WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT
FÜR TECHNISCHE LOGISTIK E.V.

DEM BECHERNICKEN AUF DER SPUR

Gekoppelte Diskrete Elemente Methode und Mehrkörpersimulation am Beispiel des Bewegungsverhaltens von Becherwerken

Motivation

Das Bechernicken ist ein grundsätzliches Problem beim Einsatz von Becherwerken mit großen Zugmittelgeschwindigkeiten, da es zu zusätzlichen Belastungen der Becher-Gurt-Verbindung führt. Die Ursache dieses Phänomens liegt im dynamischen Verhalten der Becher beim Übergang von einer kreisförmigen auf eine geradlinige Bewegung.

Am Lehrstuhl Fördertechnik des Instituts für Logistik und Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg wurde eine neuartige Simulationsmethode zur Kopplung von Maschinenmodellen (MKS) mit Stoffmodellen (DEM) entwickelt und auf diese industrielle Fragestellung angewendet.

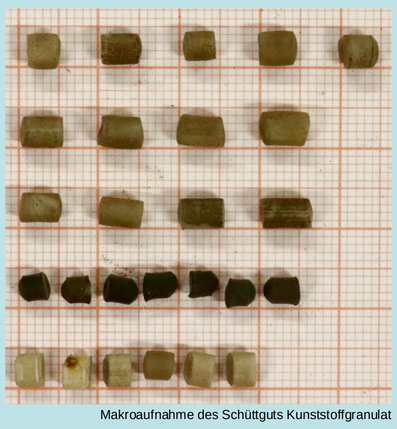
Schüttgutkalibrierung

- Versuchsgut: Kunststoff-granulat
- Kalibrierung der Simulations-parameter durch äquivalente DEM-Simulationen

Physikalische Eigenschaften Kunststoffgranulat:

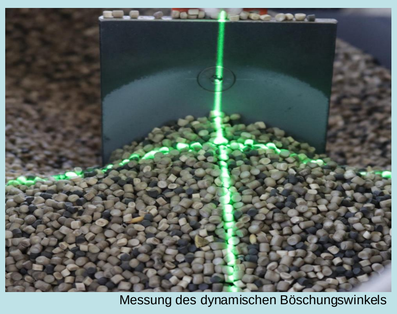
Parameter	Wert	Einheit
Schüttdichte	675	kg/m³
Wandreibwert gegen Stahl	0,377	-
Innerer Reibwert	0,605	-
d_{min}	2,5	mm
d_{max}	5	mm

Schüttgut Kunststoffgranulat:



Makroaufnahme des Schüttguts Kunststoffgranulat

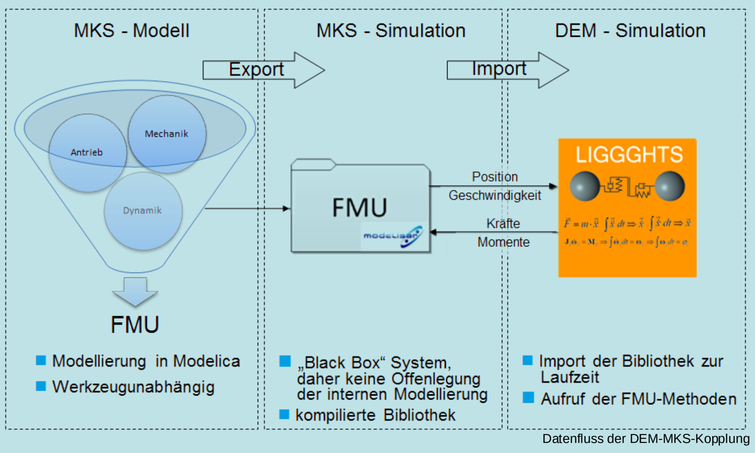
- Kalibrierung des Schüttgutes mit einem Versuchsstand zur Ermittlung des dynamischen Böschungswinkels
- Vergleich des Oberflächen-profils des dynamischen Böschungswinkels mit DEM-Simulationen
- Identifizierung einer Para-meterpaarung für reduzierte Steifigkeiten ermöglicht realistische Lastannahmen für die gekoppelte DEM-MK Simulation



Messung des dynamischen Böschungswinkels

Simulationsmethode

Die gekoppelte Diskrete Elemente Methode und Mehrkörpersimulation basiert auf dem opensource DEM Code LIGGGHTS®.
Realisiert wurde die DEM-MKS-Kopplung auf Basis des offenen Funktional-Mockup-Interface (FMI) Standards. Dieser kapselt das Maschinenmodell in einer abgeschlossenen Einheit, der sogenannten Funktional-Mockup-Unit (FMU).

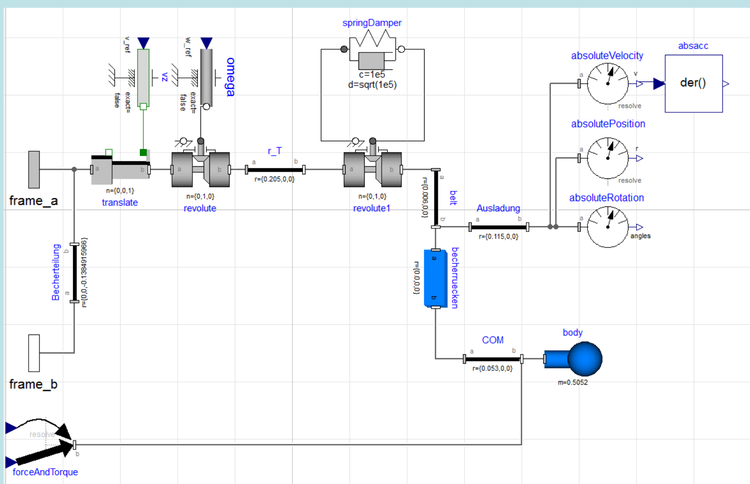


Datenfluss der DEM-MKS-Kopplung

Simulationsablauf:
1.) Import der aus dem Schüttgut wirkenden Kräfte und Momente
2.) Berechnung der resultierenden Bewegung der Starrkörper
3.) Export der neuen Position und Orientierung jedes Bechers

