

Numerische Simulation eines ölgeschmierten Getriebes mit dem VoF-Modell zur Ermittlung der Planschverluste

Felix Sträubig

Technische Universität Berlin

Dr. Andreas Spille-Kohoff

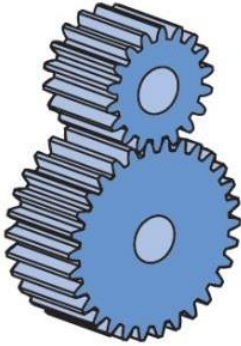
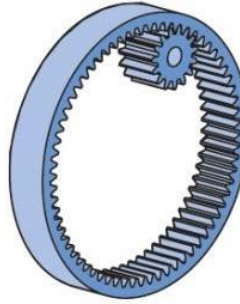
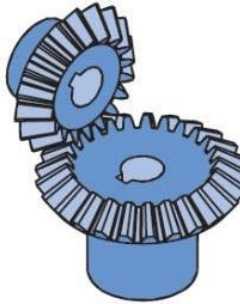
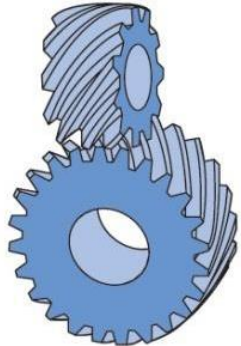
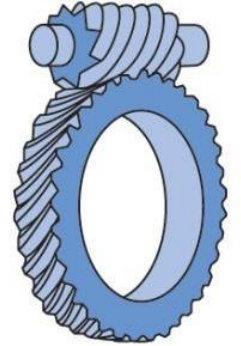
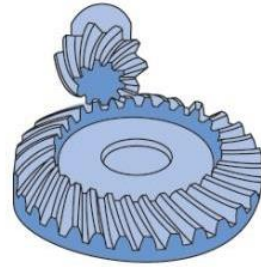
CFX Berlin Software GmbH

06.10.16

- Grundlagen der Zahnradgetriebe und Schmierung
- Pre-Processing
 - Geometrie und Vernetzung
 - Modellbildung mit dem Volume-of-Fluid-Modell
- Auswertung
 - Vergleich zwischen dem 2D- und 3D-Modell
 - Parameterstudien

Getriebe sind Maschinenelemente, mit denen Drehzahlen und Drehmomente übertragen und umgewandelt werden können.

Gängige Bauarten:

Stirnradgetriebe außen	Stirnradgetriebe innen	Kegelradgetriebe	Stirrad-schraubgetriebe	Schneckengetriebe	Kegelradschraubgetriebe (Hypoid)
					

(Quelle: Schlecht, Berthold (2010). Maschinenelemente. 2. Getriebe, Verzahnungen, Lagerungen. Pearson Studium. (Modifiziert))

Aufgabe des Schmiermittels:

- Reduzierung der Reibung an den Zahnflanken
 - Wärmeabfuhr
 - Schutz der Dichtungen
- Verringerung des Verschleißes

Arten der Schmierung:

- Öl-Einspritzschmierung
- Öl-Nebelschmierung
- Öl-Tauchschmierung

Verluste entstehen durch:

- die Verzahnung (Z)
- die Lager (L)
- die Dichtung (D)
- weitere Bauteile (X)

$$\rightarrow P_V = P_{VZ} + P_{VL} + P_{VD} + P_{VX}$$

Verzahnungsverluste lassen sich in einen lastabhängigen (ZP) und einen lastunabhängigen Anteil (Z0) einteilen.

$$\rightarrow P_{VZ} = P_{VZP} + P_{VZ0}$$

Allgemein gilt:

$$P = \omega \cdot M$$

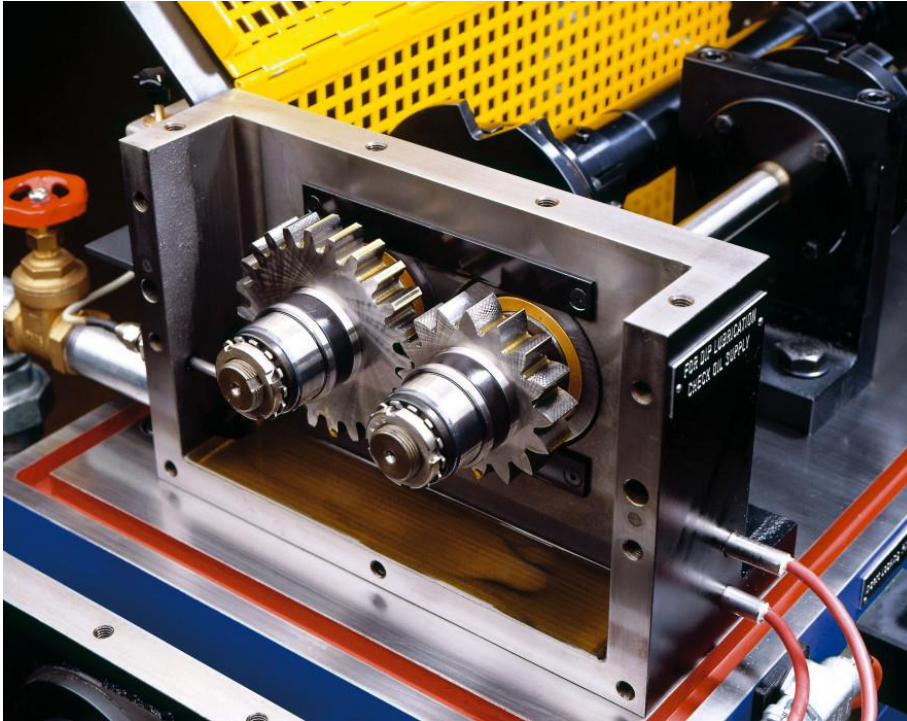
Für die Verlustleistung gilt:

$$P_V = \sum \omega \cdot M_V$$

Das strömungsmechanische Widerstandsmoment lässt sich in einen Druckanteil und einen Reibungsanteil aufteilen.

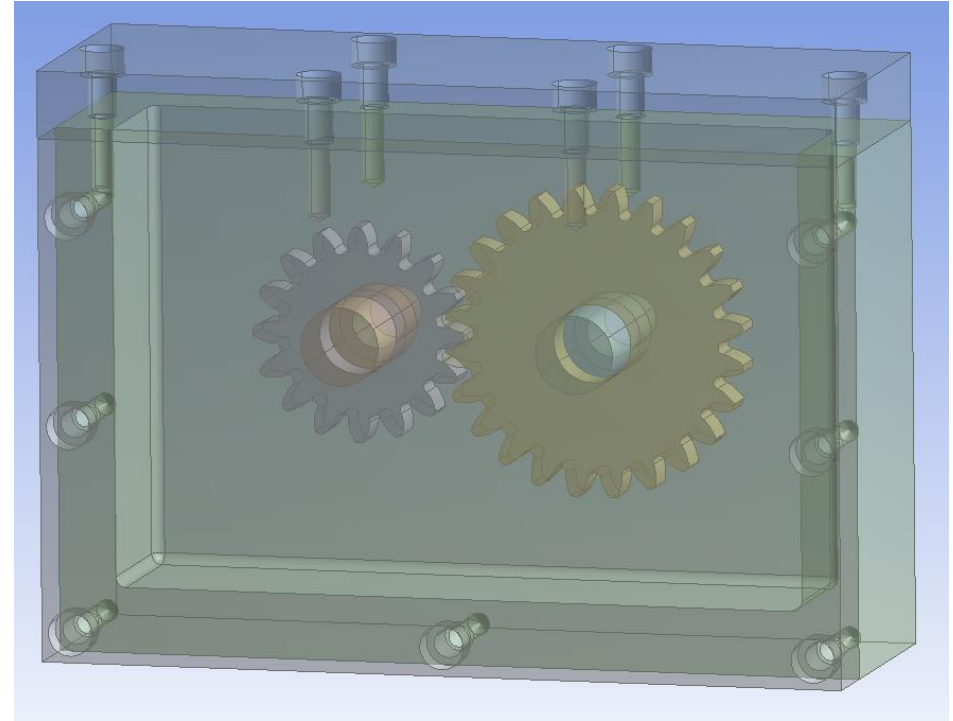
$$M_V = M_{VP} + M_{VR}$$

Vergleichbares Getriebe



(Quelle Strama-MPS .<http://www.strama-mps.de/produkte/pruefstaende/standards/fzg-zahnrad-verspannungspruefstand/>)

