

# 4. Wissenschaftskooperation

## Planzeiten realistisch einschätzen Westfälische Hochschule Zwickau

**Zeitschrift:** ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb  
**Verlag:** Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG  
**Ausgabe:** 11 / 2012 [Seiten 863 bis 865]  
**Verfasser:** Dr. Ralf Volker Schüler

### Bereits im Studium

Häufig greifen die mit der Erstellung von Arbeitsplänen und Kalkulation für Einzelteile oder komplexe Baugruppen betrauten Mitarbeiter in den Unternehmen auf Erfahrungswerte und Schätzungen zurück. Doch moderne, vorkonfigurierte und regelbasierte Softwaresysteme ermöglichen es, sehr fertigungsnah zu kalkulieren – insbesondere auch im Falle von Unikaten. Mit der Einbindung dieser innovativen Systeme in die Lehrinhalte an den Hochschulen, speziell in die CAP-Ausbildung angehender Ingenieure und Wirtschaftsingenieure, gibt man den Studenten ein Stück "Praxis" mit auf den Weg. Ihnen werden die Zusammenhänge zwischen der Gestaltung eines Produktes, den vielfältigen Fertigungsparametern und den entsprechenden Planzeiten vermittelt.

Im Jahr 2012 feiert die Westfälische Hochschule Zwickau (WHZ) ihr 20-jähriges Bestehen seit der Neugründung. Als Hochschule mit rund 160 Professoren und mehr als 5.000 Studenten in 40 Studiengängen ist sie eine der großen Bildungseinrichtungen Westsachsens. „Für uns ist wichtig, dass die Studenten, auch wenn sie später in der Praxis beispielsweise im Konstruktionsbereich tätig sind, dennoch in der Lage sind, sich den Produktionsprozess des von ihnen entworfenen Teils zu vergegenwärtigen. Die Erkenntnisse über die Zusammenhänge vom Produktentwurf über die Arbeitsvorbereitung bis hin zum Fertigungsprozess einschließlich der zugehörigen Kostenstruktur sind wesentlich, so dass auch die Frage nach der Machbarkeit bereits sehr früh im Vorfeld der Fertigung eine zentrale Rolle spielt. Dies verdeutlicht, dass die Arbeitsplanung einen signifikanten, praxisorientierten Baustein in der Produktionswelt darstellt und mithin einen relevanten Bestandteil der Ingenieurausbildung bildet“, erklärt Dr.-Ing. Siegfried Dubb, Laboringenieur am Institut für Produktionstechnik (IfP) der Westfälischen Hochschule Zwickau. Aus diesem Grund durchlaufen die Studenten des Maschinenbaus, der Produktionstechnik, des Industrial Management und Engineering (IME) sowie Wirtschaftsingenieure mit Vertiefungsrichtung Industrial Engineering (IE) die CAP-Ausbildung (Computer Aided Planning). Die CAP-Ausbildung beinhaltet u. a. die "konventionelle Arbeitsplanung" mit den Themen der Planzeitermittlung, Arbeitsplanerstellung und Kalkulation einschließlich der Variantenbildung und deren Bewertung. Hinzu kommt der Bereich der NC-Programmierung in der Arbeitsvorbereitung von Fertigungsprogrammen für CNC-Maschinen bis hin zu Bearbeitungszentren mit 5-Achs-Bearbeitung. In den entsprechenden Vorlesungen und zugehörigen Übungen erfahren die Studenten die Zusammenhänge von der Produktgestaltung bis hin zur Produktfertigung sowie die wesentlichen Einflussfaktoren bzgl. Produktionszeiten und Qualität.

