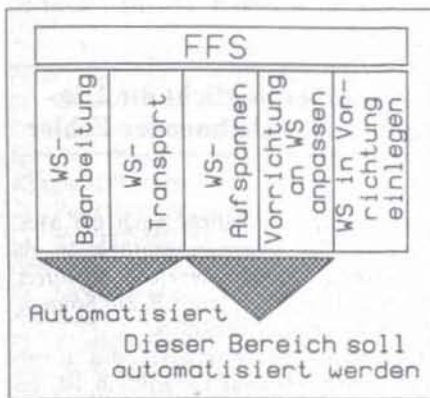


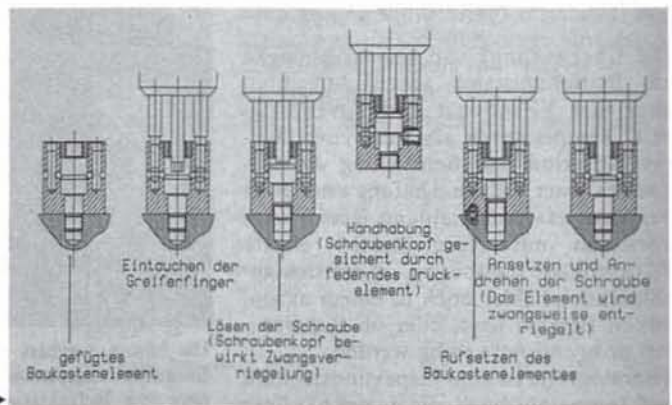
o.Prof.Dr.-Ing.U.Heisel  
 Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart

# Automatisch aufrüstbare Baukastenvorrichtung für prismatische Werkstücke

Dipl.-Ing.W.Thiel



**Bild 1** Gliederung der flexiblen Fertigung von prismatischen Werkstücken



**Bild 2** Fügekonzept

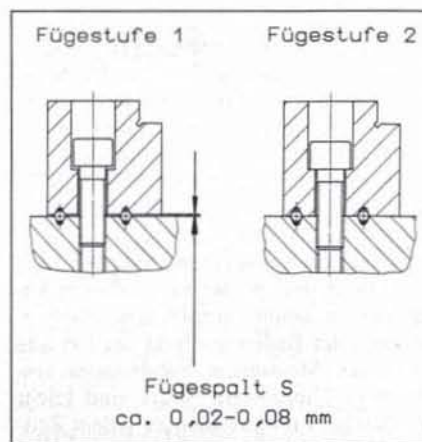
Die Bereiche bei der flexiblen Fertigung von prismatischen Werkstücken, die von der Automatisierung bisher noch nicht erfaßt wurden, sind das Auf- und Abspannen der Werkstücke und das Auf-, Ab- und Umrüsten der Vorrichtungen. Diese Bereiche stellen somit eine Automatisierungslücke in der ansonsten automatisierten flexiblen Fertigung von prismatischen Werkstücken dar. Wie in Bild 1 dargestellt ist, soll nun ein weiterer Bereich in den automatisierten Fertigungsablauf integriert werden.

## Ausgangssituation

Im Bereich der Vorrichtungsbaukastensysteme gab es in den zurückliegenden Jahrzehnten kaum Veränderungen [1]. Vorrichtungen sind zu einem schwachen Glied in der Kette der automatisierten Fertigungsmittel geworden.

## Montagespezifische Anforderungen

Da die Fügekonzepte bestehender Baukastensysteme sich nicht für die Automatisierung eignen, müssen neue Wege zum Fügen der Baukastenelemente gefunden werden. Dies ist nicht verwunderlich, da die Komponenten der Mechanik und der Sensorik, die für die Automatisierung zur Verfügung stehen, dem Bedienmann



**Bild 3** Kugelpositionierung [2]

mit seinen beinahe unerschöpflichen Möglichkeiten weit unterlegen sind. Deshalb ist die Situation stets die gleiche, wenn es gilt, eine manuelle Tätigkeit durch einen automatisierten Maschinenablauf zu ersetzen. Die Arbeitsabläufe müssen stark vereinfacht werden. Des Weiteren wird gerade bei Vorrichtungen eine hohe Genauigkeit verlangt, da von ihr die Fertigungsqualität stark beeinflusst wird. Um eine genaue Position der Baukastenelemente relativ zur Palette sicherzustellen, muß eine Selbstzentrie-

rung der Baukastenelemente beim Fügevorgang erfolgen. Beim automatisch montierbaren Vorrichtungsbaukastensystem ergeben sich zwei wesentliche zusätzliche Anforderungen.