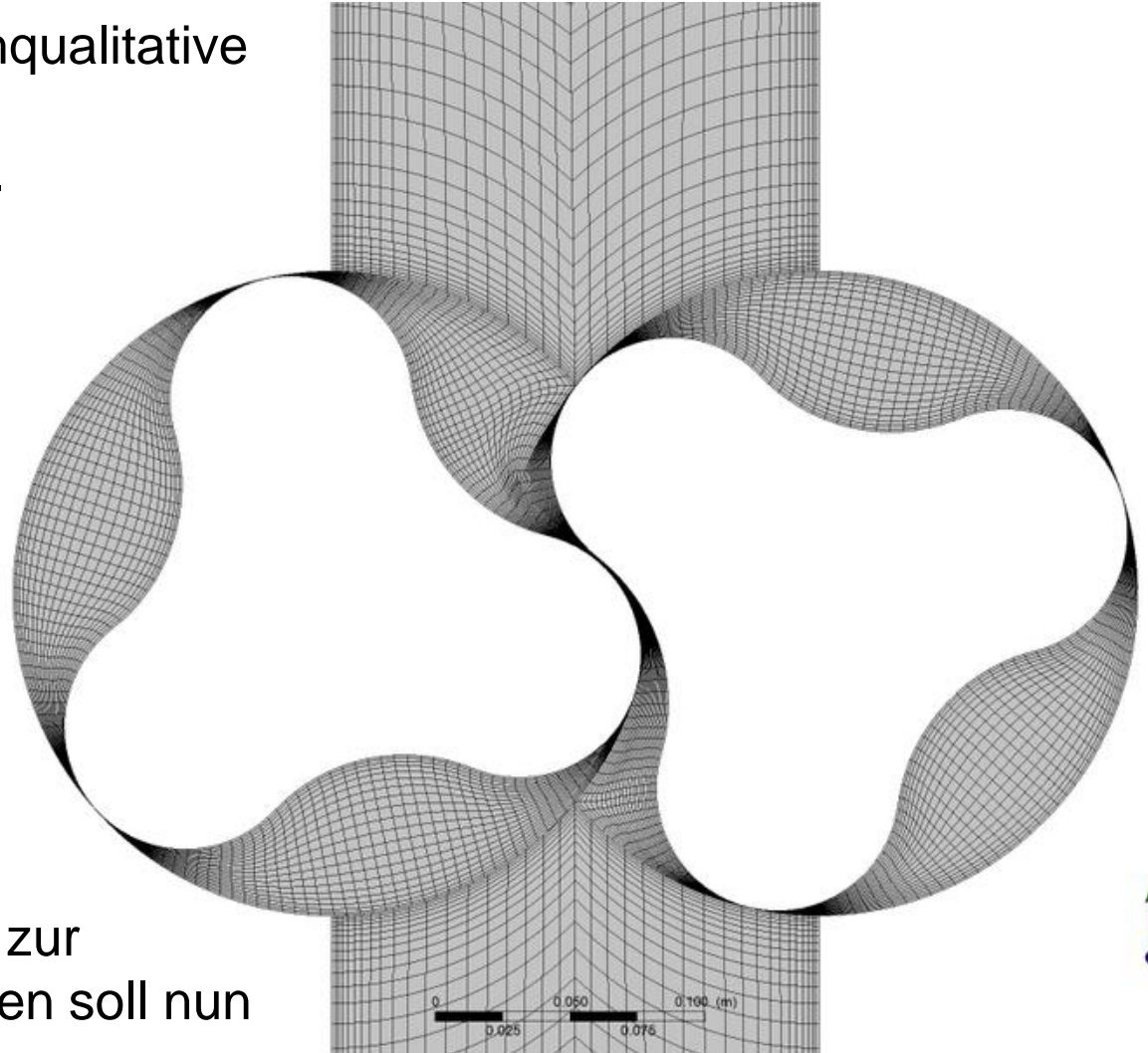
CAD-Modell des Getriebes



Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von der Technischen Universität München

TwinMesh ermöglicht eine hochqualitative Vernetzung von achsparallelen Rotationsverdrängermaschinen.

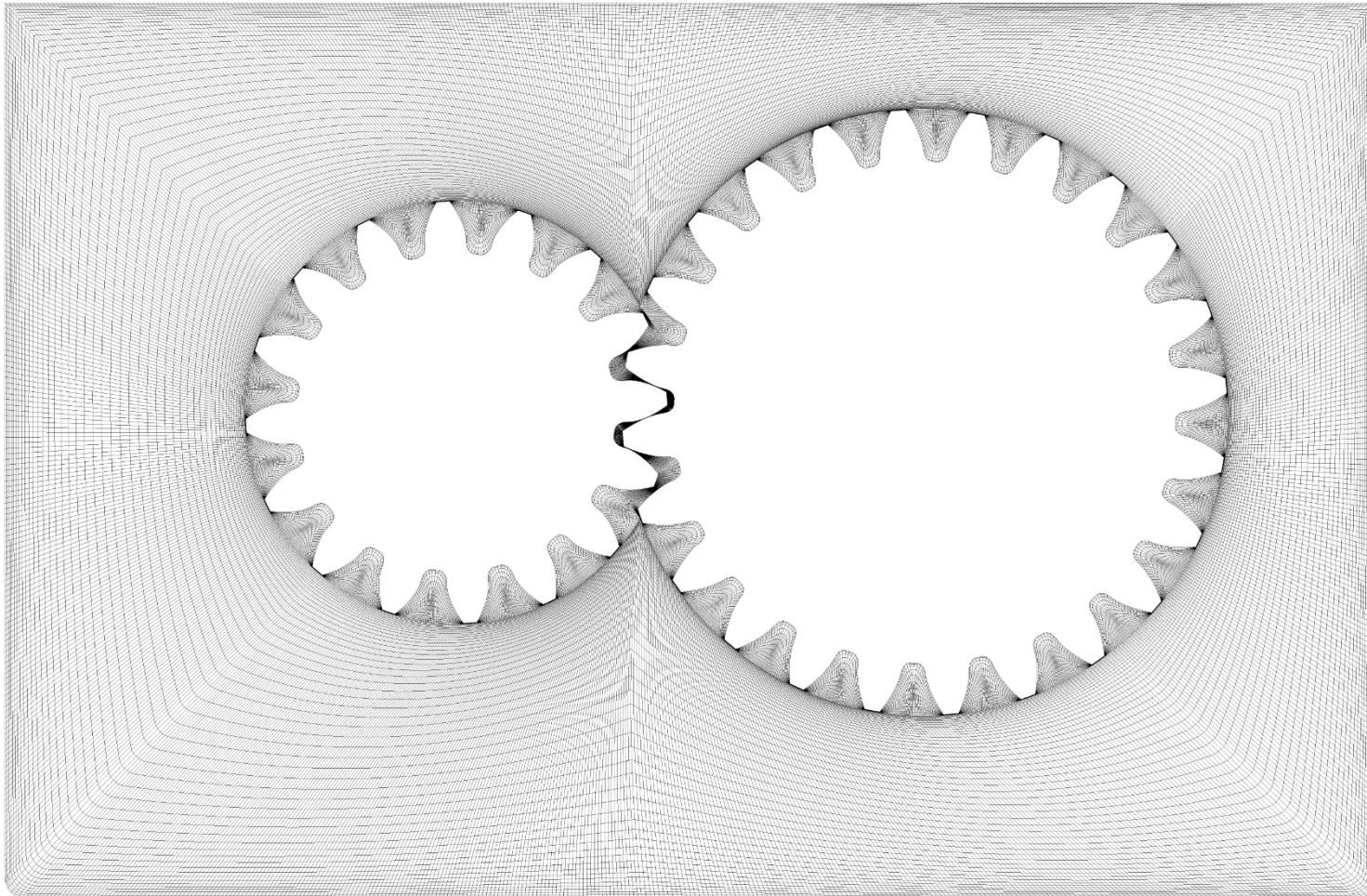
TwinMesh™



Die Anwendung von **TwinMesh** zur Vernetzung von Zahnradgetrieben soll nun erprobt werden.

