



## Kongress zur Getriebeproduktion 29./30. März 2011 Congress Centrum Würzburg

**Titel des Vortrages**     **RINGSPANN-Präzisions-Spannzeuge  
zur Herstellung von Zahnrädern**

**Vortragender**

**Dipl.-Ing. (FH) Volker Schlautmann**

RINGSPANN GmbH

Schaberweg 30 - 34

61348 Bad Homburg



### 1. Einleitung

Zahnradgetriebe sind unverzichtbar für den Maschinen- und Anlagenbau. Der deutsche Getriebebau ist einer der führenden in der Welt, nicht zuletzt dank der Forschungsaktivitäten der FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik im VDMA).

Um Leistungssteigerungen und um Geräuschminderungen zu erzielen, sind die Anforderungen an die Präzision vieler Getriebeteile in den vergangenen Jahren immer höher geworden. Zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit mussten zudem die Herstellkosten der Getriebeteile stetig gesenkt werden. Beides war möglich, indem die gesteigerte Leistungsfähigkeit von Produktionsmaschinen und Werkzeuge hinsichtlich Präzision sowie Rüst- und Taktzeiten voll ausgenutzt wurden. High-Tech-Werkzeugmaschinen und -Werkzeuge alleine begründen allerdings noch nicht den erzielten Erfolg. Als dritte maßgebliche Komponente ist die Weiterentwicklung der Präzisions-Spannzeuge zur Werkstückaufnahme zu nennen.

Präzisions-Spannzeuge werden von wenigen Firmen entwickelt und hergestellt. RINGSPANN ist eine dieser Firmen und seit über 65 Jahren auf dem Markt erfolgreich tätig. In den vergangenen Jahrzehnten hat RINGSPANN mit tausenden von Präzisions-Spannzeugen umfangreiche Erfahrungen gesammelt und für eine Vielzahl von technisch „kniffligen“ Anwendungen innovative Spannzuglösungen erfolgreich realisiert. Dies gilt neben dem Spannen von Werkstücken des Maschinen-, Fahrzeug- und Flugzeugbaus insbesondere für das Spannen von Zahnrädern.

Wie der Name andeutet, konzentriert sich RINGSPANN auf das Spannen auf kreiszylindrischen Werkstückflächen. Die den Spannzeugen zu Grunde liegenden mechanischen Wirkprinzipien werden in Kapitel 2 dargestellt. In Kapitel 3 werden die Eigenschaften und Vorteile der RINGSPANN-Präzisions-Spannzeuge erläutert. Typische Anwendungsbeispiele für das Spannen von Zahnrädern zeigt Kapitel 4.

In den letzten Jahren ist durch den rasant gestiegenen Bedarf an Getrieben für Windenergieanlagen eine weitere Herausforderung an die Präzisions-Spanntechnik entstanden: Das Spannen großer und schwerer Zahnräder sowie anderer Getriebebauteile. Auch hier bietet RINGSPANN innovative und präzise Lösungen. Diese werden anhand von Anwendungsbeispielen in Kapitel 5 vorgestellt.



## 2. Funktionsprinzipien von RINGSPANN Präzisions-Spannzeugen

### 2.1. Allgemeines zu Präzisions-Spannzeugen

Bei allen Präzisions-Spannzeugen, gleich welcher Bauart, wird stets vorausgesetzt, dass Funktionsflächen der Werkstücke wie Bohrungen bzw. Außendurchmesser und mindestens eine Planfläche zur Anlage in einem vorausgehenden Arbeitsgang genau bearbeitet worden sind.

Diese Voraussetzung gilt für alle Arten von Werkstücken, auch für Zahnräder. In einem typischen Produktionsprozess wird bei einem Zahnrad zunächst die Lagerbohrung oder ein Zentrierdurchmesser sowie eine benachbarte Planfläche durch Drehen oder Schleifen in einer Aufspannung erzeugt. Diese Flächen werden als Spann- und Anlageflächen benutzt, um dann die Verzahnung durch Fräsen, Schleifen oder Läppen herzustellen. Die erzielten Genauigkeiten dieser Bearbeitungen stehen immer in Abhängigkeit von den Genauigkeiten der zuvor erzeugten Referenzflächen.