- Selbstzentrierung und
- Fügefreundlichkeit.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Notwendigkeit, die Elemente abzuspeichern. Hierbei müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- einfacher Zugriff zu den verschiedenen Elementen,
- einfaches Ablegen der verschiedenen Elemente, und
- auf keinen Fall dürfen Elemente verwechselt werden.

Zusammenfassend ergeben sich für das zu konzipierende Baukastensystem sechs Hauptpunkte:

- eine gemeinsame Schnittstelle der verschiedenen Baukastenelemente, um die Handhabung zu vereinfachen,
- ein Fügekonzept mit Selbstzentrierung, um eine hohe Positioniergenauigkeit zu erreichen,
- die gefügten Elemente müssen eine genügend hohe Sicherheit gegen ungewolltes Lösen aufweisen,
- das Fügekonzept muß die Möglichkeit enthalten, die Baukastenelemente turmartig zu fügen,
- die Baukastenelemente müssen ein-

fach abgelegt und aufgenommen werden können (Kommissionierung der Baukastenelemente) und

□ der Auf-, Ab- und Umrüstvorgang muß rechnerunterstützt erfolgen.

Die Anwendung von „künstlicher Intelligenz“ bzw. eines Expertensystems steht und fällt je nach Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten des konkret in Stahl und Eisen aufgebauten Vorrichtungsbaukastensystems. Es muß folglich bereits in der Konstruktionsphase darauf geachtet werden, daß das Anwendungsgebiet möglichst groß wird.

### Füge- und Handhabungskonzept

Die Positionierung der Elemente erfolgt mit Hilfe des Kugelpositioniersystems (Bild 3) und wird an späterer Stelle erläutert. Das in Bild 2 gezeigte Element hat eine quadratische Grundfläche und wird durch eine Innensechskantschraube gefügt. Durch eine bestimmte Kombination von Innensechskant und Gewinde gelingt es, die Elemente turmartig mit hoher Steifigkeit zu fügen. Beim Aufsetzvorgang wird das Element durch die in den Kegelbohrungen befindlichen Kugeln zentriert, d.h. es ist sichergestellt, daß die Symmetrieachsen des Gewindes mit der Schraubensymmetrieachse fluchten. Die Schraube selbst wird am Kopf und am Schaft im Element geführt. Dadurch wird ein zuverlässiges Ansetzen und Andrehen der Schraube sichergestellt.

### Das Kugelpositionierprinzip

Mit diesem Prinzip können Bauteile in einer sehr genauen Relativlage positioniert werden. In die Fügeflächen zweier Bauteile werden korrespondierende Kegelbohrungen eingebracht, in die Kugeln eingelegt werden, die nach vollzogenem Fügevorgang unter Vorspannung stehen. Der Fügevorgang verläuft in zwei Stufen. In Fügestufe 1 befinden sich die Bauteile vor dem Aufbringen der Spannkraft. In Bild 3 ist vergrößert der Spalt „S“ dargestellt, der durch das Untermaß der Positionierbohrungen bewirkt wird. Durch die Aufbringung der Schraubkraft in der 2. Fügestufe wird der Spalt „S“ durch die Deformation der Bohrungswandungen und der Kugel bis auf den Wert Null aufgebaut. Die herbeigeführte Solldeformation führt zu den nachfolgenden, gewünschten Effekten:

□ Ausgleich der Toleranzen der Positionierbohrungen,

□ Spielfreiheit und

□ Ausgleich von Mittenabstoleranzen der Positionierbohrungen. Dadurch entstehen keine Probleme mit der vorhandenen Überbestimmung.

Ein besonderes Merkmal der Kugelpositioniertechnik ist die mit ihr erzielbare sehr hohe Genauigkeit. Beispielsweise

beträgt die Wiederholgenauigkeit für die Position eines Vorrichtungsbaukastens mit vier Positionierkugeln  $\pm 0,001$  mm, sofern die Toleranzen der Mittenlagen der korrespondierenden Bohrungen im anderen Bauteil  $\leq \pm 0,03$  mm betragen [2]. Sollen die Kugeln unverlierbar bleiben, kommen sie als punktgeschweißte Doppelkugeln zum Einsatz. Es ist klar, daß die Schraubkraft ausreichen muß, um den Spalt „S“ (Fügestufe 1) mit Sicherheit auf den Wert Null abzubauen. Hierzu sind Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen der Schraubkraft und der Eindringtiefe der Positionierkugeln in den Kegelbohrungen erforderlich. Über diesen Zusammenhang liegen Untersuchungen vor [3].