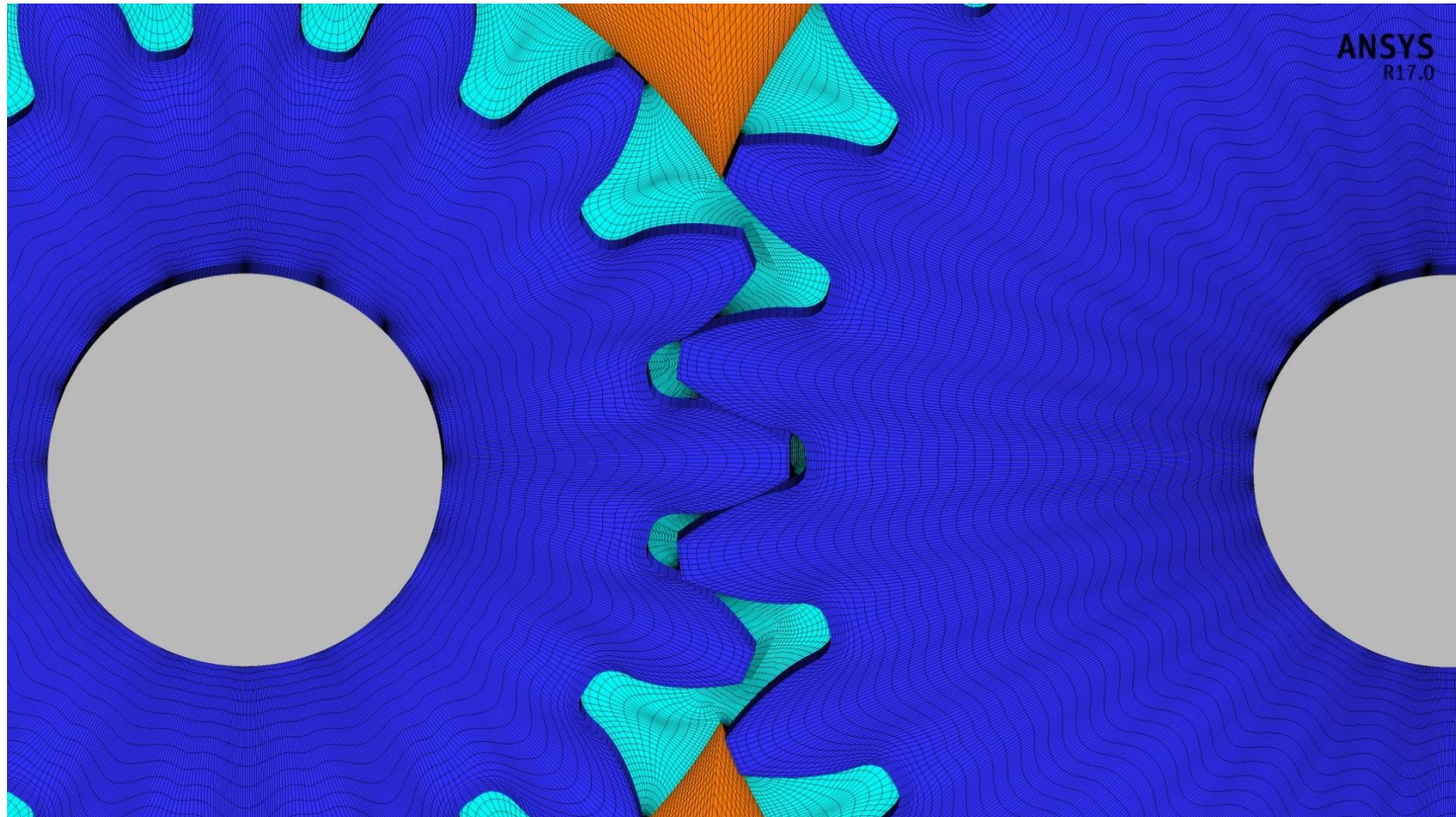
Quelle: <http://www.cfx-berlin.de/software/stroemungsmechanik/twinmesh-fuer-verdraengemaschinen.html#c1835>

2D-Berechnungsgitter



Ca. 164 000 Knoten

3D-Berechnungsgitter



Ca. 1 760 000 Knoten

Volume-of-Fluid-Modell (VoF-Modell)

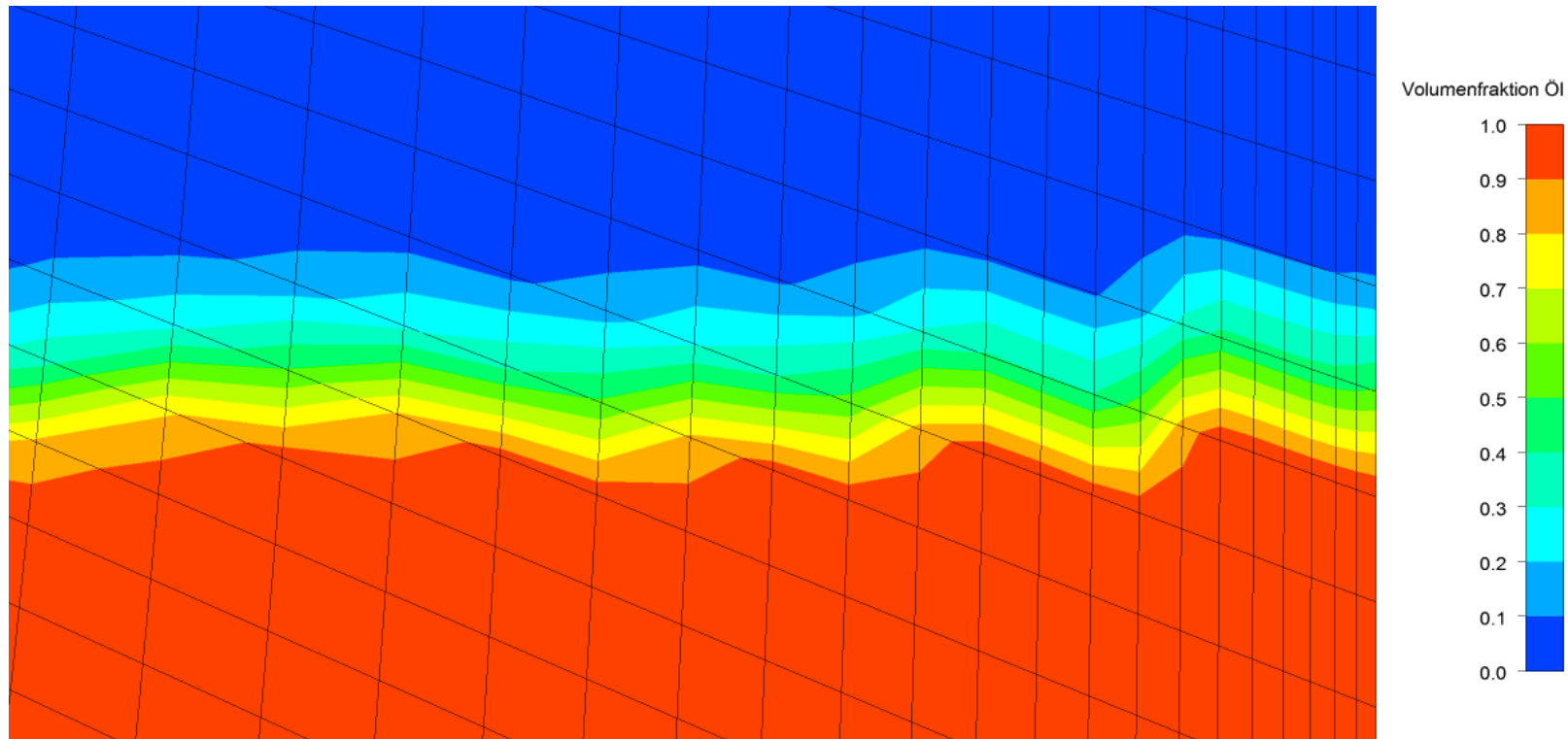
Zweck:

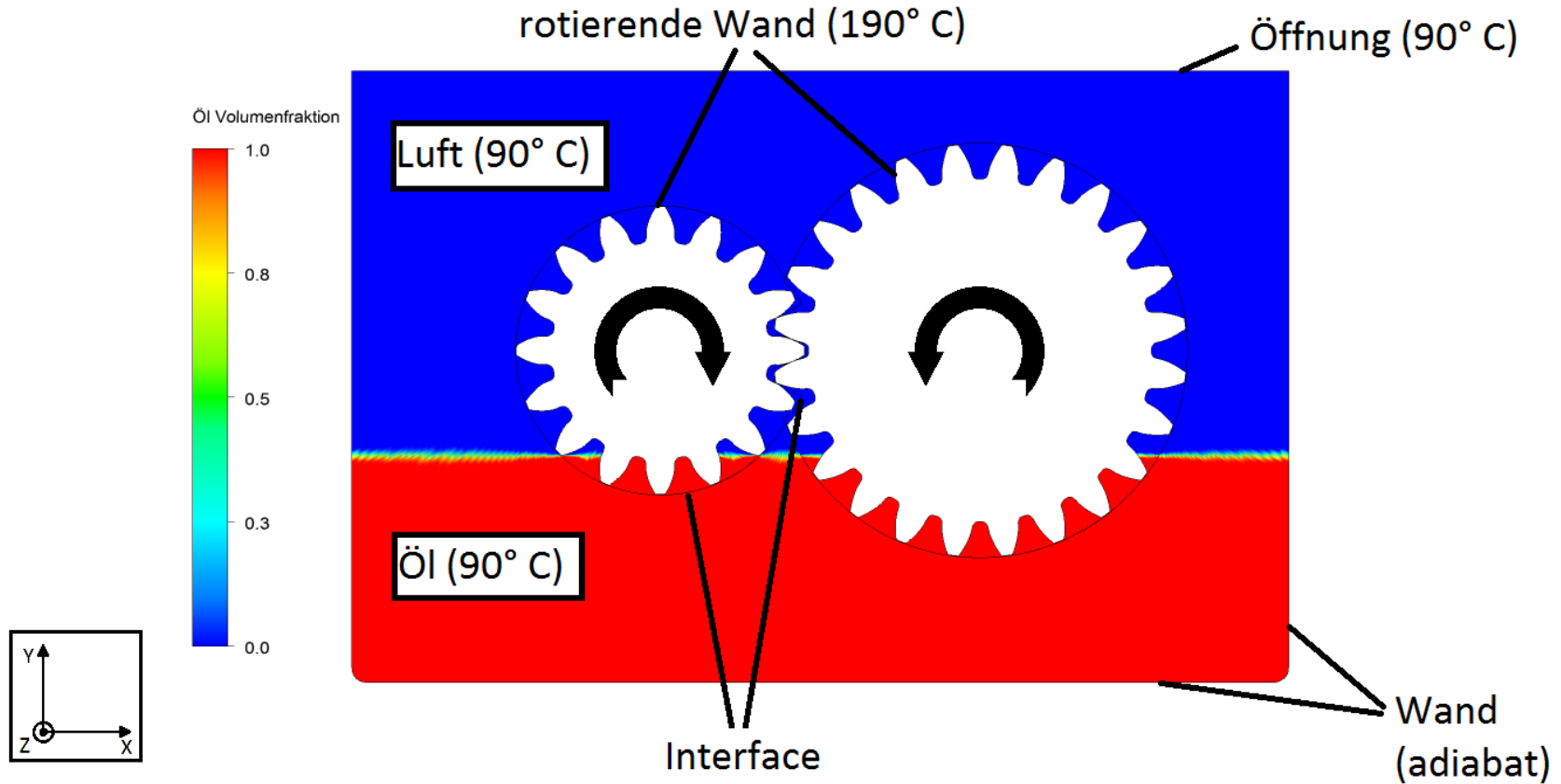
- Wird bei Mehrphasensimulationen verwendet
- Dient der Modellierung freier Oberflächen

Prinzip:

- Interfaceerfassungsmethode
- Volumenanteile der Komponenten werden als zusätzliche Erhaltungsgrößen eingeführt

Phasengrenze zwischen Öl und Luft im VoF-Modell



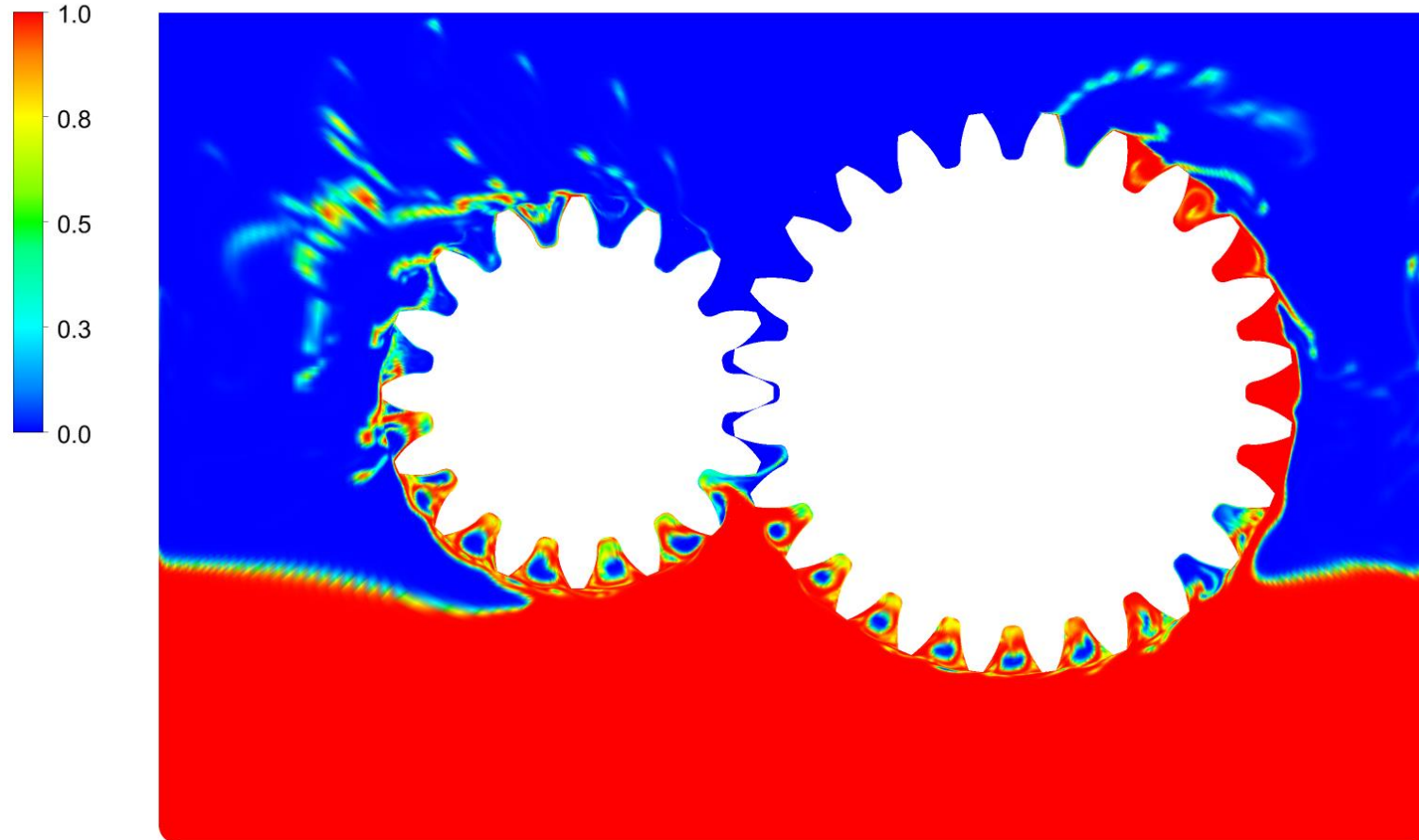


- Löser
 - ANSYS CFX
- Turbulenz
 - SST-Modell
- Mehrphasensimulationen
 - VoF-Modell
 - Freie-Oberflächenmodell
 - Oberflächenschärfung
- Transiente Berechnung
 - Winkelschritt: $0,5^\circ$
 - 30 Netze / Zahn

