

In einer Serie von Beiträgen wird ein Überblick zu verschiedenen relevanten Aspekten rund um das Thema Frästechnologie geboten. Die Serie beginnt mit der Vermittlung einführer Background-Informationen, um in der Folge Stichworte wie z. B. Kalkulation, Präzision, Frässtrategien etc. zu erörtern.

**Ausgabe Juni 2009 – Teil 1:** Scanner, CAD-Software, CAM-Modul, Fertigungsmaschinen, STL  
**Ausgabe September 2009 – Teil 2:** Kalkulation, HSC-Maschine, Chrom-Cobalt, Zirkoniumdioxid  
**Ausgabe Oktober 2009 – Teil 3:** Linearachsen, Führungssysteme, Getriebe, Antriebsmotoren  
**Ausgabe November 2009 – Teil 4:** Antriebe von Drehachsen  
**Ausgabe Dezember 2009 – Teil 5:** Bauweise von Fräsmaschinen, C-Ständer, Portale, Baustoffe

# Von C-Ständern und Portalen ...

## Unterschiedliche Bauweisen von Fräsmaschinen

Redaktion (Teil 5)

**Ein exakt aufgebauter, robuster und schwingungsfreier Grundkörper bildet nicht nur die Basis für die Langlebigkeit einer Fräsmaschine. Er beeinflusst auch z. B. die Fräsgenauigkeit, die mögliche Beschleunigung und somit die Bearbeitungszeiten sowie die Standzeit der Fräswerkzeuge. Die Kosten für Fräswerkzeuge stellen eine wichtige betriebswirtschaftliche Größe dar und sind bei besonders vibrationsarmen Maschinen aufgrund längerer Standzeit im Vergleich signifikant geringer. Ebenfalls steht beispielsweise das Spektrum bearbeitbarer Materialien sowie die Achsenanzahl in Abhängigkeit vom Aufbau der Maschine.**

Im Maschinenbau wird je nach Einsatzgebiet und Anforderungen aus rund 20 verschiedenen Bauarten das sogenannte Maschinenbett gewählt. Dieses dient als Träger für die Achsenführungen, die Hochfrequenzspindel sowie den Werkstückhalter. Gängig im Bereich dentaler Fräsmaschinen sind C-Ständer-Konstruktionen sowie die Portalbauweise.

### C-Ständer-Konstruktion

Die Bezeichnung C-Ständer-Konstruktion rührt daher, dass die Form dieser Maschinen von der Seite betrachtet an ein C erinnert (Abb. 1): Mittig an einer Seite des Maschinenbetts platziert ragt ein zentraler Träger für die weiteren Achsen in die Höhe. Eine Auskrugung reicht über das Maschinenbett und erzeugt so den für die Werkstücke benötigten Freiraum.

Für die Erzielung hoher Präzisionswerte bedingt diese Bauart ein enormes Gewicht. Denn auf den frei hängenden Hebelarm wirken extreme Kräfte und er neigt zu Schwingungen, welche die Genauigkeit beeinträchtigen können. Je länger der Hebelarm und

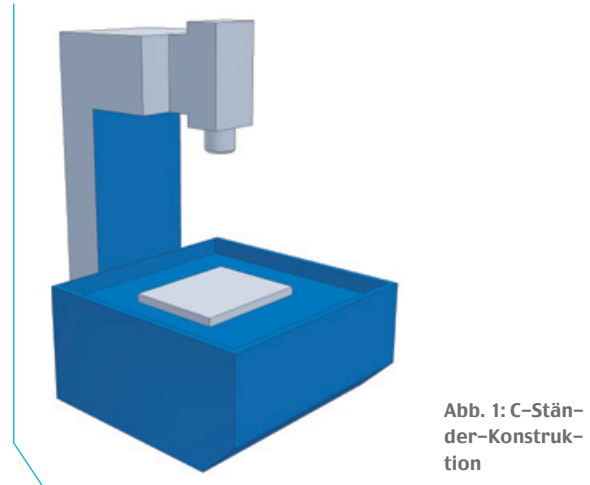


Abb. 1: C-Ständer-Konstruktion

je größer so der Raum für das Werkstück ist, desto größer ist die Belastung. Dies kann nur durch eine große Masse (3-6 t sind für kurze Verfahrswege im Maschinenbau üblich) bei gleichzeitig sehr voluminöser Konstruktion kompensiert werden.

