

# Konzept zur Prozesskettenvirtualisierung in der Planung zur Entwicklung eines durchgängigen Lehr- und Lernkonzeptes<sup>5</sup>

Dipl.-Ing. Marius Eßers, Dipl.-Ing. Martin Erler,  
B.Ed. Stephan Gabriel, B.Ed. Michael Pütker

## 1 Einleitung

Ziel des Projektes ist der nachhaltige Transfer von guten Lehrkonzepten und die Vernetzung von Hochschulen innerhalb Sachsens. Beteiligt an diesem Vorhaben sind:



### Technische Universität Dresden

**Fakultät Maschinenwesen** Institut für Fertigungstechnik, Professur Formgebende Fertigungsverfahren

**Fakultät Erziehungswissenschaften** Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken, Professur für Metall- und Maschinentchnik/ Berufliche Didaktik



### Technische Universität Bergakademie Freiberg

**Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik** Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung

Inhaltlich sollen die Lehrveranstaltungen beider Universitäten zur Fertigungstechnik im Bereich spanende Fertigung, sowie die Fertigungsplanung für die Teilfertigung auf einer Onlineplattform in der Art miteinander verbunden werden, die es Studenten ermöglicht, ein erlerntes Faktenwissen unter Zuhilfenahme moderner Webtechniken für einen Planungsvorgang an einem virtuellen Werkstück anzuwenden. Eine didaktisch sinnvolle Umsetzung kann dabei nur mit Unterstützung der Professur für berufliche Didaktik entstehen.

## 2 Konzipierung

Um eine Verknüpfung der komplexen Themen und auch eine technische Umsetzung realisierbar zu machen, wurden zunächst für die drei folgenden Hauptbereiche Konzepte entwickelt.

### 2.1 Didaktisches Konzept

Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer unterstützend wirkenden Lehr- und Lernumgebung in den Bereichen Fertigungstechnik und Fertigungsplanung. Die Lernumgebung wird frei zugänglich und selbstständig nutzbar sein. Die Lernenden werden stufenweise und selbstgesteuert zu den in Etappen gegliederten Lernzielen geführt.

### 2.2 Technisches Konzept

Zur Realisierung des Vorhabens erfolgt die Entwicklung einer eigenständigen Lernumgebung, die über eine Internetseite zugänglich ist. Die Darstellung der (interaktiven) Inhalte erfolgt unter konsequenter Nutzung des aktuellen HTML-5-Standards. Dies ermöglicht die gleichzeitige Einbindung verschiedener Medienarten und deren Verknüpfung miteinander.

---

<sup>5</sup> Das Projekt wird über das Hochschuldidaktische Zentrum Sachsen im Rahmen des Verbundantrages „Lehrpraxis im Transfer. Hochschulübergreifende fachspezifische Hochschul- und Mediendidaktik an sächsischen Universitäten“ durch das BMBF gefördert.

## 2.3 Methodisches Konzept

Es wird ein situiertes Lernarrangement erzeugt, in dem ein berufsbezogenes, intrinsisch motivierendes Ausgangsproblem (Planungs-/Fertigungsprozess „Fahrradlenkervorbau“) den „Kompetenzerwerb im Anwendungskontext“ fördern soll.

Nach dem „cognitive apprenticeship-Ansatz“ /COL-89/ werden die Lernenden z.B. „durch das Geben und zunehmende Ausblenden von Hinweisen“ gezielt gecoacht/instruiert, um komplexe Zusammenhänge in einer immer interaktiver werdenden Lernumgebung zu begreifen.

## 3 Lernstruktur

Die Lernstruktur ist geprägt durch die Zunahme der Komplexität während der Bearbeitung selbstbestimmter, situierter Lernaufgaben. Der Einstiegs-, Motivations- und Orientierungsabschnitt ist realisiert durch ein Video, das den realen Fertigungsprozess Beispielbauteiles zeigt (Abb. 3.1). Damit soll ein Bezug der Fertigungstechnik und -planung zu einem bekannten Produkt hergestellt werden. Weiterhin wird die Lernumgebung dem Benutzer erläutert und welche Funktionen zur Verfügung stehen. Es ist zu diesem Zeitpunkt keine Interaktion erforderlich.

