

Numerische Kopplung eines  
3D-Strömungssimulators an einen  
1D-Hydrauliksimulator zur Auslegung von  
motorischen Einspritzsystemen

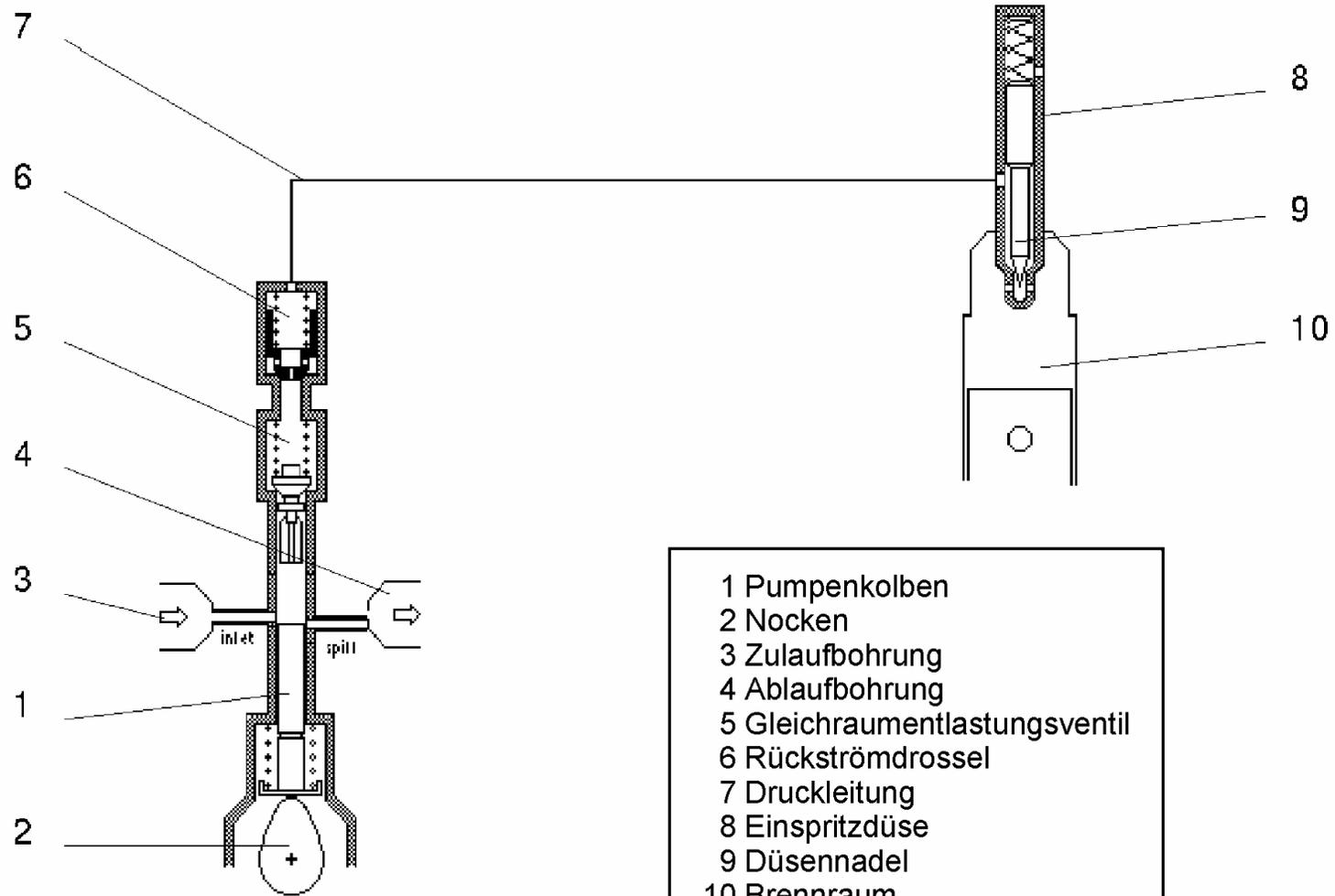
*FV/FLP und FV/FLI*

Vortrag zur Diplomarbeit  
von cand. math. Ralf Deiterding

# *Inhalt*

1. Einleitung
2. Grundlagen 3D-Strömungssimulation mit FIRE
3. Grundlagen 1D-Hydrauliksimulation mit AMESim
4. Integration von FIRE-Innenströmungsberechnungen in AMESim-Hydraulikkreisläufe - Grundlagen und Implementierung
5. Durchgeführte gekoppelte Simulationen - Ergebnisse
6. Zusammenfassung

## Diesel-Einspritzsystem mit Reihenpumpe



## 1D-Hydrauliksimulation

### Vorteile:

- kurze Rechenzeit
- Simulation “großer” Systeme

### Nachteile:

- Mittelung über 3D-Phänomene
- hoher Abstraktionsgrad
- viele Parameter

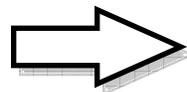
## 3D-Strömungsimulation

### Vorteile:

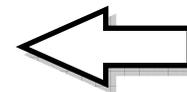
- volle 3D-Wechselwirkung
- realitätsnähere Modellierung durch Abbildung der Geometrie

