

Weiterentwicklung eines virtuellen Planungswerkzeuges in der technologischen Arbeitsvorbereitung unter Einbezug der Prozessphysik (Simulation Computer-Aided Planning)⁴

Dipl.-Ing. Marius Eßers, cand. ing. Jens Veith

1 Einleitung

Die Auslegung von Prozessen zur Fertigung eines Einzelteils geschieht im Vorfeld der eigentlichen Prozessdurchführung. Dies umfasst primär technisch und technologisch orientierte Aufgaben und ist derzeit durch CAD/CAM-Systeme realisiert. Die möglichst vollständige digitale Absicherung der Prozesse durch Simulation gewinnt dabei immer mehr an Bedeutung. Der Schwerpunkt der vorgestellten Arbeit liegt deshalb auf der Prozessgestaltung, in deren Ergebnis ein Arbeitsablauf vorliegt. Ausgangspunkt ist eine gewählte Bearbeitungsmaschine, für die alternative Prozesse zu gestalten sind. Der zu entwickelnde Algorithmus für Tätigkeiten der Prozessgestaltung basiert auf der physikalischen Simulation mechatronischer Systeme, die in diesem Kontext bisher in CAX-Systemen nicht verfügbar sind. Für die Realisierung des Projektvorhabens wird deshalb die Plattform SimulationX, der ITI Gesellschaft für ingenieurtechnische Informationsverarbeitung mbH /ITI-14/ verwendet.

2 Aufschlüsselung der Teilbereiche des Fertigungssystems

Die Prozesssituation wird in Teilsysteme zerlegt (Abb. 2.1), die als virtuelle Modelle mit physikalischen Eigenschaften Abbildung finden. Durch Realisierung einer Wirkstelle als Berechnungsmodell für Prozessgrößen können Eigenschaften, wie Statik, Dynamik und Strukturmechanik des Systems unter Kräfteinwirkung berücksichtigt werden.

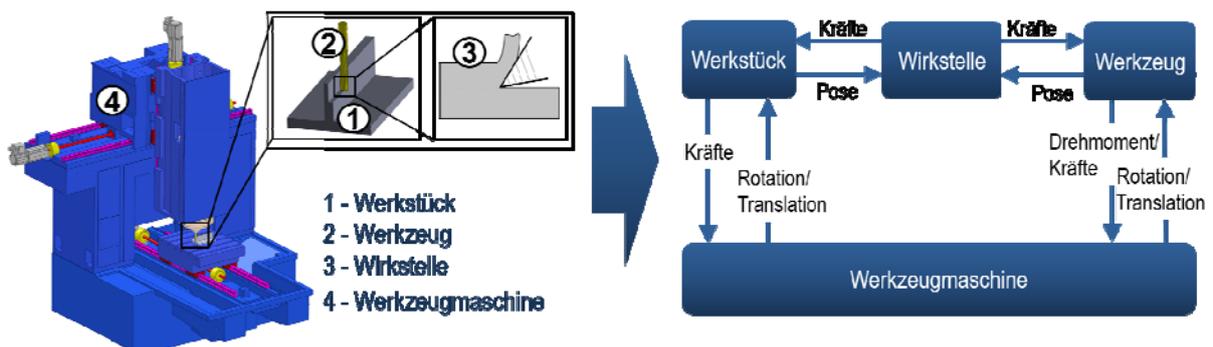


Abb. 2.1: Darstellung ausgewählter Fertigungsteilsysteme und Projektbereiche

Im ersten Meilenstein des Projektes wurde 2012 eine Prozess- und Systemsimulation entwickelt, die die Teilsysteme Werkstück, Werkzeug und Wirkstelle umfasst. /FEB-12/

⁴ Das Projekt wird über die AiF im Rahmen der Fördermaßnahme Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi gefördert.

Im folgenden Bericht über den zweiten Meilenstein wird die Entwicklung des Teilsystems Werkzeugmaschine und die Verwendung der physikalischen Simulation unter Einbezug des gesamten Fertigungssystems dargestellt.

3 Umsetzung Teilsystem Werkzeugmaschine

Zur Erweiterung der Systemabbildung wurde das Teilsystem Werkzeugmaschine modelliert /Veith-13/. Da es sich hierbei um eine umfangreiche Themenstellung handelt, wurden nur ausgewählte für die Zerspaltung relevante Eigenschaften umgesetzt und Sachverhalte vereinfacht. Es findet wiederum eine Zerlegung des Teilsystems Werkzeugmaschine in Teilmodelle statt, die jeweils in der Lage sind, bestimmte Eigenschaften abzubilden. Die Umsetzung geschah beispielhaft an der HSC-Bearbeitungsmaschine Mikromat 4V der Firma Mikromat GmbH.