### 2.2. Ausgangsform und Grundidee des RINGSPANN Systems

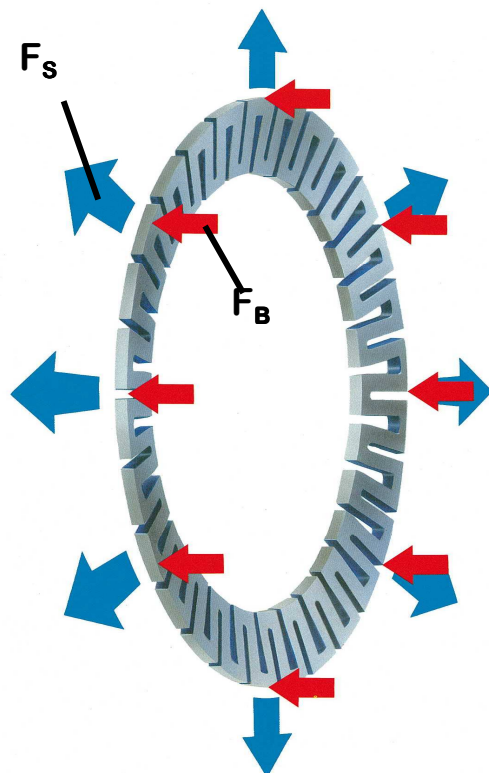


Bild 1 RINGSPANN Spannscheibe

Die RINGSPANN-Spannscheibe, ist ein flachkegeliger Ring aus gehärtetem Spezialfederstahl (siehe Bild 1). Die abwechselnd von innen und außen angebrachten Schlitze verleihen der Spannscheibe eine hohe Elastizität. Alle Flächen sind präzise auf speziell entwickelten Maschinen geschliffen. Die Spannscheibe wird einzeln oder als Paket, auch Scheibenblock genannt, mit leichter Vorspannung entweder auf einen Wellenzapfen (Dorn) geschoben oder in eine Bohrung (Futter) eingebracht. Die jeweils andere freie Zylinderfläche der Spannscheibe ist die Spannfläche.

Das Werkstück wird entweder mit seiner vorgearbeiteten Bohrung oder seinem vorgearbeiteten Außendurchmesser auf die Spannfläche gesetzt. Die Bilder 2.1 und 2.2 zeigen einen einfachen Spanndorn mit einem Scheibenblock.

Bei Einleitung der Betätigungskraft  $F_B$  entsteht eine Kippbewegung der Spannscheibe (siehe Bilder 3, 4 und 5). Die radiale Bewegung erzeugt das Spannen, mit der Spannkraft  $F_S$ , während die axiale Bewegung genutzt wird, um

das Werkstück durch die axial wirkenden Reibkräfte in der Spannfläche gegen eine axiale Anlagefläche zu pressen und damit planschlagfrei auszurichten.

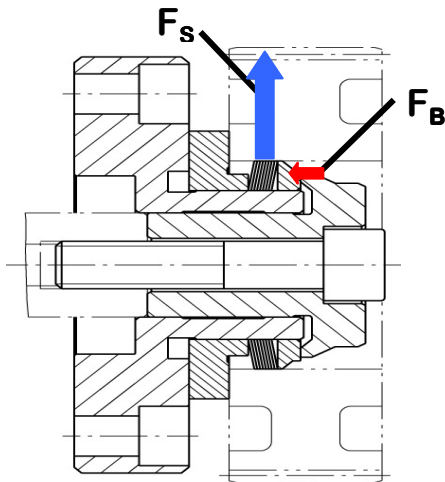


Bild 2.1 Spanndorn mit Scheibenblock

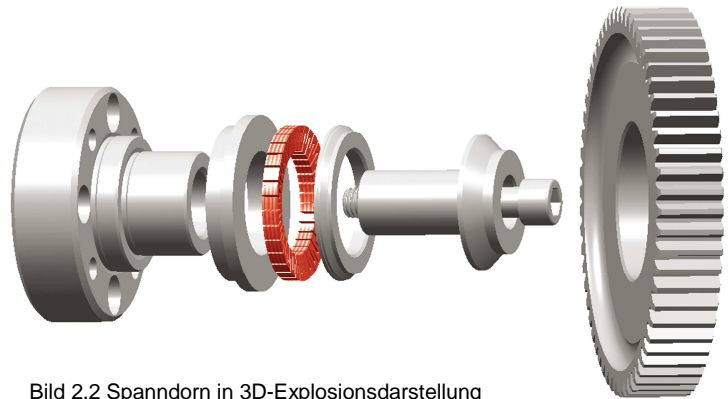


Bild 2.2 Spanndorn in 3D-Explosionsdarstellung

Die Veränderung des Durchmessers und der Plananzug bewirken das exakte Zentrieren und Ausrichten des Werkstücks, wobei die Spannbewegung am ganzen Umfang völlig gleichmäßig erfolgt. Diese einfache, konsequent umgesetzte Idee garantiert höchste Spanngenauigkeit ohne zeitaufwendiges Ausrichten.



