

Prozesssimulation für die spanende Fertigung

Dipl.-Ing. Eric Wenkler, Dipl.-Ing. Frank Arnold

Das aktuelle Thema, aus Prozessdaten neues Wissen zu generieren, ist eine anspruchsvolle Herausforderung für die Forschung. Es stellt sich die Frage, ob eine IT-gestützte Informationsrückführung aus dem Prozess zur Steigerung des Prozessverständnisses gerechtfertigt ist. Ein Weg führt über die Vorverarbeitung rückgeführter Informationen zur Bereitstellung für Simulationen. Des Weiteren ist einzuschätzen, ob eine Prozessinterpretation einzig auf der Basis von Maschinendaten erfolgen kann bzw. welche Informationen für spezielle Anwendungsfälle zur Verfügung stehen müssen. Zur Prozessdatenerfassung und -aufbereitung sowie zur Prozesssimulation für die Fertigung wurden Untersuchungen in der Anwendungsdomäne der Fräsbearbeitung durchgeführt [1],[2].

1 Prozessdatenerfassung und -aufbereitung

Im Bereich der spanenden Fertigung können Prozessinformationen grundlegend mit Bezug zu drei Informationsgruppen unterteilt werden: das sind Werkstück-, Werkzeugmaschinen- und Betriebsmittelinformationen. Die Prozessdatenerfassung und -aufbereitung an Maschinen muss diese Besonderheiten berücksichtigen, um die simulationsrelevanten Informationen sicher erheben zu können.

1.1 Prozessdatenerfassung

Ein wichtiges Kriterium bei der Prozessdatenerfassung ist die Frequenz mit welcher bestimmte Daten benötigt werden. Kaum oder langsam sich verändernde Daten, wie z.B. Maschine in Betrieb oder nicht, sind i.d.R. unkritisch in der Erfassung. Hochdynamische Daten, wie z.B. der Antriebsstrom einer Achse, sind eher aufwändig in der Erfassung.

1.1.1 Erfassung hochdynamischer Daten

Als hochdynamisch können alle Daten angesehen werden, die sich innerhalb des Lageregeltaktes einer Werkzeugmaschine ändern. Dazu zählen z.B. die Position, Drehzahl und Antriebsstrom. Diese Informationen können i.d.R. nicht im Lageregeltakt von der Steuerung nach außen bereitgestellt werden. Je nach Steuerungshersteller können maschineninterne Funktionen vorhanden sein, die eine solche Datenerfassung ermöglichen oder auch Analysesoftware.

Eine weitere Möglichkeit ist die Erfassung über das SERCOS Interface. Dies ist ein genormter Standard, welcher breit in Werkzeugmaschinen, zur Datenübertragung zwischen Steuerung und Feldbussteilnehmern, eingesetzt wird. Da das Protokoll im Lageregeltakt durch den SERCOS Ring geschickt wird, welcher alle Teilnehmer verbindet, kann durch das Einhängen in den Ring, eine Auswertung der Protokolle erfolgen und damit die benötigten Daten erfasst werden.

Im Rahmen interner Forschungsarbeiten, wurden maschineninterne Funktionen einer Versuchsmaschine, mit einer *andronic 3060* [3], verwendet und die Daten in einem Protokoll abgelegt. In dem Protokoll wurden die Ist-Werte für Position, Drehzahlen und Antriebsauslastung in allen Achsen mit einer Datenrate von 1 kHz erfasst. Diese Daten können wiederum für eine anschließende Prozesssimulation verwendet werden, worauf in Abschnitt 1.2 eingegangen wird.

1.1.2 Erfassung wenig dynamischer Daten

Als wenig dynamische Daten werden im aktuellen Kontext Daten bezeichnet, welche sich maximal im Sekundentakt ändern. Dies sind bspw. der Maschinenzustand, das aktive Werkzeug, der Kühlmiteleinsatz und viele weitere.