Der Stellenwert des Arbeitsplans wird allein daran erkennbar, dass bereits zu DDR-Zeiten an der Hochschule ein Lehrstuhl für die Arbeitsplanung existierte. Entsprechend wurde ein eigenes Arbeitsplanungssystem (COMTES) an der Hochschule entwickelt. Die Wende 1989 brachte gene-

## Estimate planning times realistically Westfälische Hochschule Zwickau

**Journal:** ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb  
**Publishing house:** Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG  
**Edition:** 11 / 2012 [pages 863 bis 865]  
**Author:** Dr. Ralf Volker Schüler

### Already during one's studies

Employees responsible for the preparation of work schedules and single part calculations or assembly groups rely on experienced values and estimations. However, modern, pre-configured and rule-based software systems enable them to calculate close to production – especially with regard to unique specimen. By including these innovative systems into university curricula - especially in the CAP-training for future engineers and industrial engineers - students are provided with a piece of "practical reality" on their way. They are explained the coherences between the design of a product, its various production parameters and the respective planning times.

In 2012, the West Saxon University of Applied Sciences (WHZ) in Zwickau celebrated its 20th anniversary since its reestablishment. With around 160 professors and over 50.000 students in 40 courses of studies, it is one of the largest educational institutions in West Saxony. "It is important to us that students are able to imagine the manufacturing process of a part they have designed, even if they will work in the construction department in the future. Knowledge regarding the coherence of product design, work preparation and manufacturing process including the respective cost structure are essential, so that the question of feasibility is plays an important role very early and before the production process itself. It becomes clear that work planning is a significant and practice-oriented element in the world of production and also states a relevant part in the education of engineers", explains Dr.-Ing. Siegfried Dubb, laboratory engineer at the Institute for Production Technology (IfP) at the West Saxon University of Applied Sciences in Zwickau. Therefore, students of Mechanical Engineering, Production Technology, Industrial Management and Engineering (IME) as well as engineers focusing

on Industrial Engineering undergo CAP-training (Computer Aided Planning). The CAP-training includes, among other things, "conventional work planning" covering topics like planning time determination, work schedule preparation and calculation including the creation of variants and their assessment. Additional topics are NC-programming in the scope of work preparation of production programmes for CNC-machines up to machining centres with 5-axis-processing. In the respective lectures and related tutorials, students get acquainted with the coherence of product design and product manufacture as well as significant influencing factors regarding production times and quality.

The importance of work schedules becomes obvious in the fact that a university chair of work planning existed already in times of the GDR. Accordingly, an in-house work planning system (COMTES) was developed at the university. The fall of the wall in 1989 led to reorientations in general and also to restructuring in the field of higher education. In the following years, continuous development of the in-house CAP-system was only possible to a limited extent for budget reasons and was dismissed in the



863

# 4. Academic Cooperation

rell Neuorientierungen mit sich und führte auch im Hochschulbereich zu diversen Umstrukturierungen. In den folgenden Jahren war eine kontinuierliche Weiterentwicklung des eigenen CAP-Systems aus Kapazitäts- und Budgetgründen nur noch bedingt möglich und wurde Mitte der 1990iger Jahre ganz aufgegeben. „Nach der Jahrtausendwende empfahl es sich, dass wir uns nach einem neuen, geeigneten Arbeitsplansystem umschaute. Es zeigte sich, dass die meisten dieser Systeme integraler Bestandteil von ERP/PPS-Systemen sind, aber unseren Ansprüchen nicht genügten. Um den Anforderungen hinsichtlich des Lehrauftrags zur Ausbildung der Studenten gerecht zu werden, bot sich sinnvoller Weise ein Stand-alone-System an, welches allerdings eine Integrationsfähigkeit in ein ERP/PPS-System nicht ausschließen durfte“, berichtet Dr.-Ing. Siegfried Dubb.