2D-Modell

($n_1 = -520,2 \text{ U/min}$; $n_2 = 348,6 \text{ U/min}$)

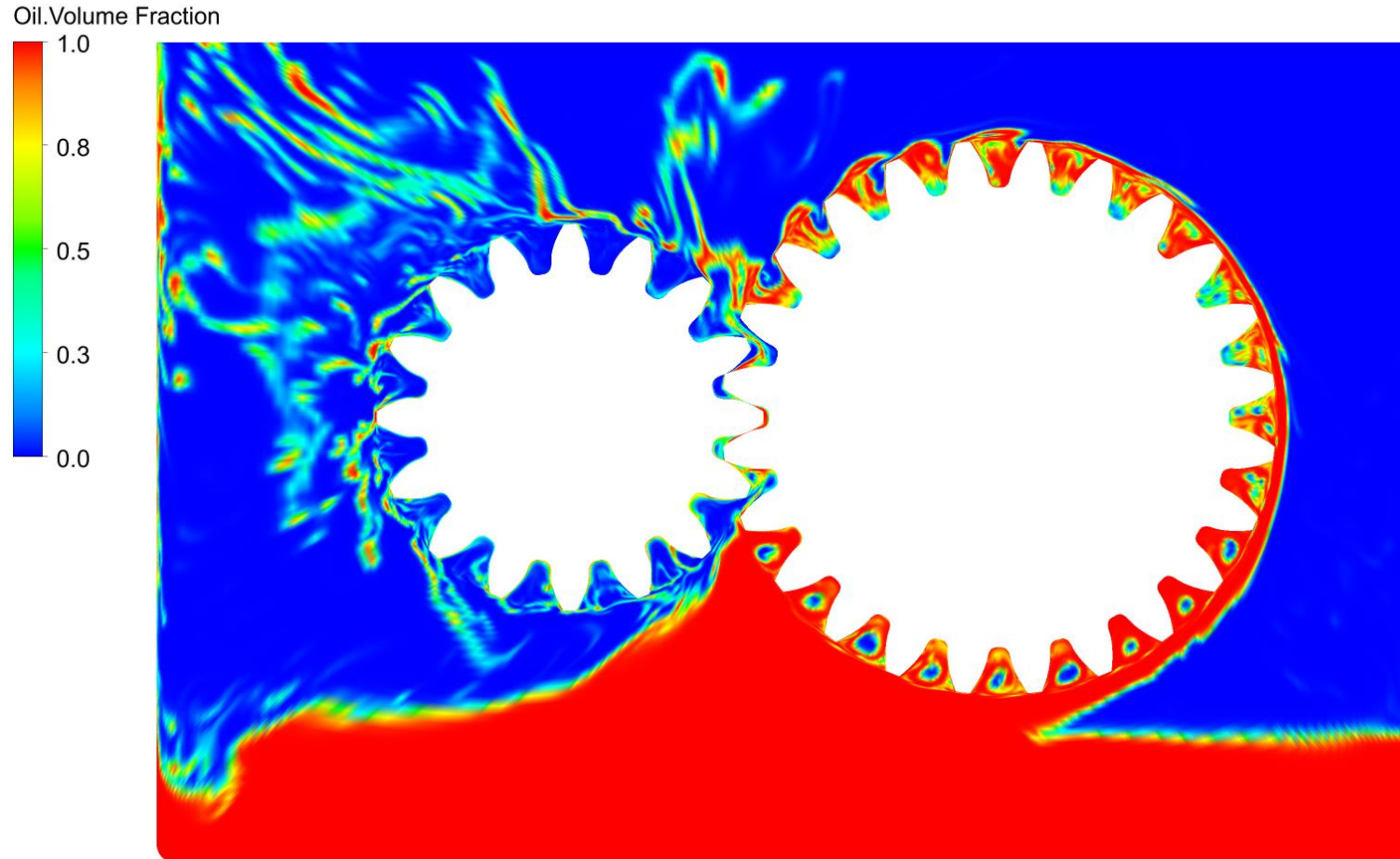
Oil Volume Fraction



Ölverteilung nach einer Großraddrehung um 120°

2D-Modell

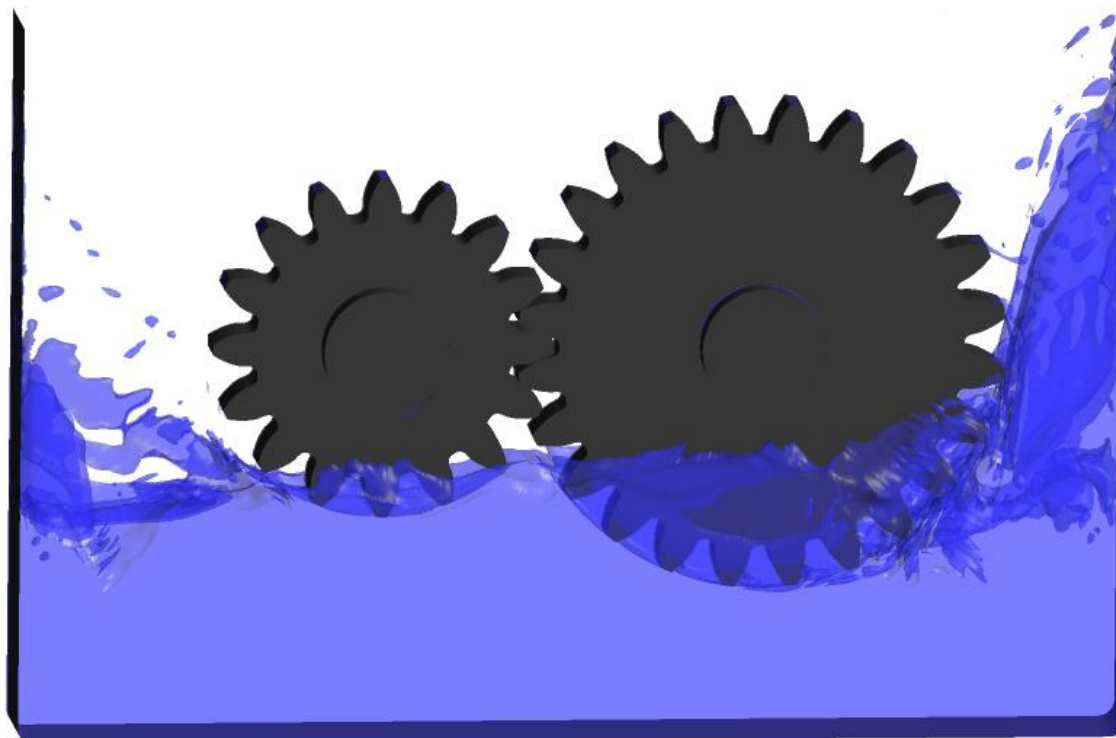
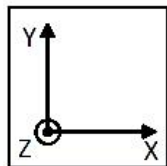
($n_1 = -520,2 \text{ U/min}$; $n_2 = 348,6 \text{ U/min}$)