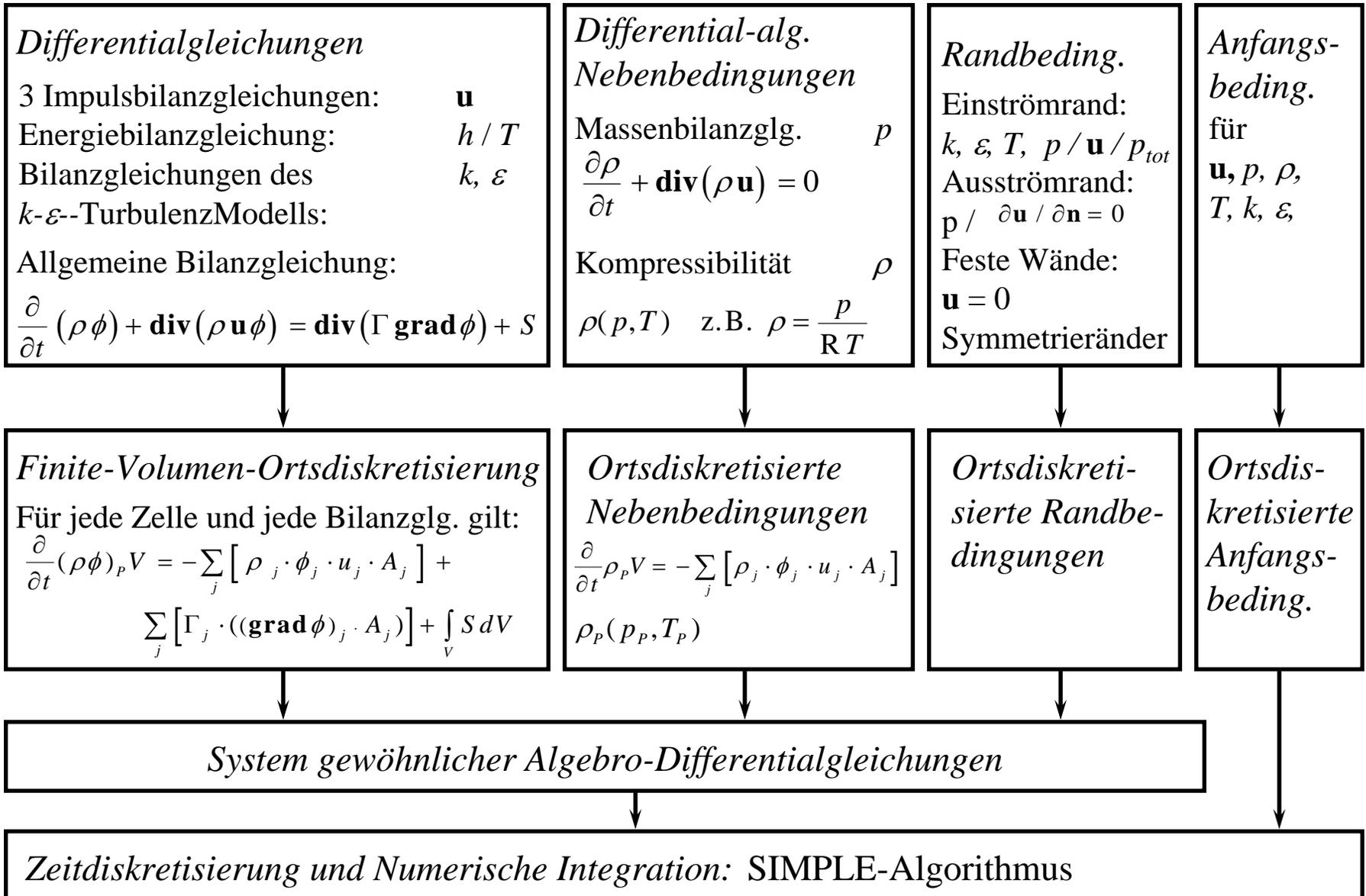
### Nachteile:

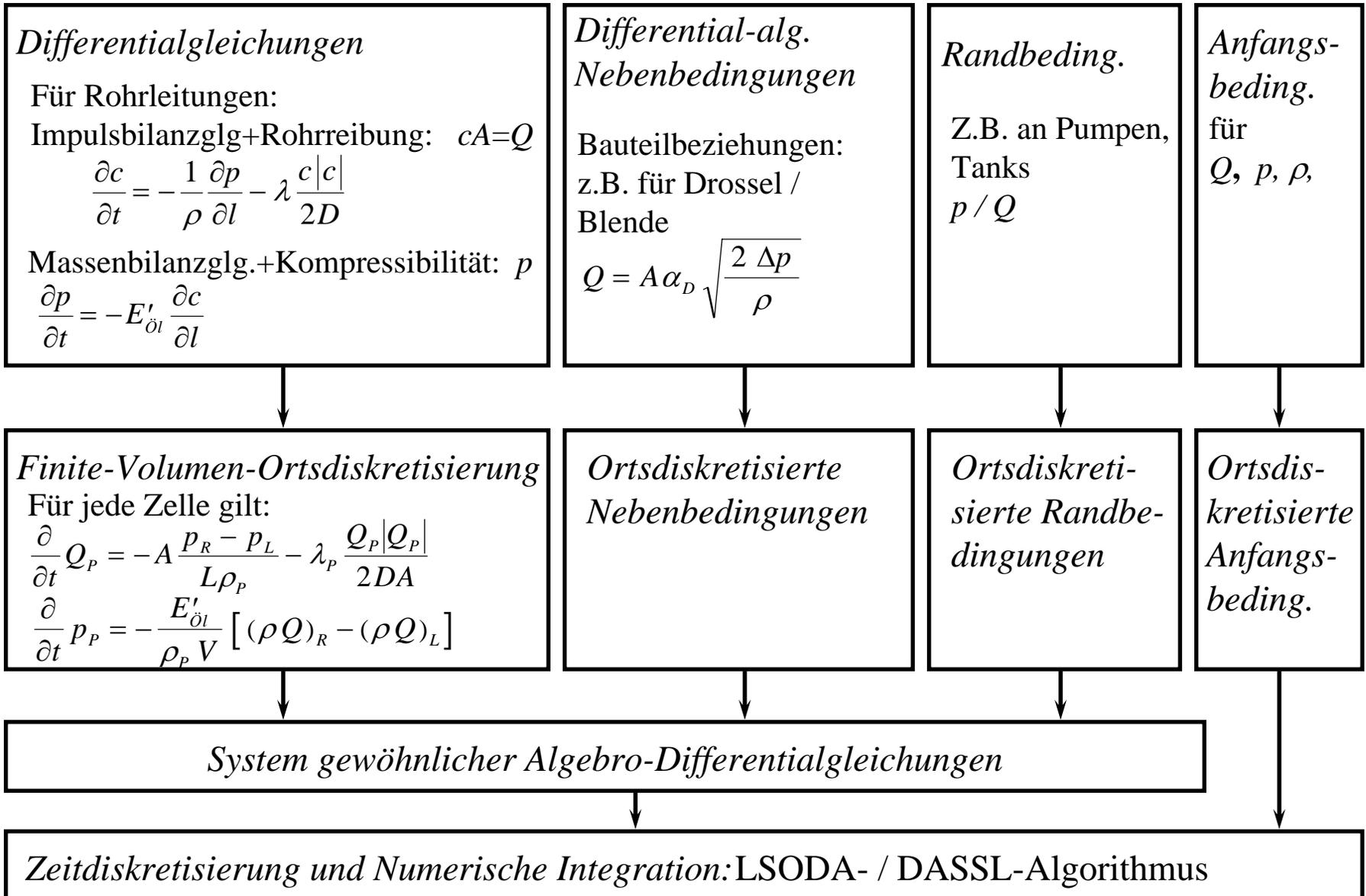
- hoher Rechenaufwand, daher nur Simulation kleiner Komponenten



