

## Automatisiertes Off-Line-Rüsten von Ummantelungsanlagen

Prof. Dr. Ing. A. Riegel  
Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Lemgo, Deutschland

Dr. Ing. H.-W. Hoffmeister  
IWF, TU Braunschweig  
Braunschweig, Deutschland

Sebastian Horstmann  
Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Lemgo, Deutschland

Henning Strauß  
IWF, TU Braunschweig  
Braunschweig, Deutschland



**Abstract**

Ummanteln ist eine Fertigungstechnologie, deren Bedeutung noch immer wächst. Mit ihr werden Holzwerkstoffprofile und Kaschierungen mit Schmelzklebstoffen gefügt. Zu deutlich geringeren Kosten werden Profilelemente erzeugt, die heute ihren Vorbildern aus Massivholz oder Metallen in Optik und Haptik gleichkommen oder einen eigenständigen Charme aufweisen. Allerdings müssen beim Ummantelungsprozess eine Vielzahl an Andruckrollen und ggf. Heißluftdüsen entlang des durchlaufenden Profils angeordnet werden, um die meist nur eingeschränkt formbare, mit heißem Schmelzkleber beschichtete Kaschierung mit dem Profilkern zu fügen. Da die Maschinen im Stillstand manuell gerüstet werden, reduziert die dafür benötigte Rüstzeit deutlich die Produktivität der Ummantelungsanlagen. Daher muss das Rüsten off-line, parallel zu den Fertigungsaufträgen, an einem separaten Rüststand erfolgen und sich somit die Belegungszeit der Anlage auf das Einwechseln der Rollensätze beschränken.

Basierend auf einer umfangreichen Prozessbetrachtung wurde ein Prozessmodell entwickelt, welches mittels Geometriedaten, Rüstregeln sowie Informationen über Material, Werkzeug und Ummantelungsmaschine ein virtuelles Bild der Rollenpositionierung erzeugt. Die daraus gewonnenen Positionen und Anstellwinkel der einzelnen Rollen werden dann über einen Postprozessor an einen roboterunterstützten Rüstplatz weitergegeben, welcher die benötigten Rollensätze automatisiert rüstet.

## Stand der Technik von Ummantelungsanlagen

Auf Ummantelungsanlagen werden Profilkern aus unterschiedlichen Materialien wie Holz und Holzwerkstoffen, Aluminium oder Kunststoffen mit einer dekorativen Beschichtung versehen. Hierbei werden unter anderem Kunststofffolien aus PVC oder hochwertige Furniere eingesetzt, um die Eigenschaften höherwertiger Halbfertigfabrikate wie z.B. Profileisten aus Massivholz zu imitieren. Dazu wird rückseitig ein Schmelzklebstofffilm auf die Beschichtung aufgetragen und der Verbund im weiteren Verlauf durch Andruckrollen im Durchlauf an den Profilkern gepresst. Durch Wärmeabgabe des Schmelzklebstoffes an den Kern und die Umgebung bindet dieser physikalisch ab und bildet eine feste Verklebung zwischen dem dekorativen Beschichtungsmaterial und dem Profil. [1], [2]

In Abhängigkeit von der Profilgeometrie müssen derzeit eine nicht unerhebliche Anzahl an Andruckrollen manuell zugestellt werden. Selbst bei recht einfach geometrisch geformten Profilen werden bis zu 100 Rollen gerüstet (vgl. Abb. 1).

Neben den Rollen müssen teilweise Heißluftaggregate zur Klebstoffreaktivierung angebracht werden. Die Rüstzeit einer Ummantelungsanlage liegt dadurch bei mehreren Stunden bis Tagen. Unterschiedliche Einflussparameter haben Auswirkungen auf die Qualität einer Ummantelung. Das Finden optimaler Einstellungen für die jeweilige Materialkombination aus Beschichtung, Klebstoff und Profilkern ist nicht trivial und basiert auf dem Erfahrungswissen der Maschineneinrüster. Das Rüsten einer Ummantelungsanlage ist aus diesen Gründen ungünstig in der Arbeitsvorbereitung und schwierig hinsichtlich der Reproduzierbarkeit.

