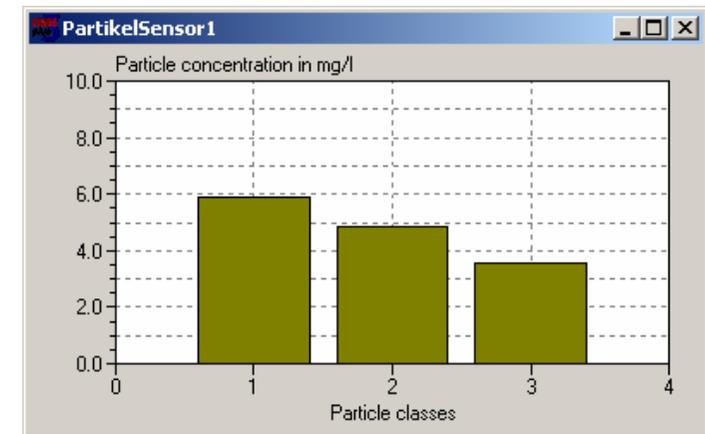
- ▶ Zugabe von Partikeln an beliebigen Stellen im System
- ▶ Zugegebene Menge kann eingangsgrößenabhängig definiert werden
- ▶ Definition der relativen Volumenverteilung über den Partikelgrößen mittels:
 - ▶ Kennfeld oder
 - ▶ Logarithmischer Normalverteilung



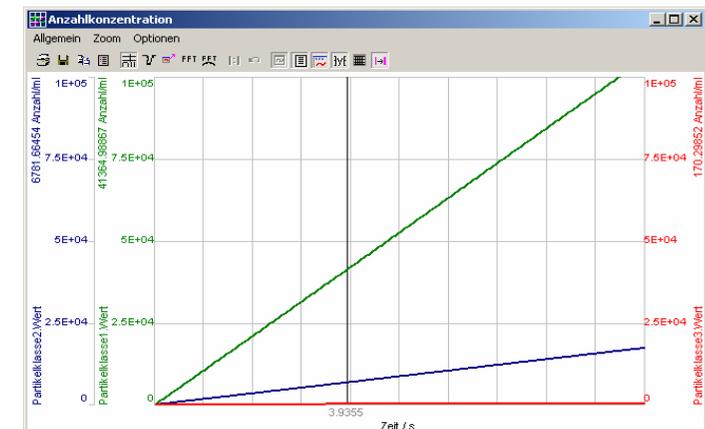
- ▶ Ausgabemöglichkeit von folgenden Konzentrationen:
 - ▶ Massenkonzentration [mg/l]
 - ▶ Anzahlkonzentration [Anzahl/l]
 - ▶ ISO-Reinheitsklasse
- ▶ Kumulative oder fraktionelle Betrachtung möglich
- ▶ Messung von drei beliebigen Partikeldurchmessern
(Interpolation zwischen den Partikelklassen)
- ▶ Ausgabe als Balkendiagramm oder Ergebnisschrieb