Abbildung 2 zeigt die FEM-Analyse (ANSYS Germany, D-Darmstadt) einer C-Ständer-Konstruktion unter Simulation einer Last von 1.000 N beziehungsweise 100 kg (gilt entsprechend für Abb. 4, 6 und 8). Auffällig ist, dass insbesondere im Bereich der Auskrugung (rot eingefärbt) Verzüge von bis zu

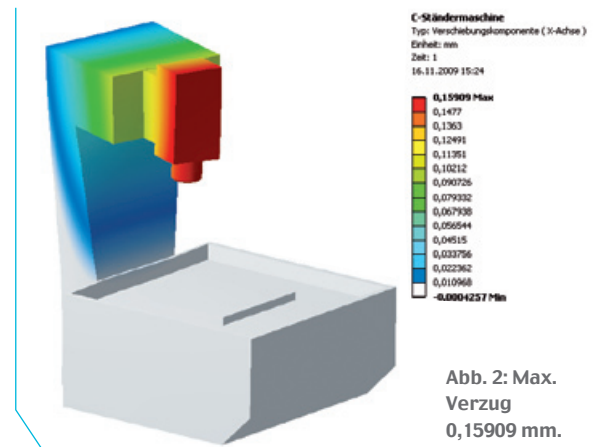


Abb. 2: Max. Verzug 0,15909 mm.

0,15909 mm auftreten. Die simulierte Belastung ist zwar um einiges höher als in der praktischen Anwendung zu erwarten, zeigt aber deutlich die Schwachstelle dieser Maschinen-Bauart auf.

## Portalbauweise

Das Prinzip der Portalweise geht auf die Grundidee der alten Griechen zurück, einen Querbalken auf zwei tragenden Säulen zur beidseitigen Abstützung zu platzieren. Einseitige Verzüge, wie sie bei der C-Ständer-Konstruktion vorkommen können, werden so verhindert und das Portal eröffnet einen großzügigen Freiraum für das Werkstück. Zudem ist für die hohe Steifigkeit ein vergleichsweise geringeres Gewicht erforderlich. Fräsmaschinen in Portalbauweise lassen sich danach unterscheiden, ob das Portal feststehend oder beweglich ist. Eine weitere Möglichkeit ist die Unterteilung in Tischmaschinen und Portalständer-Konstruktionen.

### Bewegtes oder feststehendes Portal

Ein bewegtes Portal kann nach vorne und hinten gefahren werden und deckt so die Y-Achse ab. Gleichzeitig trägt das Portal die X-Achse (rechts – links) und diese wiederum die Z-Achse (oben – unten). Es handelt sich somit um eine serielle Anordnung der Achsen. Nachteil hierbei ist, dass die Traverse (d. h. der Querbalken als mechanischer Träger) geschwächt wird und durch ihre erforderliche Masse und Trägheit die Bearbeitung bremst. Möglich ist stattdessen theoretisch auch eine parallele Anordnung der Achsen, die hierbei aber auf eine Anzahl von zwei begrenzt sind. Eine weitere Alternative besteht in der Verwendung eines feststehenden Portals und der Aufteilung der Bewegungen. Der Maschinentisch bewegt sich auf der Y-Achse und kann bei Bedarf zusätzlich eine Drehachse tragen. Die X-Achse trägt die Z-Achse und ggf. eine weitere Drehachse.

### Tischmaschine

Sehr beliebt sind im Dentalbereich aufgrund des geringen Platzbedarfs sogenannte Tischmaschinen, die auf jeder Arbeitsplatte Platz finden (Abb. 3). Solche Fertigungseinheiten weisen keinen Ständer, sondern lediglich eine Basisplatte auf. Da diese in der Regel vergleichsweise dünn ist, weist sie eine relativ hohe Elastizität auf, wodurch bei starker Beanspruchung

leicht Verwindungen und Verzüge eintreten können. Die Folge sind lange Bearbeitungszeiten. Maschinen diesen Typs sollten zudem nur für die Bearbeitung von Kunststoffen und weichen Keramiken eingesetzt werden. Das Fräsen von Metallen würde sich als unwirtschaftlich erweisen, weil diese Maschinen keine starke Beschleunigung und die entsprechenden Fräser keine hohen Bearbeitungskräfte umsetzen können, ohne Verzüge zu riskieren. Abbildung 4 zeigt die FEM-Analyse einer Tischmaschine. Beim Schruppen von Chrom-Cobalt mit einem 4 mm-Fräser tritt eine Last von gut 20 N auf. Da die gesamte Maschine resoniert und Vibrationen so aufgeschaukelt werden, sollte die Belastbarkeit stets um den Faktor 10 besser und die Maschine mindestens auf 200 N geeicht sein.