**Hybridansatz**



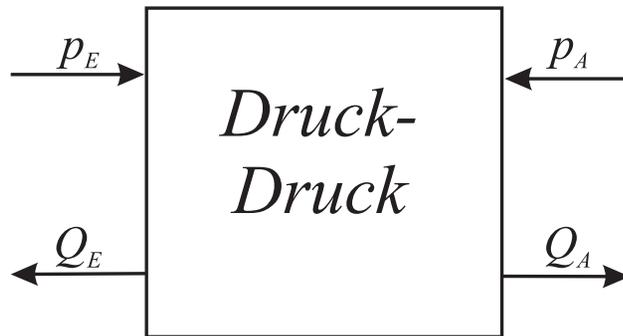




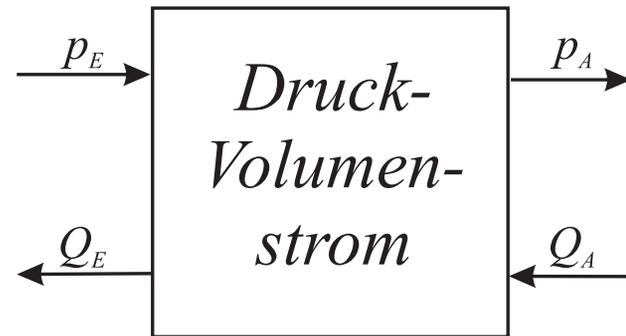
*Abgleich der Strömungsgrößen von 3D-Innenströmungs-  
simulation und 1D-Hydrauliksimulation - Voraussetzungen*

<i>Geometrische Voraussetzungen an Ein- und Ausströmrand von 3D-Strömungsgebiet:</i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kreisscheiben</li> <li>2. Senkrecht zur jeweiligen Rohrmittelachse</li> <li>3. Radius stimmt mit jeweiligem Rohrrinnendurchmesser überein</li> </ol>	
<i>Voraussetzungen an den 3D-Strömungszustand:</i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Axial symmetrisch</li> <li>2. <math>\mathbf{u}</math> senkrecht zu Ein- und Ausströmrand</li> <li>3. Nur Einströmrand: <math>\mathbf{u}</math> gemäß Profilkfunktion der Rohrleitungsströmung</li> </ol>	$p = \bar{p}(r)$ $w(r) \mathbf{n} = \bar{\mathbf{u}}(r)$
<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Globale Massenerhaltung: Kompressibilitätsgesetz entspricht dem der Hydrauliksimulation.</li> </ol>	$\rho Q = \int_0^{D/2} \bar{\rho}(r)  \bar{\mathbf{u}}(r)  2\pi r dr$