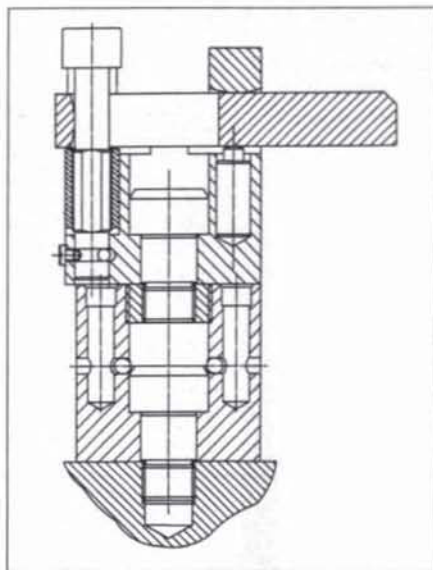


Bild 5 Automatisch aufgerüstete Blockspanneinheit

### Montagezelle

Die Handhabung der Elemente und deren Kommissionierung sind die Erfordernisse, welche die Montagezelle erfüllen muß. Da die Baukastenelemente aufgrund des Anforderungskatalogs positionsgenau und sicher gegen ungewolltes Lösen gefügt werden müssen, liegt es nahe, diese Eigenschaften bei der Kommissionierung zu nutzen. Die Elemente werden in gleicher Weise abgelegt und gespeichert, wie sie in der Vorrichtung gefügt werden. Es käme als einfachste Lösung eine stationär angebrachte Rasterplatte in Frage. Bild 4 zeigt eine Montagezellenvariante. Der Greifer muß in der Lage sein, ein ausreichendes Drehmoment zu übertragen. Dieses Moment darf im Falle des Portalroboters nicht in das Portal eingeleitet werden. Wenn das zu fügende Element in der Lage ist, sich beim Fügevorgang abzustützen, kann das Moment im Umfeld des

Fügeprozesses abgefangen werden. Dies geschieht durch den Formschluß der Kugeln in den Kegelbohrungen. Da die hohen Momente nur im ersten Augenblick beim Los- bzw. in der Endphase beim Festschrauben auftreten, d.h. dann, wenn die Elemente bereits gefügt bzw. fast gefügt sind, ist das Abstützen über die Kugeln sichergestellt. In Bild 5 ist eine Blockspanneinheit gezeigt, die sich aus einem Zwischenelement und einem Spannelement zusammensetzt.

### Zusammenfassung

Nach dem Festlegen des automatisierungsgerechten Füge- und Positionierkonzeptes gilt es, darauf aufbauend ein

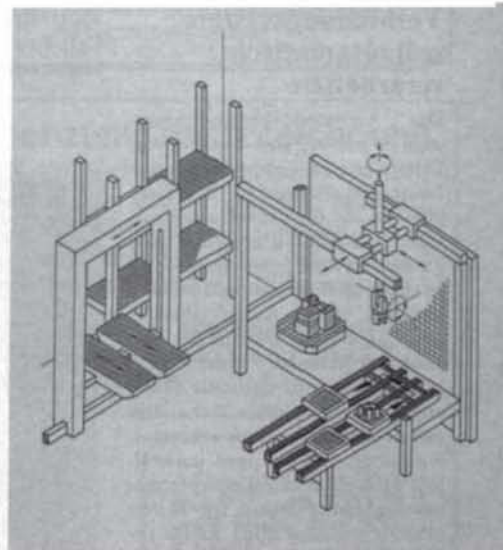


Bild 4 Montagezelle mit Kreuzportalroboter (IFW, ISW)

Vorrichtungsbaukastensystem zu entwickeln. Mit der Automatisierung des Auf-, Ab- und Umrüstvorganges eines Vorrichtungsbaukastensystems wäre ein weiterer Baustein der rechnerintegrierten, automatisierten Fabrik, also für ein CIM-System, vorhanden.

### Literatur

- [1] Lock, F.: Entwicklungen bei Betriebsmitteln für Werkzeugmaschinen. VDI-Z 122 (1980) Nr.3, S.76/80.
- [2] N.N.: Stationäre Spann- und Positioniertechnik. Firmenschrift Forkardt 1987.
- [3] Bald, H.; Eversheim, W.; Fürst, A.; Koch, R.; Lock, F.; Pfeifer, T.; Schöllhorn, H.-D.; Weck, M.: Spann- und Positioniersystem für die Klein- und Mittelserienfertigung auf NC-Maschinen. KfK-PFT 95, August 1985. ■