Zur Erfassung derartiger Daten bestehen i.d.R. Möglichkeiten seitens der Steuerungshersteller. Mit der aus Absatz 1.1.1 verwendeten Steuerung wurde ein Programm auf Basis der andron API erstellt. Das Programm ist netzwerkfähig, erfasst die vorab genannten Daten, kann diese wiederum bereitstellen und auch protokollieren. Eine Erfassung von Positionsdaten und Antriebsauslastungen wurde ebenso untersucht, allerdings ist die Datenrate mit 12 Hz kritisch für eine verlässliche Auswertung, da die Signale eine deutlich höhere Frequenz besitzen und somit Abtastungsfehler nicht auszuschließen sind.

1.1.3 Ursache für die dynamische Differenzierung

Mehrere Stirn-Umfangs-Fräsprozesse im Volleingriff mit einem 10 mm VHM Schaftfräser, wurden sowohl über die hochauflösende maschineninterne Protokollfunktion als auch über das API basierte Protokollprogramm aufgezeichnet.

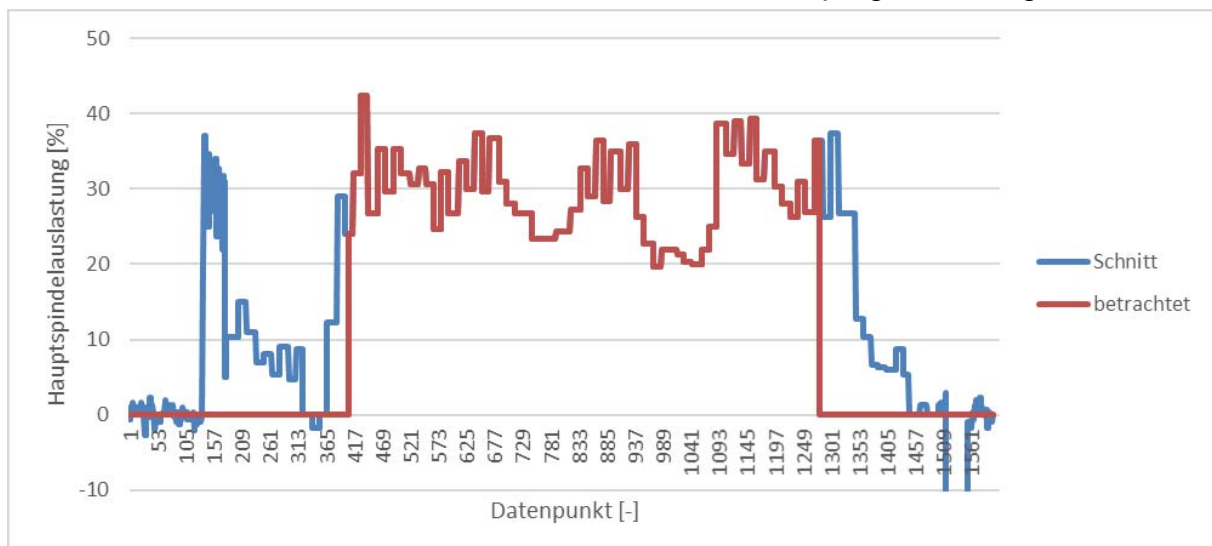


Abbildung 1: Datenerfassung über API

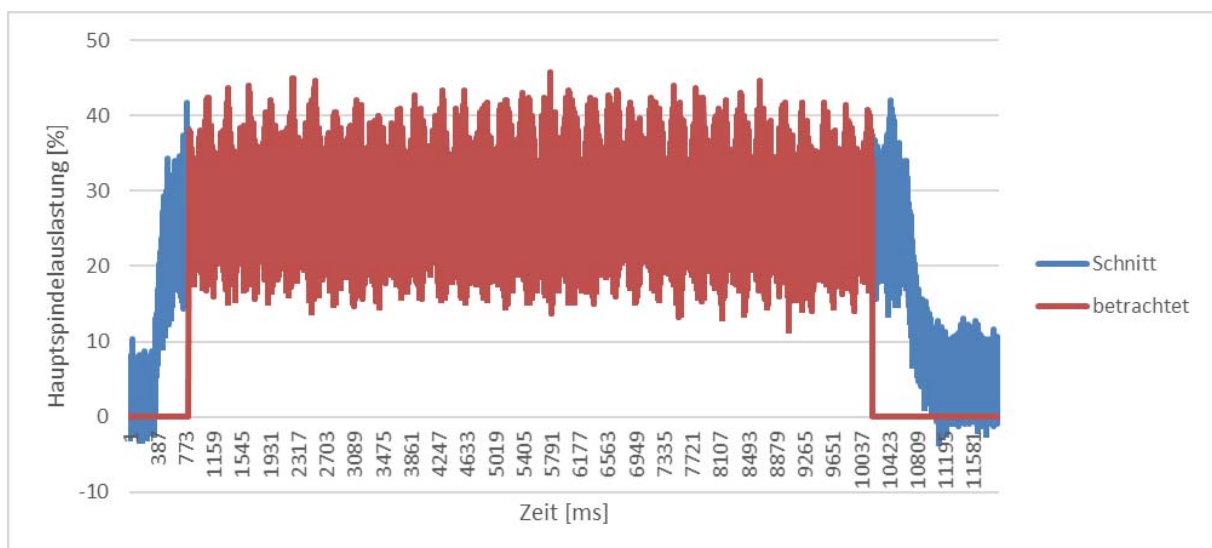


Abbildung 2: Datenerfassung über SERCOS

Vereinzelt waren Abweichungen zwischen beiden Protokollen ersichtlich, obwohl beide denselben Prozess protokollierten. Abb. 1 und Abb. 2 legen dieses Defizit offen. Beide Graphen zeigen den selben Prozess. Der rot markierte Bereich ist der Bereich in welchem der Werkzeugeingriff konstant blieb und somit der vergleichbare Bereich zwischen beiden Graphen. Abb. 1 zeigt zwei deutliche Einbrüche welche in Abb. 2 nicht ersichtlich sind. Dies begründet die Unterscheidung zwischen hoch- und wenig dynamischen Daten in Hinblick auf die Erfassung.

1.2 Prozessdatenaufbereitung

Die Prozessdatenaufbereitung wird durch die Ziele der Prozesssimulation definiert. Der Entwickler hat sicherzustellen, dass die Resultate der Prozessdatenaufbereitung, auf Basis der erfassten Prozessdaten, die benötigte Sicherheit besitzen. Diese Aussage kann an Abb. 2 gut veranschaulicht werden. Ist z.B. die mittlere Belastung, im roten Bereich aus Abb.2 von Interesse, müssen alle darin anfallenden Daten gemittelt werden.