Ölverteilung nach einer Großraddrehung um 720°

3D-Modell

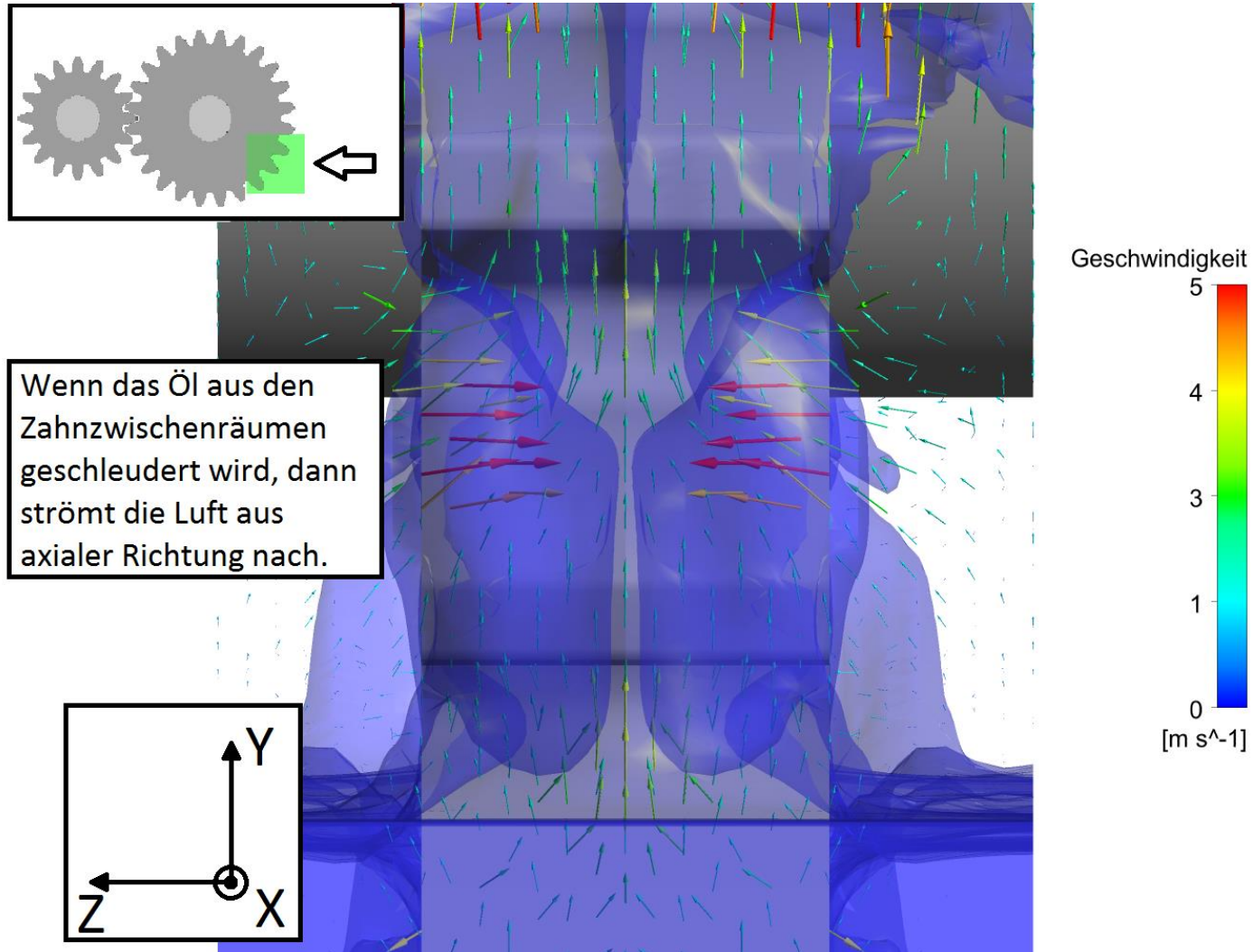
($n_1 = -520,2 \text{ U/min}$; $n_2 = 348,6 \text{ U/min}$)



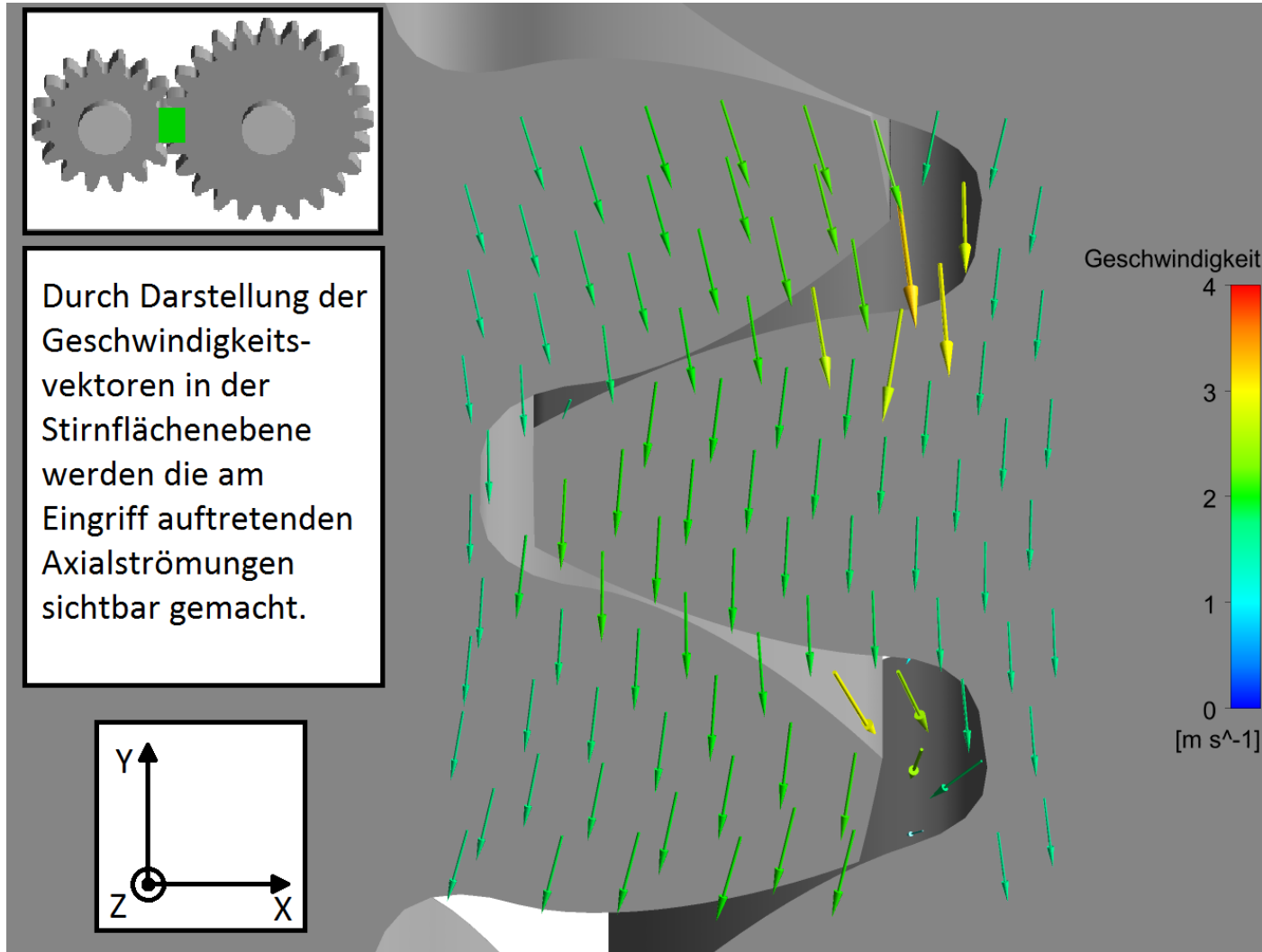
ANSYS
R16.2
Academic

Ölverteilung nach einer Großraddrehung um 360°

Vergleich zwischen dem 2D- und 3D-Modell



Vergleich zwischen dem 2D- und 3D-Modell



- Simulationen mit dem 2D-Modell führen zu einer realitätsfernen Verteilung des Öls
- Die Ölverteilung beim 3D-Modell erscheint plausibel
- Am Zahneingriff und an den Zahnzwischenräumen treten Strömungsgeschwindigkeiten in axialer Richtung auf

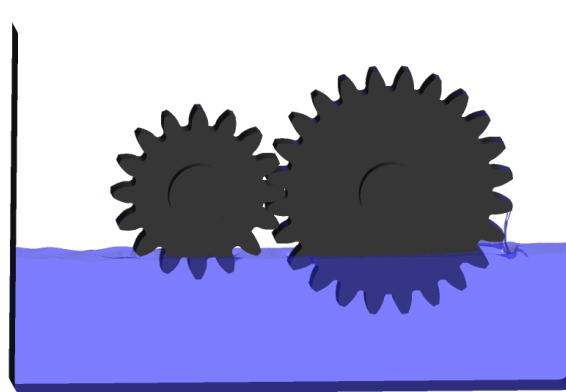
→ Das 2D-Modell stellt keine Alternative zum 3D-Modell dar

