

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

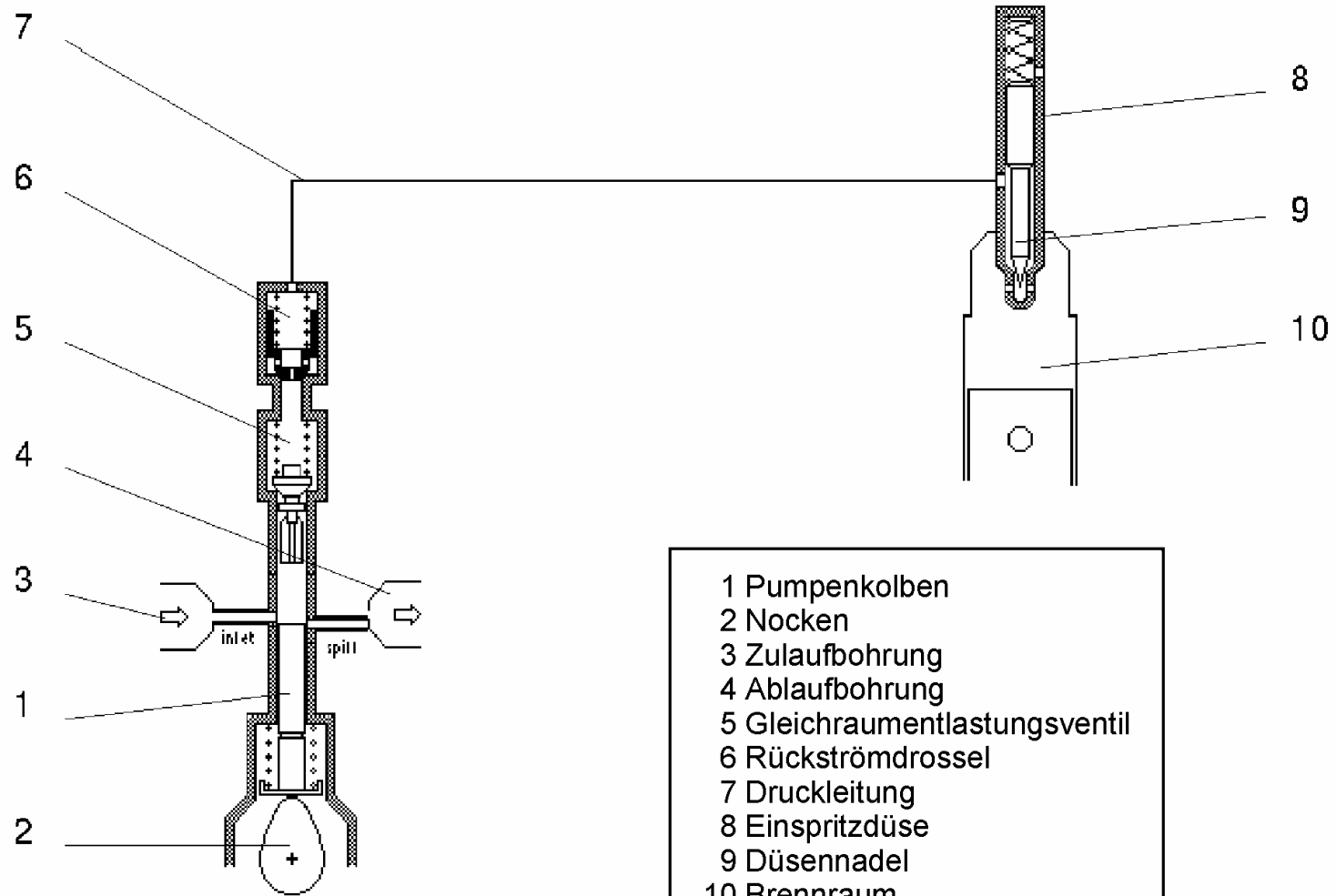
FV/FLP und FV/FLI

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

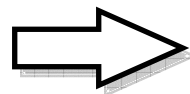
3D-Strömungsimulation

Vorteile:

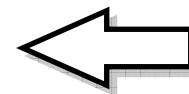
- volle 3D-Wechselwirkung
- realitätsnähere Modellierung durch Abbildung der Geometrie

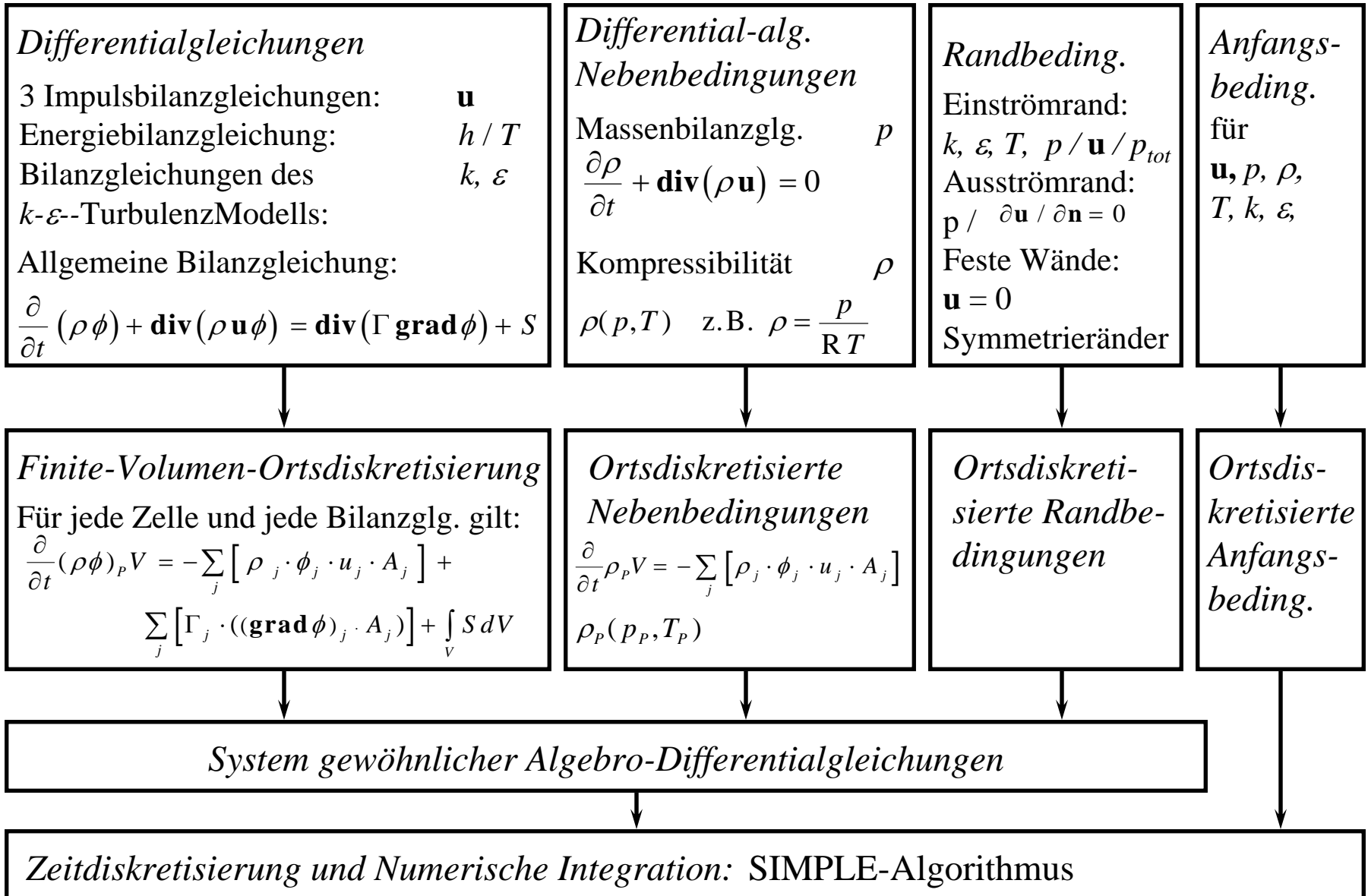
Nachteile:

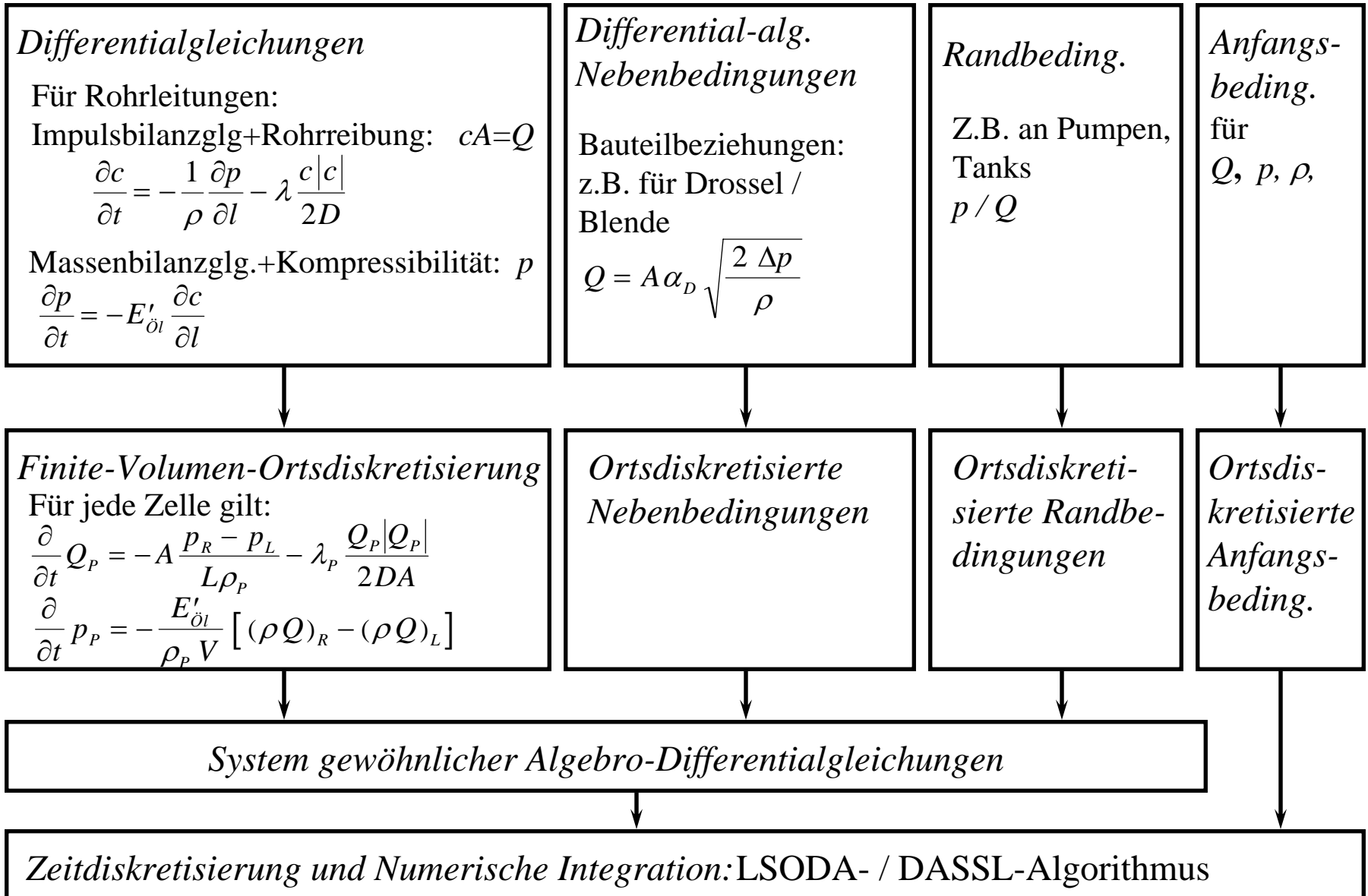
- hoher Rechenaufwand, daher nur Simulation kleiner Komponenten