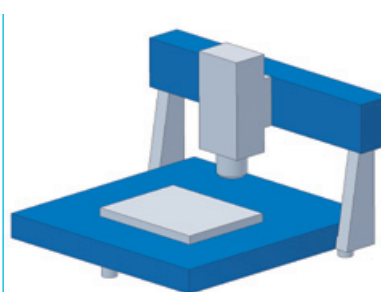


Abb. 3: Tischmaschine

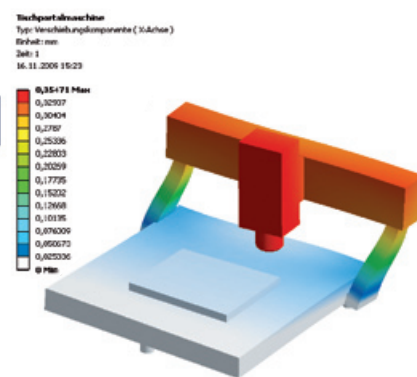


Abb. 4: Max. Verzug 0,35471 mm.

### Portalständer-Konstruktion

Leichte Arbeiten aus Metallen können gut mit Fräsmaschinen in Portalständer-Konstruktion (Abb. 5 und 6) gefertigt werden. Hierbei werden die Verfahrenwege

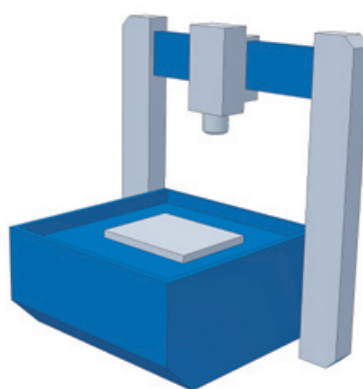


Abb. 5: Portalständer-Konstruktion

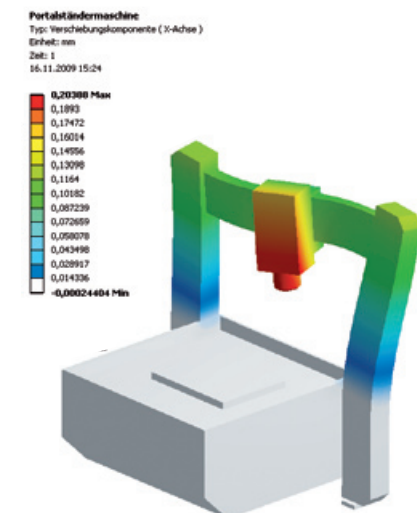


Abb. 6: Max. Verzug 0,20388 mm.

sehr gut abgestützt, da ein massives Maschinen-Unterteil mit bis auf den Boden reichenden Ständern die Maschinenplatte durch ihr Volumen aussteift. Von guten mechanischen Werten darf ausgegangen werden. Es ist darauf zu achten, dass die Ständer tatsächlich über die gesamte Höhe reichen und insgesamt fest mit dem Untergestell verbunden sind. Bei manchen Maschinen handelt es sich lediglich um einen optischen Effekt.

