

# Hausarbeit

In Internationales Wirtschaftsingenieurwesen

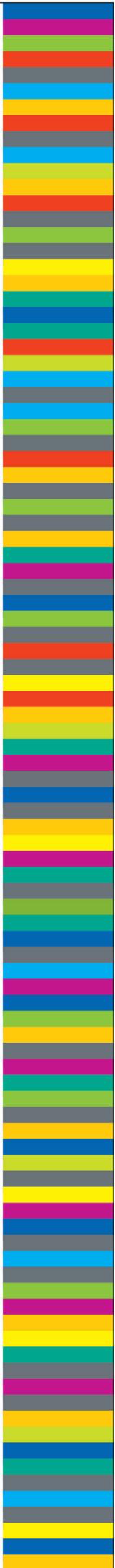
Lehrveranstaltung: Produktionsverfahren- und Systeme (PVS)

## Modulare Werkzeugsysteme

Tobias Reith, BSc  
1510336060

Begutachter: FH-Prof. Dr.-Ing. Werner Kwanka

Wien, 10.01.2016



# Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines zu Werkzeugschnittstellensystemen .....	3
2	Arten und Anforderungen von modularen Werkzeugsystemen .....	4
3	Vor- und Nachteile von modularen Werkzeugsystemen auf Werkzeugmaschinen .....	6
4	Darstellung des Werkzeugsystems „Capto“ .....	7
5	Literaturverzeichnis .....	9

# 1 Allgemeines zu Werkzeugschnittstellensystemen

Grundlegend stellen Werkzeugschnittstellensysteme das Bindeglied zwischen der Maschinenspindel und der Werkzeugschneide dar. Entscheidend ist dabei die mechanische Beständigkeit durch wechselnde Zerspanungskräfte und die geforderte Genauigkeit zur Aufrechterhaltung der Produktqualität. Ein Schnittstellensystem setzt sich zusammen aus dem Anschluss an den Werkzeugschaft und den Spindelaufnehmer, sowie ein passendes Spannsystem. Letzteres sorgt für die Fixierung des Werkzeuges und muss äußeren Beanspruchungen standhalten können. [1] In der Abbildung 1 von Prof. Dr. Willi Rößner wird der Aufbau eines Werkzeugsystems deutlich dargestellt. Entscheidend ist bei Modulare Werkzeugsystemen die Werkzeughalterung (hier ein Steilkegel SK). Dieser und besonders auch sein Nachfolger der Hohlschaftkegel HSK ermöglichen ein schnelles Wechseln des Werkzeuges. [2]