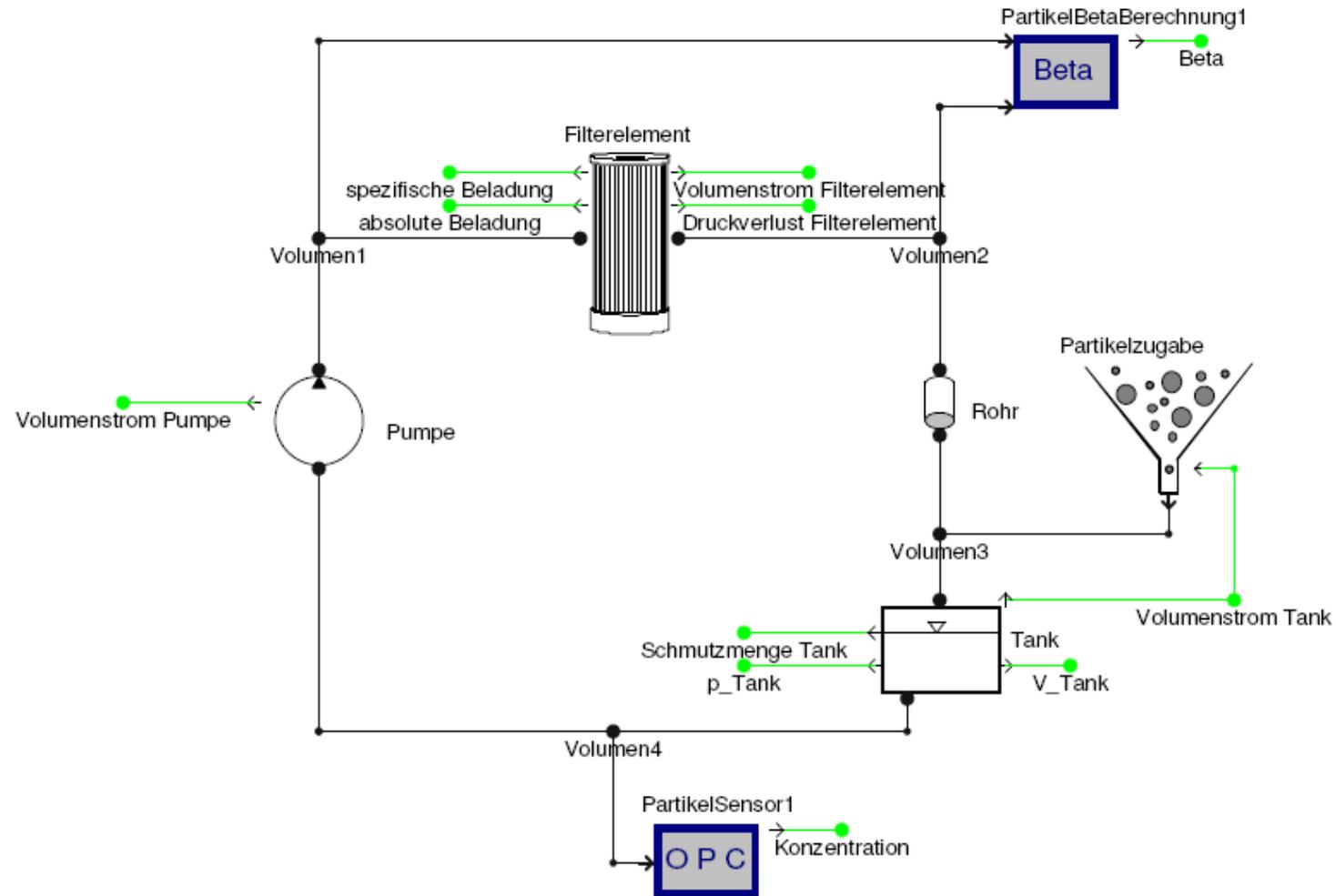
Sensor (**O**nline **P**article **C**ounter)