### Portalständer-Konstruktion mit konischen Wangen

Portalständer-Konstruktionen können beispielsweise durch eine konische Ausformung der Portalständer modifiziert werden (Abb. 7 und 8). Diese Portalwangen stabilisieren das Untergestell zum Quertträger hin sehr gut. So werden hohe Steifigkeitswerte erreicht und Schwingungen treten kaum auf. Neben

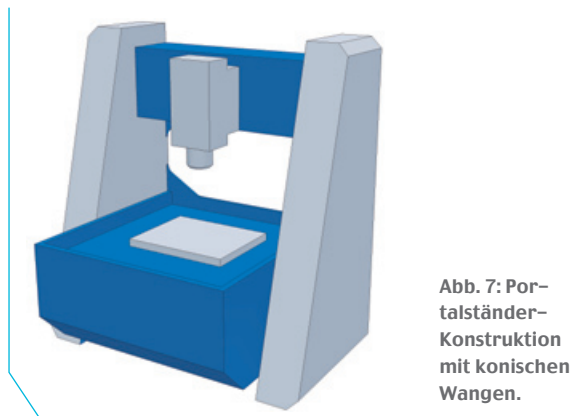


Abb. 7: Portalständer-Konstruktion mit konischen Wangen.

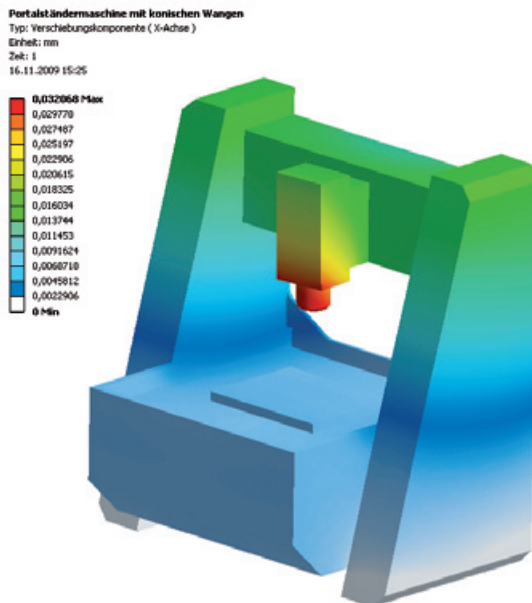


Abb. 8: Max. Verzug 0,032068 mm.

Kunststoffen und Keramiken sind auch z. B. Chrom-Cobalt und Titan bearbeitbar, da schwerere Werkzeuge aufgenommen und hohe Vorschübe erzielt werden können. Der Vergleich der FEM-Analysen zeigt, dass bei dieser Variante der Bauweise das geringste Risiko für Verzüge innerhalb der Maschine besteht.

## Baustoffe

Aluminium eignet sich als Baustoff lediglich für Maschinen, an die nur einfache Ansprüche gestellt werden. Die Aluminium-Elemente werden in der Regel miteinander verschraubt und diese Verbindungsstellen können schnell zu Schwingungen führen.

Bei Grauguss (graues Gusseisen) handelt es sich um eine Gruppe von Eisenlegierungen mit einem hohen Anteil von Kohlenstoff (> 2 %) aufgrund dessen es sich nicht mehr schmieden lässt und Konstruktionen in Gusstechnik realisiert werden. Dadurch sind recht dicke Wandstärken notwendig, die zu einem hohen Gewicht führen, und die Verarbeitung ist vergleichsweise aufwendig.

Bei der Verwendung von Stahl hingegen sind die Wandstärken frei wählbar und durch moderne Füge-technik können FEM-optimierte Strukturen mit hoher Steifigkeit bei geringem Gewicht umgesetzt werden. Die Füge-technik erlaubt es zudem in die Konstruktion Kavitäten (Torsionskästen) zu integrieren, die mit Mineralguss aufgefüllt und dicht verschlossen werden können. Mineralguss ist ein Werkstoff, der aus mineralischen Füllstoffen wie Quarzkies, Quarzsand und Gesteinsmehl sowie einem geringem Anteil Epoxid-Binder mit Zuschlagstoffen, über welche die Materialeigenschaften gesteuert werden, besteht. Das Material wird gemischt und als homogene Masse vergossen. Reine Mineralguss-Konstruktionen weisen ein hohes Systemgewicht auf und es wurde festgestellt, dass langfristig durch die aggressiven Kühlmittel Quellungen, d. h. Verzüge, eintreten. Bei Integration in eine Stahlkonstruktion wird der Mineralguss durch den Stahl, der gleichzeitig eine hohe Tragfähigkeit bietet, chemisch geschützt. Es handelt sich somit um eine optimale Lösung für High-Performance-Maschinen. ■



Auch online unter: [www.ddn-online.net](http://www.ddn-online.net)