## 2.3.1 Werkzeugsystem für drehende Werkzeuge

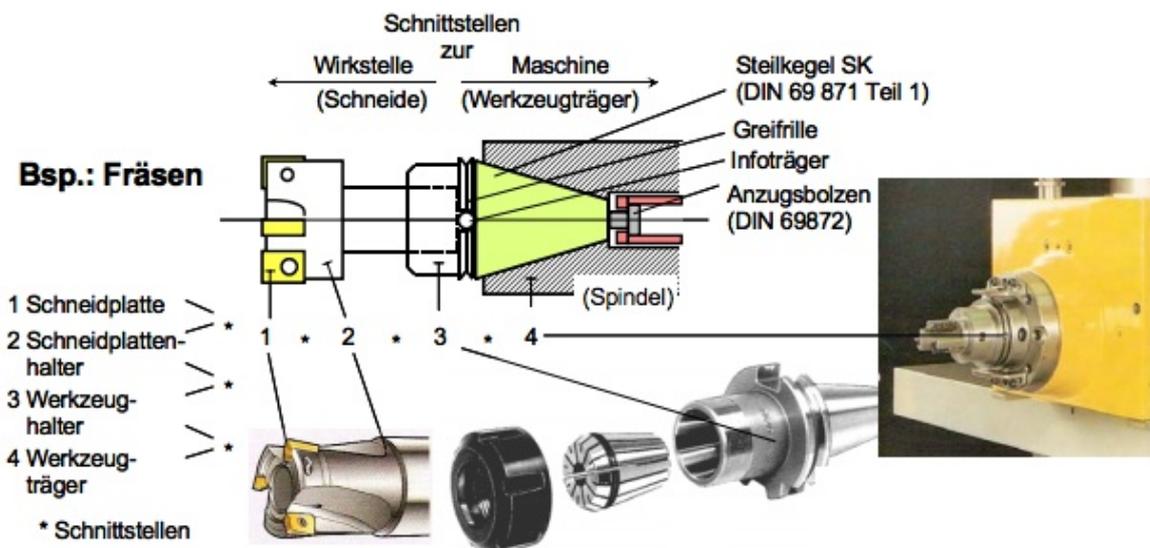


Abbildung 1: Komponenten eines Werkzeugsystems [2]

Aufgrund stetig fortschreitender Automatisierung in Produktionsprozessen müssen auch die Werkzeugmaschinen immer flexibler werden. Um den Einsatz diverser Werkzeuge an unterschiedlichen Schnittstellensystemen zu gewährleisten, wurde hierzu eine Normung eingeführt. In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die verschiedenen Arten, Anforderungen und Vor- und Nachteile von modularen Werkzeugsystemen eingegangen. Am Ende wird noch detaillierter auf ein Werkzeugsystem fokussiert. [1]

## 2 Arten und Anforderungen von modularen Werkzeugsystemen

Zu den ältesten Schnittstellen für Werkzeugsysteme zählt der Morsekegel (MK, DIN 228) und kommt vorwiegend beim Handbohrmaschinen zum Einsatz. Eine Ausnahme stellen hierbei Drehmaschinen dar, das Aufnehmen von Zentrierspitzen erfolgt meist mit Hilfe eines Morsekegels in Reitstöcken. Die Fixierung findet reibschlüssig im Kegel statt, wobei der Aufnahmekegel eine Größe/Steigung von 1:19 oder 1:20 besitzt. Der Grund wieso ein Morsekegel nicht automatisierbar ist, liegt an seiner selbsthemmenden Funktionsweise. Die Haftreibungszahl von Stahl-Stahl ist größer als das Kegelerhältnis, somit muss der Aufnahmekonus bei jedem Wechsel aus der Halterung geschlagen werden. [3] Ein weiteres genormtes, jedoch manuell zu bedienendes Schnittstellensystem wäre noch der „Spindelkopf zur Aufnahme von Stellhülsen“ (DIN 55058), welcher vorwiegend bei Mehrspindelbohrmaschinen Anwendung findet. [1]