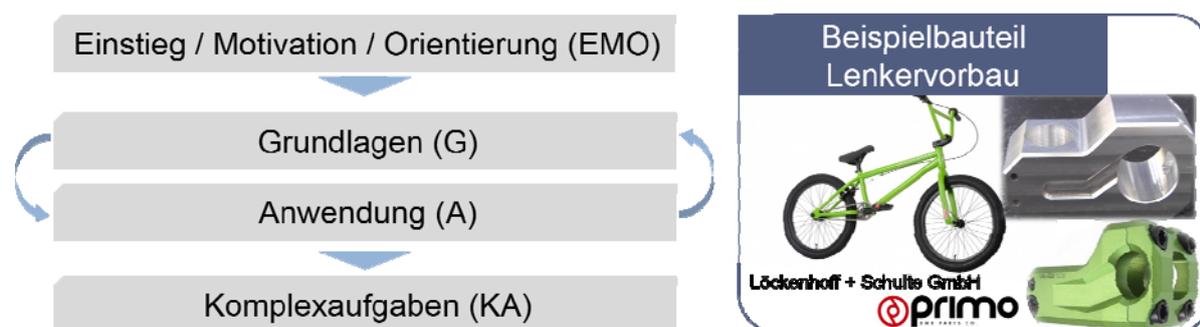


Abb. 3.1: Schematische Lernstruktur und Beispielbauteil

Innerhalb der für jede Thematik vorhandenen Abschnitte Grundlagen, Anwendung und Komplexaufgaben wird ein bestimmter Teilbereich des Lernfeldes eingeführt.

Dazu erfolgen im Grundlagenteil eine spezifische Anleitung zum Bearbeiten der Thematik, sowie die Bereitstellung verschiedener Materialien in Form von Videos, Simulationen, schematischen Darstellungen und erläuternden Artikeln. Sie dient im Wesentlichen – je nach Anwender – der Ersterarbeitung, Festigung, Reaktivierung und/oder der Festigung.

Der Abschnitt Anwendung enthält verschiedene, aufeinander aufbauende Lern- und Arbeitsaufgaben und erfüllt wiederum anwenderabhängig die Funktionen der Festigung, Vertiefung, Kontrolle und Rückmeldung. Hierbei nimmt eine gegebene Hilfestellung sukzessive ab.

Die Komplexaufgaben dienen der Festigung, Vertiefung, Kontrolle, dem Transfer, der Rückmeldung sowie der Verknüpfung einzelner Thematiken und können mit einer zunehmenden Schwierigkeit ausgelegt werden.

## 4 Struktur der Lernumgebung

Die Gesamtstruktur der Lernumgebung unterliegt einer fachspezifischen Aufbereitung und gliedert sich nach einem Abschnitt zur Einführung, Motivation und

Orientierung (EMO) in die Teilbereiche Fertigungssystem (G1), Fertigungsprozess (G2) und Fertigungsplanung (G3). Hinzukommt ein Grundlagenteil (G0) der zu jedem Zeitpunkt verfügbar ist (Abb. 4.1).

