

Planungswerkzeug mit Berücksichtigung physikalischer Eigenschaften¹

Dipl.-Ing. Marius Eßers

1 Einleitung

Die hier vorgestellte Arbeit vereint Ansätze zu einer umfassenden Abbildung des Fertigungssystems und -prozesses /ENS-14/, mit einer starken Ausrichtung an einer industriellen Einsetzbarkeit in Form eines eigenständigen Moduls. Es wird dazu eine kommerzielle CAE-Plattform „SimulationX“ /ITI-15/ verwendet, die um wichtige Planungsfunktionen erweitert wird. Dadurch steht eine Anwendungsoberfläche zur Verfügung, innerhalb der alle Modellierungsmethoden und modellierten Teilsysteme verfügbar sind. Dieses Vorgehen ermöglicht sowohl eine eigenständige Planung von Fertigungsabschnitten, als auch die Validierung von bereits geplanten.

2 Unterstützbare Aspekte der Fertigungsplanung

Der Einsatz einer physikalisch basierten Simulation zielt auf die Prozessgestaltung im Rahmen der Fertigungsplanung ab. Dort kann sie die Auswahl der Fertigungsmittel, Arbeitsgangfolgebestimmung und insbesondere die Arbeitsganggestaltung unterstützen. Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Ermittlung der Schnittwerte bezüglich der Schnitttiefe, Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubes, da diese Größen maßgeblich an der Entwicklung von Kräften und Leistungen beteiligt sind. Ebenso ist die Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschine ein Aspekt, der sich mit Hilfe der Simulation mechatronischer Elemente sehr gut abbilden lässt. Die Punkte der Auswahl von Rohteil, Fertigungsverfahren und deren Reihenfolge, sowie die Festlegung technologischer Basen sind Bestandteil konventioneller Planungs- und Validierungssysteme und deshalb kein Gegenstand der physikalischen Simulation, da sie überwiegend geometrisch und kinematisch abgebildet werden können. Die Notwendigkeit einer physikalischen Simulation steigt mit dem Fortschreiten des Planungsprozesses (Abbildung 1).

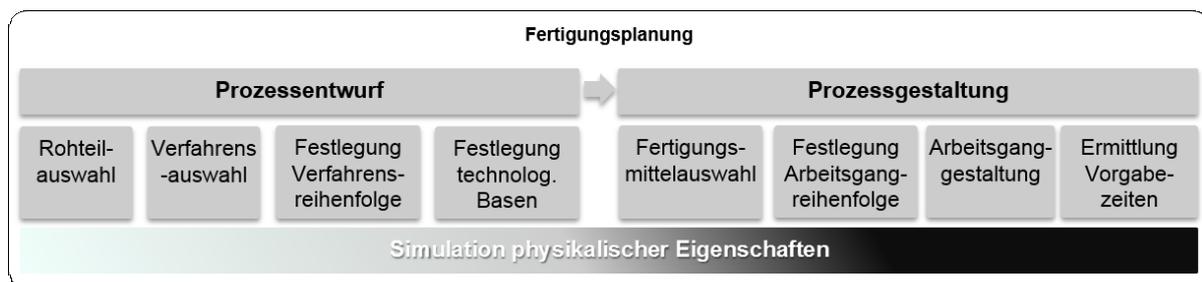


Abbildung 1: Einsetzbarkeit physikalisch basierter Simulation in der Fertigungsplanung

3 Umsetzung modulare Simulation mit physikalischem Ansatz

Ausgehend von den Anforderungen an eine modulare Umsetzung werden die Teilsysteme und ihre Teilmodelle zur Simulation entwickelt. Tabelle 1 zeigt die entwickelten Teilsysteme und die dazu verwendeten Modelle, bzw. die

¹ Das Projekt „SimCAP“ wurde über die AiF im Rahmen der Fördermaßnahme Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi gefördert.

Modellierungsmethoden. Es wurden dabei vorhandene Bibliothekselemente der Entwicklungsplattform aus den Bereichen 3D-Mechanik mit Eigenschaften der Mehrkörpersimulation, Elemente der 2D-Mechanik die sowohl elektrische, mechanische, physikalische als auch weitere Eigenschaften analytisch verkörpern, sowie eigens entwickelte Elemente und Modelle eingesetzt.