*Mögliche Integrationsmodelle aus Sicht von AMESim*



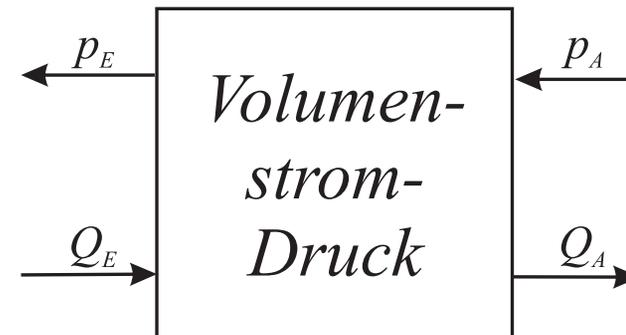
*Numerik ?*



*Massenerhalt ?*

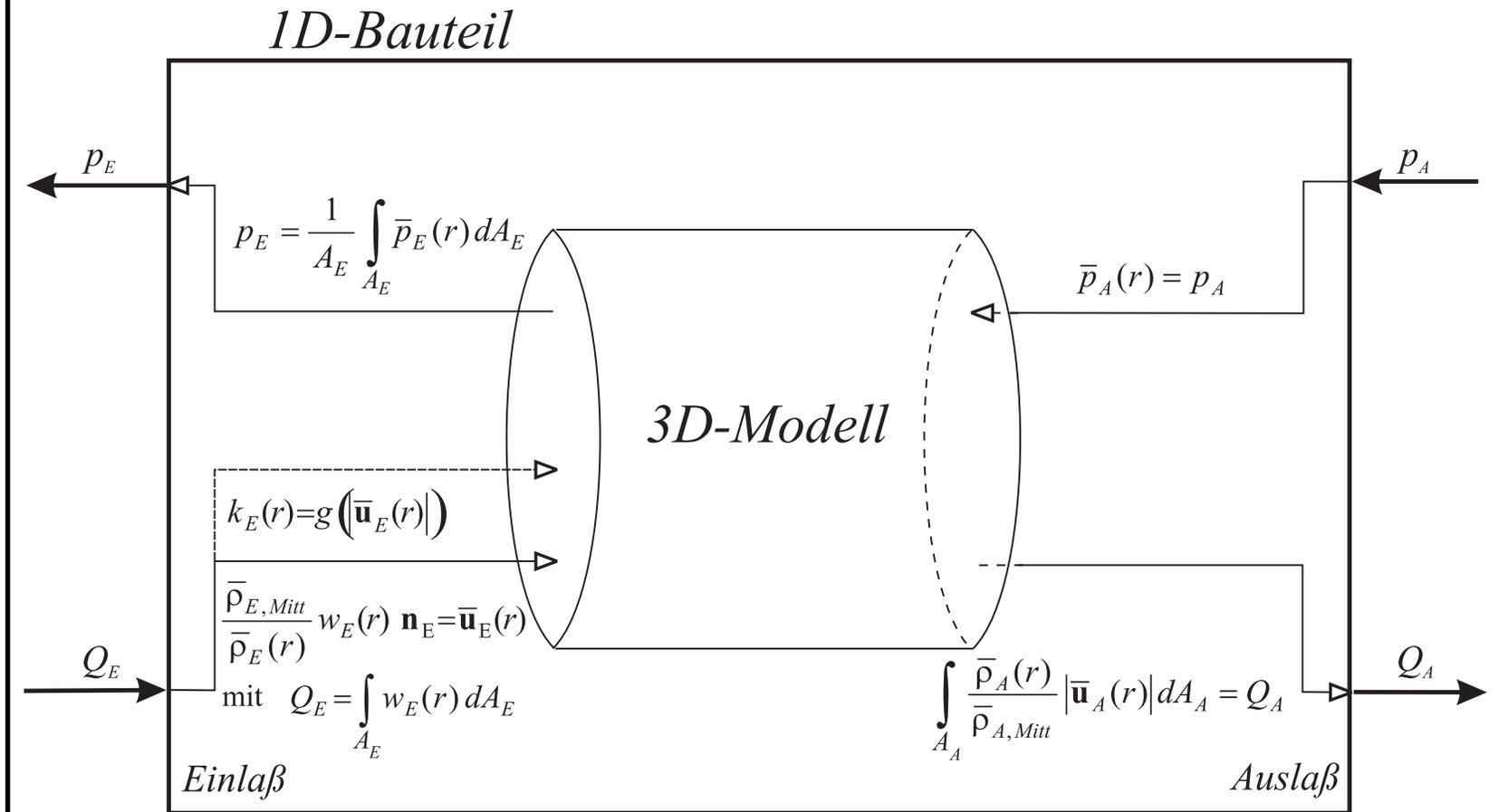


*Massenerhalt ?*

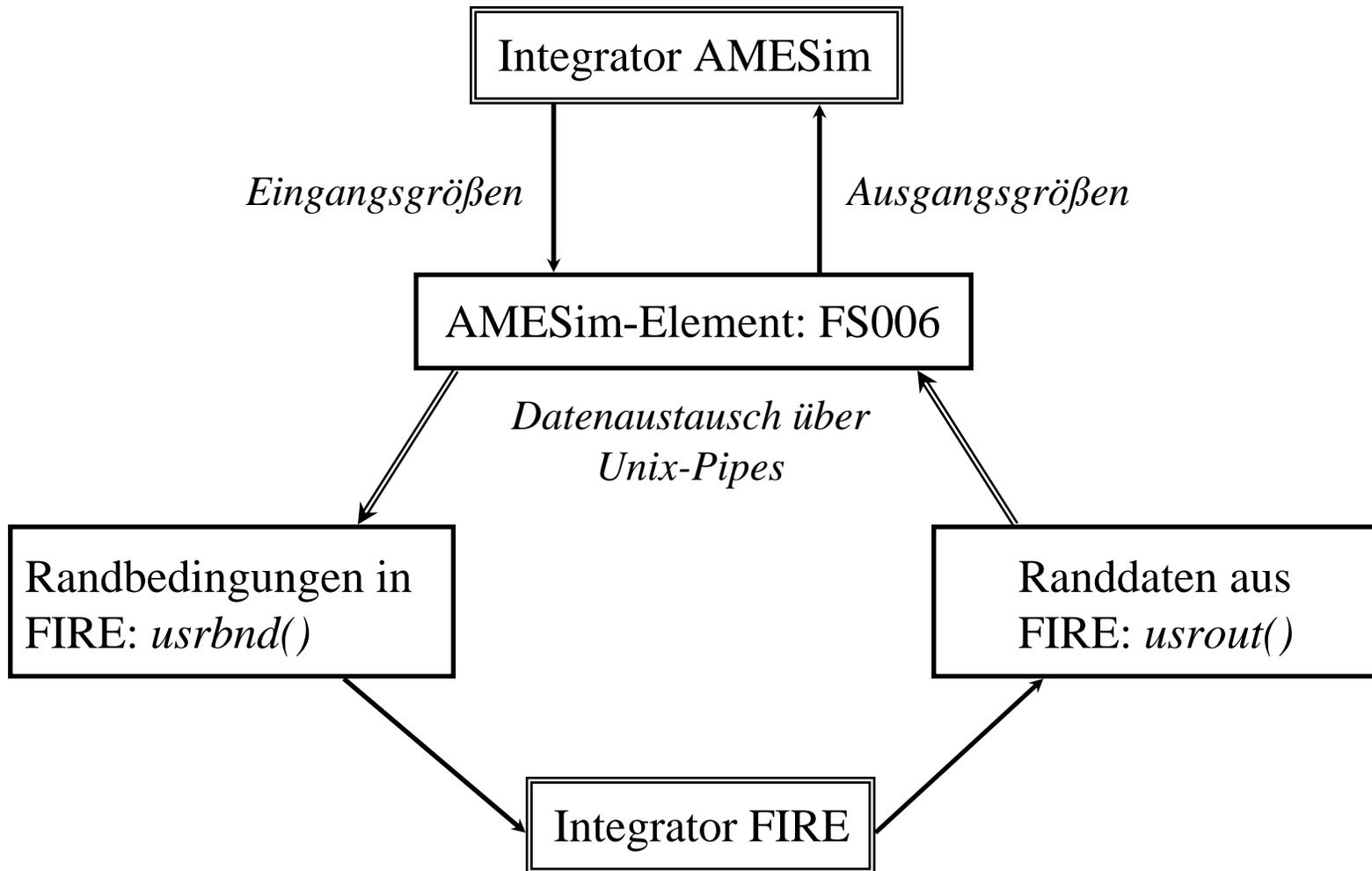


*Implementiert !*

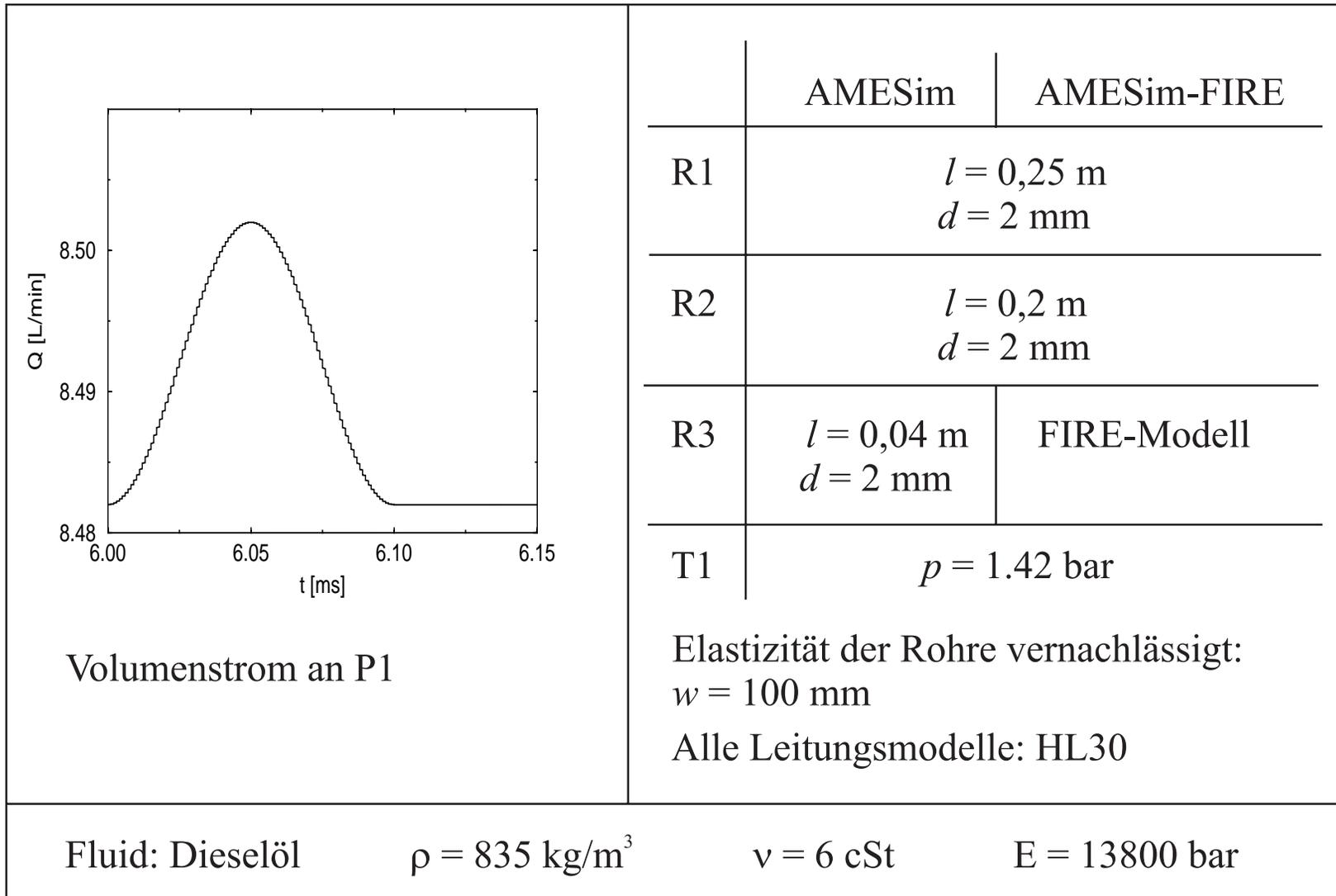
# Abgleich Strömungsgrößen im Volumenstrom-Druck-Modell