Bild 3 Vergrößerung des Außendurchmessers

Die axial eingeleitete Betätigungskraft  $F_B$  (siehe Bild 1 und Bild 2.1) bewirkt eine elastische Veränderung des Kegelwinkels wie in Bild 5 dargestellt. Ist der Innendurchmesser der Spannscheibe auf einem Dorn abgestützt, vergrößert sich der Außendurchmesser (siehe Bild 3 und Bild 5), um den radialen Spannhub. Ist dagegen der Außendurchmesser der Spannscheibe abgestützt, verkleinert sich der Innendurchmesser. In Bild 4 ist zu erkennen, wie durch die Schwenkbewegung der Plananzug erzeugt wird.



Bild 4 Plananzug

Das Wirkprinzip der RINGSPANN-Präzisions-Spannzeuge besteht in einem abgewandelten Kniehebeleffekt, wie schematisch in Bild 5 gezeigt. Die eingeleitete Betätigungskraft  $F_B$  wird reibungsfrei in eine 5 bis 10 mal so hohe radiale Spannkraft  $F_S$  umgesetzt, die das Werkstück sicher spannt.

Tritt ein gleichmäßiger Verschleiß im Spanndurchmesser der Spannscheibe ein, so erhöht sich das übertragbare Moment bei gleichbleibender Betätigungskraft dadurch, dass die Spannscheibe sich zur Spannung des Werkstücks weiter aufrichten muss.

Auch schwierige Aufgaben, wie das Spannen in kurzen Zentrierungen oder das Spannen dünnwandiger, verformungsempfindlicher Werkstücke lassen sich mit dem Wirkprinzip der RINGSPANN-Präzisions-Spannzeuge schnell und zuverlässig lösen.

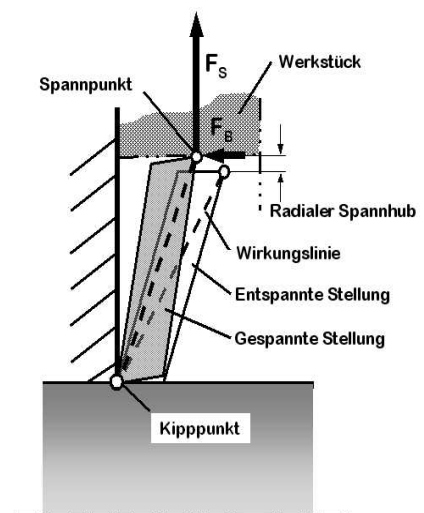


Bild 5 Wirkprinzip des Kniehebel Effektes



### 2.3. Abwandlungen und Weiterentwicklungen der RINGSPANN-Spannscheibe

Aufgrund unterschiedlicher Werkstücke, Bearbeitungsverfahren und Maschinengegebenheiten wurden ausgehend von der RINGSPANN-Spannscheibe mehrere Typen von kompakten Spannkörpern entwickelt, die alle nach dem zuvor beschriebenen Wirkprinzip arbeiten. Es handelt sich dabei um folgende Spannkörper (siehe auch Bild 6):

- Scheiben-Spannkörper, Nr. 3
- Flachdorn-Spannkörper, Nr. 4
- Flachfutter-Spannkörper, Nr. 5
- Korbfutter-Spannkörper
- Membran-Spannkörper

Die unterschiedlichen Spannkörper (siehe Bild 6) bieten vielfältige Möglichkeiten für die Konstruktion kompletter Spanndorne und Spannfutter.

Mit dem RINGSPANN-Scheibenblock sind bei Dornspannzeugen maximale Spanndurchmesser bis 200 mm, und bei Futterspannzeugen bis 170 mm möglich.