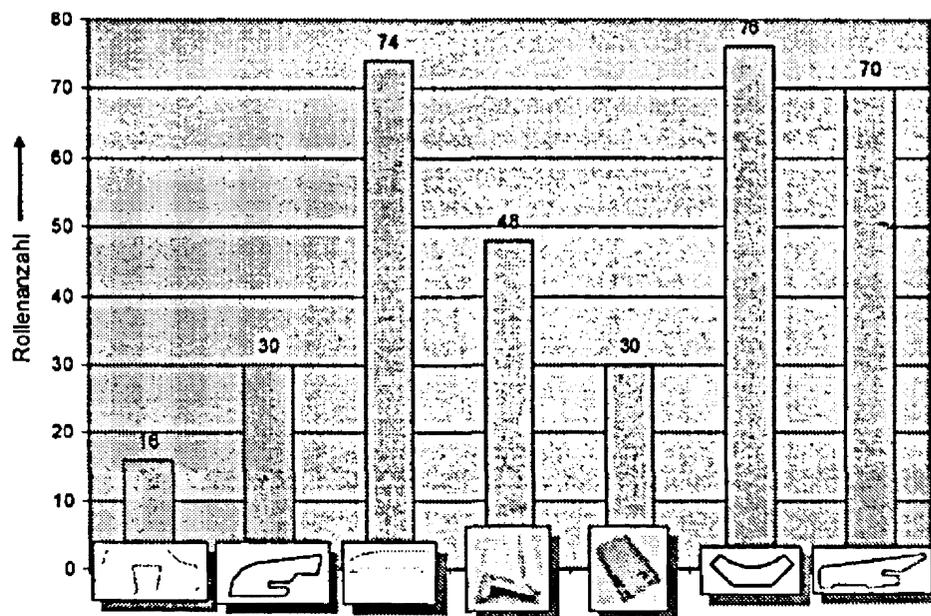


Abb. 1: Anzahl gerüsteter Rollen in Abhängigkeit der Profilgeometrie [3]

## Problemstellung

Durch das Rüsten vieler Rollen, die neben der Funktion des Andruckes auch Stützfunktion und Vorschub übernehmen, ist das Rüsten kleiner Losgrößen in Bezug auf die gesamte Fertigungszeit extrem zeitaufwändig. Selbst ein einfacher Profilwechsel bedeutet einen hohen Zeitaufwand. Abhilfe wird bei Standardprofilen durch Kassettensysteme geschaffen, wodurch die gesamte Ummantelungszone samt Rollen ausgetauscht werden kann.

Der Aufwand für das Ersteinrüsten bei komplett neuen Profilen bleibt jedoch bestehen. Ebenso kann während des Einrüstens keine Produktion auf der Maschine erfolgen. Des Weiteren ist das spezifische Prozess-Know-How des Maschinenbedieners für eine optimale Maschineneinstellung notwendig. Einstellungen in Bezug auf Vorschubgeschwindigkeiten, Andruckkräfte und Klebstoffmengen werden nach Erfahrungswerten vorgenommen. [4]

### Vorgehensweise CAM-Ummanteln

Das verfolgte Prinzip, die Rüstzeit wesentlich zu reduzieren, besteht darin, den Rüstvorgang auf eine externe Rüstvorrichtung zu verlegen. Die Rüstvorrichtung ist dabei in der Lage, einzelne Rollensätze für verschiedene Maschinen zu rüsten. Diese gerüsteten Rollensätze werden anschließend manuell oder teilautomatisiert an die zu produzierende Ummantelungsanlage übergeben und montiert. Das Rüsten erfolgt also parallel zum Produktionsvorgang und bietet somit die Möglichkeit einer verbesserten Produktionsplanung.

Dieser Vorgehensweise liegt das Produktionsprinzip SMED (Single Minute Exchange of Die) zugrunde (Abb. 2). Hierbei wird der Rüstvorgang optimiert, indem zwischen externen und internen Rüstvorgängen unterschieden wird. Externes Rüsten kann während der Produktion erfolgen, während ein interner Rüstvorgang für einen Maschinenstillstand sorgt. Ziel ist es nun, möglichst viele Bestandteile der internen Rüstvorgänge in externe zu überführen. Des Weiteren erfolgt eine Standardisierung des Rüstens und die Vereinfachung von Vorgängen. Durch eine Reduzierung der internen Rüstvorgänge wird der Produktionswechsel optimiert und damit einhergehend der Verlust minimiert. [5]