Zur Abbildung des geometrischen Modells wurden CAD-Bauteile auf Zeichnungsgrundlage erstellt. Üblicherweise stehen vom Maschinenhersteller CAD-Baugruppen bereits zur Verfügung. Es erhielten die unter Abb. 3.1 aufgezeigten Elemente eine Visualisierung durch ein geometrisches Modell, welche sich nach Anwendung einer „cADImport“-Funktion innerhalb SimulationX zur Anzeige der Maschine verwenden lassen. Einfachere Geometrien sind durch parametrierbare Volumenkörper umsetzbar. Jedes Element der Maschine bekommt dabei ein eigenes „cADImport“- oder „cylinder“-Objekt zugewiesen.

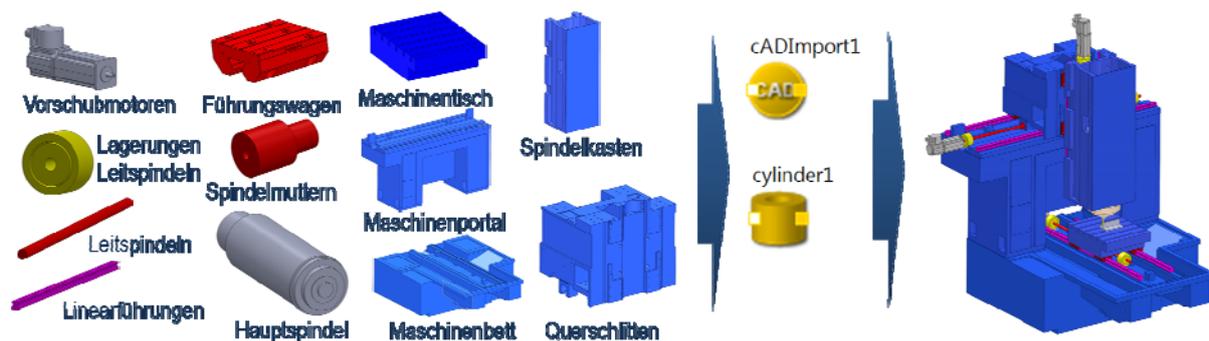


Abb 3.1: Import und Umsetzung Einzelgeometrien zur Visualisierung der Maschine

Alle Objekte, die in SimulationX Volumenkörper repräsentieren, können mit einer Masse versehen werden, die entweder aus der Geometrie automatisiert abgeleitet wird oder als Vorgabe aus Datenblättern stammt.

Da es sich bei der Mikromat 4V um eine rein dreiachsige Maschine handelt, wurde das kinematische Modell ausschließlich mit translatorischen Achsen aufgebaut. Für alle drei Achsen - X-, Y- und Z-Achse - fanden die gleichen Elemente der Entwicklungsplattform SimulationX Anwendung. Ein angetriebenes Schubgelenk „actuatedPrismaticJoint“ (Abb. 3.2) begrenzt die Freiheitsgrade der angeschlossenen Geometrien in der Art, dass nur eine translatorische Bewegungsrichtung für die jeweilige Achse verfügbar ist und wird durch Vorgaben, die aus dem mechatronischen Modell kommen bewegt.

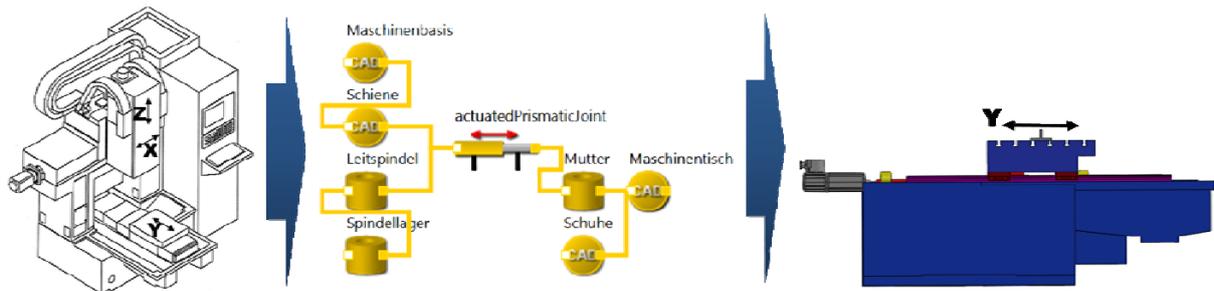


Abb 3.2: Achsaufbau mit einem Freiheitsgrad für die Y-Achse mit Maschinentisch

Das mechatronische Modell (Abb. 3.3) beinhaltet sowohl die Umsetzung eines Motors „driveMotor“, wie auch die Umwandlung der Motorbewegung in eine Vorschubbewegung der Achse, durch einen Kugelgewindetrieb „ballScrewDrive“. Weiterhin wird eine Stromquelle „currentSource“ zur Simulation der Energieversorgung eingesetzt. Ein „powerSensor“ dient der Leistungsüberwachung.

