

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, IPA

Dipl.-Ing. Hendrik Mütterich

Dipl.-Ing. Martin Naumann

### **Flexible Holzbearbeitungszelle mit Plug'n'Produce-Werkzeugen – Kurzfassung**

Roboter werden heutzutage vorwiegend in der Großserienproduktion eingesetzt. Bei der Produktion von Kleinserien und Einzelstücken, wie sie häufig in kleinen und mittelständischen Unternehmen vorzufinden sind, werden Roboter hingegen kaum verwendet. Die Gründe dafür liegen im Wesentlichen in der mangelnden Modularität und der Komplexität der Programmierung.

Durch die Plug'n'Produce-Technologie können diese Nachteile beseitigt werden. Die einzelnen Komponenten einer Roboterzelle können schnell ausgetauscht werden. Dem Anwender wird eine leicht zu bedienende Programmierschnittstelle zur Verfügung gestellt. In diesem Beitrag wird eine Roboterzelle mit Plug'n'Produce-Werkzeugen für die Holzbearbeitung vorgestellt.

### **Flexible Woodworking-cell with Plug'n'Produce-Tools – Abstract**

Today robots are mostly employed for large-lot production. For the manufacturing of small lot sizes and single work pieces, which can often be found in small and medium-sized enterprises, robots are rarely used. The reasons are mainly the lack of modularity and the complexity of the programming.

These disadvantages can be eliminated by the plug'n'produce-technology. The components of a robot cell can be exchanged quickly. An easily operated programming interface is provided for the operator. In this article a woodworking robot cell equipped with plug'n'produce-tools is introduced.

## **Flexible Holzbearbeitungszelle mit Plug'n'Produce-Werkzeugen**

Dipl.-Ing. Hendrik Mütterich

Dipl.-Ing. Martin Naumann

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, IPA

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Schlagworte: Plug'n'Produce, Holzbearbeitung, intelligente Werkzeuge,  
Geräte-Beschreibung

## **Forschungsprojekt SMErobot**

Industrieroboter stellen heute eine Standard-Automatisierungskomponente der Großserienproduktion dar, sie senken Kosten durch Rationalisierung. Aber nicht nur die Konzerne, auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit Kleinserienfertigung spüren den Kostendruck, der durch den internationalen Wettbewerb entsteht.

Automatisierung mit Industrierobotern ist bisher ein Weg, der für KMU nur schwer gangbar ist: zu sehr sind Konzepte, Anwendungen und Infrastruktur-Anforderungen auf die Situation der Konzerne zugeschnitten.

Dies soll durch das EU-Projekt SMErobot geändert werden (SME = small and medium-sized enterprises). In SMErobot wird eine neue modulare und interaktive Robotergeneration entwickelt, die drei Ziele verfolgt:

- Der Roboter soll für den Anwender leicht erlernbare, intuitive Befehle verstehen.
- Er soll alle Sicherheitsvoraussetzungen erfüllen, um den Arbeitsplatz mit menschlichen Kollegen zu teilen.
- Er soll binnen drei Tagen installiert und in Betrieb genommen werden können.

In diesem Beitrag wird eine Roboterzelle vorgestellt, die modular aufgebaut ist und über mehrere Plug'n'Produce-fähige Werkzeuge zur Holzbearbeitung verfügt. Durch Plug'n'Produce ist es einerseits möglich, neue Komponenten in kürzester Zeit in die Zelle zu integrieren [PAPAS], andererseits wird die Nutzung dieser Komponenten durch Bereitstellung leicht zu bedienender Programmierschnittstellen für den Anwender stark vereinfacht.

## **Idee und Konzept der Holzbearbeitungszelle**

In vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen wird nach dem klassischen Werkstattprinzip gefertigt, d.h. die Fertigung von kleinen Losgrößen und Einzelstücken. Um

hierbei wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es notwendig, schnell und flexibel auf geänderte Randbedingungen und Produkte zu reagieren.

