

Konstruktionsunterstützung mit der Simulationssoftware ROCKY DEM für Partikelprozesse, Haufwerkentzerrung und Schüttgutprozesse



Wallat, P.

Durch vorherige Simulation von Prozessabläufen können Ergebnisse erarbeitet werden, die sich auf die Realität übertragen lassen (vgl. /1/). Die Simulation von verschiedenen Problemstellungen bei Konstruktionsaufgaben unterstützt die Lösungsfindung und kann zu einer gesteigerten Qualität des Endproduktes führen.

By using simulation technics it is possible to generate value adding data for the design process. If this data is gathered early in the process then a higher quality of the final product is more likely.

Hintergrund in der Konstruktion

Im Produktentstehungsprozess (PEP) werden verschiedene Schritte sequenziell und iterativ abgearbeitet. Dabei werden Lösungen und deren Kombinationen gesucht, um ein vorliegendes Problem zu lösen.

Eine Bewertung der vorliegenden Lösungen ist notwendig, um geeignete Lösungen weiter zu verfolgen und ungeeignete Lösungen zu verwerfen. Damit können die Ressourcen im PEP gezielt eingesetzt werden, um den Prozess voranzutreiben. (vgl. /2/, /3/)

Die Partikelgeometrie ist sowohl in Fertigungsprozessen als auch in Recyclingprozessen ausschlaggebend für die Verarbeitung des Materialstromes. Dieser muss mit verschiedenen Verfahren behandelt werden, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten oder das geforderte Material zu extrahieren.

Lösungsbewertung im Entwicklungsprozess

Die Bewertung der erarbeiteten Lösungen ist essentiell, um den Entwicklungsprozess voranzubringen. Ein bekanntes Beispiel für die Bewertung ist das Abtragen der Lösungen in einem Diagramm mit der technischen und wirtschaft-

lichen Wertigkeit. Dabei wird die technische Lösung gleich in einen Kontext zur Betriebswirtschaft gestellt.

In Abbildung 1 sind vier Beispiele in einem Bewertungsdiagramm zu erkennen. Die abgetragene Winkelhalbierende wird als Entwicklungslinie beschreiben. Lösungen auf dieser Linie haben die gleiche Wertigkeit im technischen und im wirtschaftlichen Bereich. Dies gilt in vielen Fällen als erstrebenswert, Abweichungen von der Entwicklungslinie können im Einzelfall auch eine bessere Lösung darstellen. (vgl. /3/)