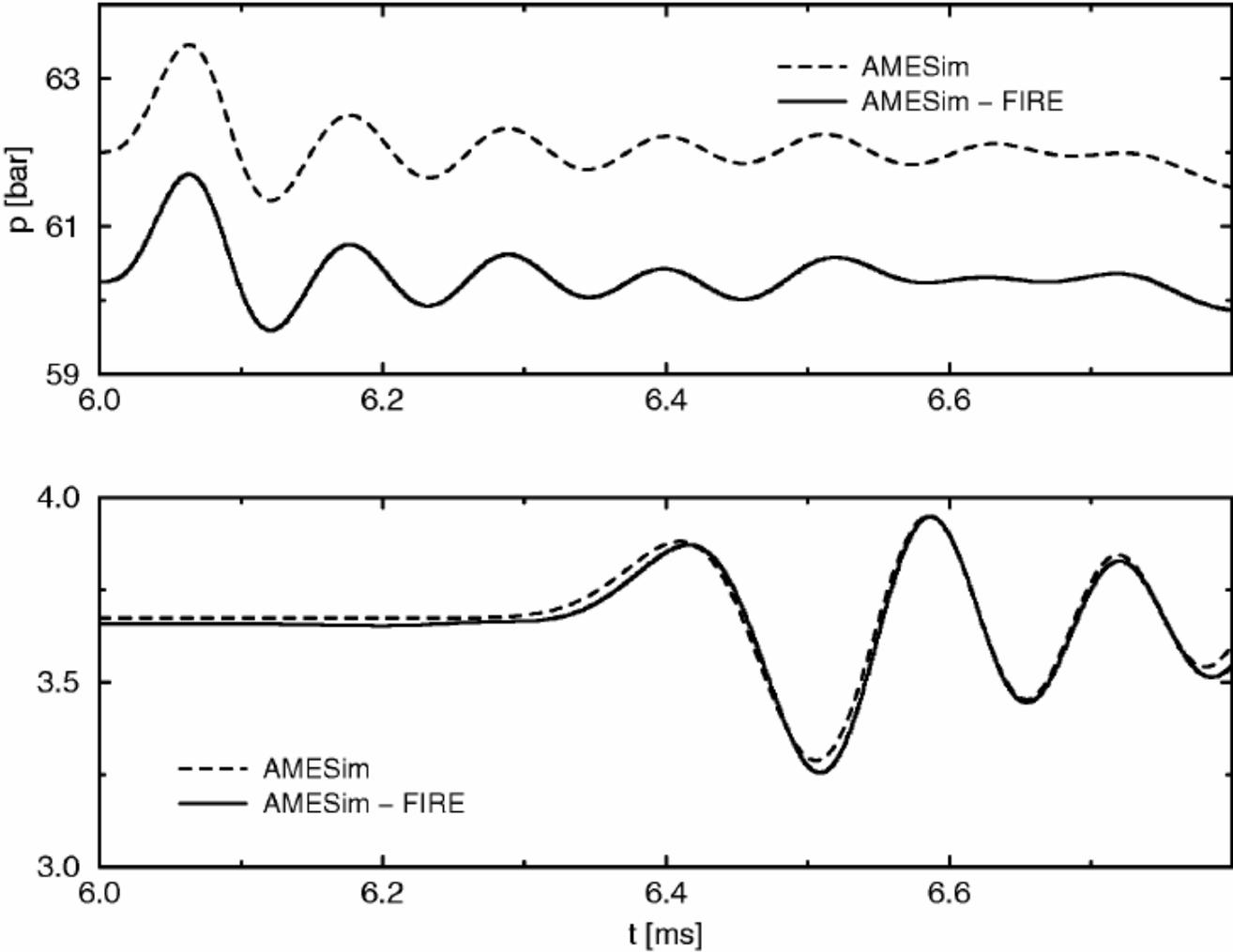
## Implementierung Volumenstrom-Druck-Modell