Bisher nimmt die Integration neuer Komponenten, wie z.B. Werkzeuge oder Greifer, in eine Roboterzelle und deren Konfiguration und Programmierung jedoch sehr viel Zeit in Anspruch und erfordert fundiertes Wissen im Bereich der Robotik. Das bedeutet, dass bei einem Produktwechsel die Implementierung eines geänderten Bearbeitungsprozesses oder Fertigungsablaufes nur von einem Fachmann durchgeführt werden kann, über den ein mittelständisches Unternehmen oft nicht verfügt. Zusätzlich ist die Stillstandszeit der Zelle mit hohen Kosten verbunden.

Dies soll durch den Ansatz des Plug'n'Produce geändert werden. Intelligente Werkzeuge übermitteln dem Zellenrechner eine Beschreibung ihrer Funktionalität. Der Zellenrechner stellt dann dem Schreiner z.B. eine grafische Benutzeroberfläche zur Verfügung, die speziell auf die Funktionen und Parameter des gerade gewählten Werkzeugs abgestimmt ist.

Um die Möglichkeiten der Plug'n'Produce-Technik zu untersuchen und zu demonstrieren, ist exemplarisch die Schreinerei als Einsatzszenario ausgewählt und eine Roboterzelle für die Bearbeitung von Holzbrettern aufgebaut worden (Abbildung 1). Einerseits stellt eine Schreinerei einen typisch mittelständischen Betrieb dar, andererseits wird in der Holzbearbeitung eine Vielzahl an unterschiedlichen Werkzeugen eingesetzt.