Die Auswahlkriterien für ein neues Arbeitsplanungssystem zur CAP-Ausbildung orientierten sich neben der erforderlichen Grundfunktionalität an Praxisnähe und Eignung zur pädagogischen Einbindung in den Lehrbetrieb. Wichtig waren folgende Aspekte:

- Bereitstellung vorkonfigurierter Verfahrensbausteine und damit sofortige Nutzung des Systems,
- Berücksichtigung der maschinenbautechnischen Richtlinien und DIN Bestimmungen,
- Verständliche Systemphilosophie,
- Kurze Einführungszeit und Unterstützung von Learning-by-doing,
- Intuitive Bedienung, Transparenz und Nachvollziehbarkeit,
- Unterstützung der Erlernbarkeit der planungstechnischen Zusammenhänge, d. h. Offenlegung der Beziehungen zwischen Produktdaten, Prozessdaten und Planzeiten,
- Flexibilität (z. B. Analyse von Fertigungsalternativen),
- Softwarenutzung via Server, Netzwerkfähigkeit, und hohe Stabilität des Systems sowie
- Optimaler Service und Support.

### Integration eines praxisnahen Arbeitsplansystems in die Ausbildung

Die Entscheidung fiel im Jahr 2005 zu Gunsten des von der HSi GmbH aus Erfurt entwickelten und in der Praxis bewährten Planungs- und Kalkulationssystems HSplan. Diese Software ermöglicht schnell und zuverlässig, exakte Planzeiten zu ermitteln. Hierzu trägt wesentlich die HSi-Technologiebasis® mit vorkonfigurierten Verfahrensmodulen für nahezu alle mechanischen Bearbeitungsverfahren einschließlich Schweißverfahren bei. So existieren Technologiedaten und Regelwerke zur Planzeitermittlung (Haupt-, Neben- und Rüstzeiten) für Drehen, Fräsen, Bohren, Schleifen, Erodieren usw. Diese Daten stellen beispielsweise Rz-abhängige Vorschübe, Schnittwerte und Algorithmen zur Schnittwertoptimierung dar. Die mit Branchen üblichen Werten vorkonfigurierten Module ermöglichen einerseits den sofortigen Einsatz der Software, andererseits bieten sie dem Anwender die Möglichkeit der permanenten Modifikationen sowie Ergänzungen der Technologiedaten und Regelwerke. Dadurch kann das System mit dem Fortschritt in der Fertigungstechnologie Schritt halten und ist jederzeit aktuell.

Die Planzeitermittlung kann in verschiedenen Verdichtungsebenen erfolgen. Es stehen Berechnungsabläufe bezogen auf Verrichtungen, Formelemente und Teileklassen zur Verfügung. Je höher die Verdichtung, desto geringer ist der Planungsaufwand bei gleich bleibender Planungsqualität. Geometrische und technologische Abhängigkeiten können berücksichtigt

mid 90's. "After the turn of the millennium, we needed to look for a new suitable work planning system. It turned out that most of the system were an integral part of ERP/PPS-systems, but did not meet our requirements. In order to follow our intention of teaching and training students, it was recommendable to select a stand-alone system which, nevertheless, would not exclude the option of integrating it to an ERP/PPS-system," describes Dr.-Ing. Siegfried Dubb.

The selection criteria for CAP-training did not only put emphasis on the required basic functionality, but especially on its practical approach and suitability for educational purposes in the teaching programme. The following aspects were important:

- Provision of pre-configured action modules and, thus, the chance to make use of the system immediately
- Compliance with guidelines of mechanical engineering and DIN regulations
- Comprehensible system philosophy
- Short times needed for the introduction and a supportive learning-by-doing approach
- Intuitive operation, transparency and traceability
- Supported learnability of interdependencies in planning, i.e. presentation of correlations between product data, process data and planning times

- Flexibility (e.g. analysis of production alternatives),
- Use of software via server, network compatibility and high system stability
- Optimal service and support

### Integration of a practical work scheduling system into education

In 2005, the decision was made in favour of the planning- and calculation system HSplan developed by HSi from Erfurt and has proven its worth in practice. The software allows for the quick and reliable determination of exact planning times. This is mainly achieved by the HSi-Technologiebasis® with its pre-configured action modules developed for nearly all mechanical machining processes including welding. Technology data and sets of rules allow for the determination of planning times (main and secondary times) for turning, milling, drilling, grinding, eroding, etc. These data provide, for instance, feed rates, cutting values and algorithms concerning to the depth of roughness for the optimization of cutting values. Pre-configured modules containing branch-specific values allow for the immediate use of the software on the one hand and enable users to constantly modify or add technology data and sets of rules. Thus, the system is able to keep up with the progress in the manufacturing technology and is up-to-date at any time.