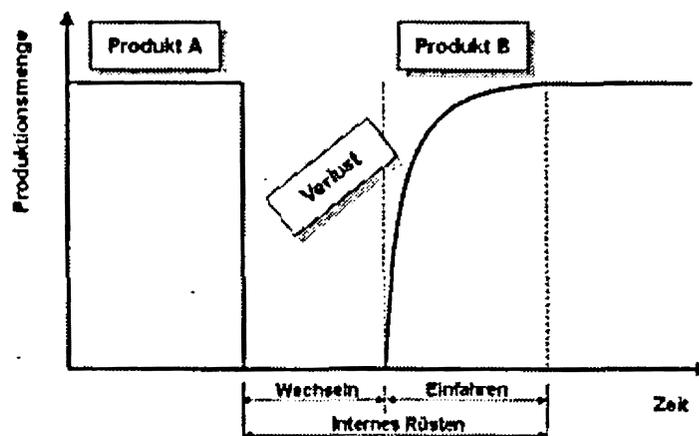


Abb. 2: SMED (Single Minute Exchange of Die) [5]

Die Grundlage für das Offline-Rüsten ist die rechnergestützte Auslegung des Prozesses inkl. der Rollensatz- und Heizgebläseanordnungen in einem speziellen CAM-Modul. Hierbei hilft ein analytisches Prozessmodell auf Basis des Wärmeübergangs bei Berechnungen von Temperaturen und Temperaturverläufen. Das Prozessmodell verarbeitet verschiedene Daten unter Regeln und berechnet ein virtuelles Abbild der Ummantelungsanlage (Abb. 3). Es folgt eine Übergabe der Auslegungsdaten über einen Postprozessor zur Weiterverarbeitung an das separate Rüstersystem.

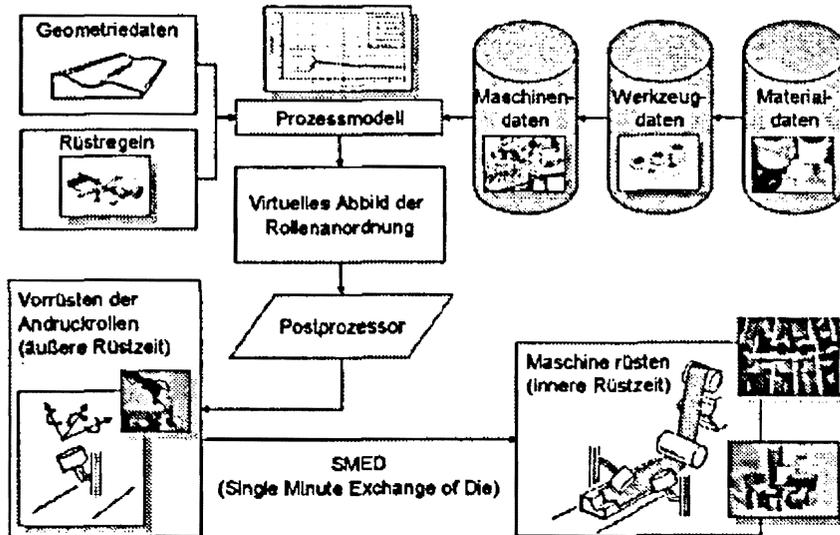


Abb. 3: Konzeption CAM-Ummanteln [6]

### Ummantelungsstrategie

Für die Umsetzung der Rollenordnung in einem virtuellen Abbild werden verschiedene Regeln zugrunde gelegt. Unter anderem ist der Punkt, an dem der erste Kontakt zwischen Folie und Profil erfolgen soll, entscheidend für den weiteren Verlauf der Ummantelung. In der Regel wird hier die höchste Stelle gewählt.

Die Übereinstimmung von Rollen- und Profیلgeometrie ist ein weiterer wesentlicher Punkt. Hier muss eine Abgrenzung erfolgen, ob ein einfaches Andrücken von Rollen ohne Profilierung an das Werkstück ausreichend ist oder eine speziell an das Profil angepasste, profilierte Rolle eingesetzt werden muss. Um die Anzahl der Rollen zu begrenzen, wird auf der Basis einer Typenauswahl simuliert (Abb. 4).