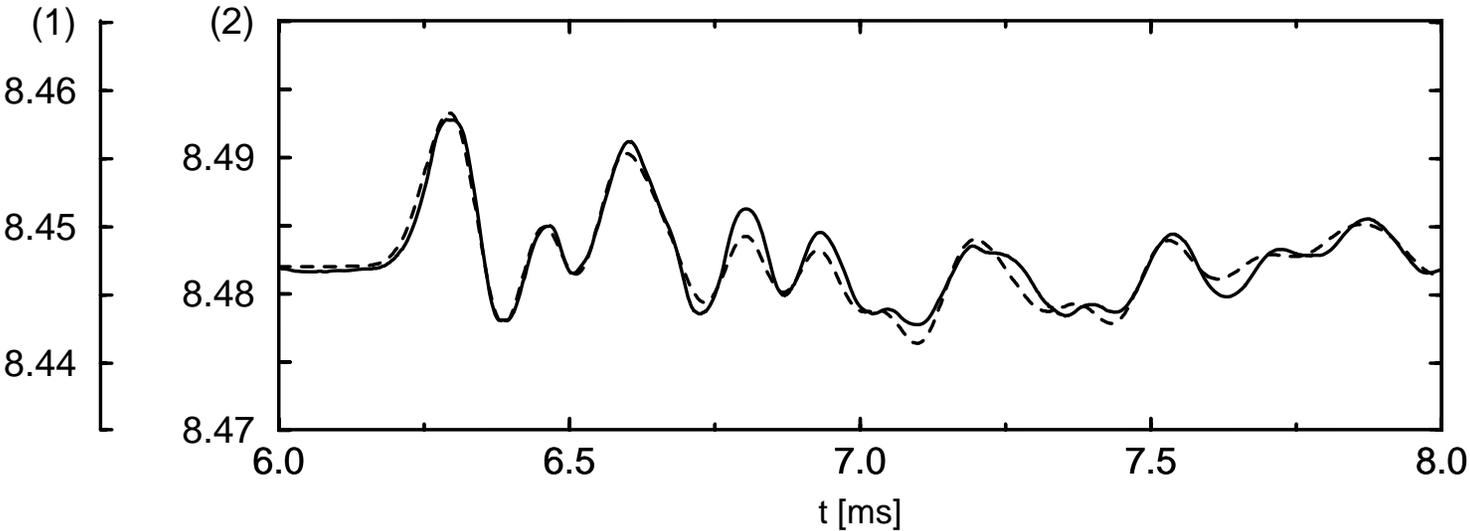
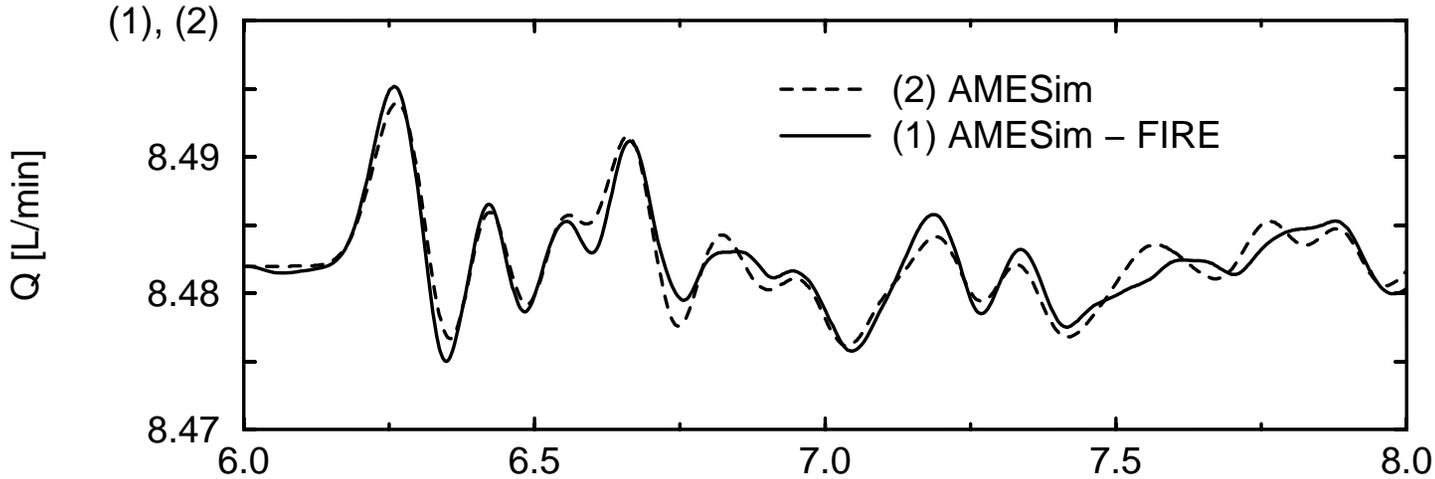
*Parameter und Randbedingungen im Hydrauliksystem - Lange Hydraulikleitung*



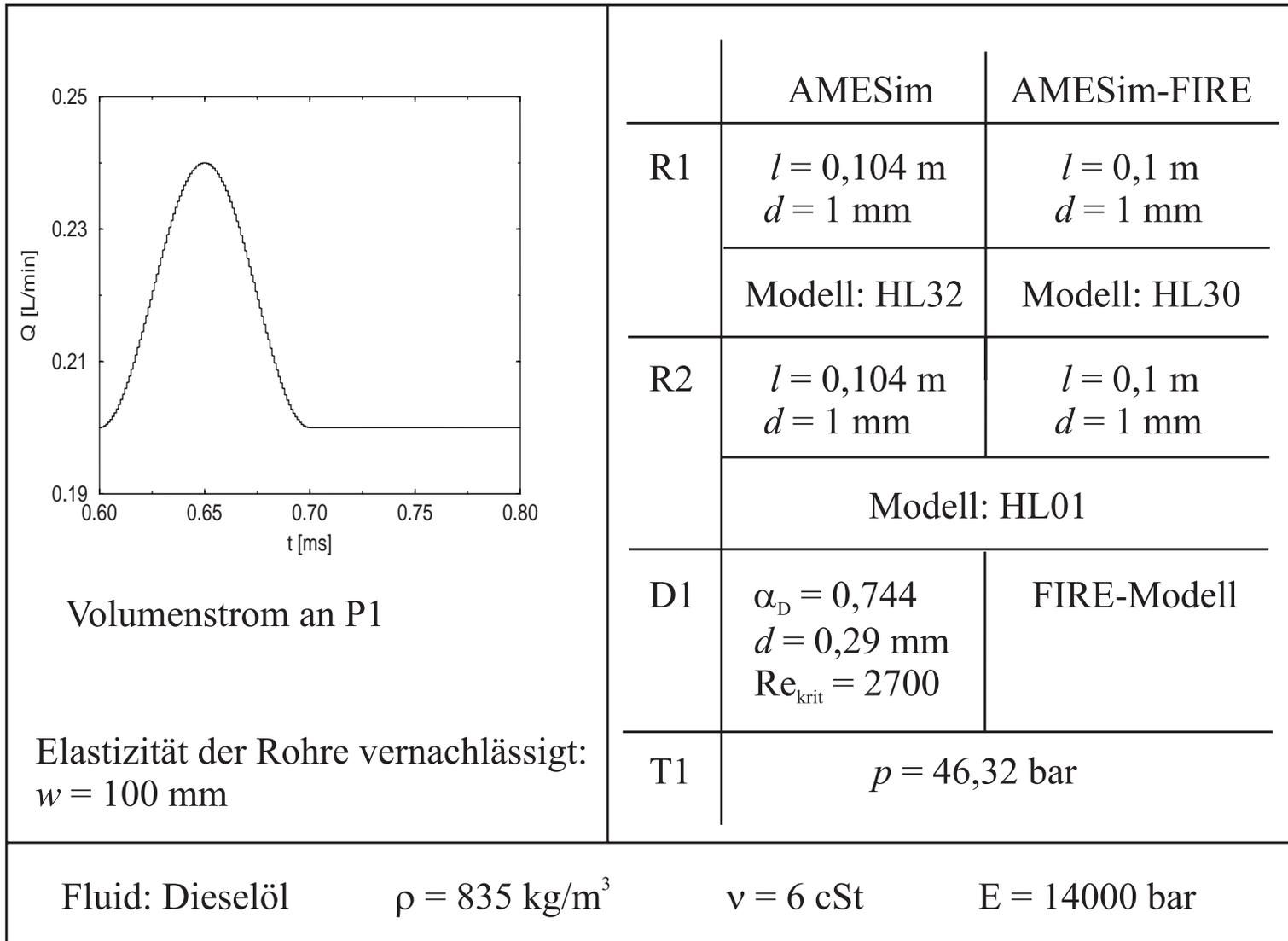
# Statischer Druck am Rohranfang von (R1) und am Rohrende von R2