Tabelle 1: Umsetzung Teilsysteme des Fertigungssystems

Teilsystem	Erstelltes Teilmodell	Verwendete Modellierungsmethode
Wirkstelle	Oberflächenmodell	Z-Map
	Geometriemodell	Berechnung diskreter Materialabtragspunkte
	Kraftmodell	Kraftmodell nach <i>Victor/Kienzle</i>
Werkzeugmaschine	Visualisierungsmodell	Triangulierte Oberflächen
	Kinematikmodell	Mehrkörpersimulation
	Controller-Modell	Analytische 2D-Mechanik
	Modell Achsführung	Mehrkörpersimulation
	Strukturmechanisches Modell	Flexible Mehrkörpersimulation
Werkstück	Oberflächenmodell	Triangulierte Oberflächen
	Massen-/Volumenmodell	Analytische Berechnung
	Strukturmechanisches Modell	Finite-Elemente
	Technologisches Datenmodell	Angehangene Werte
Werkzeug	Oberflächenmodell	Triangulierte Oberflächen
	Massen-/Volumenmodell	Analytische Berechnung
	Strukturmechanisches Modell	Finite-Elemente/ flexible Mehrkörpersimulation
	Technologisches Datenmodell	Angehangene Werte

Zur Erläuterung der geometrischen Berechnung der Werkzeug-Werkstück-Überdeckung zeigt Abbildung 2 die auf einer einfachen Z-Map basierende Vorgehensweise.

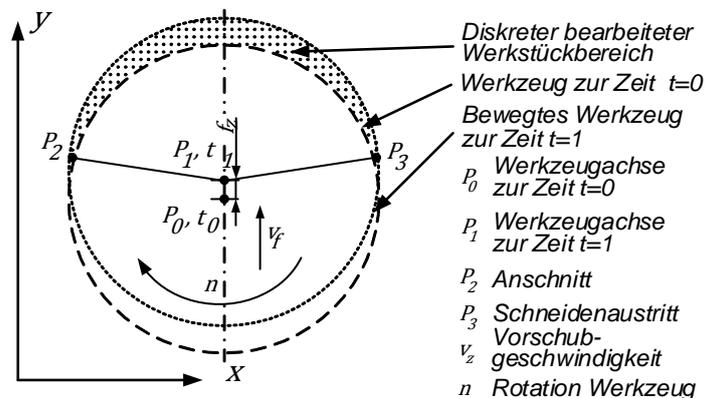


Abbildung 2: Geometriemodell basierend auf Z-Map und Werkzeugkoordinatensystem

Aus den so ermittelten Punkten lassen sich auf Basis von Eingriffswinkel, Eingriffsbreite, Werkzeugdurchmesser und Zahnvorschub die mittlere Spannungsdicke und eine gemittelte Schnitttiefe ermitteln, die für die Kraftberechnung benötigt werden.

Einzelne Elemente der in SimulationX vorhandenen Bibliothek lassen sich um analytische Funktionen erweitern oder zu eigenen Untermodellen zusammenfassen. Dadurch entstehen wiederverwendbare und parametrierbare Objekte, aus denen sich komplexere Systeme, wie z.B. eine Maschinenachse zusammenstellen lassen. Alle zu einem Teilsystem gehörenden Untermodelle bilden das Hauptmodell, wie z.B. die Werkzeugmaschine. Abbildung 3 zeigt eine Auswahl der Untermodelle, die für die Abbildung des Fertigungssystems entwickelt wurden. Die objektorientierte Darstellungsweise ist SimulationX typisch.

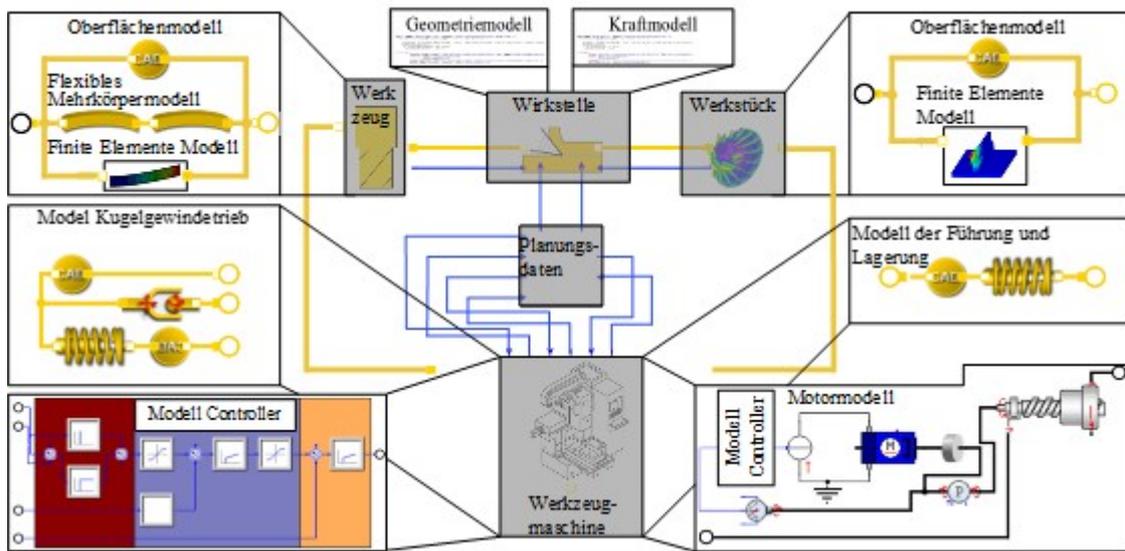


Abbildung 3: Strukturansicht des Fertigungssystems in SimulationX

Die vollständige Oberfläche, unter der die Simulation des Fertigungssystems nutzbar ist, zeigt Abbildung 4. Jedes Hauptmodell der Teilsysteme erhält dabei eine Parametrieroberfläche, über die hinterlegte Typen aufgerufen, angelegt oder angepasst werden können.