Balkendiagramm

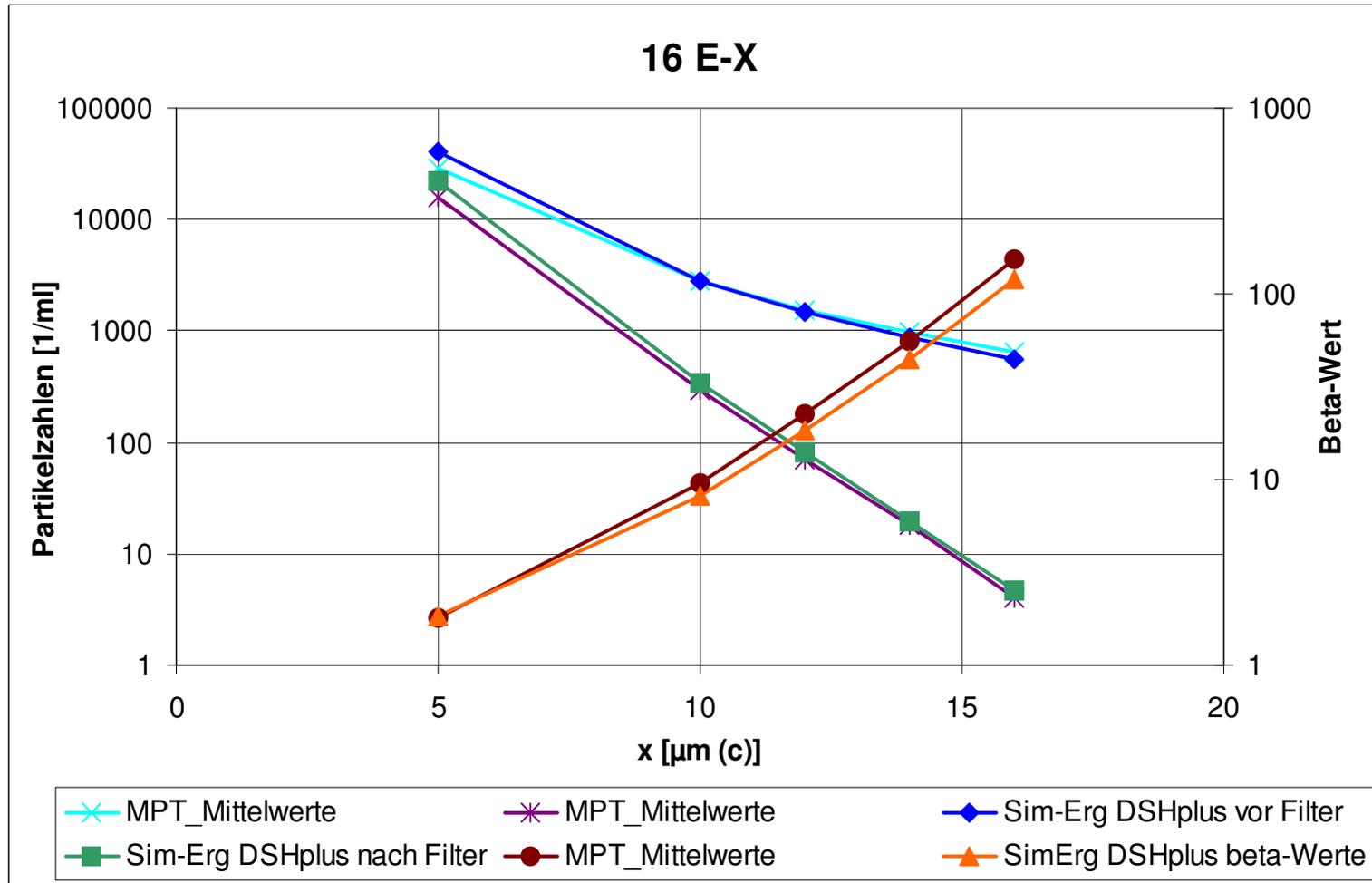


Verifikation - Multipasstest



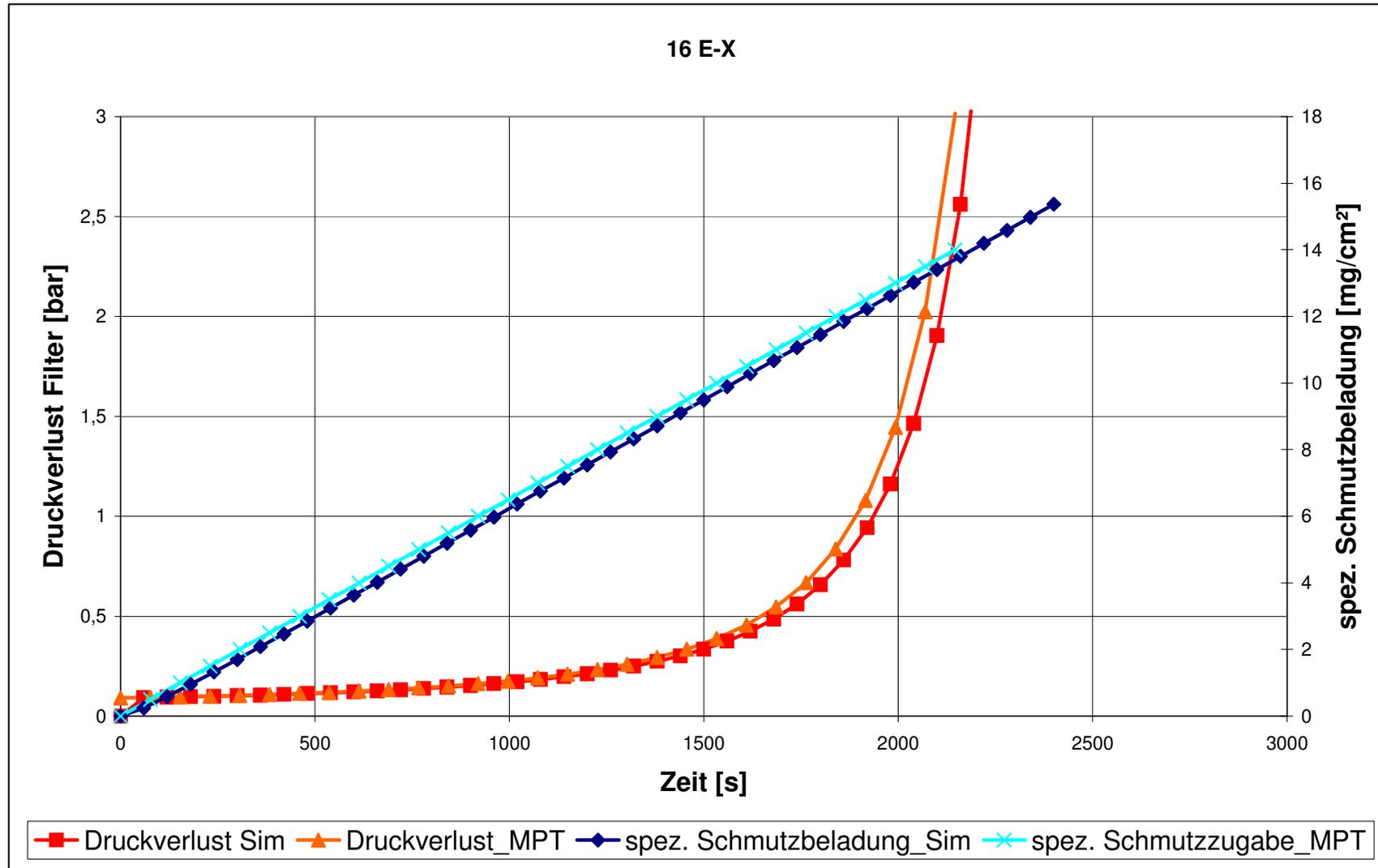
Simulationsergebnisse – β -Wert

Multipass-Test



Simulationsergebnisse – Druckverlust

Multipass-Test



Filterauswahl - Anwendermodus

Druckfilter 1

Filterauswahl



Auswahlkriterien

Q Nenn	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="210"/>	<input type="text" value="95"/>	l/min
p Nenn	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="315"/>	<input type="text" value="315"/>	bar
Feinheit	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="12"/>	microm
p Ventil	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="7"/>	bar

ausgewählt

Auswahlliste

- HD 152-156
- E 103-898
- ES 094-6141
- HD 049-288
- HD 044-178
- HD 419-276
- D 232-286
- D 145-158
- E 143-667
- E 221-56