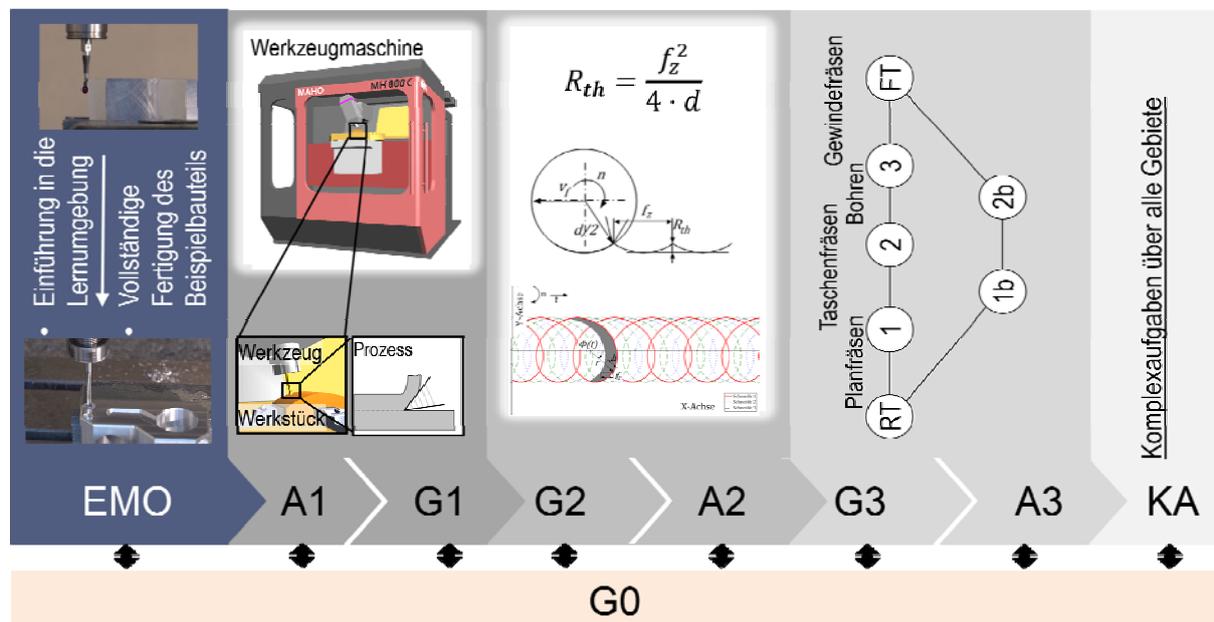


Abb. 4.1: Struktur der Lernumgebung

Der Abschnitt EMO wird hier vorangestellt und umfasst den bereits erläuterten Inhalt. Der Bereich G0 bildet u. A. ein Tabellenbuch des Lernenden auf das Zugriff in allen Lern- und Arbeitsphasen besteht und darüber hinaus können hier verschiedene Materialien in Form von Tabellen, Übersichten, Abbildungen, Glossar, Quellenverweise und weiterführenden Links zur Verfügung gestellt werden.

Im Abschnitt G1 werden die Elemente des Fertigungssystems, bestehend aus Werkzeugmaschine, Werkzeug, Werkstück und Spannmittel, sowie deren Funktionen und das Zusammenwirken vorgestellt. Weiterhin wird mit Hilfe eines Videos veranschaulicht, wie die Materialzerspanung durch Relativbewegung von Werkzeug und Werkstück entsteht. Der Lernende erhält die Ausgabe des gezeigten Systems anhand gegebener Kennwerte als virtuelle Modelle auszuwählen. Das Auswahlresultat wird innerhalb einer virtuellen Werkzeugmaschinenumgebung /ERL-12/ dargestellt. Somit wird ein Übergang von einem realen System in die Simulation geschaffen. Die Simulation dient innerhalb der weiteren Lernstruktur zur Visualisierung und es werden nur als Einführungsbeispiele Videos eingesetzt.