Hybridansatz



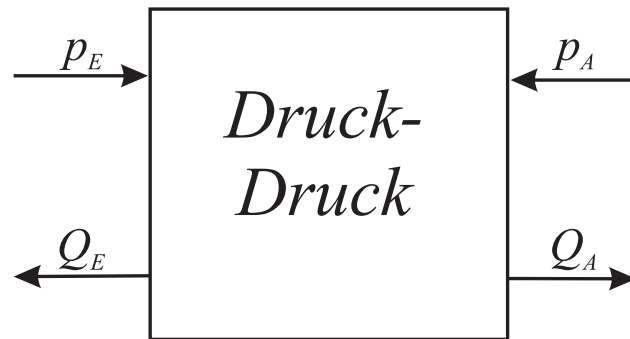




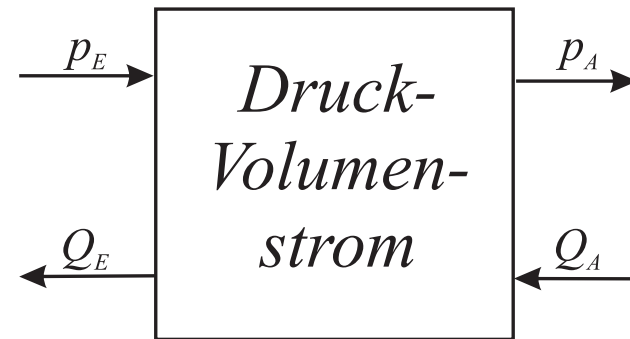
*Abgleich der Strömungsgrößen von 3D-Innenströmungs-
simulation und 1D-Hydrauliksimulation - Voraussetzungen*

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

Mögliche Integrationsmodelle aus Sicht von AMESim



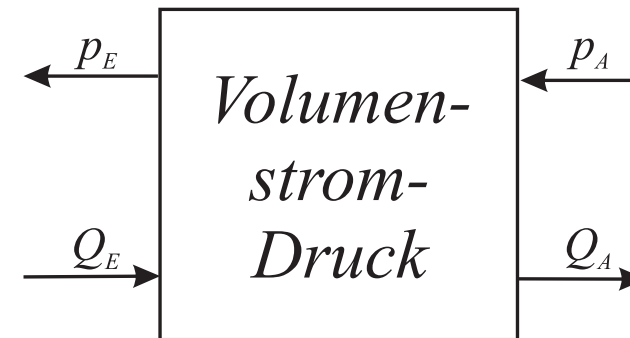
Numerik ?



Massenerhalt ?

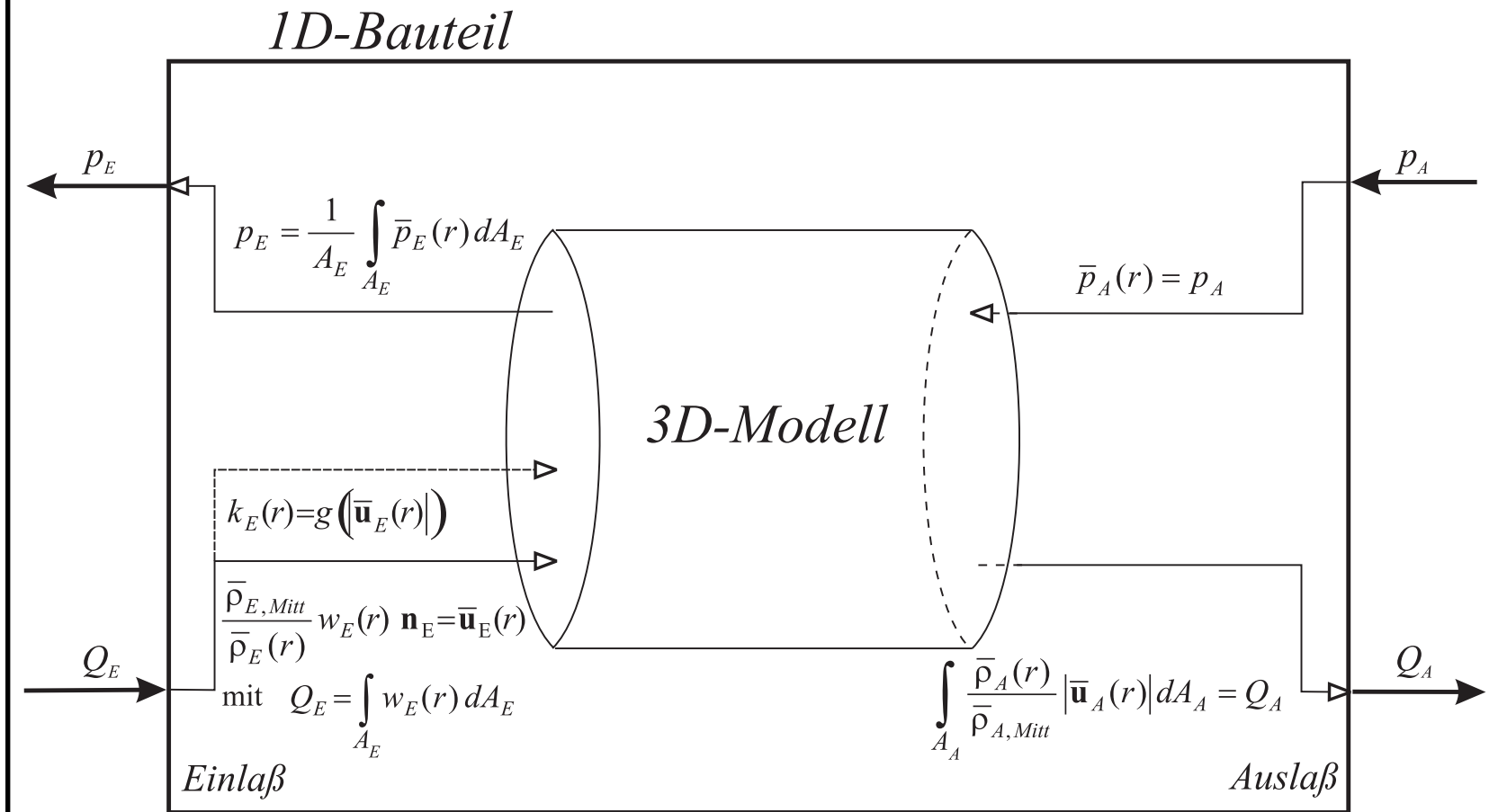


Massenerhalt ?