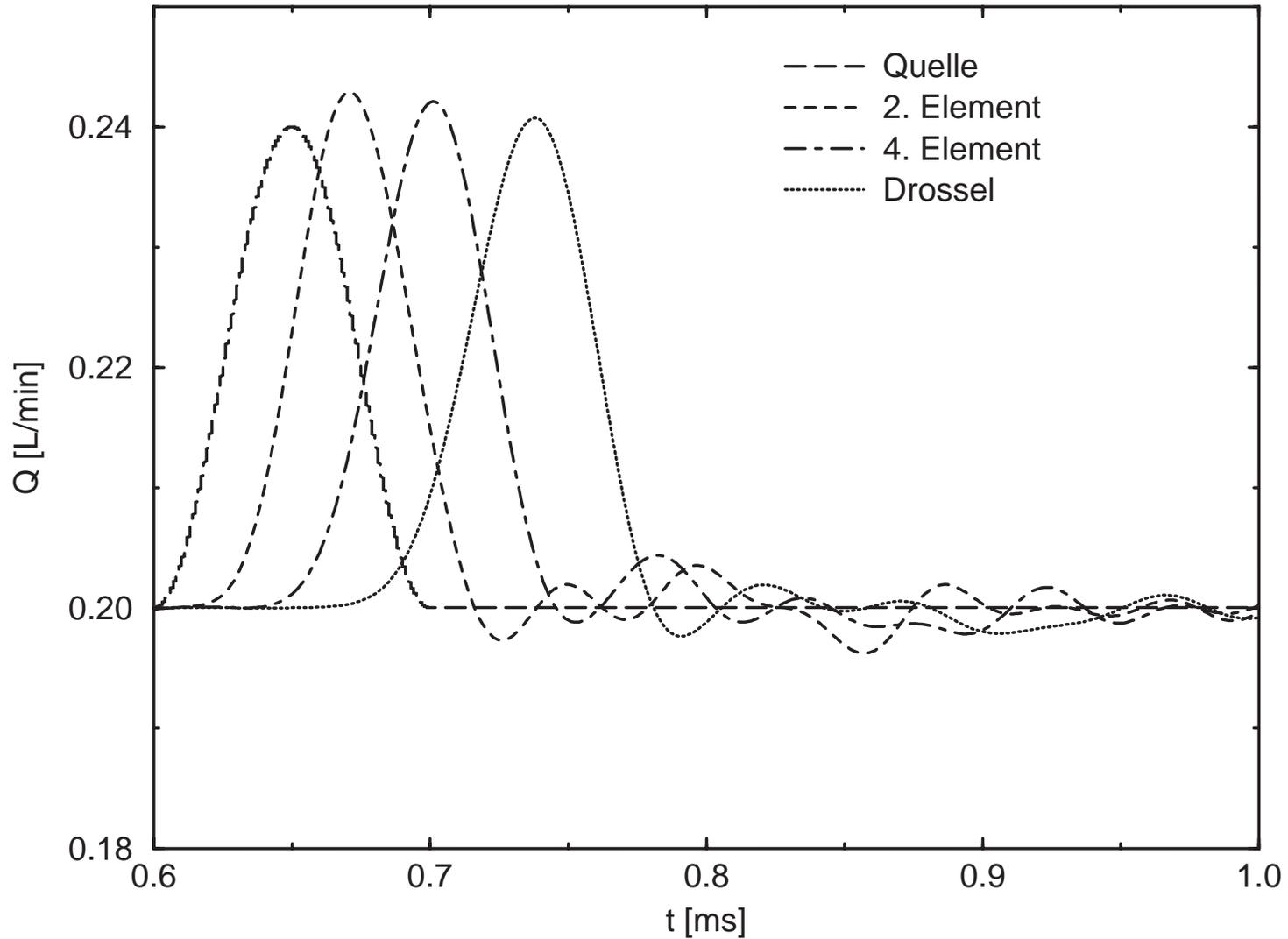
# Volumenströme am Anfang und am Ende von R3 - Lange Hydraulikleitung



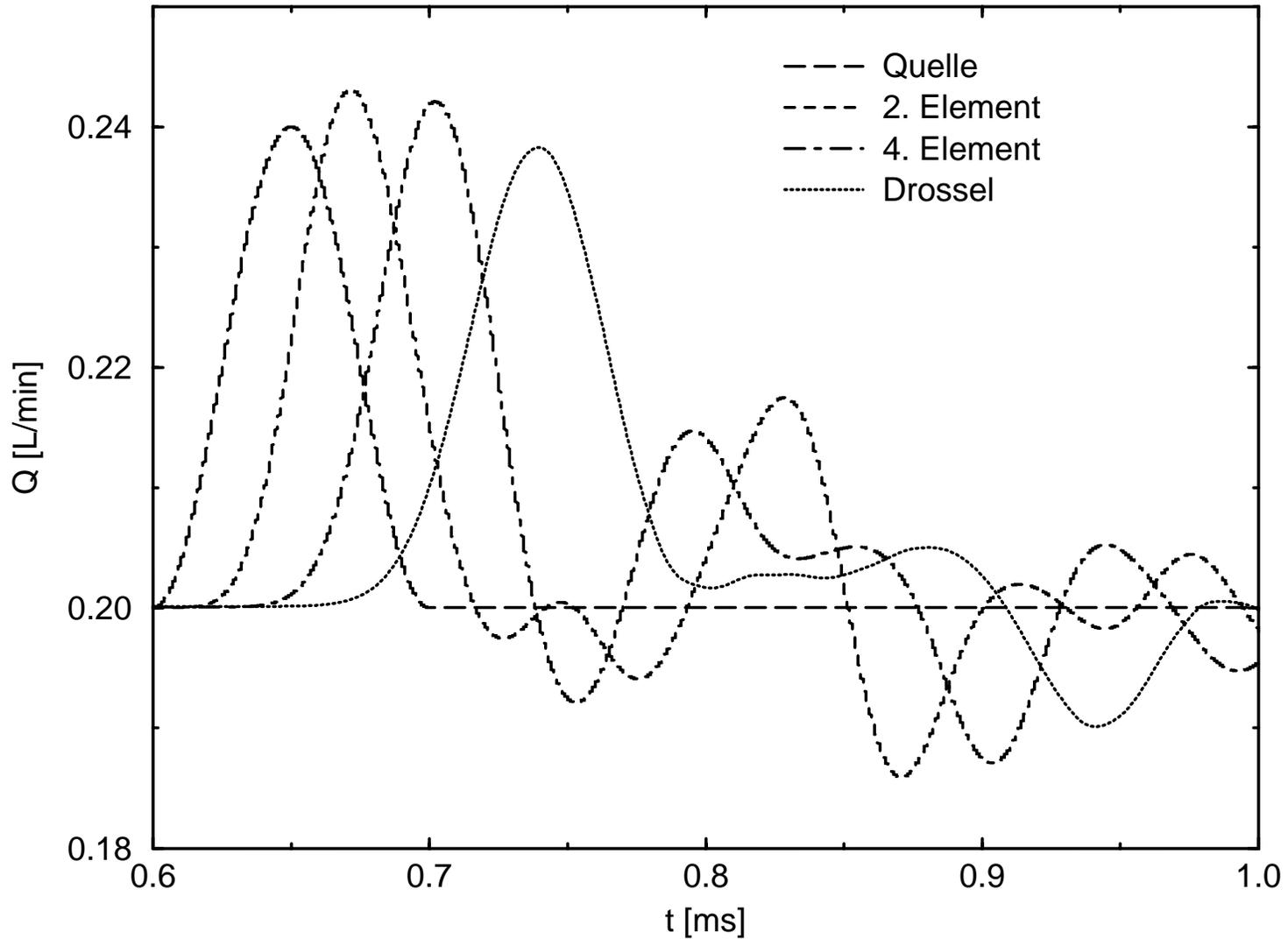
## Parameter und Randbedingungen im Hydrauliksystem - Schmittdrossel