Durch Parameterstudien soll der Einfluss auf das Verlustmoment bestimmt werden

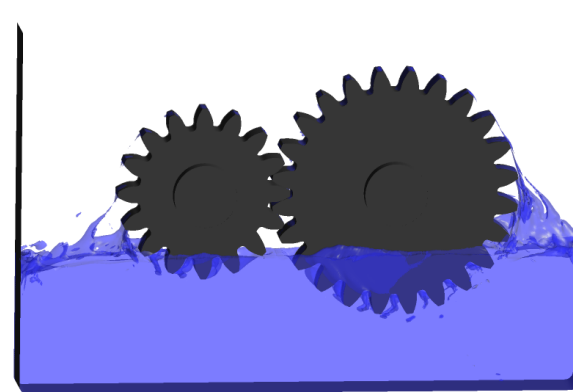
Variierte Parameter:

- Drehzahl
- Viskosität
- Ölstand

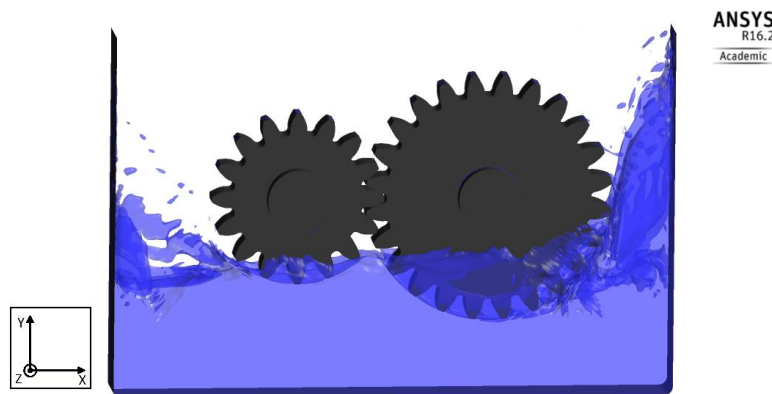
Variation der Drehzahl



$n_1 = -50 \text{ U/min}$

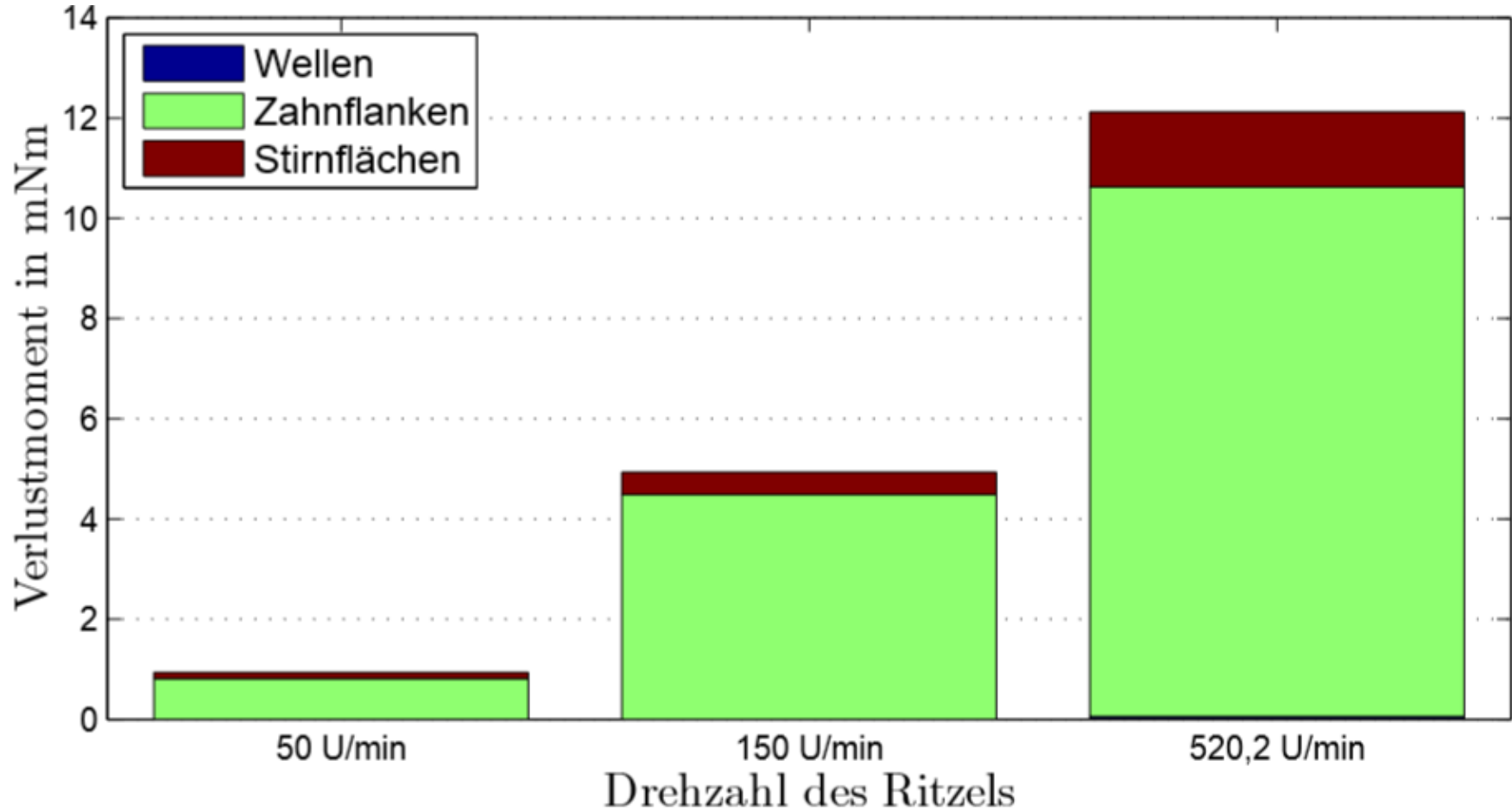


$n_1 = -150 \text{ U/min}$

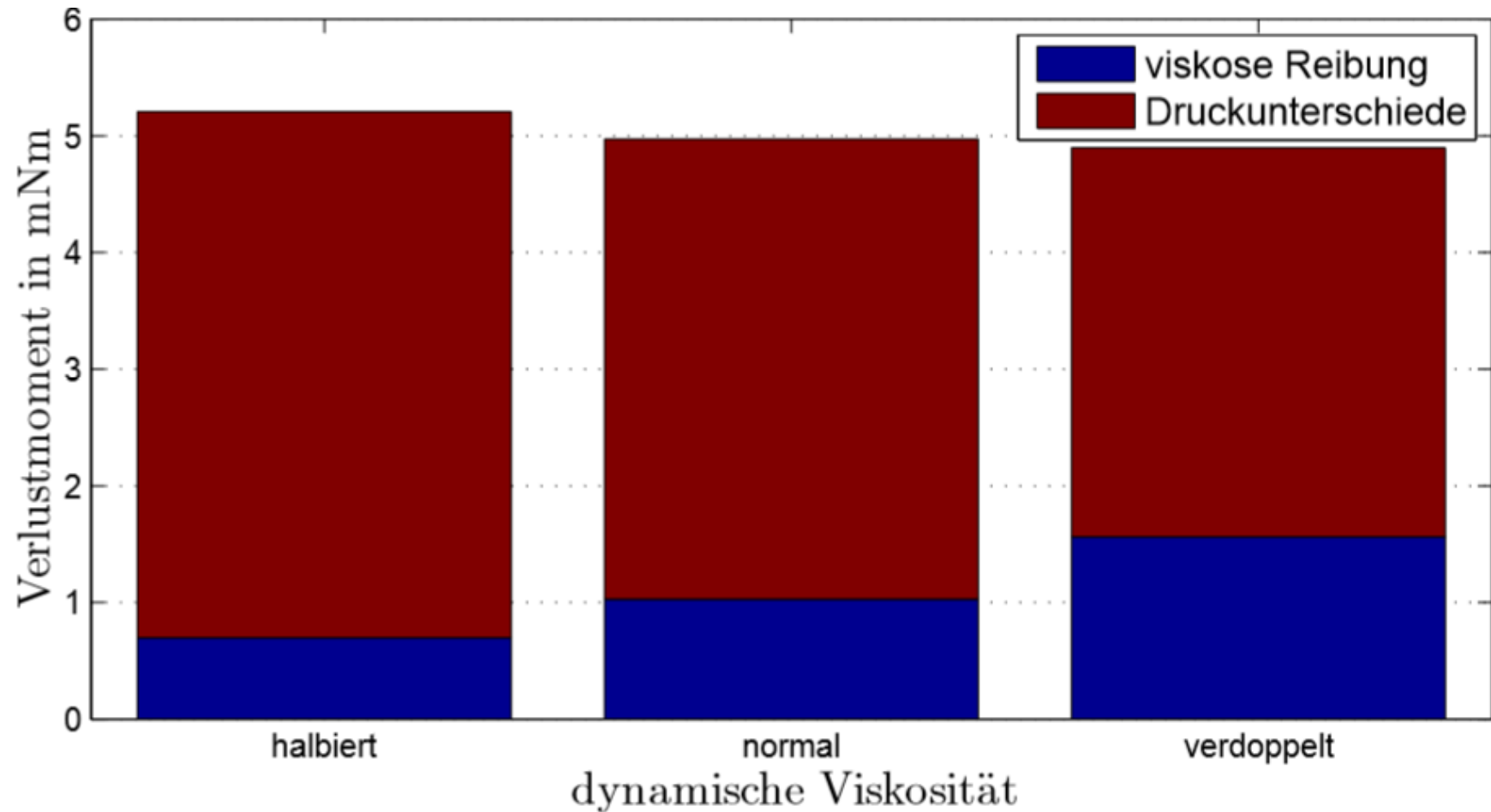


$n_1 = -520,2 \text{ U/min}$