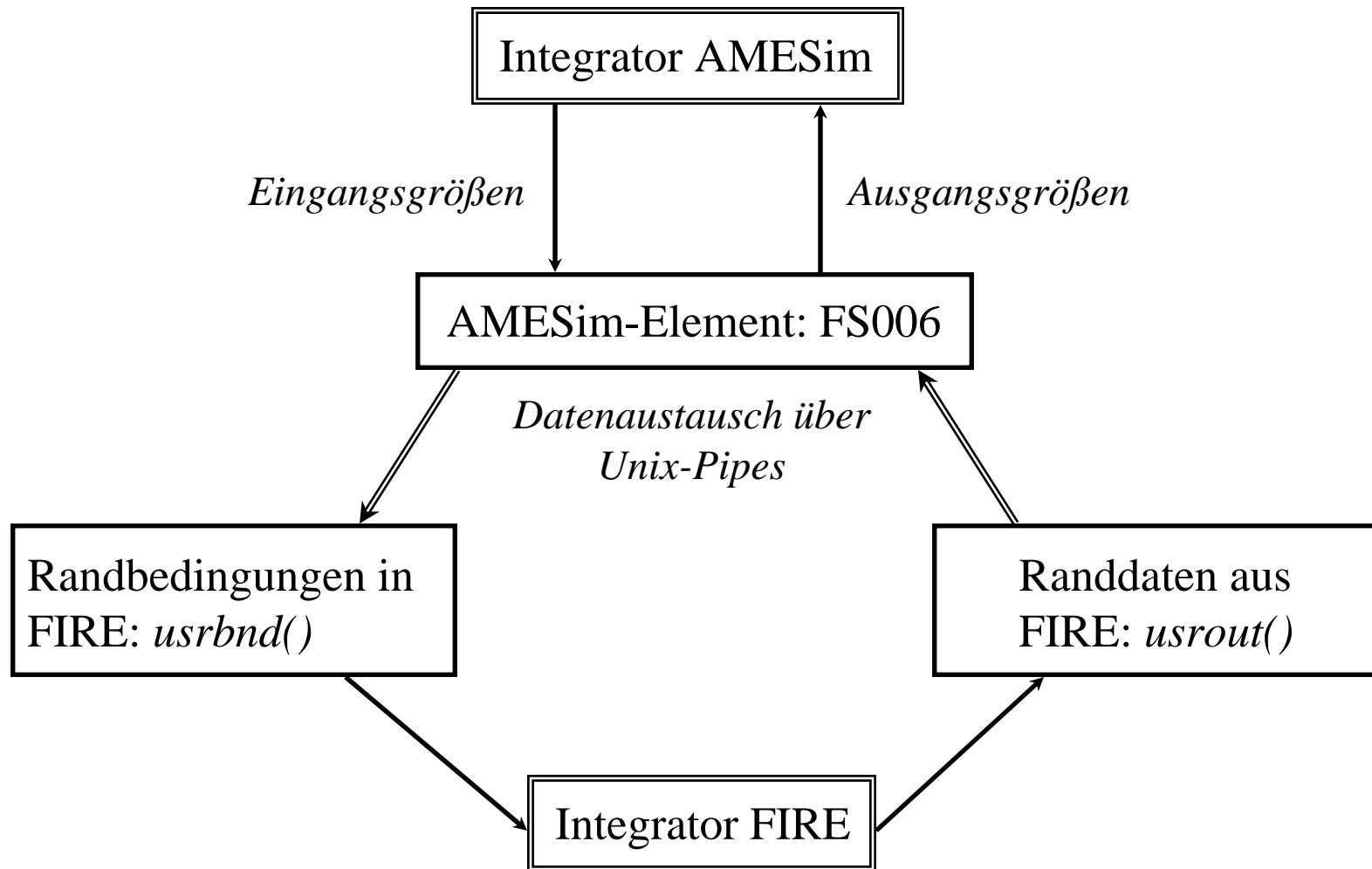


Implementiert !

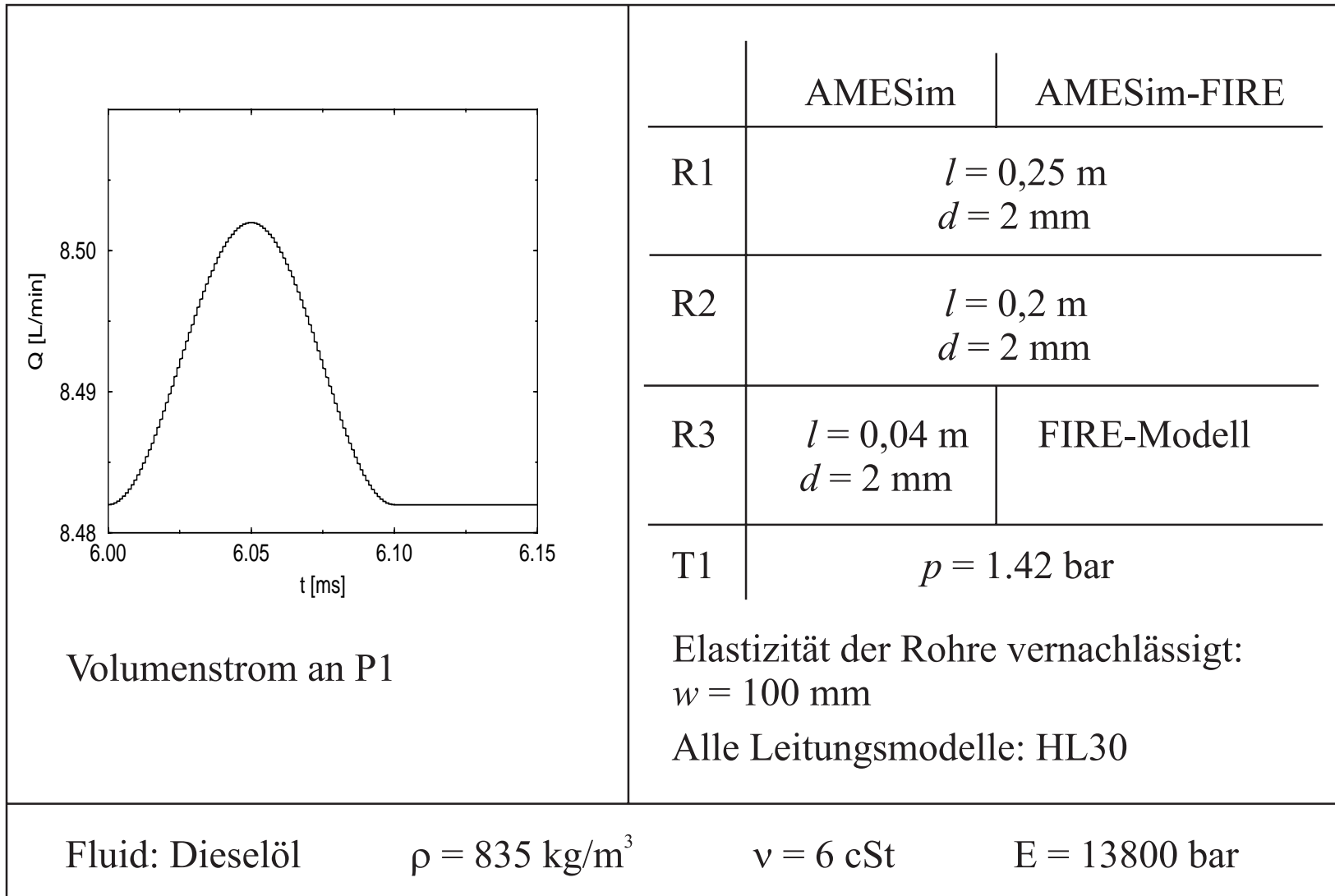
Abgleich Strömungsgrößen im Volumenstrom-Druck-Modell