Planning times may be determined on different levels of density. Various calculation procedures are provided with regard to performances, form elements and part classes. The higher the level of density, the smaller the planning effort is - at a constant planning quality. Geometric and technical dependencies can be taken into account. Hence, a quick, exact and traceable time determination is achieved with a small amount of influencing values.

In the scope of CAP-training, teams of two or three students have the chance to fulfil an assignment in a time span of approximately six weeks. When attending the lectures of Professor Dr.-Ing. Michael Kaiser, chair for

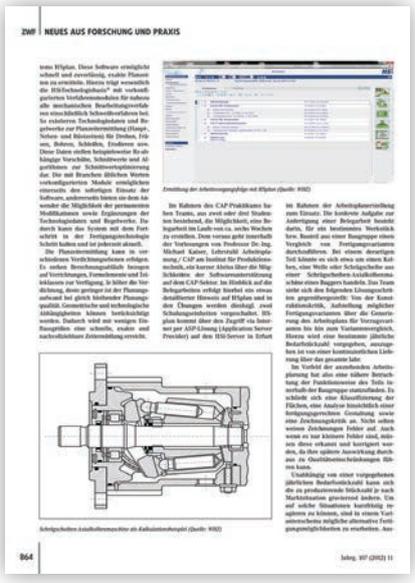


Abbildung 1: Screenshot der HSplan-Software zur Darstellung von Planzeiten und Prozessdaten.

# 4. Wissenschaftskooperation

werden. Dadurch wird mit wenigen Einflussgrößen eine schnelle, exakte und nachvollziehbare Zeitermittlung erreicht.

Im Rahmen des CAP-Praktikums haben Teams, aus zwei oder drei Studenten bestehend, die Möglichkeit, eine Belegarbeit im Laufe von ca. sechs Wochen zu erstellen. Dem voraus geht innerhalb der Vorlesungen von Professor Dr.-Ing. Michael Kaiser, Lehrstuhl Arbeitsplanung / CAP am Institut für Produktionstechnik, ein kurzer Abriss über die Möglichkeiten der Softwareunterstützung auf dem CAP-Sektor. Im Hinblick auf die Belegarbeiten erfolgt hierbei ein etwas detaillierter Hinweis auf HSplan und in den Übungen werden diesbzgl. zwei Schulungseinheiten vorgeschaltet. HSplan kommt über den Zugriff via Internet per ASP-Lösung (Application Server Provider) auf den HSI-Server in Erfurt im Rahmen der Arbeitsplanerstellung zum Einsatz. Die konkrete Aufgabe zur Anfertigung einer Belegarbeit besteht darin, für ein bestimmtes Werkstück bzw. Bauteil aus einer Baugruppe einen Vergleich von Fertigungsvarianten durchzuführen. Bei einem derartigen Teil könnte es sich etwa um einen Kolben, eine Welle oder Schrägscheibe aus einer Schrägscheiben-Axialkolbenmaschine eines Baggers handeln. Das Team sieht sich den folgenden Lösungsschritten gegenübergestellt: Von der Konstruktionskritik, Aufstellung möglicher Fertigungsvarianten über die Generierung des Arbeitsplans für Vorzugsvarianten bis hin zum Variantenvergleich. Hierzu wird eine bestimmte jährliche Bedarfstückzahl vorgegeben, auszugehen ist von einer kontinuierlichen Lieferung über das gesamte Jahr.