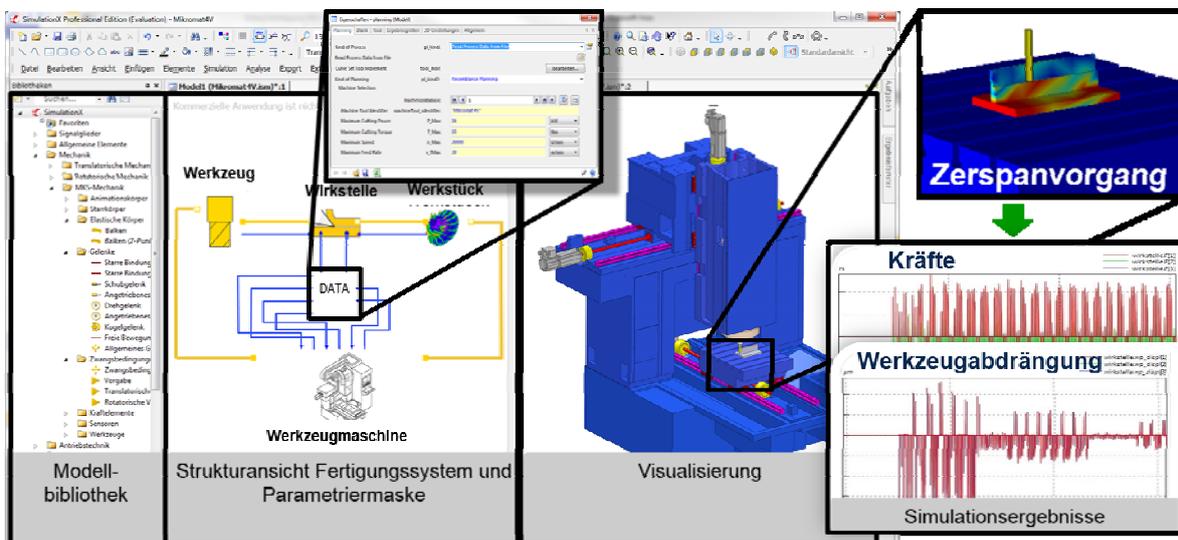


Abbildung 4: Planungsorientierte Anwendungsoberfläche SimulationX

4 Einsatz modulare Simulation mit physikalischem Ansatz

Die Modularität der Umsetzung bezieht sich auf zwei Aspekte. Einerseits bei der Berechnung auftretender physikalischer Größen und andererseits bei der Anwendung von Untermodellen zur Simulation. Der erste Schritt bei der Analyse eines geplanten Prozesses beinhaltet die Darstellung der analytischen Zusammenhänge von Grenzen der eingesetzten Fertigungsmittel und den Schnittgrößen. Dabei bilden Größen wie die maximale Schnittgeschwindigkeit des Werkzeuges, die maximale Spindeldrehzahl und weitere die technischen Grenzen eine Grundlage. Diese werden für eine Berechnung in einem Manipulationsabschnitt verwendet, mit dem der Planer die Zielgrößen z.B. Oberflächenrauheit, Hauptzeit und weitere beeinflussen kann (Abbildung 5). Die damit errechneten Zielgrößen dienen nur als analytische Abschätzung und werden durch einen anschließenden Simulationslauf in einem zweiten Schritt ergänzt.