Filterdaten

Bestell-Schlüssel

SAP-Nummer

Benennung 1 + 2

Anschlüsse

Anschluss ein

Anschluss aus

Belastungsgrenzen

p max	<input type="text" value="450"/>	bar	T min	<input type="text" value="-30"/>	°	Q min	<input type="text" value="0"/>	l/min
dp max	<input type="text" value="20"/>	bar	T max	<input type="text" value="100"/>	°	Q max	<input type="text" value="95"/>	l/min

Filterauswahl - Expertenmodus

Druckfilter 1

Filterauswahl | Experten-Parameter



Auswahlkriterien

Q Nenn	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="210"/>	<input type="text" value="95"/>	l/min
p Nenn	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="315"/>	<input type="text" value="315"/>	bar
Feinheit	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="12"/>	microm
p Ventil	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="7"/>	bar

Alle Aktiv Freigabe

ausgewählt

Auswahlliste

- HD 152-156
- E 103-898
- ES 094-6141
- HD 049-288
- HD 044-178
- HD 419-276
- D 232-286
- D 145-158
- E 143-667
- E 221-56

Filterdaten

Bestell-Schlüssel

SAP-Nummer

Benennung 1 + 2

Anschlüsse

Anschluss ein

Anschluss aus

Belastungsgrenzen

p max	<input type="text" value="450"/>	bar	T min	<input type="text" value="-30"/>	°	Q min	<input type="text" value="0"/>	l/min
dp max	<input type="text" value="20"/>	bar	T max	<input type="text" value="100"/>	°	Q max	<input type="text" value="95"/>	l/min

OK Abbruch Hilfe Filter laden Ausloggen Filter speichern

PasswortDialog

Bitte Passwort für Expertenmodus eingeben:

OK Cancel Help

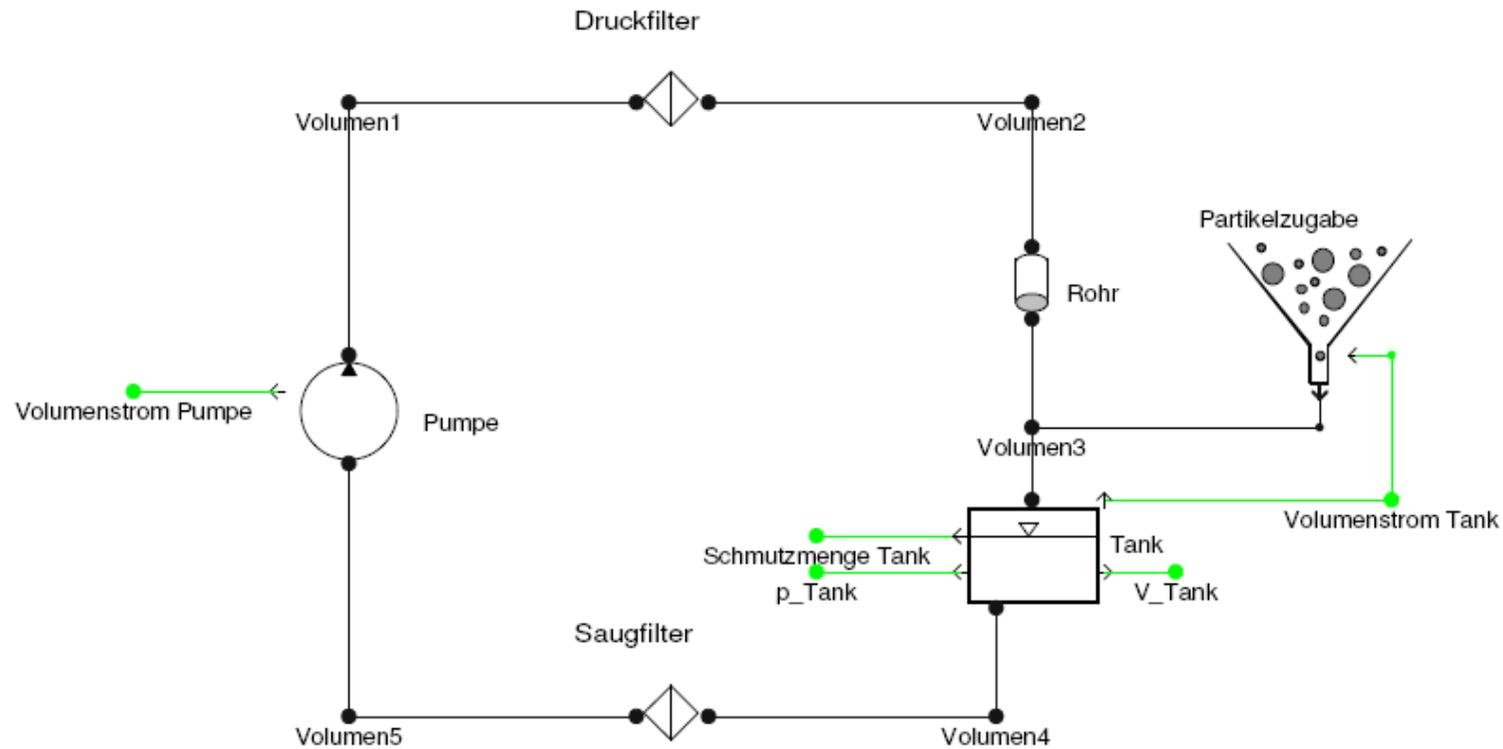
Filterauswahl - Expertenparameter

The screenshot shows a software window titled 'Druckfilter 1' with a tabbed interface. The active tab is 'Experten-Parameter'. The main area contains a list of parameters for two filter stages, each with a corresponding input field and a three-dot menu icon to its right. At the bottom of the window, there are six buttons: 'OK', 'Abbruch', 'Hilfe', 'Filter laden', 'Ausloggen', and 'Filter speichern'.

Parameter	Value	Action
PartikelGehaeuseLaminar1.cD	2440000	...
PartikelGehaeuseTurbulent1.cB	5230000	...
PartikelGehaeuseParallel1.cD	2440000	...
PartikelGehaeuseParallel1.cB	5230000	...
PartikelSpalt1.Aussendurchmesser	58	...
PartikelSpalt1.DA2	58	...
PartikelSpalt1.Innendurchmesser_p1	55,3	...
PartikelSpalt1.Innendurchmesser_p2	55,3	...
PartikelSpalt1.Laenge	7	...
PartikelSpalt1.Stroemungsfaktor	1	...
PartikelSpalt1.Exzentrizitaet	0	...
PartikelSpalt2.Aussendurchmesser	58	...
PartikelSpalt2.DA2	58	...
PartikelSpalt2.Innendurchmesser_p1	53,1	...
PartikelSpalt2.Innendurchmesser_p2	53,1	...
PartikelSpalt2.Laenge	148	...
PartikelSpalt2.Stroemungsfaktor	0,33	...