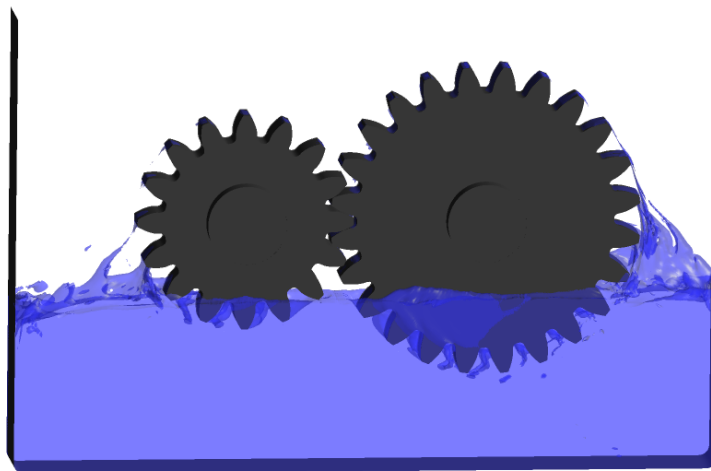
Variation der Drehzahl



Variation der Viskosität

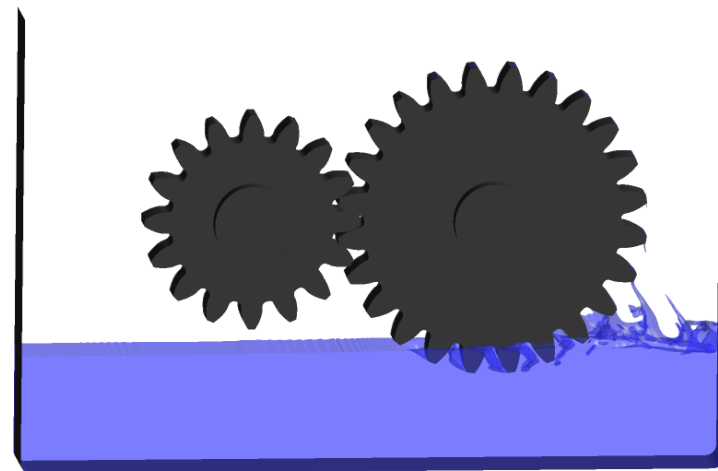


Variation des Ölstands



viel Öl

ANSYS
R16.2
Academic

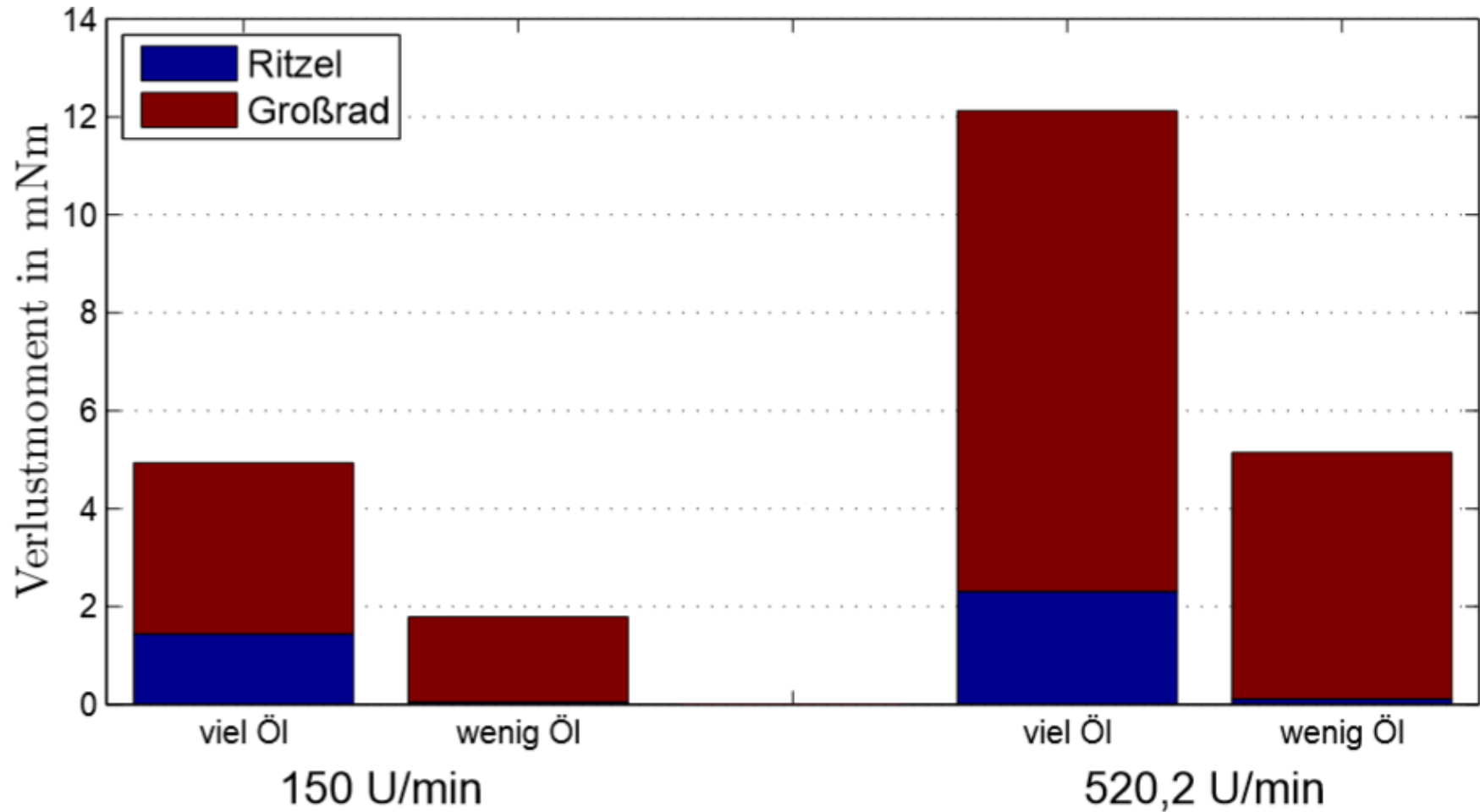


wenig Öl

ANSYS
R16.2
Academic

($n_1 = -150$ U/min; $n_2 = 100$ U/min)

Variation des Ölstands



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

Für Fragen stehe ich gerne zur Verfügung

fefi94@hotmail.de