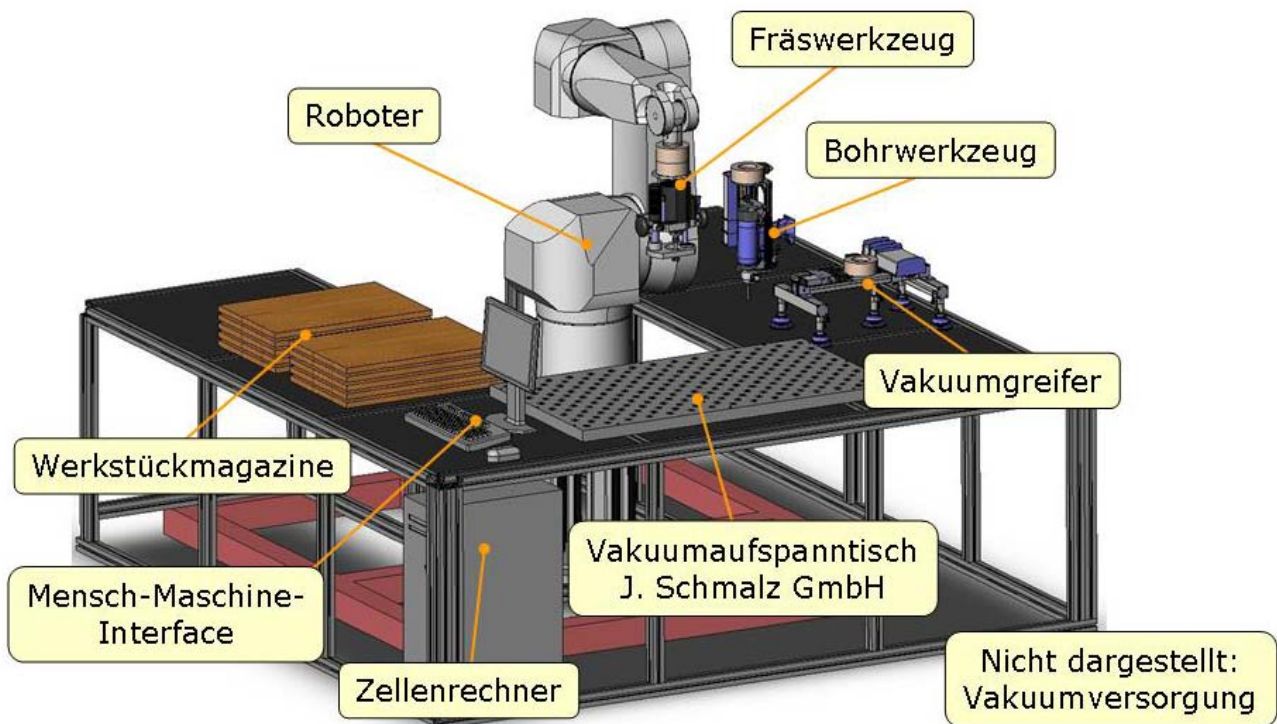
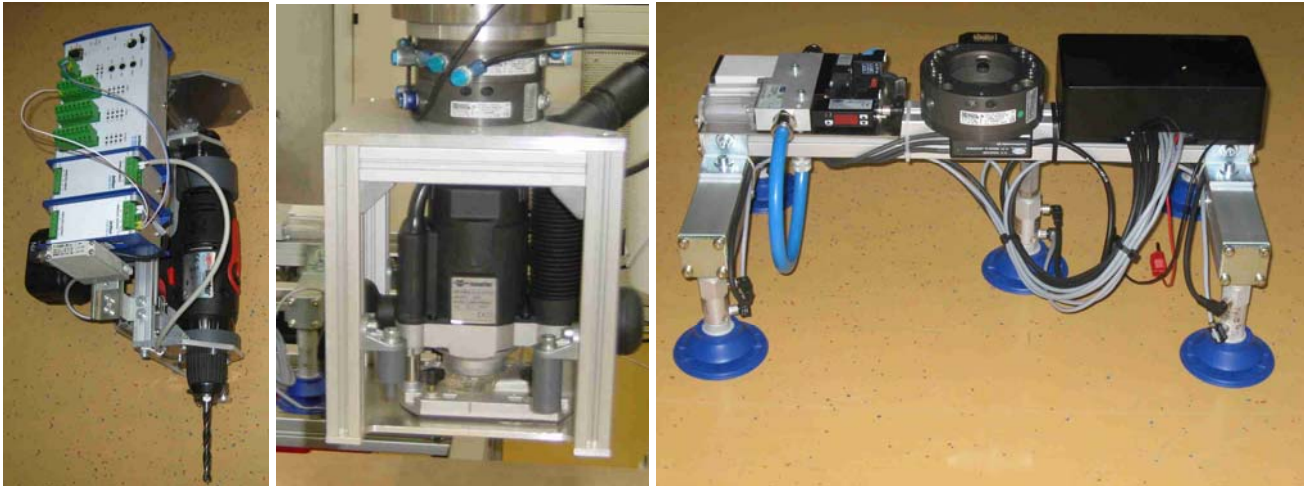


Abbildung 1: Holzbearbeitungszelle

## Werkzeuge

Derzeit sind drei Werkzeuge in die Zelle integriert, ein Bohrwerkzeug, ein Fräswerkzeug und ein Vakuumgreifer zum Handhaben von Holzplatten (Abbildung 2).



**Abbildung 2: Bohrwerkzeug, Fräswerkzeug und Vakuumgreifer (v.l.n.r.)**

Die mechanische Anbindung der Werkzeuge wird mit einem herkömmlichen Werkzeugwechselsystem realisiert. Die für Plug'n'Produce nötige dezentrale Intelligenz wird durch eine Steuerung verliehen, über die jedes Werkzeug bereits verfügt oder verfügen wird. Das Bohrwerkzeug besteht aus einem handelsüblichen Akkuboehrschrauber, der in eine Haltevorrichtung eingespannt wird. Die Betätigung erfolgt durch einen Pneumatikzylinder mit Proportionalventil. Die Drehzahl wird mit einem Tachogenerator überwacht. Über einen PI-Regler in der Steuerung wird die vorgegebene Drehzahl konstant gehalten.