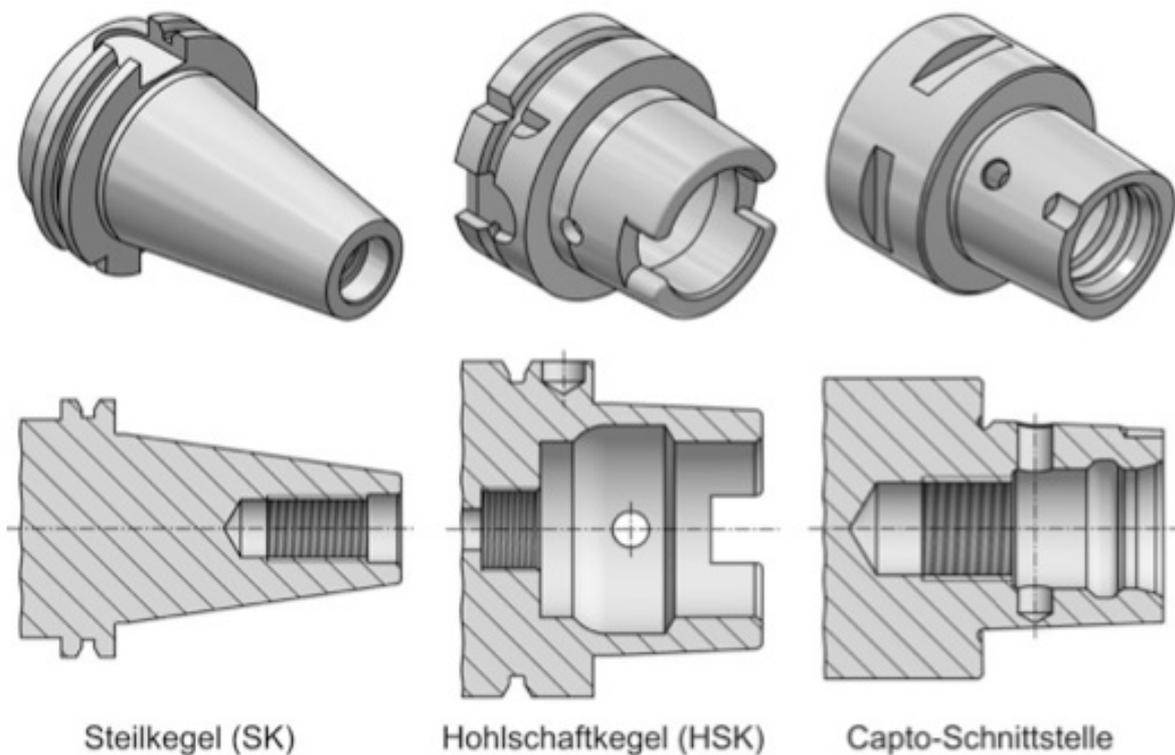


Abbildung 2: Die wichtigsten Werkzeugschnittstellen heutzutage [3]

Die modernsten Werkzeugschnittstellen heutzutage sind der Steilkegel (SK), der Hohlschaftkegel (HSK) und die Capto-Schnittstelle (siehe Abbildung 2). [3] Alle drei verbindet der Vorteil bei automatisierten Prozessen einsetzbar zu sein, durch eine Spanneinrichtung kann hier ohne manuelles Zutun ein Spann- bzw. Lösprozess stattfinden. In installierten Greif- und Speichereinrichtung am Werkzeugflansch können die Werkzeuge aufbewahrt werden und stehen jederzeit einem Werkzeugwechsel zur Verfügung.

Werkzeugwechselzeiten stellen im Endeffekt Verschwendung dar. Durch die Automatisierung dieses Prozesses können nun höhere Zeiten für die eigentliche Wertschöpfung, die spanende Bearbeitung, erreicht werden. Beim Einwechseln werden die Standardwerkzeuge immer zusammen mit dem Grundhalter (Werkzeughalter) eingesetzt. Die Schnittstellensysteme zwischen der Maschinenspindel und dem Grundhalter werden im Folgenden genauer erläutert. [1]

An erster Stelle ist hier der Steilkegel (SK, genormt in DIN 69871) zu nennen, er im Gegensatz Vorgängermodellen wie dem Morsekegel nicht mehr selbsthemmend ist. Der Grund ist der steilere Kegel der nun ein Verhältnis von 7:24 besitzt. Dadurch lässt sich das Werkzeug automatisiert wechseln, das Werkzeug muss jedoch stets in die Werkzeugaufnahme gezogen werden. [3] Der Mechanismus ist hierbei eine Zugstange, die an der Kegelspitze des Steilkegels angreift und so die Spannkraft auf das Werkzeug aufbringt. Die Zugstange an sich kann nach zwei verschiedenen Methoden fixiert werden, zum einen verschraubt mit der Werkzeugaufnahme (DIN 6369) oder mit Hilfe von Spannzangen, welche wiederum mit verschraubten Anzugsbolzen verbunden ist (DIN 69872). Bei geringen Drehmomenten reicht die Reibkraft der Kegelfläche, bei größeren Momenten kommen sogenannte Mitnehmersteine zum Einsatz. Diese befinden sich in der Spindelaufnahme und Greifen in die Mitnehmernuten am Flansch der Steilkegelwerkzeuge ein. [1]