Der Abschnitt G2 umfasst die Prozesstechnologie bzw. die zerspantechnischen Grundlagen /GAB-13/. Es wird eine einzelne technische Operation dargestellt, deren Parameter wiederum Berechnungsgrundlagen für Zielgrößen beinhaltet. Die mathematische Abbildung der Zusammenhänge zwischen den Parametern sowie der technisch-technologischen Vorgaben (Rauigkeit, maximale Schnittgeschwindigkeiten, etc.) bilden den Kerninhalt. Dem Lernenden werden die mathematischen Zusammenhänge zunächst qualitativ, bei Bedarf auch quantitativ dargestellt. Dies kann etwa auf der Grundlage einer Parameternetzdarstellung geschehen, die eine Interaktion ermöglicht /PUE-14/ (Abb. 4.2). Als Aufgabe sind die einzustellenden Zielgrößen Zeit, Kosten und Qualität vorgegeben und der Lernende muss im Rahmen der technisch-technologischen Grenzen des bereits gewählten

Systems unter Variierung der Einstellwerte die Aufgabenstellung erfüllen. Ziele sind die Erkenntnis, dass es nicht nur eine richtige Lösung gibt und Kompromisse bei der Zielgrößenrealisierung eingegangen werden müssen.

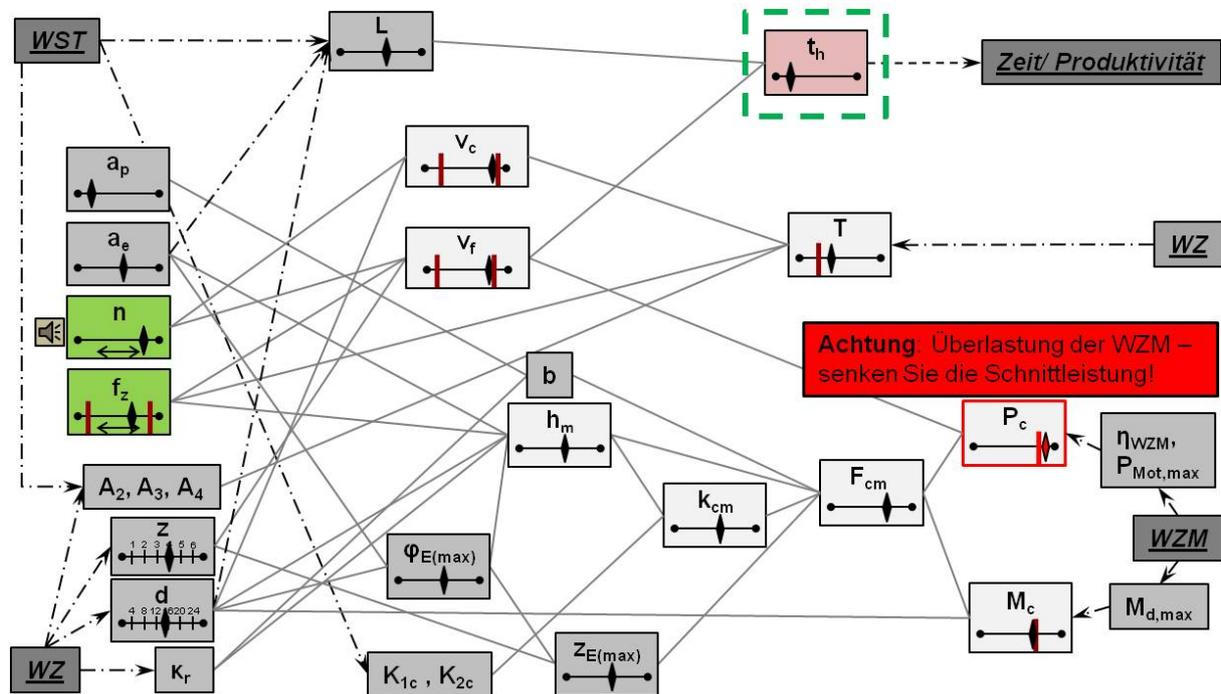


Abb. 4.2: Interaktive Darstellung der Zusammenhänge bestimmter Prozessparameter und bestehender technologischer Grenzen

Im dritten Schritt G3 wird innerhalb der Prozessablaufplanung die Festlegung der Reihenfolge für die Arbeitsgänge behandelt. Unter Einbezug von sich bedingenden oder ausschließenden Folgen (das Bauteil kann nur in einem bestimmten Ablauf gefertigt werden) muss zunächst auf einem stark abstrahierten Niveau die Reihenfolge der Bearbeitung des Beispielbauteils durch den Lernenden angelegt werden, unter der Berücksichtigung von bedingenden, zwingenden oder freien Reihenfolgekriterien.