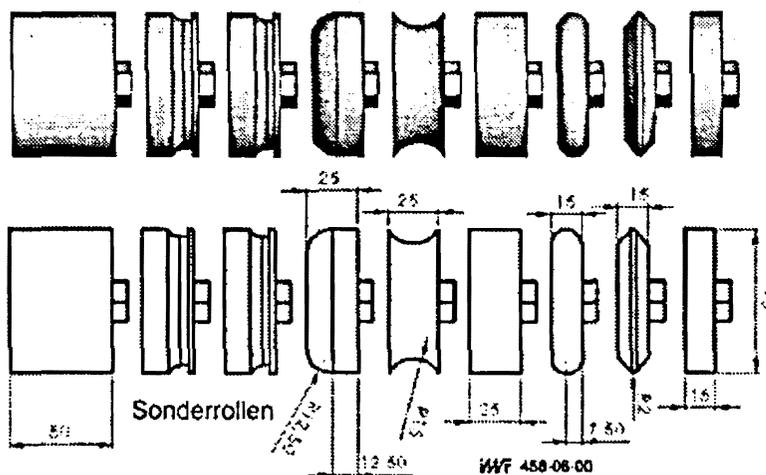


Abb. 4: Aktuelle, reduzierte Anzahl an automatisiert zu rüstenden Rollengeometrien

Neben der Rollengeometrie ist der Überlappungsgrad der Rollen in der Andruckzone für ein gutes Prozessergebnis entscheidend. Hierbei muss sichergestellt sein, dass ein ausreichender Andruck auf das Profil (ca. 50-60 Newton) erfolgt und jeder Punkt angedrückt wird. Basierend auf Analysen in der Industrie wird eine durchschnittliche Überdeckung von vier bis fünf Millimetern als ausreichend festgelegt (vgl. Abb. 5). Das heißt, damit jeder Punkt des Profils angedrückt wird, werden die Rollen mit einer Überdeckung gesetzt. Somit wird sichergestellt, dass ein Andruck auf jeden Fall erfolgt.

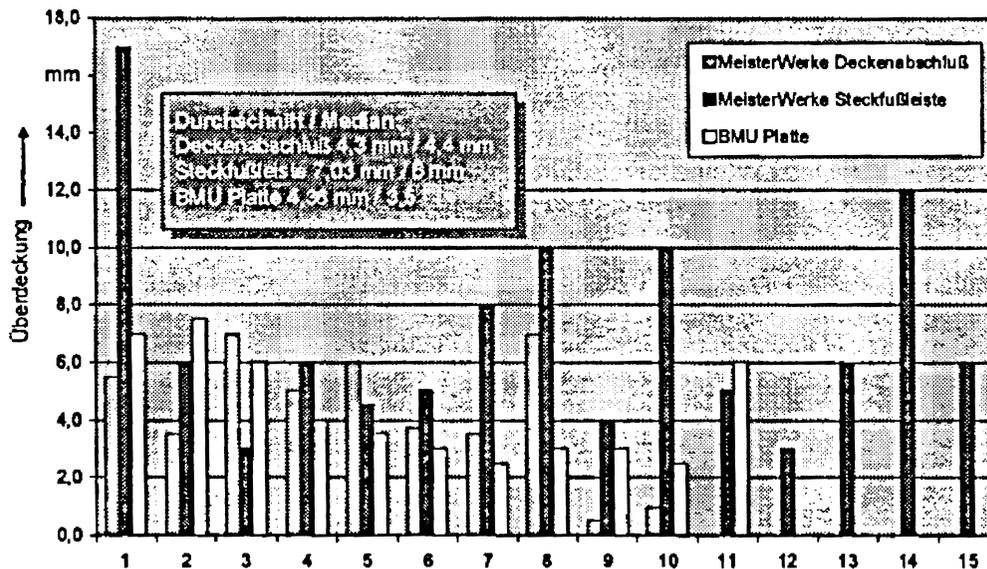


Abb. 5: Überdeckungen von Andruckzonen zwischen Rollen an unterschiedlichen Profilen [1]

In einer ersten Version wurden mit einem modifizierten CAD-Programm die Ummantlungsrollen automatisiert gesetzt. Die Rollen werden in einem regelmäßigen Raster auf der Profilloberfläche positioniert und abwechselnd mit Haltern links und rechts an der Maschine befestigt (Abb. 6). Eine Kollision zwischen den Bauteilen untereinander ist dabei noch nicht berücksichtigt, dies erfolgt in den nächsten Schritten.