Im Vorfeld der anstehenden Arbeitsplanung hat also eine nähere Betrachtung der Funktionsweise des Teils innerhalb der Baugruppe stattzufinden. Es schließt sich eine Klassifizierung der Flächen, eine Analyse hinsichtlich einer fertigungsgerechten Gestaltung sowie eine Zeichnungskritik an. Nicht selten weisen Zeichnungen Fehler auf. Auch wenn es nur kleinere Fehler sind, müssen diese erkannt und korrigiert werden, da ihre spätere Auswirkung durchaus zu Qualitätseinschränkungen führen kann.

Unabhängig von einer vorgegebenen jährlichen Bedarfstückzahl kann sich die zu produzierende Stückzahl je nach Marktsituation gravierend ändern. Um auf solche Situationen kurzfristig reagieren zu können, sind in einem Variantenschema mögliche alternative Fertigungsmöglichkeiten zu erarbeiten. Ausgangsbasis bildet die Definition der Prozessstufenfolge für das zu fertigende Einzelteil. Zu berücksichtigen sind Stückzahlbereiche, verschiedene Materialien, Fertigungsmittel, unterschiedliche Fertigungsverfahren sowie alternative zum Einsatz kommende Vorrichtungen und Werkzeuge. Es folgt die Einschätzung alternativer Fertigungsvarianten und die Auswahl einer Vorzugsvariante.

## Generierung nachvollziehbarer Fertigungs- und Kalkulationsvarianten

Zur Generierung des Arbeitsplans und zur gleichzeitigen Verprobung der Vorzugsvariante kommt HSplan zur Anwendung. Zunächst erfolgen die Definitionen für Material und Bearbeitungstechnologie, die Generierung der Arbeitsvorgangfolge unter Beachtung der folgerichtigen technologischen Reihenfolge. Anschließend werden je Arbeitsvorgang die erforderlichen Teilarbeitsvorgänge festgelegt und die zugehörigen Planzeiten einschließlich Rüstzeiten ermittelt. Um einen effektiven Variantenvergleich durchzuführen, wird neben der Vorzugsvariante eine weitere Variante mit alternativer Fertigungstechnologie herangezogen. Hierzu sollten mindestens drei Faktoren aus dem Spektrum der technischen Möglichkeiten für

work planning / CAP at the Institute for production engineering, they are briefly introduced to the possibilities of computer aid in the CAP-sector in advance. Having their assignments in mind, they are presented HSplan in detail and offered two training sessions in advance. HSplan is used for the preparation of work schedules via an internet connection to the HSI server in Erfurt with an ASP-solution (Application Server Provider). The clear-cut task regarding the preparation of an assignment is to compare manufacturing variants with regard to one respective work piece or component from an assembly group. Such a part can be a piston, a shaft or swash plate taken from a swash plate axial piston machine of a digger. The team has to face the following steps in finding a solution: design critique, creation of possible manufacturing variants, preparation of a work plan for favourable variants and variant comparison. In order to practice the aforementioned actions, an annual amount of demanded parts is given and a continuous delivery is assumed.

Thus, before starting with their intended work planning, students need to take a closer look at the functionality of a part belonging to a respective assembly group. Moreover, surfaces are classified, designs suitable for manufacturing are analysed and drawings are being assessed critically. Drawings often contain errors. Even if these errors are not significant, they need to be determined and corrected, as they may affect the quality of the product later on.

Depending on the market situation, the number of parts needed and produced can alter considerably and is independent from the annual amount of demanded parts. In order to react to such situations immediately, alternative production possibilities are calculated in a scheme of variants. As a basis, the sequence order of process steps is defined for a respective part that shall be produced. Limited quantity, various materials, means of production, different manufacturing processes as well as alternatively used fixtures and tools are taken into account. Afterwards, alternative production variants are assessed and one favoured variant is selected.