Je nach Erhebungsgenauigkeit der Daten, und Beteiligung von Rauschen, ändert sich die notwendige Datenrate. Beim Erreichen einer kritischen Datenrate, welche relevante Eigenschaften des Prozesses nicht mehr erfassen kann, kann auch eine Prozessdatenaufbereitung nicht sicher erfolgen.

Übertragen auf das Beispiel, bedeutet dies, dass z.B. bei einer geringeren Datenrate als der Rauschfrequenz, ein sicheres Erfassen des Prozesses nicht gegeben ist.

2 Prozesssimulation

Laufende Forschungsarbeiten konzentrieren sich zunächst auf eine Simulation von Maschinendaten, wie z.B. die Visualisierung von Prozessabläufen auf der Basis von Positionsdaten der Maschine.

In ersten Arbeiten [4] wurden Kernaspekte einer CNC auf eine virtuelle Maschine in der Entwicklungsumgebung *Unity* [5] übertragen. Auf Basis von DIN-NC-Code wurde der Interpreter aufgebaut und die programmierte Bewegung durch Transformation auf die entsprechenden Maschinenachsen übertragen. In die Maschinensimulation wurde die Schnittstelle aus Abschnitt 1.1.2 integriert und die Steuerungspositionen direkt auf die Achsen geschrieben. Dadurch wird parallel zur realen Bearbeitung auf der Maschine, eine Simulation auf einer virtuellen Maschine z.B. in einem separaten Raum möglich, bei der man sich außerdem während der Bearbeitung durch die virtuelle Maschine bewegen kann.

Um darauf aufbauend den Materialabtrag in die Simulation einzubeziehen, sind in der Weiterführung unter den gegebenen Randbedingungen Untersuchungen erforderlich, wozu bereits weltweit umfangreiche Forschungsergebnisse vorliegen. Zunächst wurde erprobt, einen Materialabtrag auf Voxel-Basis zu simulieren, allerdings scheiterte dieser an der nicht vorhandenen Rechenkapazität, was u.a. bereits durch LEE [6] begründet wurde. Weitere Ansätze, wie z.B. der Dixel-Ansatz, stellen auf Grund der geringeren Rechenbelastung eine Möglichkeit dar, allerdings sind diese nicht ohne weiteres in *Unity* integrierbar.