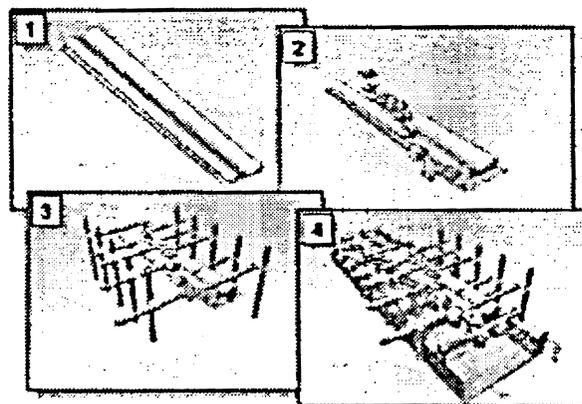


Abb. 6: Erste programmierte Abfolge zum automatischen Setzen der Ummantlungsrollen

**Rüstplatz**

Die ermittelten Positionen und Winkel einer jeden zu setzenden Rolle werden über einen Postprozessor an den externen Rüstplatz weitergegeben. Dieser Rüstplatz besteht aus mehreren Magazinen für die einzelnen Komponenten eines Rollenhalters sowie einem Montagetisch mit einer Lineareinheit und einem sechsachsigen Industrieroboter (Knickarmroboter) für die notwendigen Handhabungsaufgaben (vgl. Abb. 7).

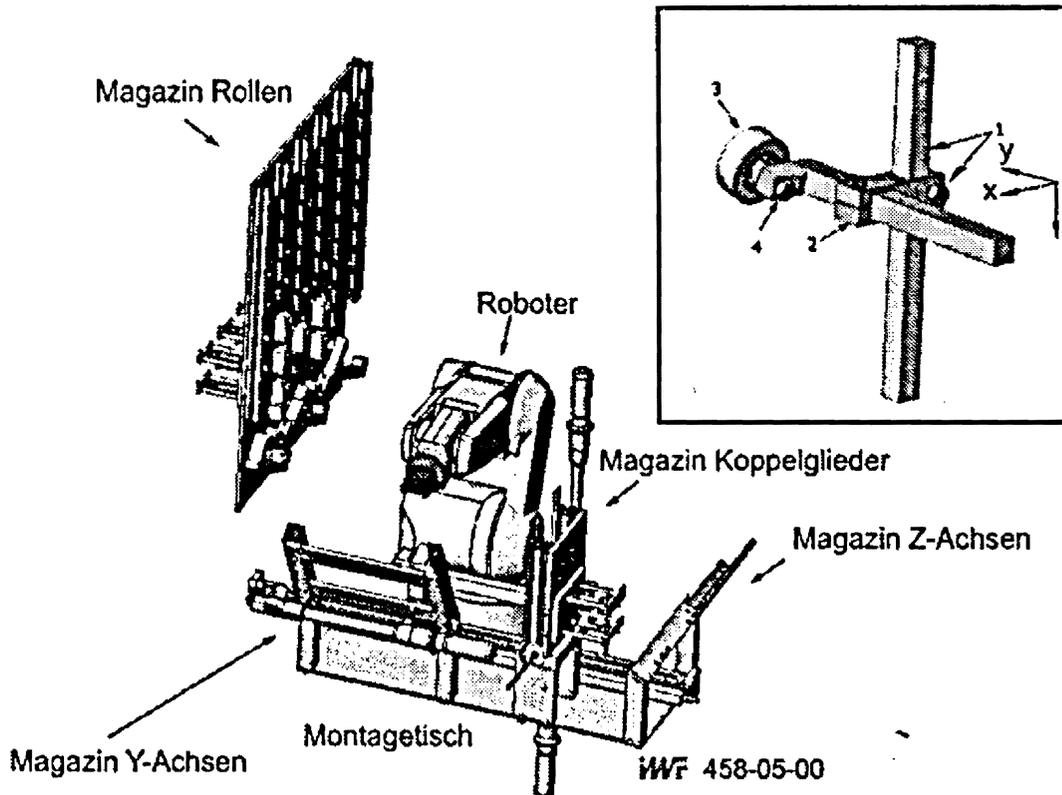


Abb. 7: CAD-Darstellung des entstehenden Rüstplatzes und Detailbild eines Rollenhalters mit zwei Stäben (1, Z- und Y-Richtung), Koppelglied (2), Rolle (3) und Endglied (4)