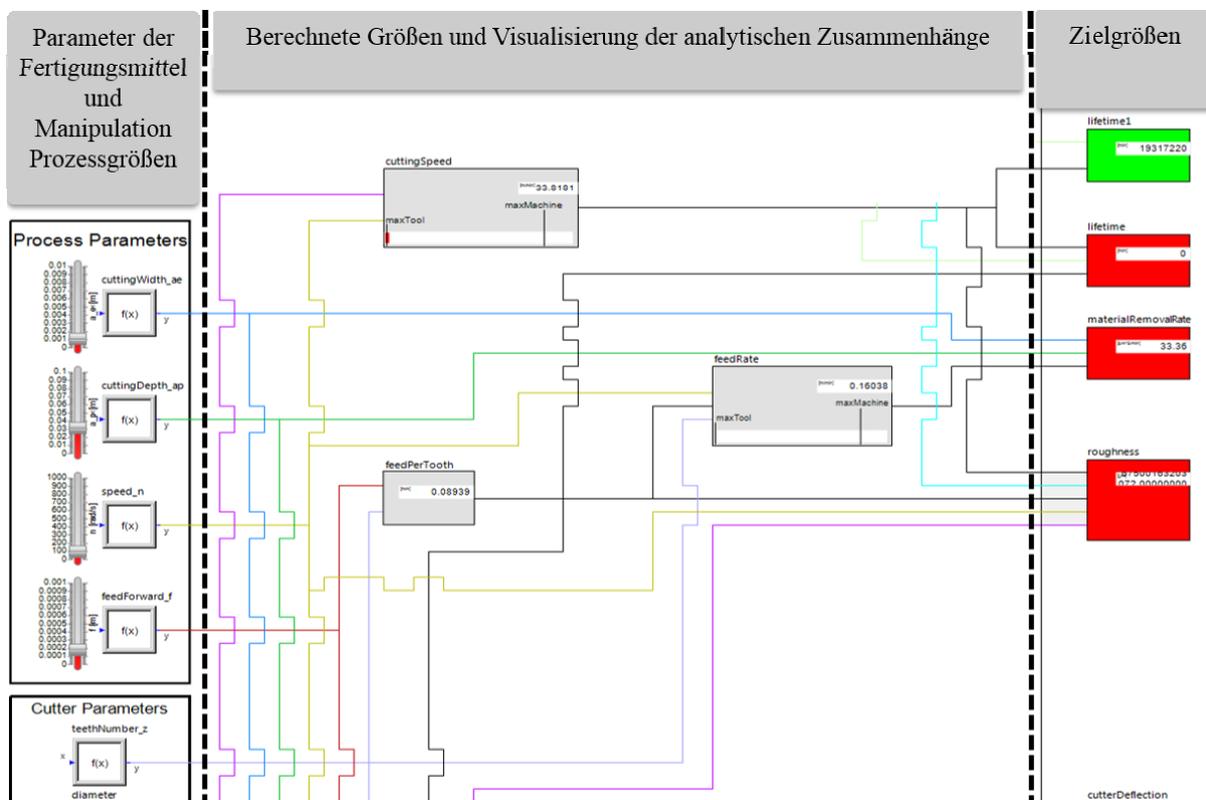


Abbildung 5: Oberfläche mit Darstellung der analytischen Zusammenhänge

Andererseits kann der Simulationslauf durch den Aufbau der Simulation und der Auswahl von Untermodellen beeinflusst werden. So ist für eine erfolgreiche Simulation des Prozesses nicht zwangsläufig das gesamte Fertigungssystem notwendig. Die Werkzeugmaschine muss nicht einbezogen werden. Weiterhin stehen bei der Analyse des Werkzeugverhaltens drei Untermodellen zur Verfügung. Das Werkzeug kann dabei als ideal steif angenommen werden und es findet lediglich eine geometrische Betrachtung statt oder das Werkzeug wird durch zwei Biegebalken dargestellt, die den Schneiden- und Schaftbereich repräsentieren. Zusätzlich kann eine finite FEM-Betrachtung der basierend auf der detaillierten Werkzeuggeometrie durchgeführt werden. Die Ausführung der Hauptmodelle wird im Vorfeld der Simulation festgelegt und hat einen wesentlichen Einfluss auf die Simulationszeit.

5 Zusammenfassung

Die vorgestellte Arbeit hatte nicht das Ziel ein Fertigungssystem und den dazugehörigen Prozess möglichst genau abzubilden, sondern hatte die Aufgabe zu zeigen, dass eine schrittweise Umsetzung zur Abbildung eines Fertigungssystems und –prozesses zu einer hinreichend genauen Annäherung an das Realverhaltens führt. Die hier verwendeten Modelle, wie z.B. das Kraftmodell können ausgetauscht werden, um die Präzision zu erhöhen. Unter Umständen ist dazu eine Anpassung anderer Untermodelle nötig, hier das Geometriemodell der Wirkstelle auf dem das Kraftmodell aufbaut. Ebenso ist die verwendete Z-Map nur eine Lösung für den 3-achsigen Einsatzbereich. Die Anwendung eines 3-Dexel- oder eines Voxelmodells sind prinzipiell unter Anpassung des Geometriemodells möglich und erschließen die 5-achsige Bearbeitung.

Literatur

/ENS-14/ Essers, M.; Nestler, A.; Schreiber, U.: SimCAP - Entwicklung eines virtuellen Planungswerkzeuges für die technologische Prozessplanung unter Einbezug der Prozessphysik. Abschlußbericht AiF, TU Dresden, 29.08.2014

/ITI-15/ <http://www.iti.de/>, Internetpräsenz, Stand Januar 2015