Das Fräswerkzeug besteht aus einer handelsüblichen Oberfräse für den Handbetrieb, die in einer Haltevorrichtung festgeschraubt ist. Die Drehzahl wird manuell über ein Stellrad vorgegeben. Die 230V-Spannungsversorgung und der Schlauch für die Absaugung von Staub und Spänen sind fest mit dem Werkzeug verbunden und werden mit einem über dem Roboter hängenden Kabelzug straff gehalten. Das Fräswerkzeug verfügt zurzeit noch nicht über eine eigene Steuerung.

Der Vakuumgreifer erzeugt mittels Ejektor ein Vakuum. Dieses wird auf fünf Saugnäpfe verteilt, von denen jeder über ein Inline-Ventil und einen Vakuumsensor verfügt. Die Steuerung überwacht die Vakuumwerte an den Saugnäpfen und kann bei einem Druckabfall einzelne Saugnäpfe abschalten. Dadurch wird die Prozesssicherheit beim Greifen deutlich

gesteigert. Zusätzlich ist es auch möglich, Saugnäpfe entsprechend der Werkstückgeometrie von vornherein abzuschalten, was die Flexibilität des Vakuumgreifers erhöht.

Ein Fertigungsablauf könnte folgendermaßen gestaltet sein: Mit dem Sauggreifer wird ein unbearbeitetes Holzbrett aus dem Werkstückmagazin entnommen und auf dem Vakuumaufspanntisch der Firma J. Schmalz GmbH abgelegt. Mit dem Fräswerkzeug werden Flächen, Ornamente oder Fasen gefräst, mit dem Bohrwerkzeug Durchgangs- oder Sacklöcher gebohrt. Mit weiteren Werkzeugen könnten beispielsweise Leim aufgebracht oder Dübel gefügt werden. Anschließend wird das Holzbrett in dem Werkstückmagazin für Fertigteile wieder abgelegt.

### **Steuerung der Holzbearbeitungszelle**

Ziel der Steuerung ist es, die Holzbearbeitungszelle einfach und schnell so zu programmieren, dass eine bestimmte Aufgabe - in diesem Fall die Bearbeitung von Holzbrettern in kleiner Stückzahl – von der Zelle automatisiert ausgeführt werden kann. Die Programmierung der Zelle erfolgt durch den Schreiner, der großes Wissen und Erfahrung in der Holzbearbeitung hat, sich jedoch mit Robotern, Roboterwerkzeugen und deren Programmierung nicht auskennt. Deshalb sollte sich die Programmierung stark an den Holzbearbeitungsprozessen orientieren. Alles andere, wie z.B. der Aufbau der Kommunikation zu einem Gerät (Werkzeug, Roboter, Sensor, ...) und dessen Steuerung bei der Durchführung eines Bearbeitungsprozesses soll automatisch im Hintergrund geschehen. Dies wird in diesem Kontext als Plug'n'Produce bezeichnet. Plug'n'Produce lässt sich in drei Protokollschichten unterteilen (Abbildung 3), die sich durch den Umfang der automatisch ablaufenden Konfiguration und Programmierung unterscheiden:

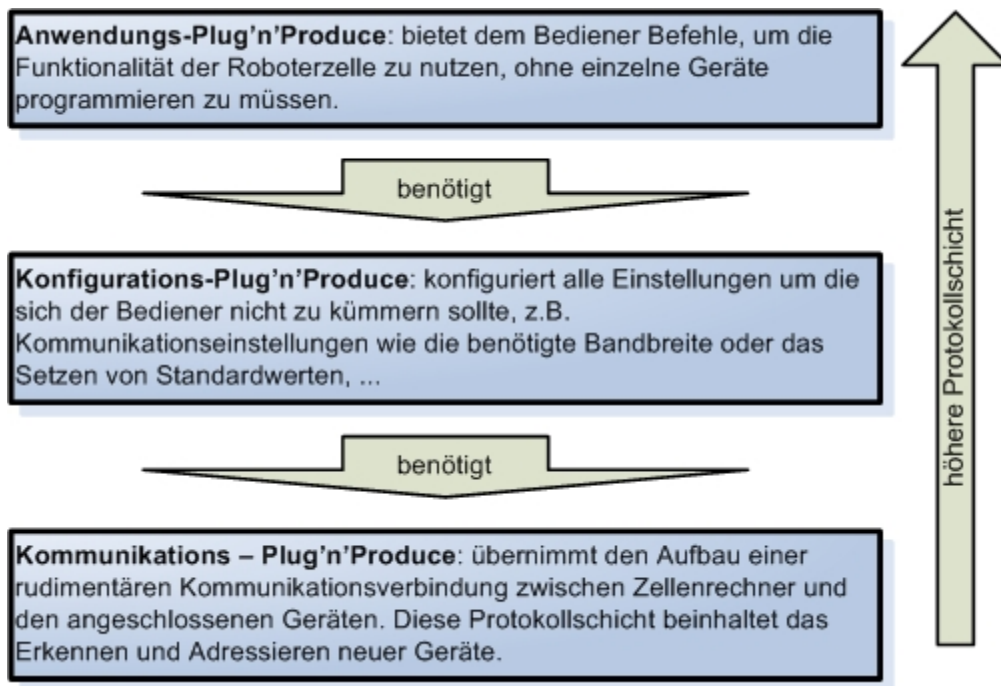


Abbildung 3: Plug'n'Produce-Protokollschichten

### Kommunikations-Plug'n'Produce

Kommunikations-Plug'n'Produce schafft die Voraussetzungen um die beiden höheren Plug'n'Produce-Schichten ausführen zu können. Dazu müssen folgende Aufgaben erfüllt werden:

1. Zeitnahes Erkennen neu angeschlossener bzw. entfernter Geräte,
2. Aufbau einer rudimentären Kommunikationsverbindung zu neu angeschlossenen Geräten,
3. Bereitstellen einfacher, vom verwendeten Übertragungsprotokoll (z.B. RS232, Ethernet) unabhängiger Methoden zur Kommunikation der beiden höheren Protokollschichten mit den angeschlossenen Geräten,
4. Anfordern und Empfang von Geräte-Beschreibungen.

Aus Forderung 3 lässt sich ableiten, dass Kommunikations-Plug'n'Produce ein geräteunabhängiges, standardisiertes Protokoll erfordert. Dieses standardisierte Protokoll lässt sich untergliedern in einen Übertragungsprotokoll-spezifischen Teil zur Erfüllung der Forderungen 1 und 2 und einen Übertragungsprotokoll-unabhängigen Teil zur Erfüllung der Forderungen 3 und 4.

Im Rahmen der hier vorgestellten Holzbearbeitungszelle wurde ein Kommunikations-Plug'n'Produce-Protokoll auf Basis von EtherCAT entwickelt, welches alle oben genannten

Forderungen erfüllt. Zur Steuerung der Geräte werden Befehle in Form von Zeichenketten übertragen, die von den Gerätesteuern ausgewertet werden. Es existieren standardisierte Befehle zur Erfüllung von Forderung 4 und gerätespezifische Befehle zur Nutzung der Funktionalität eines Gerätes.

### **Konfigurations-Plug'n'Produce**

Konfigurations-Plug'n'Produce setzt auf Kommunikations-Plug'n'Produce auf mit dem Ziel, dem Benutzer die geräte-spezifische Initialisierung eines neu angeschlossenen Gerätes abzunehmen. Hierzu zählt z.B. das Aufsetzen einer über die Standardkommunikation hinausgehenden Verbindung, das Einschalten diverser Versorgungsmedien wie z.B. Pressluft oder das Anpassen von Parametern.