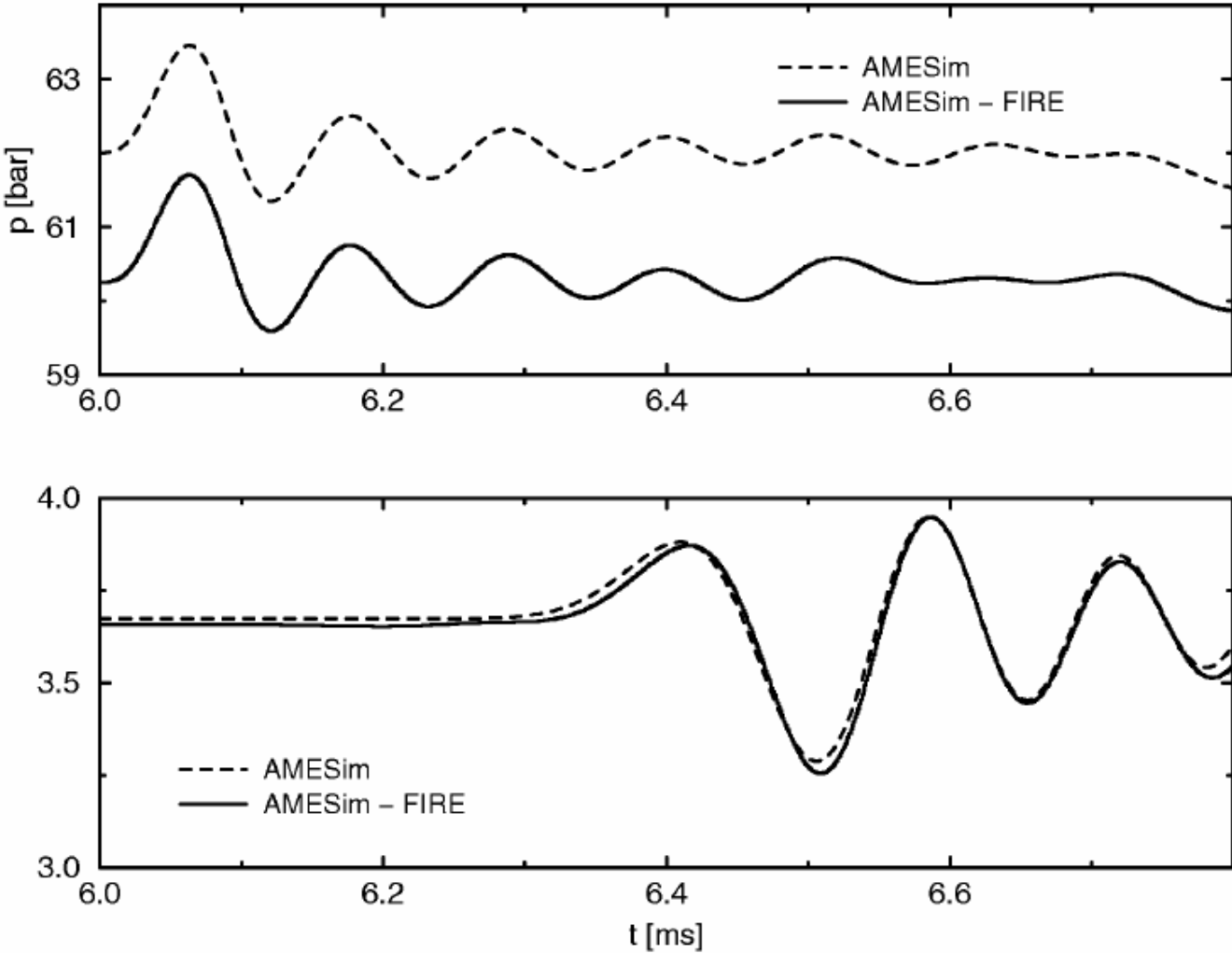
Implementierung Volumenstrom-Druck-Modell