Abschließend wird eine Funktionalität implementiert, die es ermöglicht Komplexaufgaben über alle drei Teilgebiete G1-G3 anzulegen. Dabei ist zunächst, das nach einer gestellten Bearbeitungsaufgabe, vollständige Bearbeitungssystem auszuwählen, im Anschluss die Arbeitsgangfolge festzulegen und abschließend die einzelnen Arbeitsgänge zu parametrieren. Ziel ist die Festigung der Anwendung des Wissens für komplexe Aufgabestellungen über die Bereiche System, Prozess und Ablauf im Zusammenhang.

## 5 Ergebnisse

Die bisherige Umsetzung bestätigt, dass sich interaktive Simulationen sehr gut dazu eignen komplexe Abläufe verständlich und begreifbar darzustellen. Durch die Anwendung von aktuellen Webtechniken können so Techniken einem breiten Anwenderspektrum verfügbar gemacht werden, die bereits Stand der Technik sind. Durch eine entsprechende Abstraktion und thematische Gliederung ist es möglich, komplexe Lernfelder schrittweise und gezielt aufzubereiten. Eine Interaktion mit einer abnehmenden Unterstützung und zunehmenden Schwierigkeitsgrad erhöht die

Motivation des Anwenders. Umfragen unter den Studenten haben gezeigt /PUE-13/, dass eine Visualisierung für komplexe (geometrische und verfahrenstechnische) Zusammenhänge wünschenswert ist.

## 6 Zusammenfassung

Durch die hier vorgestellte Arbeit wird der Notwendigkeit für eine immer stärker digital unterstützte Lehre und Ausbildung nachgekommen. Die Lehr- und Lernplattform eignet sich durch ihre angelegte Ausrichtung auf für weiterführende Entwicklungen bei denen sich die Lernenden gegenseitig instruieren unter Nutzung aktueller Kommunikationsmöglichkeiten.

Ausgehend von dem Fertigungsverfahren Fräsen im Speziellen, können auf Basis der Lehr- und Lernplattform weitere Anwendungsbereiche, sowohl in der Produktionstechnik mit anderen Fertigungsverfahren, als auch im Allgemeinen andere naturwissenschaftliche Disziplinen mit dieser Herangehensweise erschlossen werden.

### Literatur

- /Col-89/ Collins, A.; Brown, J. S.; Newman, S. E.: Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*, 1989, S. 453-494.
- /ERL-12/ Erler, M.; Essers, M.: Approach for generation of complete virtual machine tools based on a unified model description: *The 22rd DAAAM International World Symposium*, 2012, Zadar, Croatia.
- /GAB-13/ Gabriel, St.: Entwicklung eines Medienkonzeptes zum Erfassen wesentlicher Prozessgrößen, sowie zum Üben von Planungsabläufen bei der spanenden Fertigung – im Rahmen des Projektes ‚ProVi-LK‘. Nicht veröffentlichte Bachelorarbeit. Dresden, TU Dresden, 2013.
- /PUE-13/ Pütker, M.: Befragung von Studierenden im Kontext der Entwicklung einer virtuellen Lernumgebung. Studienarbeit. Dresden: TU Dresden, 2013.
- /PUE-14/ Pütker, M.: Gestaltung und Erprobung von Lern- und Arbeitsaufgaben zum individuellen Erfassen, Üben und Prüfen ausgewählter fertigungstechnischer und fertigungsplanerischer Aspekte hinsichtlich der spanenden Fertigung von Bauteilen – im Rahmen des Projektes ‚ProVi-LK‘. Nicht veröffentlichte Masterarbeit. Dresden, TU Dresden, 2014.