### **Anwendungs-Plug'n'Produce**

Anwendungs-Plug'n'Produce als oberste Plug'n'Produce-Schicht hat das Ziel, dem Benutzer Methoden zur Verfügung zu stellen, die es ihm ermöglichen, mit minimalen Programmierkenntnissen - jedoch sehr guter Kenntnis der Prozesse - die Funktionalität der Roboterzelle zu nutzen. Aus diesem Grund soll der Benutzer nur von der Roboterzelle ausführbare Prozesse wie z.B. „Loch\_bohren“ oder „Fläche\_fräsen“ über die Bedienoberfläche auswählen und die entsprechenden Parameter angeben müssen. Die Umsetzung des Prozesses in eine mehrere Geräte umfassende Befehls-Sequenz soll - im Gegensatz zur herkömmlichen Zellenprogrammierung - ein zwischen die Bedienoberfläche und die Geräte geschaltetes Anwendungs-Plug'n'Produce-Modul übernehmen. Dieses Modul hat folgende Aufgaben:

1. Erfassung der Funktionalitäten der angeschlossenen Geräte durch Gerätebeschreibungen (siehe Absatz „Kommunikations-Plug'n'Produce“),
2. Erfassung der für die Ausführung von Prozessen benötigten Funktionalitäten durch Prozess-Beschreibungen,
3. Gegenüberstellung dieser Funktionalitäten, um zu erkennen, welche Prozesse von der Roboterzelle ausgeführt werden können,
4. Befehle für von der Zelle ausführbare Prozesse (z.B. „Loch\_bohren“) dem Benutzer an der Bedienoberfläche zur Verfügung stellen,
5. Befehle zur Steuerung der einzelnen Geräte bei der Ausführung eines Prozesses generieren.

Sowohl die Gerätebeschreibungen als auch die im Zellenrechner hinterlegten Prozessbeschreibungen basieren auf so genannten „Skills“ zur Beschreibung von Funktionalitäten und „Features“ zur Beschreibung von Merkmalen. Die Bedeutung der Skills und Features ist in einer den Beschreibungen zugrunde liegenden Ontologie (Beschreibung der Beziehungen von Begriffen zueinander) so eindeutig festgelegt, dass maschinell ausgewertet werden kann, welche Prozesse von der Zelle ausgeführt werden können und welche nicht. Die diesen Prozessen entsprechenden Befehle kann der Benutzer in der Bedienoberfläche auswählen, woraufhin entsprechende Befehls-Sequenzen automatisch generiert werden.

### **Fazit und Ausblick**

Versuche mit dem Fräswerkzeug haben gezeigt, dass die Abweichungen der Fräsbahnen aufgrund der Bearbeitungskräfte größer sind als angenommen und dadurch die gewünschten Genauigkeiten nicht erreicht werden. Hier ist es sinnvoll, bereits bestehende Ansätze zur Kompensation dieser Abweichungen zu untersuchen bzw. neue Ansätze zu erarbeiten.

Eine erste Implementierung der oben beschriebenen Plug'n'Produce-Steuerungsarchitektur hat gezeigt, dass das Konzept funktioniert. Eine Erweiterung der Gerätebeschreibungen um Geometrieinformationen könnte die Möglichkeiten des Konzepts dahingehend verbessern, dass z.B. der Arbeitsraum eines Roboters genauer beschrieben werden kann und deshalb Aussagen getroffen werden können, welche Art von Bewegungen und somit Prozessen der Roboter ausführen bzw. nicht ausführen kann. Dies soll in nächster Zukunft getestet werden. Um die Funktionalität der Holzbearbeitungszelle zu erweitern, ist geplant weitere Werkzeuge, z.B. für das Aufbringen von Leim oder das Fügen von Dübeln, in die Zelle zu integrieren.

[PAPAS] [www.projekt-papas.de](http://www.projekt-papas.de)

---

This work has been funded by the European Commission's Sixth Framework Programme under grant no. 011838 as part of the Integrated Project SMErobot.