Modellbildung

- Steuerung des Bewegungsablaufes durch Zustandsautomaten
- Verbindung der Starrkörper durch Gelenke und masselose Stäbe
- Nachbildung der Steifigkeit der Becher-Gurt-Verbindung durch Drehgelenk mit angekoppelten Feder-Dämpfer-System
- Kinematische Kette des Becherstranges resultiert aus Aneinanderreihung mehrerer Bechermodelle

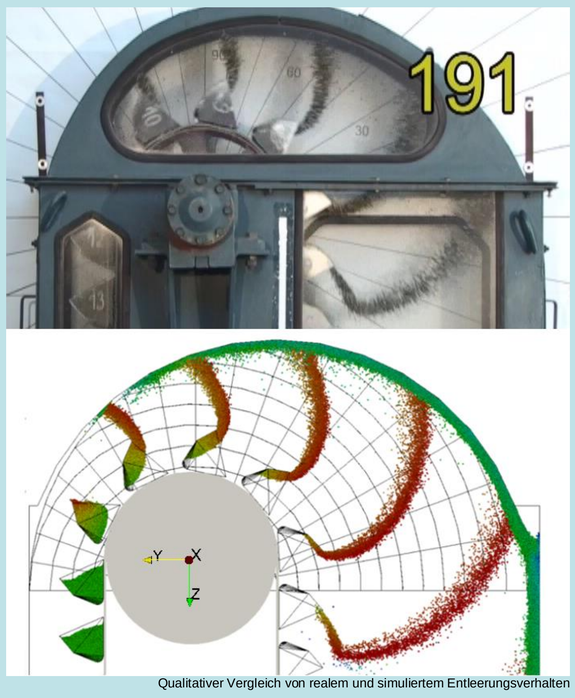


Vereinfachtes MKS-Modell eines Bechers

Ergebnisse

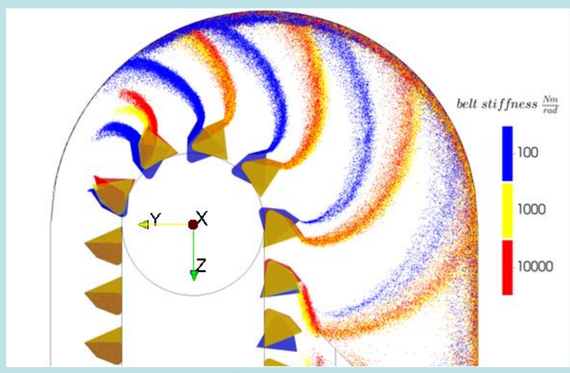
Qualitativer Vergleich der Becherentleerung:

Sehr gute Übereinstimmung der Simulations-ergebnisse mit dem realen Entleerungs-verhalten



Qualitativer Vergleich von realem und simuliertem Entleerungsverhalten

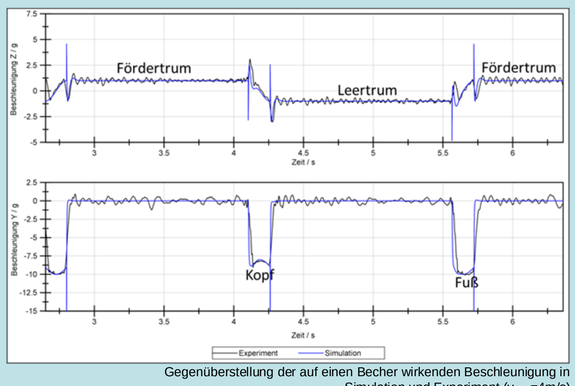
Einfluss der Steifigkeit der Becher-Gurt-Verbindung auf den Entleerungsvorgang:



Verschiebung des Entleerungsbeginns für verschiedenen Gurtvorspannungen (blau: sehr weiche, rot sehr steife Becher-Gurt-Verbindung)

Quantitativer Vergleich der Becherbelastung:

- Experimentelle Bestimmung der Beschleunigung im Schwerpunkt des Bechers mit Hilfe eines miniaturisierten Beschleunigungssensors
- Ableitung der Bechergeschwindigkeit im Mehr-körpermodell ergibt globale Beschleunigung
- Vergleich der gemessenen und simulierten Beschleunigung zeigt sehr gute Übereinstimmung



Gegenüberstellung der auf einen Becher wirkenden Beschleunigung in Simulation und Experiment (v_{Gurt}=4m/s)

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG
FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU

Univ.-Prof. Dr.-Ing. André Katterfeld
Institut für Logistik und Materialflusstechnik
Lehrstuhl Fördertechnik
andre.katterfeld@ovgu.de

Dipl.-Ing. Christian Richter
Institut für Logistik und Materialflusstechnik
Lehrstuhl Fördertechnik
christian.richter@ovgu.de

Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Tel : +49 391 67 20178
www.ilm.ovgu.de