Die einzelnen Bauteile werden für die Montage zuerst über entsprechende pneumatische Vorrichtungen, die mittels einer externen SPS angesteuert werden, reproduzierbar und lagegetreu aus den Magazinen vereinzelt. Anschließend werden die Bauteile mittels Roboter entnommen und entsprechend der Montagerihenfolge positioniert (vgl. Abb. 8).

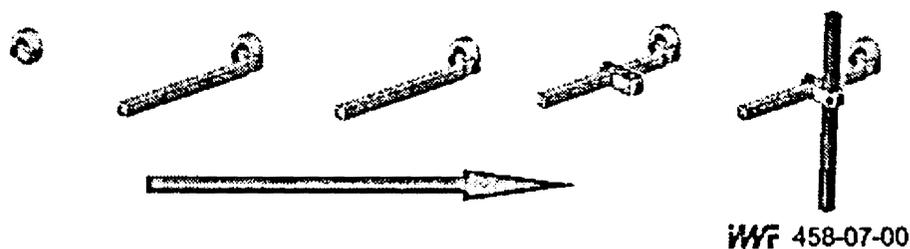


Abb. 8: Montageablauf eines Rollenhalters

Das Verbinden der Bauteile zur Baugruppe erfolgt an drei Montagepositionen mittels pneumatischer Einbauschrauber (siehe Abb. 9). Die Aufgabe des Roboters besteht dabei an Montageposition I im Drehen der Rolle in den zuvor ermittelten Anstellwinkel. An Montageposition II legt der Roboter das Bauteil in die Vorrichtung mit Linearachse ein. Während diese in die zuvor ermittelte Position verfährt und der Stab mit dem Koppelglied verbunden wird, greift der Roboter den zweiten Stab aus dem Magazin, um ihn an Montageposition III ebenfalls in das Koppelglied positionsgenau einzulegen. Um die Montagezeit für einen Rollenhalter möglichst gering zu gestalten, wurden einzelne Prozessschritte innerhalb des Montageablaufes voneinander entkoppelt, so dass sie zeitparallel durchgeführt werden können. Dazu gehört u. a. das bereits dargestellte Positionieren der Y-Achse. Die notwendigen Positionen der Bauteile und somit auch des Roboters und der Linearachse werden durch den Postprozessor aufbereitet, dessen Programmierung unter LabView erfolgte. Dieser ermittelt aus der virtuellen Abbildung der Rollenanordnungen über Koordinatentransformationen die Endpositionen der Bauteile zueinander sowie die entsprechenden Verfahrwege. Die Kollisionsbereiche werden zuvor vom Bediener in den Postprozessor eingepflegt, so dass konstruktive Änderungen jederzeit möglich sind. Um die Verfahrwege und die daraus resultierende Gesamtmontagezeit für einen Rollenhalter möglichst gering zu halten, wurde neben dem CAD-Modell des kompletten Rüstplatzes ein Datenmodell erstellt, welches die optimalen Positionen der Magazine, des Roboters und der Montagepositionen berücksichtigt. Unter den derzeitigen technischen Voraussetzungen (Verfahrgeschwindigkeiten von Roboter und Linearachse) kann so innerhalb von ca. 35 Sekunden ein kompletter Halter montiert werden.