Steigt der Drehzahlbereich, so kommt der Steilkegel an seine Grenzen. Der Grund sind die Fliehkräfte, welche die Kegelhülse der Hauptspindel zum Aufweiten bringen und das Werkzeug aufgrund der Befestigung (Zugstange) immer weiter in die Werkzeugaufnahme gezogen wird, bis es verklemmt und die Maschine zum Stillstand kommt. Eine Abhilfe für diesen Fall soll der Hohlschaftkegel (HSK, DIN 69893) liefern, der zudem eine höhere Steifigkeit und Genauigkeit aufweist. Der Grund liegt in dem verwendeten, verhältnismäßig elastischen Kegel (1:10), welcher eine zusätzliche Plananlage am Werkzeugbund mit der Spindelsirinfläche darstellt. Die axiale Zentrierung erfolgt somit über diese Plananlage und die Zentrierung mit Hilfe der Kegelfläche. Durch diese Positionierung kann selbst bei hohen Drehzahlen eine Wechselgenauigkeit von  $<1 \mu\text{m}$  erreicht werden. Um den enormen Drehmomenten stand zu halten, findet beim HSK (wie beim SK) die Übertragung kraftschlüssig über die Kegel- sowie Anlagefläche und formschlüssig über Mitnehmernuten statt. Bei großen Drehzahlen wird das Werkzeug jedoch nicht mehr in die Werkzeugaufnahme gezogen, da sich der Hohlschaftkegel stärker ausweitet wie die Spindel und additiv durch diesen Effekt sogar eine Spannkrafterhöhung bemerkbar ist. [3] Neben dem SK und HSK wurde zudem noch der „Hohlschaftkegel mit Kugelführung“ (auch bekannt unter KM) nach ISO 26622 genormt. Hauptunterschied des „Hohlschaftkegels mit Kugelführung“ ist die Spannungserzeugung mittels Kugeln, welche in die Querbohrungen des Kegels eingreifen.[1]

Das letzte wichtige System bildet die Capto-Schnittstelle bzw. der „polygonale Hohlschaftkegel“. Wie der Name bereits sagt, ist beim Capto-System die Außenkontur der PSI-Schnittstelle als kegeliges Polygon geformt. [1] Durch seine Form kann jedoch auf

Mitnehmernuten zur kraft- und formschlüssigen Verbindung verzichtet werden. Der polygone Kegel hat die Maße 1:20, sichert durch eine Plananlage eine spielfreie Lagerfixierung und ist nach ISO 26623 genormt. Anzumerken ist noch die höhere Wiederholgenauigkeit von  $\pm 2 \mu\text{m}$ , wodurch das Capto-System für Dreh-, Bohr- und rotierende Bearbeitung ideal verwendbar ist. Der Capto-Schaft, prismenförmige Greifernuten, stellen zudem eine noch höhere Genauigkeit sicher. [3] Nicht zu vernachlässigen ist jedoch der größere Fertigungsaufwand und die höheren Kosten für ein Capto-System [1].

### 3 Vor- und Nachteile von modularen Werkzeugsystemen auf Werkzeugmaschinen

Einige Vor- und Nachteile von modularen Werkzeugsystemen auf Werkzeugmaschinen wurden bereits im vorherigen Kapitel genannt und behandelt, diese werden hier übersichtlich in Tabellenform dargestellt und weitere Punkte ergänzt.

Vorteile	Nachteile
- Prozesse sind einfacher automatisierbar (kein manuelles Zutun mehr nötig)	- Anfallen von teilweise hohen Kosten für die Fertigung (z.B. polygoner Kegel)
- Schnellere Werkzeugwechsel sind möglich	- Spannsysteme können verschleifen
- Mehr Zeit für die eigentliche Wertschöpfung vorhanden (Reduzierung von Verschwendung)	
- Schnittstellensystem wurden genormt	
- Flexibilität wird erhöht (z.B. Capto-System einsetzbar für Dreh-, Bohr- und rotierende Bearbeitung)	
- Höhere Drehzahlen sind möglich	
- Geringere Maschinenstillstandzeiten bei Verschleiß	

## 4 Darstellung des Werkzeugsystems „Capto“

In Kapitel 2 wurde ein Überblick über die verschiedenen modularen Werkzeugsysteme gegeben. Aufgrund seiner Bauart soll das „Capto-System“ flexibler einsetzbar sein und eine höhere Genauigkeit als der Rest der Systeme erzielen. [3] Dies ist der Grund warum im Folgenden noch einmal ein detaillierterer Blick auf das „Capto-System“ geworfen wird.

