

Zylinderstifte sind gebräuchliche Verbindungselemente zum Ausrichten, Verbinden und Montieren mehrerer Komponenten. Zylinderstifte sind vor allem dort verwendbar, wo die Klemmkraft einer Schraube nicht erforderlich ist. Sie werden auch für spezielle Funktionen wie z.B. das Positionieren von Bauteilen, Scharnieren, manipulations sichere Konstruktionen usw. eingesetzt.

Zwei gängige Fertigungsverfahren zur Herstellung von Zylinderstiften sind Kaltstauchen und maschinelles Bearbeiten. Beide Verfahren führen zu qualitativ hochwertigen, gleichbleibenden Komponenten. Interessanterweise werden viele Außendurchmesser (AD) geschliffener Zylinderstifte nicht wirklich maschinell bearbeitet. Zur Herstellung eines geschliffenen Zylinderstifts ist es üblich, in einem zweiten Arbeitsgang die Aussendurchmesser kaltgestauchter Rohlinge zu schleifen.

Es ist wichtig, die Unterschiede zwischen Kaltstauchen und maschineller Bearbeitung zu verstehen, wenn man einen Zylinderstift für eine Baugruppe konstruiert, da das Herstellungsverfahren die Konstruktionspezifikationen (Toleranzen, Geometrie und Material), die dem Zylinderstift zugeordnet werden können, direkt beeinflusst. Das Ziel dieses Papiers ist es, Konstrukteure über die Unterschiede zwischen Kaltstauchen und maschineller Bearbeitung aufzuklären, damit sie verstehen, wie man einen Zylinderstift konstruiert, der die Leistung optimiert und die Gesamtherstellungskosten der Baugruppe reduziert.



## Übersicht maschinelle Bearbeitung

Unter Zerspanen versteht man das Zerspanen von Rohmaterial (Stab) in eine gewünschte Geometrie mit Hilfe von Schneidwerkzeugen. Dieser Vorgang wird typischerweise auf einer Drehmaschine durchgeführt. Bei der Bearbeitung entsteht Ausschuss in Form von Spänen.

## Übersicht Kaltstauchen

Kaltstauchen ist der Prozess des Umformens von Rohmaterial zu einer gewünschten Geometrie, der durch Stauchen des Materials (Draht) in einem oder mehreren Werkzeugen erfolgt. Die gebräuchlichste Methode zur Herstellung von kaltgestauchten Verbindungselementen ist die Formgebung mittels einer Matrize und zwei Schlägen, da dies für die Herstellung von Fasen und Köpfen ausreicht. In den Matrizen sind Aussparungen vorhanden, die die gewünschte Geometrie formen, während ein Schlag den physikalischen Vorgang des Stauchens mit einem Maschinenhub beschreibt. Zusätzliche Werkzeuge und Schläge sind erforderlich, wenn die Geometrie komplexer wird. Die Materialmenge, die pro Schlag verdrängt werden kann, ist begrenzt.

Kaltstauchen beinhaltet manchmal ein Drahtziehverfahren, das das Material verfestigt und sowohl die Streckgrenze als auch die Zugfestigkeit erhöht. Gedrehte Stifte, die aus dem gleichen Grundmaterial hergestellt werden, haben geringere Streck- und Zugfestigkeit, da die Materialkornstruktur unterbrochen wird.

VERGLEICH DER FERTIGUNG		
	Kaltstauchen	Mechanische Bearbeitung
Qualität der Teile	✓	✓
Streckgrenze & Zugfestigkeit	✓	
Enge Toleranzen	✓	✓
Retentionsmerkmale	✓	✓
Ausschuss bei der Herstellung		✗
Komplexe Teilegeometrie		✓
Große Länge / Stiftdurchmesser	✓	
Minimale Werkzeugkosten		✓
Kurze Rüstzeiten		✓
Hohe Taktzeiten	✓	
Niedrigste Gesamtkosten Zylinderstift	✓	
Geringste Kosten für die Herstellung der Bohrung	✓	

Tabelle 1

## Konstruktion Spezifikationen & Fertigungsmöglichkeiten von Zylinderstiften

Der erste Schritt bei der Gestaltung einer Verbindung ist die Festlegung der funktionalen Anforderungen an die Bauteilkomponenten und Verbindungselemente. Die Leistungsanforderungen sollten erreicht werden, ohne das Design zu sehr zu spezifizieren. Eine ideale Verbindung erfüllt Leistungs- und Qualitätsanforderungen mit geringstmöglichen Kosten. Die folgenden Informationen helfen den Konstrukteuren, die Leistungsmerkmale zwischen Kaltstauchen und mechanischer Bearbeitung in Bezug auf die Konstruktionsspezifikationen für Zylinderstifte und die Bohrungen der Bauteilkomponenten zu verstehen.