## Generation of a traceable production- and calculation variants

HSplan is used to create a work schedule and to test the favoured variant at the same time. First, material and machining technologies are defined, work order sequences are established by taking

the correct technological sequence order into account. Afterwards, all necessary partial work steps are determined per work procedure, respectively, and the respective planning times including set-up times are determined. In order to compare variants effectively, another variant including alternative production technologies is taken into account. When doing so, students should at least amend three factors from the spectrum of technical possibilities regarding materials, machines, manufacturing technologies, tools or fixtures. Afterwards, students compare the favoured variant with an alternative one and at manufacturing costs – with the help of HSplan. Consequently, a conclusion can be drawn regarding an inexpensive production variant and regardless of the amount of parts.

In the in-house "production area" of the University, students are provided a machine park for the production of parts, in order to be educated in the optimal preparation of work schedules in a demonstrative and comprehensible manner. The respective parameter adjustments have effects on production times, processes and product quality. Thus, modifications for the determination of suitable alternatives can be assessed and used



## 4. Academic Cooperation

Materialien, Maschine, Fertigungsverfahren, Werkzeuge oder Vorrichtungen variiert werden. Die Studenten führen dann mit Hilfe von HSplan einen Variantenvergleich zwischen der Vorzugsvariante und der alternativen Variante auf der Basis der Selbstkosten durch. So lässt sich dann stückzahlabhängig auf die kostengünstigste Fertigungsvariante schließen.

In der eigenen "Produktionslandschaft" der Hochschule steht den Studenten ein Maschinenpark für die Teilefertigung zur Verfügung, so dass ihnen sehr anschaulich und unmittelbar nachvollziehbar eine optimale Arbeitsplanerstellung vermittelt wird. Die jeweils getroffenen Parameterinstellungen lassen ihre Auswirkungen in Bezug auf die Fertigungszeiten, Prozesse und Qualität erkennen. Daher können Modifikationen zur Bestimmung geeigneter Alternativen besser eingeschätzt und gezielter eingesetzt werden. Denn es macht einen wesentlichen Unterschied, ob eine Bearbeitung auf einer CNC-Drehmaschine mit Gegenspindel mit wenigen oder gar keinen Umspannungen zu realisieren ist, statt auf einer konventionellen Maschine.

Der Maschinenpark der Hochschule wurde mit der Einführung von HSplan in diesem System abgebildet. Die diversen Technologiedaten sowie die Regelwerke der einzelnen Verfahrensbausteine bedurften nur weniger Anpassungen oder Ergänzungen. „Generell hat sich die Vorgehensweise der Softwarenutzung per Server als sehr vorteilhaft erwiesen – denn wir sparen hier vor Ort die administrativen Aufgaben“, resümiert Dr.-Ing. Siegfried Dubb. „Auch aus pädagogischer Sicht sind wir sehr zufrieden, da den Studenten sehr eindrucksvoll der gesamte Planungsprozess zur Fertigung eines Produkts vermittelt wird. Insbesondere trägt die einfach durchzuführende Generierung der zu vergleichenden Fertigungsvarianten dazu bei, die Bedeutung der Einflussfaktoren wie Geometrie, Material, Maschine, Werkzeug und Planzeiten realistisch einzuschätzen.“

more specifically. It makes a significant difference whether a part is processed on a CNC-turning machine with an opposed spindle and few or no transformations instead of a conventional machine.

The machine park of the University was mapped when implementing HSplan in the University system. The diverse technology data and sets of rules of the individual action modules only required a few adjustments or additions. "In general, using software via a server has proven to be very favourable – because we do not need to deal with administrative tasks in house," concludes Dr.-Ing. Siegfried Dubb. "We are also very satisfied from an educational point of view, as students are taught the whole planning process regarding the manufacture of a product in a very impressive manner. The preparation of comparable production variants is especially helpful to assess the role of influencing factors such as geometry, material, machine, tools and planning times realistically."