Das Capto-System wurde von der Firma Skandvic Coromant 1990 zum ersten Mal auf den Markt gebracht, erfuhr bis jetzt keine Änderungen und wurde 2008 zu einem ISO-Standard (ISO 26623). [4]

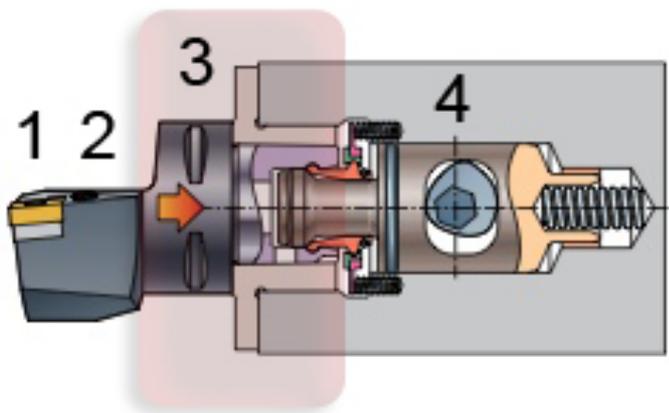


Abbildung 3: Capto-System in einer Werkzeugmaschine, 1: Schneidplatte, 2: Schneidplattenhalter, 3: Capto-Schnittstelle, 4: Werkzeugträger [4]

Anhand der Abbildung 3 soll deutlich gemacht werden, wie die Fixierung eines Capto-Systems funktioniert und welchen Teil eigentlich die Capto-Schnittstelle darstellt. Nr. 3 zeigt den Abschnitt der Capto-Schnittstelle, welche nach dem Aufstecken noch fixiert werden muss. Dies erfolgt durch eine Rückwärtsbewegung der Zugstange, wodurch eine Spannbuchse aufgespreizt wird (orange gefärbt). Die Segmente der Spannbuchse passen sich so perfekt in die Spannrinne des Werkzeugs ein. [5] Wie bereits erwähnt, kann bei der Capto-Schnittstelle auf Mitnehmernuten verzichtet werden, da die polygone Form bereits eine formschlüssige Verbindung darstellt und dadurch Drehmomente aufgenommen werden können. [3]

Bezüglich der Drehmomente ist besonders interessant zu sehen, wie sich das Capto-System gegenüber einem HSK bei steigendem Drehmoment verändert. Abbildung 4 zeigt dazu ein Diagramm, in dem eindeutig ersichtlich wird, dass das Capto-System eine höhere Torsionssteifigkeit besitzt und selbst bei sehr hohen Drehmomenten nur eine geringe Ablenkung statt findet. Ein sehr ähnliches Ergebnis ergibt sich bei der Betrachtung der Biegesteifigkeit, wenn ein HSK mit einem Capto-System verglichen wird. [4] Der Grund in der höheren Torsionssteifigkeit liegt zum großen Teil an der polygonen Form der Capto-Schnittstelle. [3] Die Biegesteifigkeit steigt mit der Spannkraft die auf das Capto-System

aufgebracht werden kann. Der Grund liegt in der Segmentspannung die hohe Spannkraft ermöglicht und zudem eine Presspassung mit zwei Kontaktflächen erzeugt (Plananlage). [4]