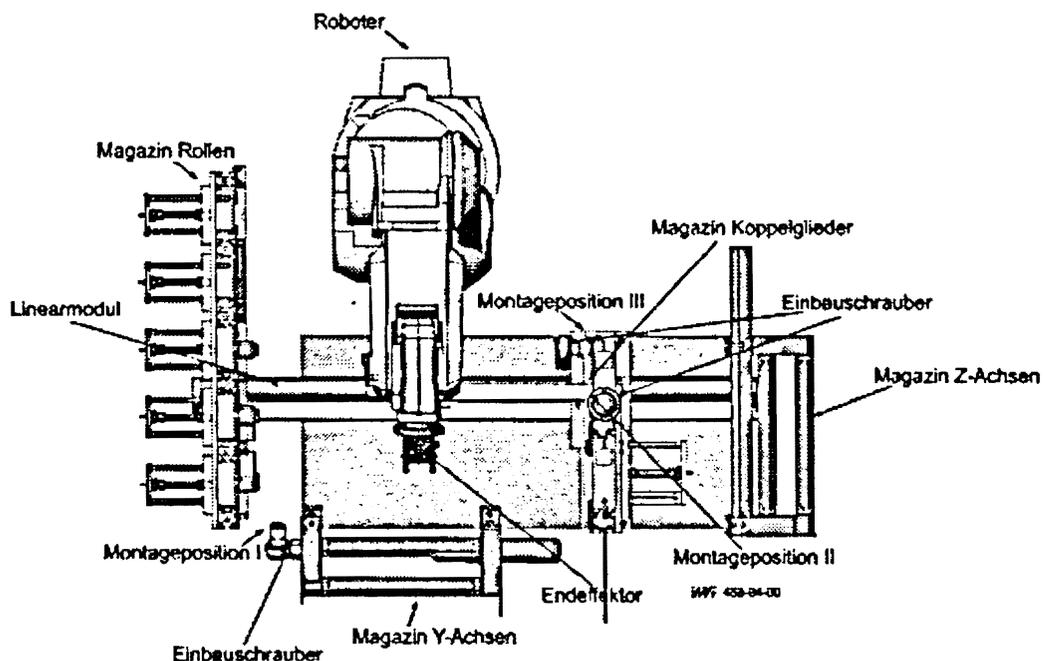


Abb. 9: Draufsicht auf den entstehenden Rüstplatz

Neben der Positionsgenerierung realisiert der Postprozessor die Datenübertragung an die SPS für die Bauteilmagazine, so dass Füllstände und Vereinzlung ermöglicht und über entsprechende Sensorik überwacht werden können.

## Schlussfolgerung

Das Konzept des Off-Line-Rüstens von Ummantelungsanlagen ist bisher einmalig und neu. Hierdurch wird das zeitaufwändige Einstellen der Rollen von der Maschine auf eine externe Vorrichtung verlagert. Das Rüsten kann zu einem Großteil parallel zur Produktion und für unterschiedliche Ummantelungsanlagen an einem zentralen Rüstplatz erfolgen. Des Weiteren wird der Rüstprozess durch das eingesetzte CAM-Modul standardisiert und vom Maschinenbediener entkoppelt. Der Ummantelungsprozess wird dadurch einfacher in der Arbeitsvorbereitung und genauer in der Wiederholung ähnlicher Profile.

Die Wirtschaftlichkeit der Ummantelungsanlagen wird durch das automatisierte Rüsten erhöht und rechtfertigt die Investition eines hochautomatisierten Rüstplatzes.

## Literatur

- [1]. Horstmann, S.; Riegel, A. (2008): Ummantelungsverfahren besser verstehen. Adhäsion 3/2008, S.28-34
- [2]. Hoffmeister, H.-W.; Horstmann, S.; Riegel, A.; Strauß, H. (2007): Abschlussbericht AiF 14525 N, 2007
- [3]. Hoffmeister, H.-W.; Horstmann, S.; Riegel, A.; Strauß, H. (2008): Rüstzeit- und Prozessoptimierung beim Ummanteln von Profilen aus Holz und Holzwerkstoffen. Siebte Internationale Möbeltage 2008, Dresden, 2008, S.143-152
- [4]. Hoffmeister, H.-W.; Strauß, H. (2007): Rüstzeitenreduktion in der Ummantelungstechnik. HOB. Die Holzbearbeitung 12/2007, S. 63-65
- [5]. Shigeo Shingo: A Revolution in Manufacturing : The SMED System. Productivity Press, Stamford, CT 1985
- [6]. Hoffmeister, H.-W.; Horstmann, S.; Riegel, A.; Strauß, H. (2008): Prozesssicherheit beim Fügen von Schmelzklebstoffen am Beispiel des Ummantelns. 8. Kolloquium Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik 2008, Frankfurt, 2008