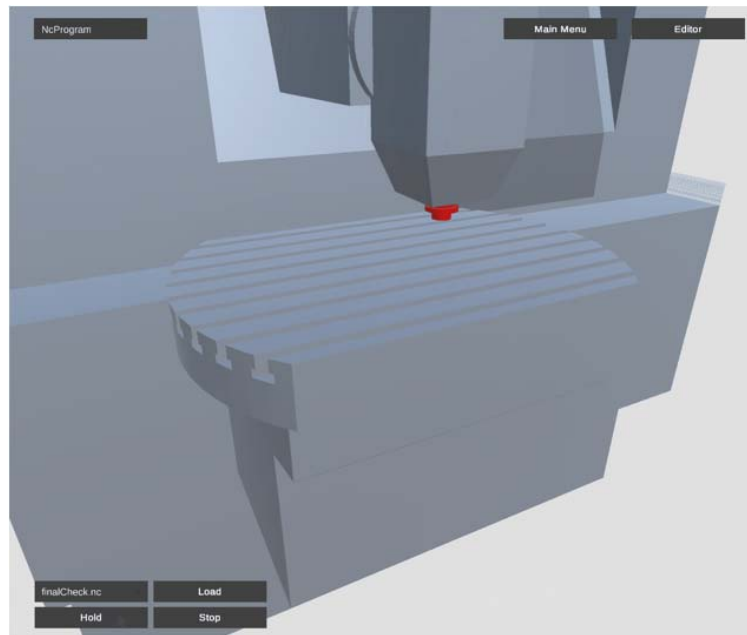


Abbildung 3: Prototyp Unity-Simulation zur Visualisierung von Maschinenbewegungen [4]

3 Schlussfolgerung

Eine sichere Prozessdatenerfassung und -aufbereitung ist unter Berücksichtigung der beispielhaft dargestellten Besonderheiten möglich. Auf der Basis von Prozessdaten können Simulationen erstellt werden, welche einen Mehrwert für die spannende Fertigung darstellen. Simulationen wie in Abb. 3 zeigen auf einem einfachen Niveau, wie die Daten verwendet werden könnten. Weitergehende Simulationen wie z.B. zur Durchdringung zwischen Werkzeug und Werkstück, ermöglichen dann Aussagen über prozessrelevante Größen, wie z.B. die wirkende Zerspankraft. Derartige Informationen können die Prozessauslegung unterstützen, wenn die Prognosen der Simulation eine hinreichende Sicherheit besitzen. Bis dato ist dieses umfassende Gebiet noch Forschungsgegenstand.

Literatur

- [1] Wenkler, E.: Entwicklung einer Software zur intelligenten Zerspanungskennwertermittlung als Grundlage für Planungs- und Simulationssysteme zur Erschließung von Leistungsreserven. Schlussbericht AIF/ZIM, TU Dresden, 19.03.2018
- [2] Wenkler, E.: Methode zur Abbildung der spezifischen Schnittkraft und Strategie zur kontinuierlichen Anpassung. Forschungsergebnisbericht 2017 der Arbeitsgruppe Produktionsautomatisierung, Zerspan- und Abtragtechnik. TU Dresden, 2017, S.23-26
- [3] andronic 3060. [Online]. Available: <https://www.lti-motion.com/de/produkte/cnc-systeme/andronic-3060>. [Accessed: 15-Feb-2019]
- [4] Schnellhardt, T.: Entwicklung von Kernfunktionen einer Steuerung für virtuelle Maschinen zur Dreh- und Fräsbearbeitung. Beleg zum Forschungspraktikum, TU Dresden, 2018
- [5] Unity. [Online]. Available: <https://unity3d.com/>. [Accessed: 15-Feb-2019]
- [6] Lee, S.W.: Resuming Milling Process after Intra-Operational Interruptions Based on the Enhanced NC Simulation," Dissertation, Dresden University of Technology, 2011