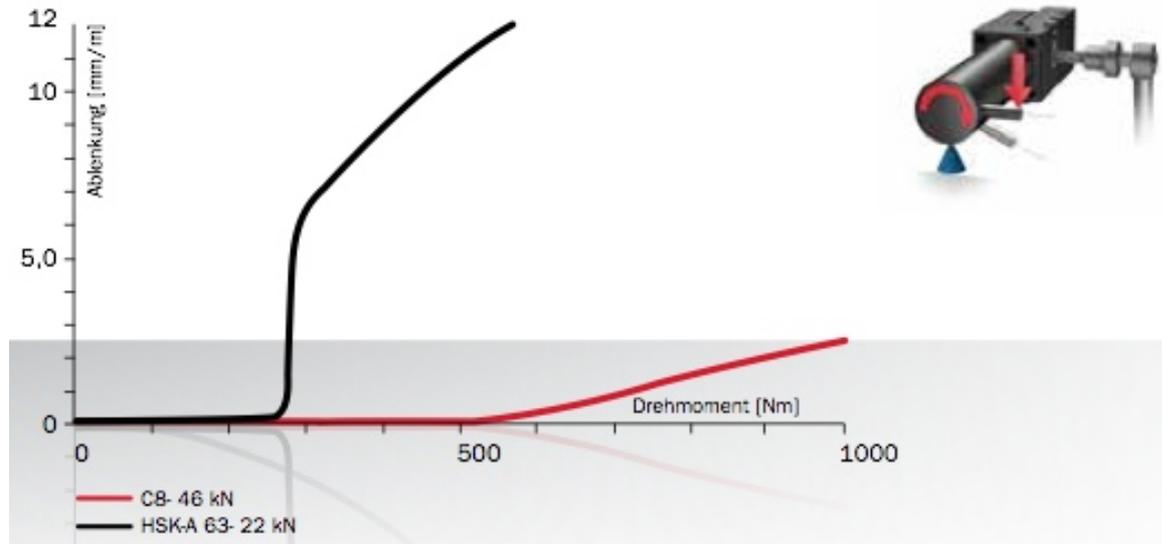


Abbildung 4: Steifigkeitsdiagramm mit der Ablenkung [mm/m] auf der y-Achse und dem Drehmoment [Nm] auf der x-Achse. Capto-System C8: rote Kurve, HSK-A: blaue Kurve [4]

Die Einteilung der Capto-Systeme erfolgt nach deren Größe von C3 (klein) bis C10 (sehr groß). Welche Größe zu verwenden ist, hängt von den einzelnen Werkzeugmaschinen individuell ab. Abbildung 5 bietet einen Überblick über die verschiedenen Größen und den dazugehörigen Maßen die von Sandvic Coromant angeboten werden. [4] Zum Verkauf angeboten wird beispielsweise von Sandvic Coromant entweder der Coromant Grundhalter alleine oder das Werkzeug mit integrierter Coromant Capto Kupplung. [5] Auf der Webseite der Firma Sandvic Coromant kann auf die Preise der verschiedenen Typen eingesehen werden. Ein normaler Grundhalter des Typs C5 kostet beispielsweise 274,00 €. [6]

Coromant Capto Größe	Flansch-Ø DCSFMS	Drehzentrum - Revolvertyp				Flachbettdreh- maschine VDI Schwal- benschwanz (DIN 69881)	Senkrecht- drehmaschine Schlitten- größe
		VDI (DIN 69880)	Schaft	CBI Verschraubt (Bohrungs-Ø)	CDI (Bohrungs- ØDt)		
C3	32	30	2020	40-55			
C4	40	40	2525	40-55-60-65-68	68		
C5	50	40-50-60	3225	60-68-75	80		
C6	63	60		75-85-110	80	115	250x250
C8	80					140	250x250
C10	100					140	350x350

Abbildung 5: Coromant Capto Größen mit den zugehörigen Maßen [4]

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] C. Brecher and M. Weck, *Werkzeugmaschinen - Maschinenarten und Anwendungsbereiche*, 6th ed. Berlin: Springer Verlag, 2005.
- [2] Willi Rößner, *Vorlesung: Werkzeugmaschinen/NC*. Augsburg: Hochschule Augsburg, Fakultät Maschinenbau, 2012.
- [3] Joachim Regel and Michael Müller, "Ausgewählte spanende Werkzeugmaschinen," in *Werkzeugmaschinen - Aufbau, Funktion und Anwendung von spanenden und abtragenden Werkzeugmaschinen*. Berlin: Springer-Verlag, 2012.
- [4] Sandvic Coromant, *Schnellwechselwerkzeuge für CNC-Drehmaschinen*. Düsseldorf, 2012.
- [5] Sandvic Coromant, *Werkzeughalter - Technischen Handbuch*. Düsseldorf, 2011.
- [6] Sandvic Coromant. (2016, Januar) Sandvic Coromant. [Online]. [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)