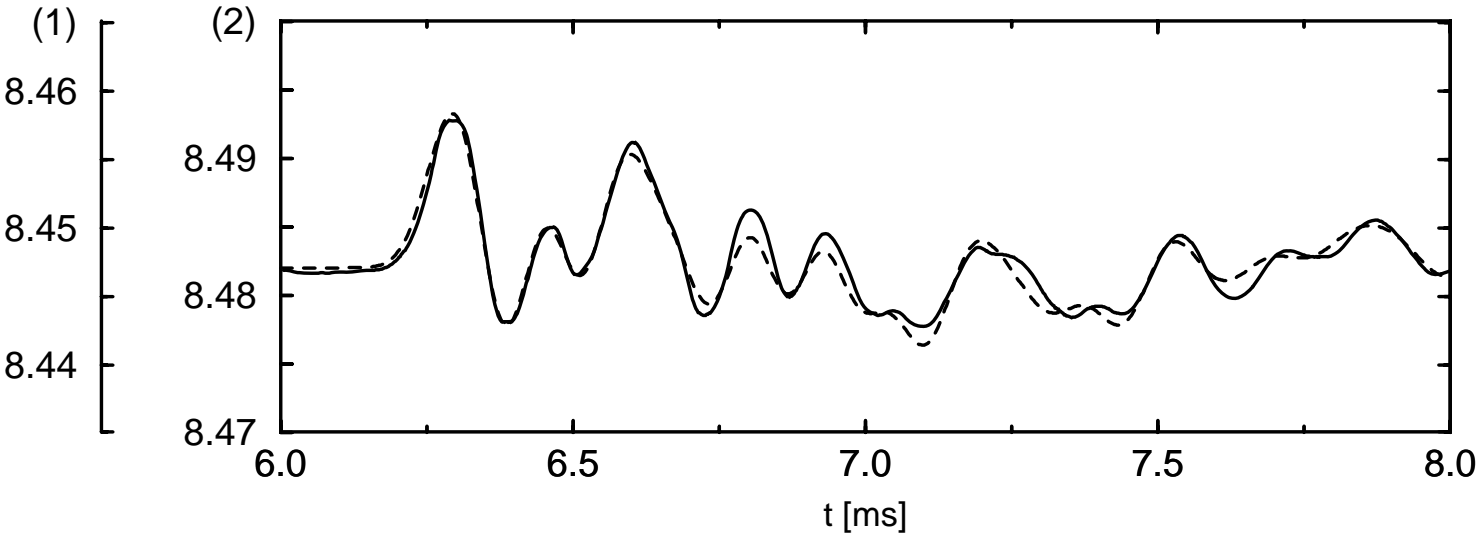
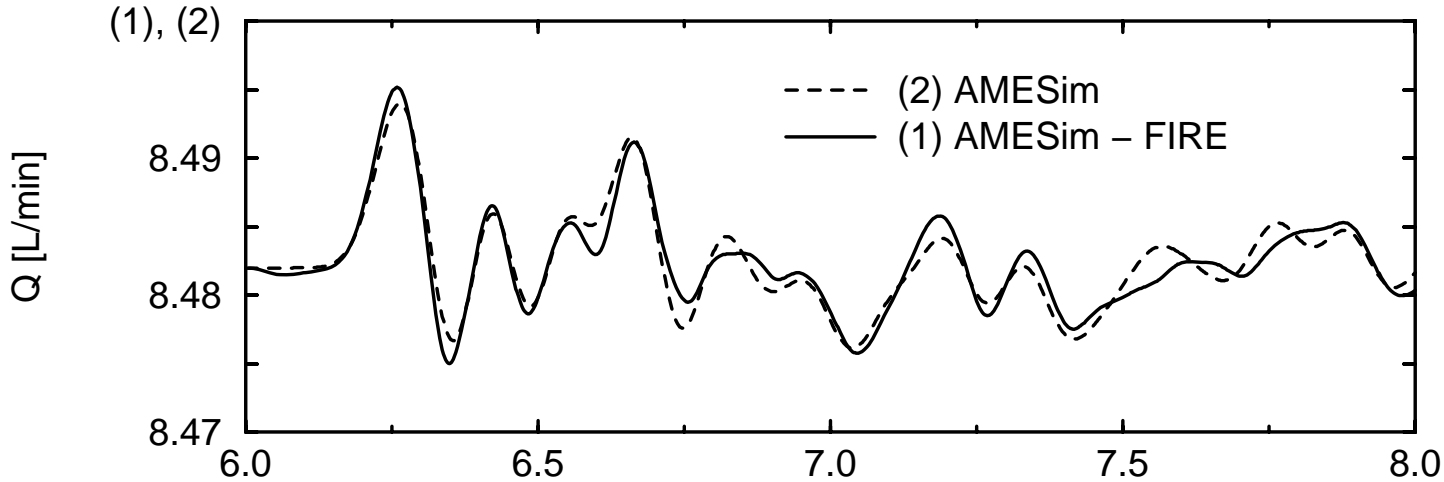
Parameter und Randbedingungen im Hydrauliksystem - Lange Hydraulikleitung



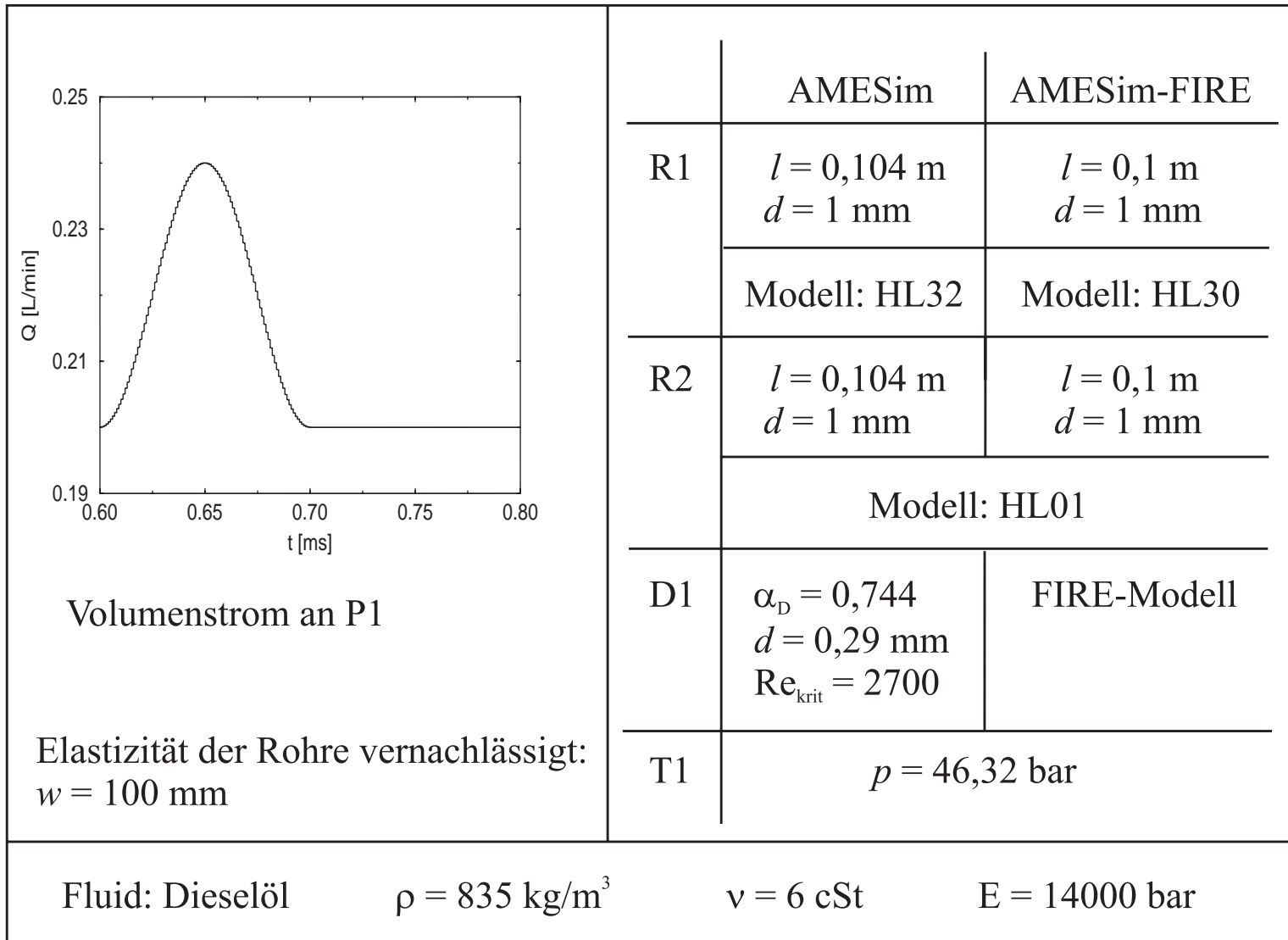
Statischer Druck am Rohranfang von (R1) und am Rohrende von R2