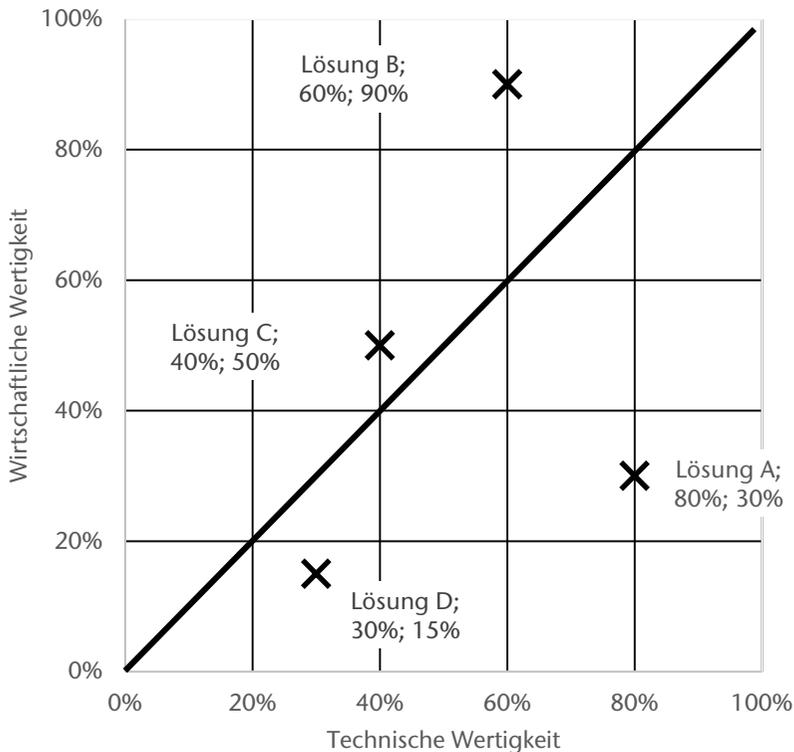


Abbildung 1: Wirtschaftliche und technische Wertigkeit von Lösungen

Bei der Bewertung von Modulen für eine ganze Anlage ist eine Abschätzung der Einzelkomponenten und deren Kompatibilität untereinander für die Funktion entscheidend. Die Leistungsfähigkeit der Komponenten wird dabei als technische Wertigkeit betrachtet. Mit zunehmender Komplexität der Komponenten nimmt die Berechenbarkeit des Systemverhaltens ab. Somit ist auch eine Bestimmung der technischen Wertigkeit immer anspruchsvoller. Gerade bei der Handhabung von Materialströmen von geometrisch nicht näher bestimmten Objekten kann

pauschal keine fundierte Aussage getroffen werden. Zwar kann eine subjektive Rangreihung der Lösung erstellt werden, allerdings spiegelt diese nicht die Güte der Lösungen wieder.

Partikeleigenschaften im Prozess

Bei einer automatisierten Fertigung in hoher Stückzahl werden Einzelteile so konstruiert, dass diese handhabungsgerecht sind /4/. Eine Grundbedingung dafür ist die Beeinflussbarkeit der Einzelteilgeometrie. Diese ist bei der Behandlung von Schüttgütern nicht gegeben.



Abbildung 2: Digitales Beispielpartikel aus einem Recyclingprozesses

Schüttgüter können Erze aus einer Mine oder – wie in diesem Fall genauer betrachtet – Materialströme im Recyclingprozess sein. Diese durchlaufen in etablierten Prozessen Klassier- und Sortierverfahren, um den Materialstrom für eine Aufbereitung handhaben zu können. Er wird nach bestimmten Kriterien aufgeteilt und es entstehen weitere, kleinere Materialströme die beispielsweise eine ähnliche Partikelgröße haben. Damit wird der Materialstrom soweit heruntergebrochen, bis er handhabbar ist. Danach werden die Materialien nach Werkstoff und Typ getrennt und können so als Sekundärmaterial aus einem Recyclingprozess wieder an den Markt gebracht werden. (vgl. /5/)

Der Aufbereitungsprozess und die Software ROCKY DEM

Die Materialströme in Aufbereitungsprozessen sind in ihrer Ausprägung sehr ungleichmäßig. Um die enthaltenen Materialien in der gewünschten Qualität extrahieren zu können, ist in vielen Fällen maschinelle Unterstützung notwendig. Sei es bei einem Aufschluss am Anfang des Prozesses oder beim letzten Prozessschritt bei dem das gewünschte Material hervorgebracht wird.

Für jeden Schritt in diesem Prozess lässt sich eine Vielzahl von Lösungen finden. Diese im Vorfeld zuverlässig zu bewerten fällt angesichts der Zufallsvariablen im Prozess entsprechend schwer. Wie bereits oben angesprochen, ist eine Rangreihung durchaus möglich. Die Reihung beruht dann im Wesentlichen auf Erfahrungswerten des Entwicklungsingenieurs.

Die Software ROCKY DEM von ESSS

Grundsätzlich ist es mit dem Programm möglich, definierte Partikel über Konfigurationen von CAD Geometrien zu leiten. Anschließend kann das Verhalten der Partikel ausgewertet werden. Das DEM-Verfahren (Diskrete-Elemente-Methode) wird dabei angewandt. Damit sind die Partikel als geometrisch diskretisierte Objekte definiert.

