

Untersuchungen zur numerischen Strömungsberechnung des Abpressvorgangs von Rübenschnitzeln in einer Spindelpresse

von Diplom-Ingenieur (FH)

Alexander HARTMANN

aus Berlin

Vom Fachbereich VIII

Verfahrenstechnik / Maschinenbau
der Technischen Fachhochschule Berlin
zur Erlangung des akademischen Grads

Master of Engineering

- M.Eng. -

vorgelegte Masterarbeit

1. Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. hab. R. GEIKE

2. Gutachter:

Dr.-Ing. A. STEINMANN

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung.....	1
1.2	Problemstellung	3
1.3	Ziel der Arbeit.....	4
2	Stand der Technik zu Abpressvorgängen	5
2.1	Grundlagen zur mechanischen Entwässerung.....	5
2.2	Empirisch gefundene Zusammenhänge zur mechanischen Entwässerung	8
3	Grundlagen zur numerischen Strömungsberechnung	11
3.1	Grundgleichungen.....	11
3.1.1	Kontinuitätsgleichung	11
3.1.2	NAVIER-STOKES-Bewegungsgleichung	11
3.1.3	Stofftransportgleichung.....	12
3.2	Diskretisierung	13
3.2.1	Allgemeine Transportgleichung	13
3.2.2	Finite-Volumen-Methode	14
3.2.3	Berechnungsablauf.....	18
4	CFD-Modellentwicklung zur Berechnung des Abpressvorgangs von Rübenschnitzeln in einer Kolbenpresse	20
4.1	Experimentelle Untersuchungen mit einer Kolbenpresse.....	20
4.1.1	Beschreibung der Abpressversuche.....	20
4.1.2	Ergebnisse der Abpressversuche.....	22
4.2	Beschreibung des CFD-Modells.....	26
4.2.1	Geometrie.....	26
4.2.2	Ansätze zur Modellierung	28
4.2.3	Bestimmung der Parameter RF^∞ , F, D und RF	31
4.2.4	Anzupassende Parameter	33
4.3	Geometrie-, Netz- und Randbedingungs-Modell in ANSYS CFX.....	33

4.4	Optimierungsverfahren.....	34
4.5	Ergebnisse und Diskussion	35
4.6	Schlussfolgerungen.....	45
5	CFD-Grundlagenuntersuchungen einer vertikalen Einspindel­presse	46
5.1	Vorgehensweise.....	46
5.2	Geometrie	47
5.3	Gittergenerierung	52
5.4	Randbedingungen, Stoffwerte und physikalische Modelle	55
5.5	Mathematische Modelleinstellungen und Berechnungsdurchführung	58
5.6	Ergebnisse und Diskussion	59
5.6.1	Berechnungsmodell stationär	59
5.6.2	Berechnungsmodell instationär	70
5.7	Schlussfolgerung.....	78
6	Ausblick	80
7	Zusammenfassung.....	81
8	Nomenklatur.....	83
9	Literaturverzeichnis	99
10	Abbildungsverzeichnis	110
11	Anhang	112

7 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden zwei Teilgebiete betrachtet und untersucht. Dabei handelt es sich um

- CFD-Modellentwicklung zur Berechnung des Abpressvorgangs von Rübenschnitzeln in einer Kolbenpresse und
- CFD-Grundlagenuntersuchungen einer vertikalen Einspindelpresse.

Für das erste Teilgebiet wurde ein numerisches Modell mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen mit einer Modell-Kolbenpresse entwickelt, um das Abpressverhalten von Rübenschnitzeln darzustellen. Die Messergebniskurven aus den experimentellen Untersuchungen konnten mit dem CFD-Modell, das drei Optimierungsparameter beinhaltet, beschrieben werden. Die Genauigkeit der Approximation der numerisch ermittelten Kurvenverläufe ist aufgrund des eingesetzten Optimierungsverfahren beschränkt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei den verwendeten Schnitzelmassen unterschiedliche Zusammenhänge auftreten. Aus den Ergebnissen lassen sich keine ersichtlichen Zusammenhänge zwischen dem Feuchtegehalt der Rübenschnitzeln und dem Druck ableiten. Hierzu sind weitere Forschungsaktivitäten erforderlich.

Als zweiten Teil beinhaltet diese Arbeit die numerische Grundlagenuntersuchung einer Einspindelpresse. Dafür wurde eine vorhandene 3D Geometrie einer Einspindelpresse der Firma BMA Braunschweigische Maschinenbauanstalt AG modifiziert, um ein Strömungsvolumen für die Gittererzeugung zu erstellen. Aufgrund der Größe und Komplexität der Geometrie erfolgte die Gittergenerierung mit dem Programm ANSYS ICEM CFD, das qualitative hochwertig Gitter für solche Geometrien erzeugen kann. Es wurden sowohl Berechnungen für den stationären als auch für den instationären Betriebszustand durchgeführt. Aufgrund der unzureichenden Kenntnis der Stoffeigenschaften wurde anstelle von Rübenschnitzeln ein hochviskoses Fluid für die Berechnung verwendet. Es wurden mehrere Berechnungen im stationären Betriebszustand mit verschiedenen Viskositäten für das Fluid durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten unterschiedliche Druckverteilungen in der Einspindelpresse, die mit den Druckmessungen aus experimentellen Untersuchungen verglichen wurden. Des Weiteren wurde eine instationäre Berechnung durchgeführt. Die Strömungs- und Druckverteilung in der Presse konnte dargestellt werden. Ein Vergleich der Druckverteilung aus experimentellen Untersuchungen mit den CFD-Berechnungen hat gezeigt, dass das Phänomen des Druckabfalls nicht bestätigt werden konnte. Hierfür sind Kenntnisse hinsichtlich der Stoffeigenschaften der Rübenschnitzeln nötig, um die Abpressung mit CFD-Berechnungen zu simulieren. Diese Arbeit liefert Erkenntnisse über die grundlegende CFD-Modellierung der Einspindelpresse und bietet eine grundlegende Basis für CFD-Anwendungen für Einspindelpressen.