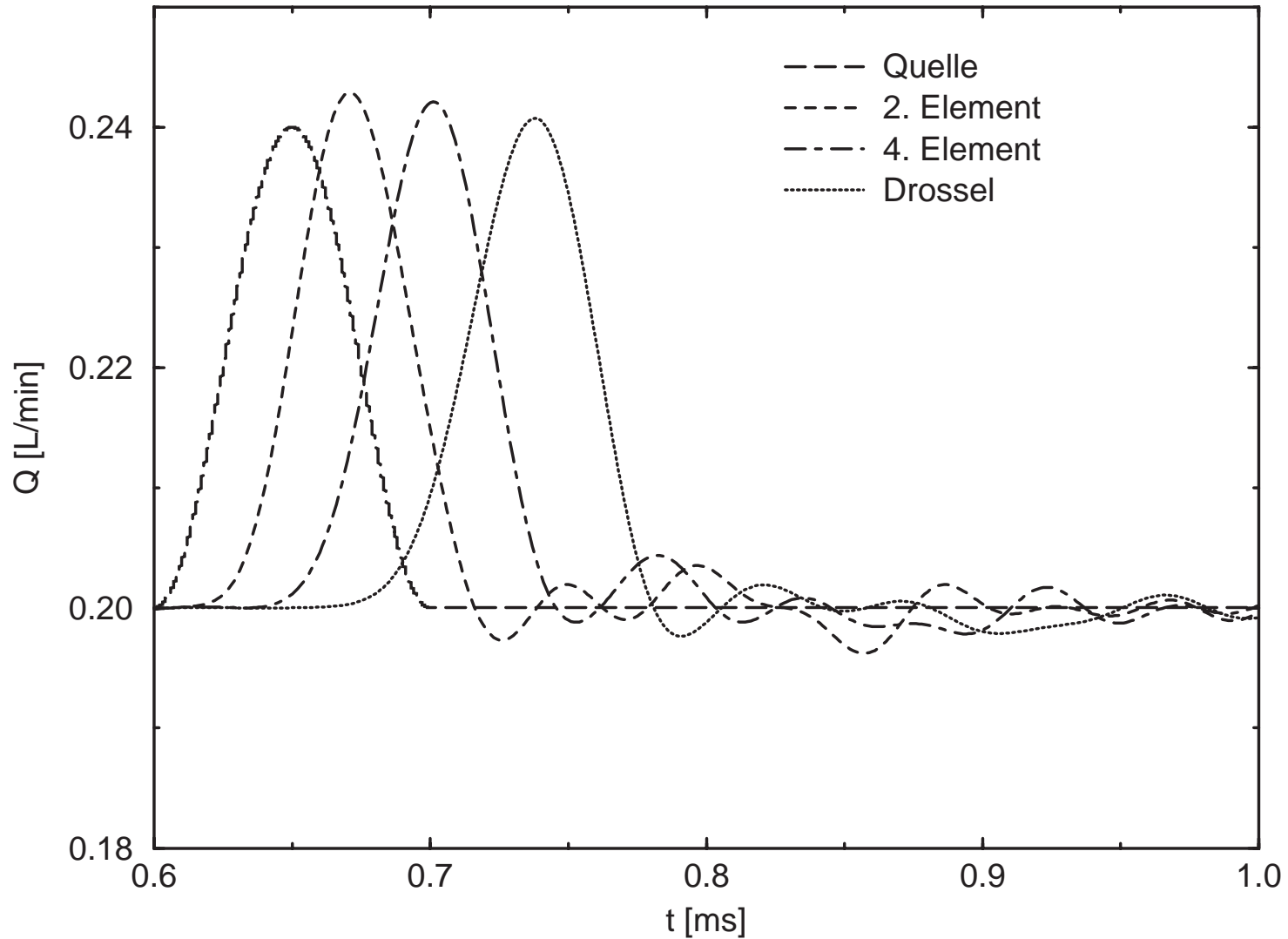
Volumenströme am Anfang und am Ende von R3 - Lange Hydraulikleitung