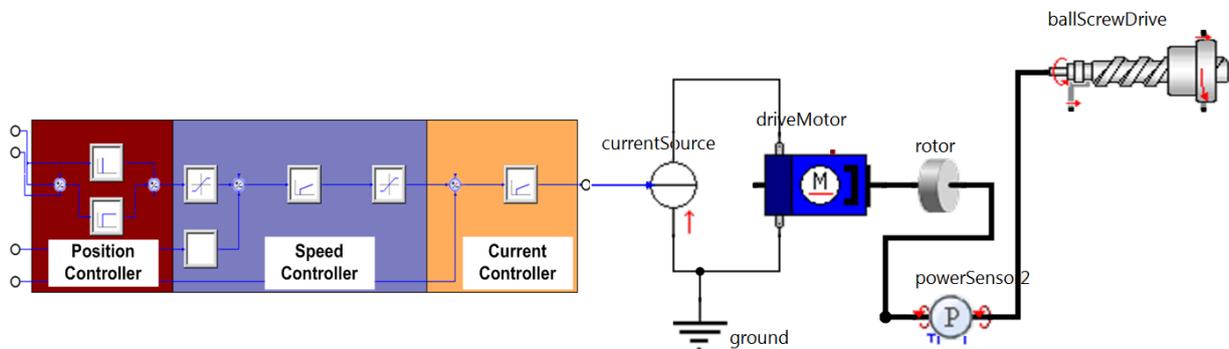


Abb 3.3: Struktureller Aufbau des mechatronischen Modells

Ein Kaskadenregler, der dem realen Antriebsregler nachempfunden ist, regelt die Achsposition „Position“, die Achsgeschwindigkeit „Speed“ und den Motorstrom „Current“, mit Hilfe von Standardkomponenten der Regeltechnik, über den Motor mit der Stellgröße Strom.

Zur Realisierung des strukturmechanischen Modells, gültig für eine Werkzeugmaschine, wurden ausgewählte Achsbestandteile mit einem Feder-Dämpfer-Element „springDamper3D“ ausgestattet, um eine kraftabhängige Verschiebung der Maschinenbestandteile unter Prozesseinwirkung darstellen zu können (Abb 3.4)

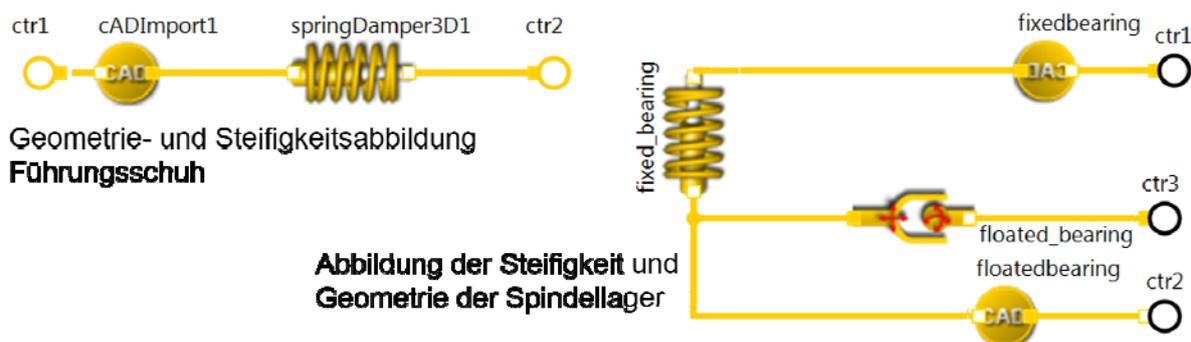


Abb 3.4: Abbildung der Maschinensteifigkeit über Feder-Dämpfer-System

4 Ergebnisse

Die Simulation des Fertigungssystems und des Prozesses ist nutzbar unter der Oberfläche von SimulationX (Abb 4.1). Es stehen dafür die entwickelten Teilsysteme Werkzeug, Werkstück, Werkzeugmaschine und Wirkstelle in einer Modellbibliothek zur Verfügung. Diese lassen sich innerhalb einer Oberfläche auswählen, verknüpfen und entsprechend von Planungsvorgaben und Eigenschaften parametrieren. Damit wird es möglich unter der Vorgabe von Achspositionen über die Antriebsregler einen Strom zu erzeugen, der den Motor veranlasst die Spindel des Kugelgewindetriebes zu drehen, und eine Linearbewegung mit einer vorgegeben Geschwindigkeit wirkt am mobilen Teil der Achse. Werden Werkstück und Werkzeug in Eingriff gebracht, so entsteht eine analytisch berechnete Prozesskraft, die wiederum auf die strukturmechanischen Modelle wirkt und eine Auslenkung verursacht. Diese wiederum führt zu einer Veränderung der Eingriffsbedingungen und damit der Prozesskraft.