### Übersicht Einpressstifte

Passstifte und Zylinderstifte werden in der Regel durch Einpressen in Bohrungen, die kleiner als der Stiftdurchmesser sind, in der Baugruppe gehalten. In den meisten Anwendungen müssen die Störeinflüsse auf ein Minimum reduziert werden, um die Einpresskräfte in Grenzen zu halten. Die zulässige Toleranz einer Presspassung für die meisten Metalle (Stahl, Messing und Aluminium) beträgt 0,0125 mm bis 0,025 mm. Da diese Toleranzschwelle die Summe der Toleranzen von Stift- und Bohrungsdurchmesser beinhaltet, müssen die Stifte präzise bearbeitet und die Bohrungen gerieben und/oder gehont werden. Dies hat zur Folge, dass die Durchlaufzeiten und Fertigungskosten bei der Bohrungsbearbeitung steigen.

Es ist auch wichtig zu erkennen, dass Scharniere mit freiem Sitz keine Presssitzbohrungen benötigen und keine engeren Toleranzen des Stiftdurchmessers als  $\pm 0,025$  mm.

### Toleranz

Typischerweise ist der Außendurchmesser (AD) die kritischste Abmessung eines Zylinderstifts. Sowohl beim Kaltstauchen als auch bei der maschinellen Bearbeitung können die für die meisten Zylinderstift-Anwendungen erforderlichen Toleranzen eingehalten werden. In der Tat werden beim Kaltstauchen Zylinderstifte mit einer Gesamttoleranz des Außendurchmessers von 0,05 mm hergestellt (weniger als die Dicke eines menschlichen Haares). Bei der maschinellen Bearbeitung können engere Toleranzen beim Außendurchmesser als beim Kaltstauchen erreicht werden, was jedoch in der Regel einen speziellen geschliffenen Außendurchmesser erfordert. Dies sollte (wenn möglich) vermieden werden, da das geschliffene Stangenmaterial mehr als das Dreifache der Kosten eines Standard-Stangenmaterials betragen kann.

Bei der maschinellen Bearbeitung und dem Kaltstauchen von Zylinderstiften werden die gleichen Toleranzen von ca.  $\pm 0,25$  mm erreicht. Dies ist jedoch abhängig von der Stiftlänge.

Der Zweck einer Anfasung ist es, eine problemlose Montage zu ermöglichen. Ein Fasenwinkel zwischen  $25^\circ$  -  $40^\circ$  ist für die meisten Anwendungen von Zylinderstiften geeignet und ermöglicht eine maximale Anbindung an die Bohrung des Bauteils. Aus fertigungstechnischer Sicht ist der optimale Zerspanungswinkel (maschinelle Bearbeitung)  $45^\circ$ , während der optimale Umformwinkel (Kaltstauchen)  $30^\circ$  oder weniger beträgt.

TOLERANZBEREICH Zylinderstift Außen-Ø			
Fertigungsverfahren	Rohmaterial	Rohmaterial-kosten	Metrisch
Kaltstauchen	Draht	€	$\pm 0,025$ mm
maschinelle Bearbeitung	Standard Stangen	€	$\pm 0,0125$ mm
	Stangen mit geschliffenem Außen-Ø	€ € €	$\pm 0,0025$ mm

Tabelle 2

### SEITENANSICHT - ZYLINDERSTIFT KALTGESTAUCHT UND MASCHINELL BEARBEITET



## Material

Die gebräuchlichsten Materialien für Zylinderstifte sind Kohlenstoff- und rostfreie Stähle. Die Rohmaterialien sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, je nachdem, ob die Zylinderstifte maschinell bearbeitet (Stangen) oder kaltgestaucht (Draht) werden. Handelsübliche Materialqualitäten für Stangen und Draht können unterschiedlich sein. Die Stangen sind in den für die maschinelle Bearbeitung am besten geeigneten Materialqualitäten erhältlich, während der Draht in den für die Kaltstauchung geeigneten Materialqualitäten erhältlich ist. Obwohl die Materialqualitäten unterschiedlich sein können, ist es wichtig, dass gleichwertige Materialien für kaltgestauchte und maschinell bearbeitete Zylinderstifte zur Verfügung stehen. Daher sind die Werkstoffangaben auf den Zeichnungen nach bestem Wissen und Gewissen relativ allgemein gehalten (z.B. Kohlenstoffstahl der Härteklasse RC 27-33).

Tabelle 3 zeigt Beispiele einiger gängiger Werkstoffe für die Kaltumformung und Bearbeitung als Referenz.