Bei der Partikelgeometrie können Vorlagen in ihren Parametern variiert werden. In den Vorlagen sind runde, aber auch kantige Partikel vorhanden. Durch die Parametervariation lassen sich diese auf verschiedene Arten anpassen, beispielsweise die Dichte. Es können mehrere verschiedene Partikel in einer Simulation definiert werden. Zusätzlich lassen sich gleich definierte Partikel über Siebklassierungen in verschiedenen Größen in den Prozess einbringen. Das Verhalten der Partikel zu gleichen oder anderen Partikeln lässt sich ebenso definieren, wie das zu anderen Gegenständen im Prozess. So können Reibwerte definiert werden, damit sich die Partikel auf verschiedenen Oberflächen entsprechend verhalten. Für Aufschlussprozesse ist es möglich ein Zerbrechen der Partikel zuzulassen. Dadurch werden neben den Partikeln auch Fragmente erzeugt.

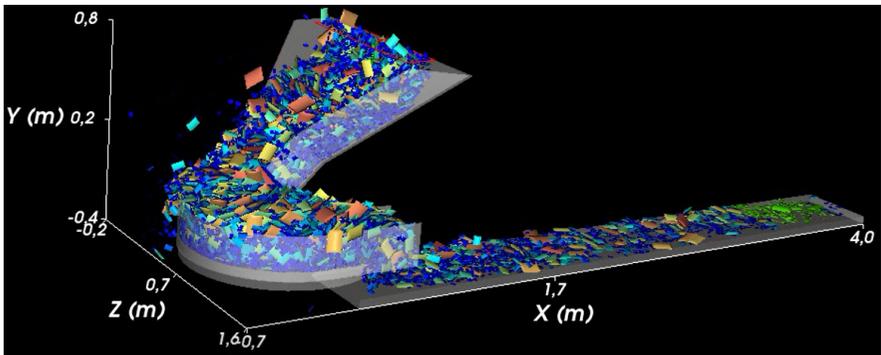


Abbildung 3: Simulation in ROCKY DEM mit einer großen Anzahl von Partikeln. Die grünen Partikel rechts befinden sich im Auswertebereich. Weitere Farbgebung sind abhängig von der Partikelgröße

Die Simulationssoftware ermöglicht das Einladen von CAD Geometrien im STL-Format (Standard Triangulation Language). Ebenso ist das Einladen von Zusammenbauzeichnungen bei gleichzeitiger Erkennung der einzelnen Teile möglich. Die Anzahl der STL-Facetten auf den Geometrien beeinflusst die Rechen-dauer der Simulation. Sollten schnelle, grobe Ergebnisse gefordert sein, so sollte gleichzeitig die Anzahl der Facetten gering sein.

Die geladenen Geometrien können im Programm bewegt werden. Diese Bewegungen üben Kräfte auf die Objekte aus, mit denen Sie in Kontakt kommen. Ebenso können zur Vereinfachung Oberflächen als „sich bewegend“ definiert werden. Dies spart beispielsweise bei der Definition von Fließbändern eine Menge Aufwand, da hier lediglich eine ebene Fläche als sich bewegend definiert werden muss. Kombinationen von Bewegungen, die Geschwindigkeit sowie der Start und Endzeitpunkt können frei definiert werden.

Für eine spätere Auslegung der Bauteile können die Ergebnisse aus ROCKY an Ansys übergeben werden. Ansys kann die Beanspruchungen der Bauteile durch FEM (Finite-Elemente-Methode) ermitteln. Die Belastung der Bauteil ergibt sich aus der Simulation in ROCKY. Für einen hohen Detailgrad muss hierbei wiederum die Anzahl der STL-Facetten möglichst hoch sein.