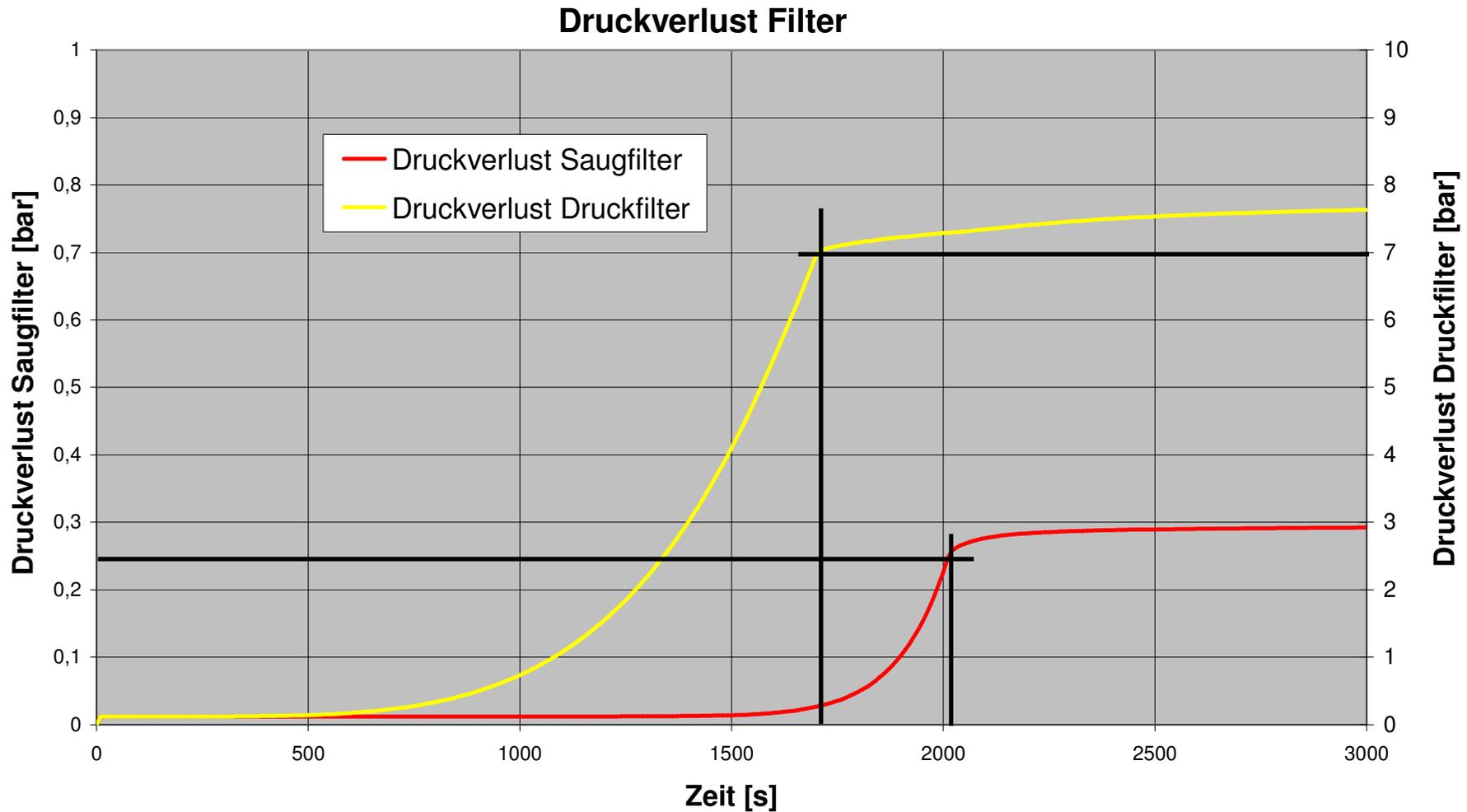
Simulationsbeispiel

Saugfilter und Druckfilter



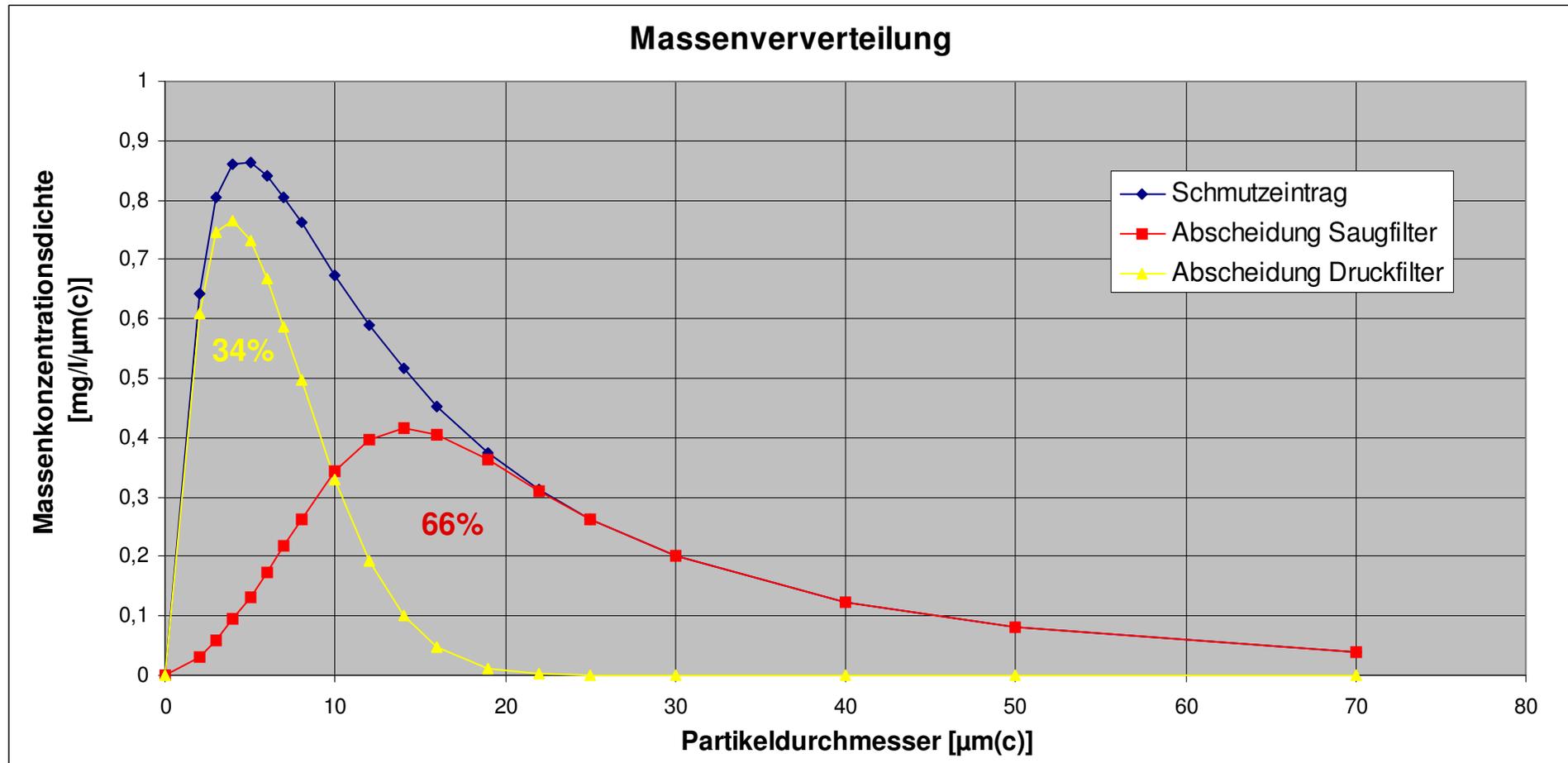
Druckverlust

Öffnung der Bypass-Ventile



Partikelauftteilung

Saugfilter \leftrightarrow Hochdruckfilter



Ausblick

- ▶ Langzeitsimulation
 - ▶ Dynamische Simulation mit Extrapolation
- ▶ Modellierung Partikeleintrag
 - ▶ Belüftungsfitermodell (Belüftungsfiter-Prüfstand IFAS)
 - ▶ Einzug über Zylinderstangendichtung (IFAS)
 - ▶ Urschmutz
 - ▶ ISO MTD \leftrightarrow Realschmutz
- ▶ Simulation einer realen Anlage (Presse)

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**



We produce fluid power solutions

www.argo-hytos.com