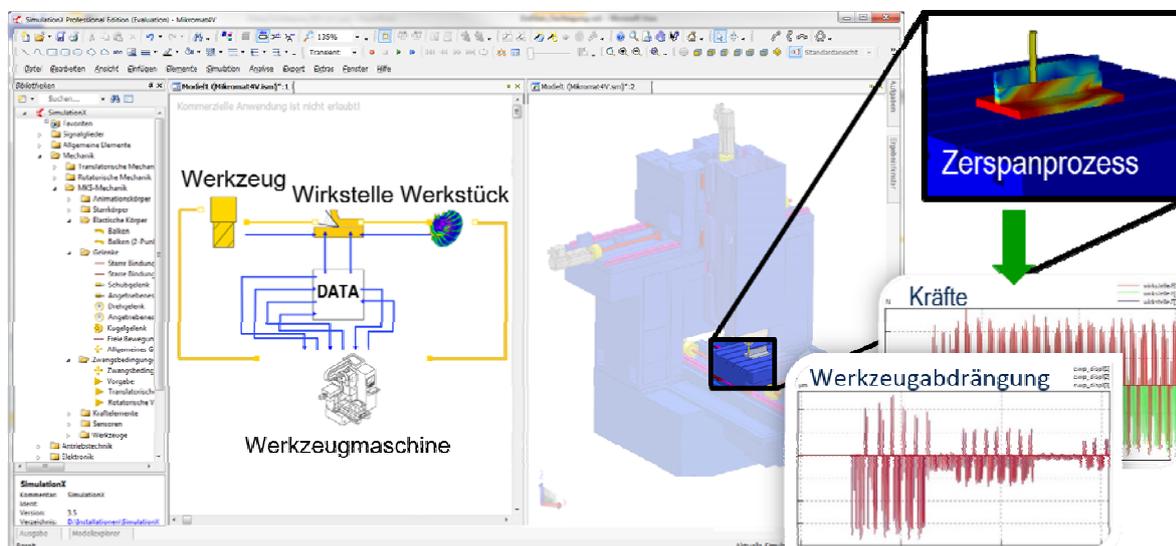


Abb. 4.1: Prozess- und Systemsimulation unter SimulationX

Abbildung 4.1 zeigt die Benutzungsoberfläche mit einem Prozessaufbau, der Systemvisualisierung und einem gerechneten Prozess mit den Ergebnisgrößen Prozesskraft und die daraus resultierende Werkzeugabdrängung.

5 Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Arbeit hat gezeigt, dass es möglich ist, eine Prozess- und Systemsimulation für das Verfahren Fräsen schrittweise aufzubauen und zu erweitern. Kennzeichnend ist dabei, dass eigenständige Module entwickelt wurden, die alle in Kombination oder auch nur teilweise für eine Prozessanalyse verwendet werden können. Dafür ist zunächst ein Mindeststand an Detaillierung der einzelnen Teilsysteme umgesetzt, die jedoch um neue Komponenten und Eigenschaften erweitert werden können. Denkbar ist dabei die Abbildung einer komplexeren Maschinenkinematik, einer höher Auflösenden Prozesskraftberechnung, zusätzlicher Berücksichtigung von Thermik, besonders in Werkzeug und Werkstück, sowie eine vollständige Modellierung der Maschinensteifigkeit. Weiterhin können auf Basis der

Werkzeug- und Werkstückabdrängung zusätzliche Größen, wie Maßhaltigkeit und Oberflächenrauheit abgeleitet werden.

Literatur

- /ITI-14/ <http://www.iti.de/>, Internetpräsenz, Stand Januar 2014
- /FEB-12/ Eßers, M.; Einsatz eines virtuellen Planungswerkzeuges in der technologischen Arbeitsvorbereitung unter Einbezug der Prozessphysik. In: Nestler, A. Forschungsergebnisbericht 2012 der Arbeitsgruppe Produktionsautomatisierung, Zerspan- und Abtragtechnik. TU Dresden, 2012; S. 15-19
- /Veith-13/ Veith, J.: Ausarbeitung und Durchführung eines generischen Vorgehens zur Erstellung virtueller Werkzeugmaschinen. Studienarbeit, TU Dresden, 2013