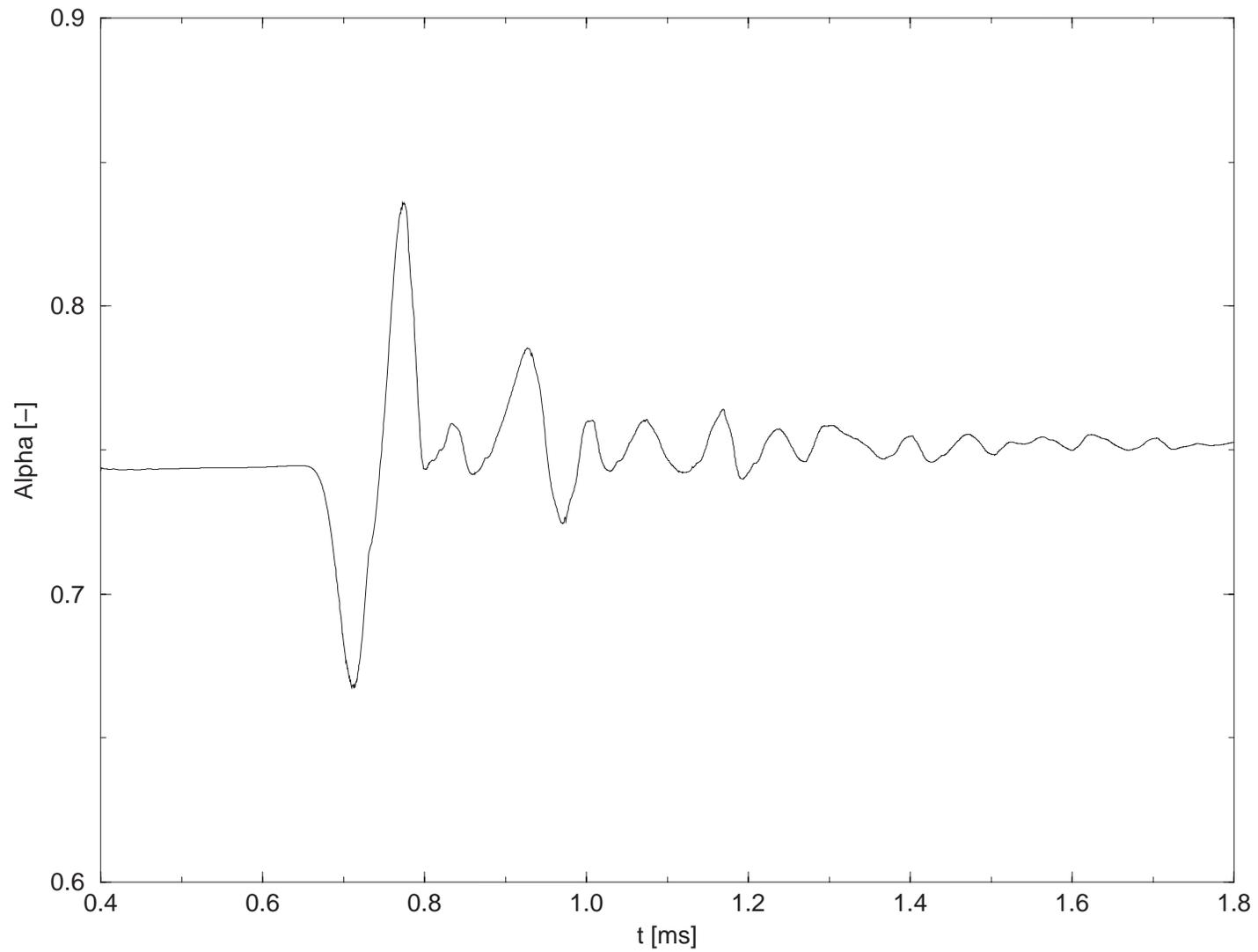
# Volumenströme vor Schmittdrossel aus AMESim-Vergleichsrechnung



# Volumenströme vor Schmittdrossel aus AMESim-FIRE-Rechnung



# Durchflußkoeffizient Schmittdrossel bei AMESim-FIRE-Rechnung



# *Zusammenfassung*

1. Schon bei einfachen Strömungsberechnungen sind die Ergebnisse gekoppelter Simulation schwer zu verifizieren (Meßwerte sind zwingend erforderlich)
2. Beste Ergebnisse für Rohrströmung:  
Kompressibles Dieselöl in FIRE
3. Beste Ergebnisse für Strömung in Schmittdrossel:  
Inkompressibles Dieselöl in FIRE
4. Strömungsgrößen an Schmittdrossel zeigen bei gekoppelter Simulation einen neuen Verlauf  
Durchflußkoeffizient ist nicht konstant!
5. Numerische Probleme traten in FIRE bei großen Druckänderungen auf (ungeeignete Diskretisierung !?)