BEISPIELE FÜR GÄNGIGE MATERIALIEN NACH UNS-NORM			
Material	Vorteil	Kaltgestaucht	Maschinell bearbeitet
Austenitisch (Nickel) rostfreier Stahl	Sehr gute Korrosionsbeständigkeit	305, 302 HQ	303
Martensitisch (Chrom) rostfreier Stahl	Korrosionsbeständig, hohe Scherfestigkeit und Härte	410	420
Kohlenstoffarmer Stahl	Universell, niedrige Kosten	1022	12L14
Legierter Stahl	Hohe Scherfestigkeit und Härte	6150, 4037	4150
Aluminium	Korrosionsbeständig, geringes Gewicht, bleifrei	5056	2024, 6061

Tabellle 3

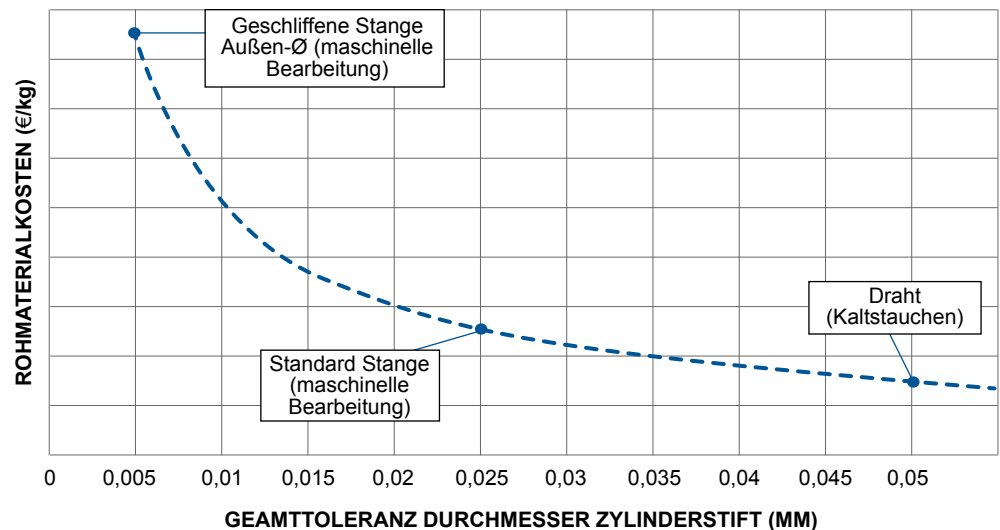
Hinweis: Diese Liste enthält einige der gängigen Materialien (weitere sind verfügbar).

## Kostenvergleich - Kaltstauchen zu maschineller Bearbeitung

Maschinell bearbeitete Zylinderstifte sind in der Regel etwa zehnmal teurer als kaltgestauchte Zylinderstifte. Warum sind kaltgestauchte Zylinderstifte so viel kostengünstiger?

- Beim Kaltstauchen werden Zylinderstifte mit einer Taktfrequenz von ca. 300 Teilen pro Minute (ppm) hergestellt, während es bei der maschinellen Bearbeitung nur ca. 4 ppm sind.
- Bei der maschinellen Bearbeitung entsteht Abfall. Daher wird für die maschinelle Bearbeitung eines Zylinderstifts mehr Rohmaterial benötigt als zum Kaltstauchen desselben Teils. Beim Kaltstauchen entsteht nur der Ausschuss, der beim Einrichten der Maschine anfällt.
- Im Aussendurchmesser geschliffene Stangen können mehr als dreimal so viel kosten wie Standard-Stangen, die für das maschinelle Bearbeiten eingesetzt werden.

### DURCHMESSERTOLERANZ GEGENÜBER ROHMATERIALKOSTEN



Grafik 1

### DRAUFSICHT - ZYLINDERSTIFT KALTGESTAUCHT UND MASCHINELL BEARBEITET



Obwohl die maschinelle Bearbeitung teurer ist als das Kaltstauchen, sind die Rüstkosten für die maschinelle Bearbeitung deutlich geringer. Unternehmen, die sich auf die Standardisierung von Zylinderstift-Abmessungen festlegen, sind in der Lage, die Einrichtungskosten zu reduzieren, so dass die Kosten für die Kunden vernachlässigbar gering sind. Allerdings können die Einrichtungskosten bei Sonderanfertigungen, insbesondere bei geringen Stückzahlen, erheblich sein. Tabelle 4 zeigt die allgemeinen Unterschiede beim Einrichten zwischen Kaltstauchen und der maschinellen Bearbeitung.

VERGLEICH RÜSTZEITEN Neues Design für Zylinderstifte		
	Kaltstauchen	maschinelle Bearbeitung
Rüstzeit	6 - 12 Std.	2 - 4 Std.
Werkzeugkosten	~4.255 €	~426 €

## Fallstudie

Tabelle 4

Die folgende Fallstudie veranschaulicht die Unterschiede zwischen dem Kaltstauchen und der maschinellen Bearbeitung eines Zylinderstifts mit Kopf (Stiftrohling) mit 3 mm Durchmesser und 30 mm Länge. Wie in der folgenden Tabelle dargestellt, sind Rohstoffmenge und Produktionsrate (ppm) die Hauptfaktoren für den drastischen Kostenunterschied zwischen Kaltstauchen und maschineller Bearbeitung.