Zur Auswertung kann eine Vielzahl von Variablen herangezogen werden. Für eine Vergleichbarkeit der Lösungsansätze muss hier eine einheitliche Auswertung definiert werden. Die Vielzahl der möglichen Variablen muss dabei mit Vorsicht betrachtet werden, da es allzu schnell zu einer unüberschaubaren Überfrachtung kommen kann. Eine überlegte Auswahl der Variablen führt hingegen zu guten Erkenntnissen über den Prozess. Auswertbare Parameter für Partikel sind beispielsweise: Geschwindigkeit, Ort, Auftreffenergie, Rotation um alle Achsen. Weiterhin kann ein Bereich für die Auswertung definiert werden. Hier können unter anderem die Anzahl der ein- und austretenden Partikel und die Gesamtmasse der Partikel im Bereich ausgewertet werden.

Diese Daten können in einem Diagramm gegeneinander abgetragen werden. Die Datenpunkte sind in den vorher definierten Zeitintervallen ebenfalls in einer Tabelle hinterlegt. Diese Daten können direkt mit Formel ausgewertet werden oder durch Exportieren in anderen Programmen weiter untersucht werden.

Einbindung in den Entwicklungsprozess

Durch die Simulation kann die Leistungsfähigkeit der Prinziplösungen nicht nur subjektiv abgeschätzt werden, sondern auch qualitativ voneinander abgegrenzt werden. Durch hochwertige Bewertung kann schon früh im Entwicklungsprozess eine fundierte Aussage zu der Qualität der Lösung getroffen werden, welche belastbar ist. Dies macht die Lösungen soweit vergleichbar, dass weniger gute Ansätze nicht weiterverfolgt werden. Für die besseren Lösungen müssen aber zur Verifikation reale Versuche durchgeführt werden.

Bei automatisierten Prozessen werden häufig Stationen aneinandergereiht. Folglich ist eine Verkettung notwendig. Durch die Simulation kann dieses Systemverhalten untersucht werden. Die Einzelstationen können einzeln ausgewertet werden und anschließend kombinierte Gesamtsysteme aufgestellt und überprüft werden. Dabei können entweder Schnittstellen für die Material-

übergabe definiert werden oder gleich die ganze Anlage simuliert werden. Es sollte jeweils die gesteigerte Rechenzeit beachtet werden.

Die erweiterten Möglichkeiten zur Lösungsuntersuchung bringen demnach viele wertvolle Möglichkeiten in den Entwicklungsprozess ein. Allerdings bleibt dabei zu beachten, dass dies mit einem Mehraufwand verbunden ist. Je nach Komplexität der zu erstellenden Geometrie und Lösungsvielfalt, verbunden mit der Rechenzeit, kann dies einiges an Zeit und anderen Ressourcen in Anspruch nehmen.

Zusammenfassung

Die Produktentwicklung kann ohne Entscheidungen nicht voranschreiten. Einer Entscheidung liegen Bewertungen zugrunde, wobei diese mit steigender Komplexität immer schwerer festzulegen sind. Durch Simulation in verschiedenen Bereichen kann die Entscheidungsfindung unterstützt werden. Bei einer Anlagenkonstruktion zur Handhabung von Schüttgütern kann das Programm ROCKY DEM einen Beitrag dazu leisten. Allerdings ist zu beachten, dass diese Simulationen nicht die Realität widerspiegeln. Die Ergebnisse aus der Simulation sind aufgrund der eingegebenen Parametern entstanden. Diese vorher festzulegen obliegt der Verantwortung des Entwicklungsingenieurs. Sind diese sorgfältig erarbeitet, leistet die Simulation einen wertvollen Beitrag zur Konstruktion.

Literatur

- /1/ VDI-Richtlinie 3633 Blatt 1, Beuth Verlag, Dezember 2014
- /2/ VDI Norm VDI 2221; Mai 1993. *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*
- /3/ Feldhusen, J. u. Grote, K.-H. (Hrsg.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg 2013
- /4/ Hesse, S.: Grundlagen der Handhabungstechnik. s.l.: Carl Hanser Fachbuchverlag 2013
- /5/ Martens, H. u. Goldmann, D.: Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg 2016