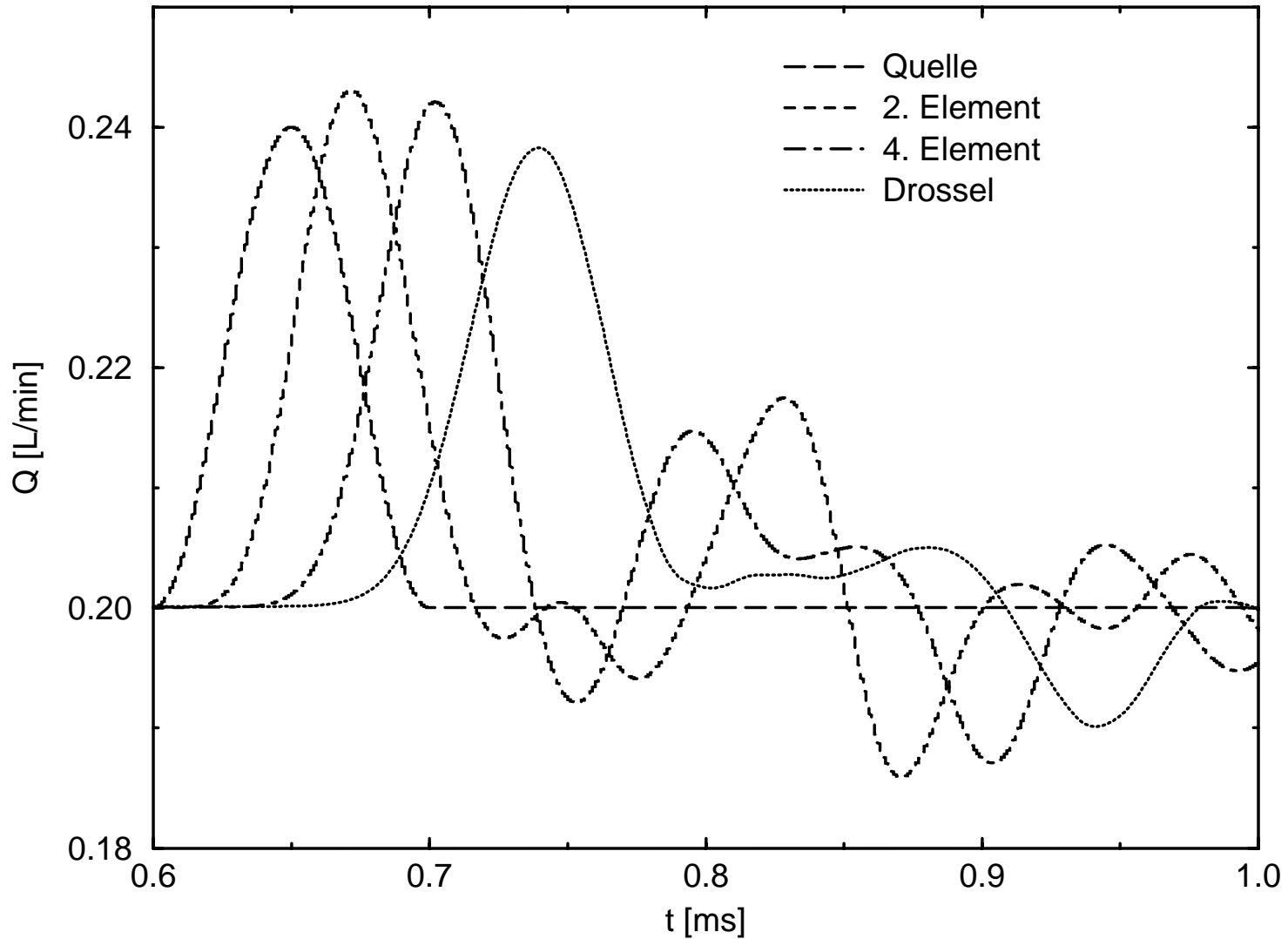
Parameter und Randbedingungen im Hydrauliksystem - Schmittddrossel



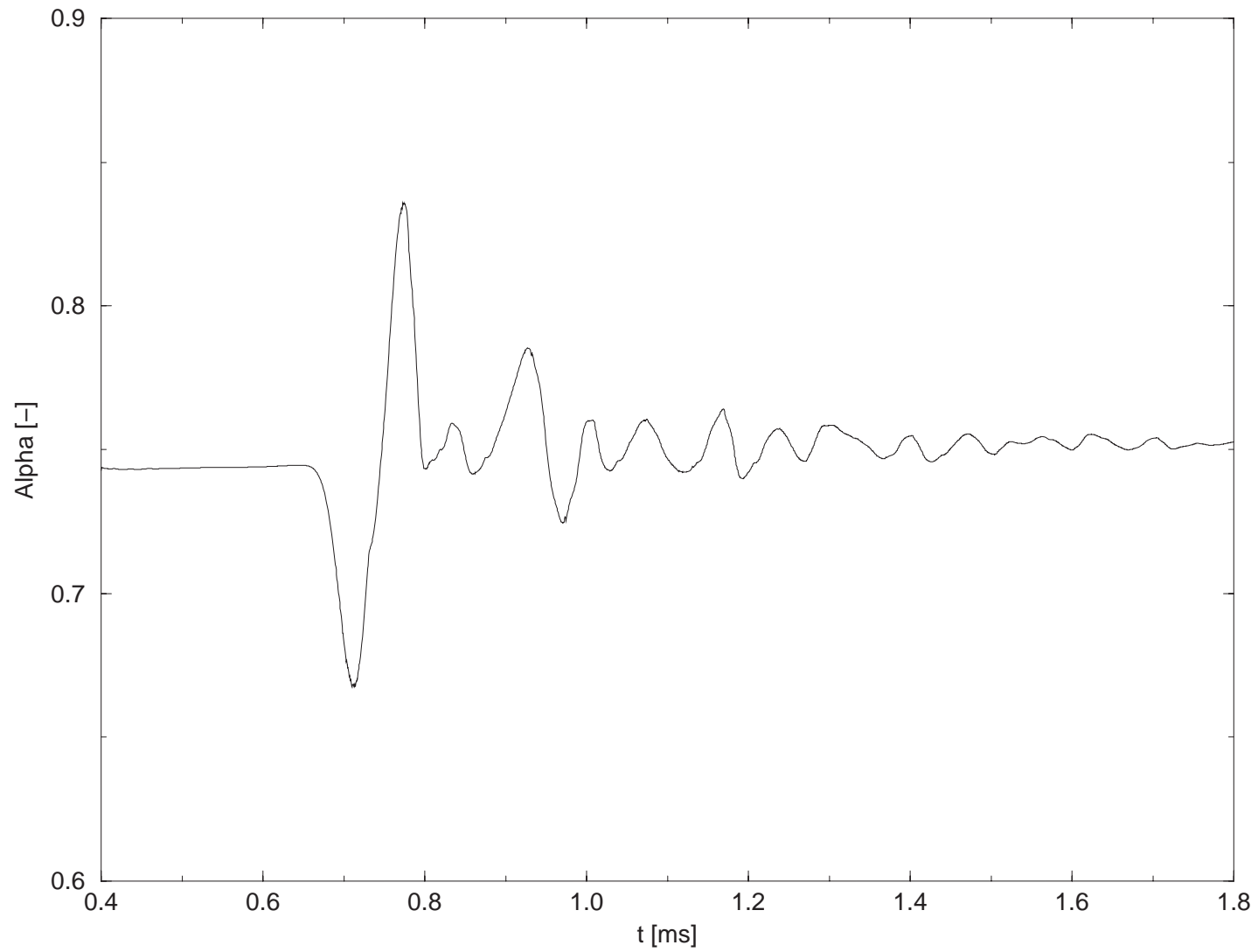
Volumenströme vor Schmittdrossel aus AMESim-Vergleichsrechnung



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 !?)