FERTIGUNGSVERGLEICH für 25.000 Stk. Zylinderstifte mit Kopf 3mm x 30mm			
Fertigungsmethode		Kaltstauchen	maschinelle Bearbeitung
Gefertigte Teile	Stk.	25.000	25.000
Beschreibung des Rohmaterials	-	Draht	Standard Stange
Benötigtes Rohmaterial (Gewicht)	kg	8,6	26,3
Rüstzeit	Std.	6 - 12	2 - 4
Gesamte Fertigungszeit	Std.	1,4	104
Abfall	%	< 1%	65%
Durchmessertoleranz	mm	± 0,025mm	± 0,0125mm
Kosten	-	✓	✗

Tabelle 5

## Wann verwenden:

### Einen maschinell bearbeiteten Zylinderstift

- Kleinserienteile nach Kundenvorgabe
- Sehr kritische Anwendungen zum Ausrichten
- Wenn funktionelle Anforderungen eine komplexe Stiftgeometrie erfordern

### Einen kaltgestauchten Zylinderstift

- Überwiegende Anzahl der Anwendungen (da in den meisten Fällen keine Bearbeitungstoleranzen erforderlich sind)
- Freiliegende Achsen / Scharnierbolzen, wo die Stifte gleitend eingebaut werden

## Fazit

Konstrukteure können die Leistung und die Gesamtherstellungskosten einer Verbindung optimieren, indem sie die Unterschiede zwischen kaltgepressten und maschinell bearbeiteten Zylinderstiften erkennen. Beide Fertigungsverfahren produzieren qualitativ hochwertige, gleichbleibende Teile. Allerdings gibt es erhebliche Kosten- und Leistungsunterschiede zwischen Kaltstauchen und maschineller Bearbeitung. Dieses Technische Papier kann als Nachschlagewerk dienen, um Konstrukteure bei der Erstellung von Konstruktionsspezifikationen für Zylinderstifte zu unterstützen. Es wird jedoch empfohlen, dass die Hersteller mit Industrieexperten zusammenarbeiten, um die kostengünstigste Lösung für ihre Montage zu finden.

## Technische Zentren

### Europa SPIROL Deutschland

Ottostr. 4  
80333 München, Deutschland  
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 -71  
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 -72

### SPIROL Frankreich

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin  
18 Rue Léna Bernstein  
51100 Reims, Frankreich  
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42  
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

### SPIROL Vereinigtes Königreich

17 Princewood Road  
Corby, Northants NN17 4ET  
Vereinigtes Königreich  
Tel. +44 (0) 1536 444800  
Fax. +44 (0) 1536 203415

### SPIROL Spanien

08940 Cornellà de Llobregat  
Barcelona, Spanien  
Tel. +34 93 193 05 32  
Fax. +34 93 193 25 43

### SPIROL Tschechische Republik

Sokola Tůmy 743/16  
Ostrava-Mariánské Hory 70900,  
Tschechische Republik  
Tel/Fax. +420 417 537 979

### SPIROL Polen

ul. Solec 38 lok. 10  
00-394, Warszawa, Polen  
Tel. +48 71 399 44 55

### Amerika SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue  
Danielson, Connecticut 06239 USA  
Tel. +1 (1) 860 774 8571  
Fax. +1 (1) 860 774 2048

### SPIROL Shim Division

321 Remington Road  
Stow, Ohio 44224 USA  
Tel. +1 (1) 330 920 3655  
Fax. +1 (1) 330 920 3659

### SPIROL Kanada

3103 St. Etienne Boulevard  
Windsor, Ontario N8W 5B1 Kanada  
Tel. +1 (1) 519 974 3334  
Fax. +1 (1) 519 974 6550

### SPIROL Mexiko

Avenida Avante #250  
Parque Industrial Avante Apodaca  
Apodaca, N.L. 66607 Mexico  
Tel. +52 (01) 81 8385 4390  
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

### SPIROL Brasilien

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134  
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial  
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasilien  
Tel. +55 (0) 19 3936 2701  
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

### Asien SPIROL Asien

### Pazifik

1st Floor, Building 22, Plot D9, District D  
No. 122 HeDan Road  
Wai Gao Qiao Free Trade Zone  
Shanghai, China 200131  
Tel. +86 (0) 21 5046 1451  
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

### SPIROL Südkorea

160-5 Seokchon-Dong  
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Südkorea  
Tel. +86 (0) 21 5046-1451  
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

eMail: [info-de@spirol.com](mailto:info-de@spirol.com)

**SPIROL.com**