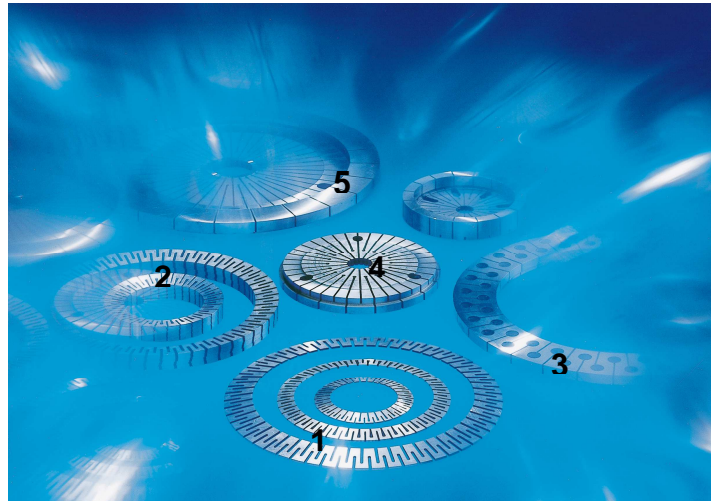


Bild 6 Auswahl von RINGSPANN Spannkörpern  
1: Spannscheiben, 2: Scheibenblöcke

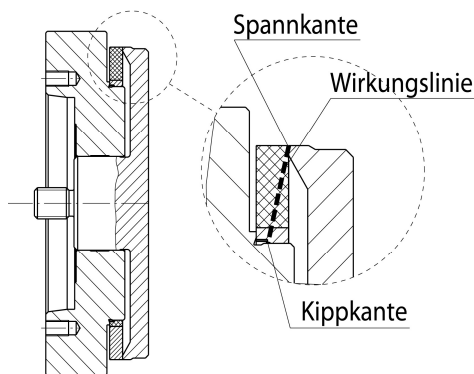


Bild 7 Scheibenspannzeug

Für Spanndurchmesser bis 450 mm bei Dornen und 550 mm bei Futtern kommen Scheibenspannkörper (siehe Bild 6, Nr. 3) zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um eine ebene Scheibe, die auch abwechselnd von aussen und innen geschlitzt ist. Der Kniehebel-effekt wird jedoch durch den axialen Versatz zwischen Stütz- und Spannkante erreicht, wie aus dem Detail in Bild 7 hervorgeht. Die Wirkungslinie, gestrichelt, verläuft ebenso wie bei den normalen RING-SPANN Scheiben unter einem bestimmten Winkel von innen nach aussen. Die Spannbetätigung erfolgt identisch wie bei den kleineren Spannscheiben.

Eine weitere Variante sind die Flachdorn Spannzeuge (Bild 6, Nr. 4 und Bild 8). Diese zeichnen sich durch eine sehr kurze Baulänge und hohe Steifigkeit aus. Sie werden katalogmäßig für Spanndurchmesser bis zu 490 mm gebaut. Auch diese sind abwechselnd von aussen und innen geschlitzt. Die Wirkungslinie des Kniehebelprinzips verläuft ähnlich wie zuvor beschrieben (siehe Detail in Bild 8). Allerdings wird die Betätigungskraft bei Flachdornen nicht unmittelbar im Spannbereich aufgebracht, sondern zentral, weit im Inneren durch einen Druckbolzen. Das dadurch entstehende Kippmoment, erzeugt durch die radialen Stege als Hebel, richtet die Wirkungslinie am Spanndornkopf auf, und der Spannvorgang erfolgt.

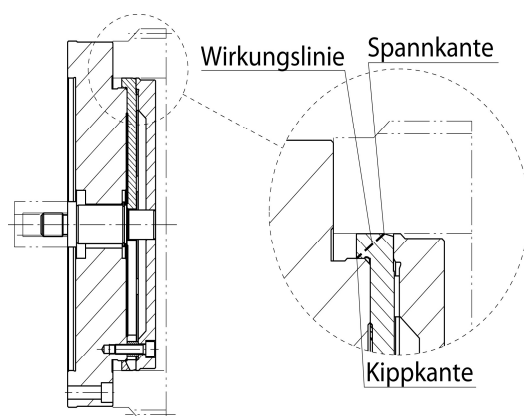


Bild 8 Flachdornspannzeug

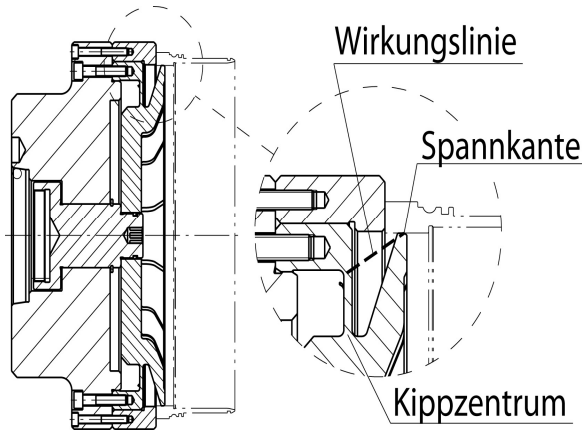


Bild 9 Membranspannzeug

Insbesondere für große Laufräder von Flugtriebwerken wurden Membranspannzeuge bis zu Durchmessern von 1200 mm entwickelt und oft gebaut. Prinzipiell arbeiten sie ebenso wie die zuvor beschriebenen Spannzeuge. Der Spannvorgang wird ebenso durch Schwenken der Wirkungslinie erzeugt (siehe Bild 9, Detail). Dabei befindet sich der Drehpunkt des inneren Endes der Wirkungslinie in der elastischen Zone der Membrane. Der Spannkörper ist nur vom Innenrand her geschlitzt. Die Verformbarkeit ist durch das elastische Gelenk der Membrane möglich. Dadurch ist aber eine sehr große radiale Steifigkeit gegeben, um die hohe Spanngenauigkeit sicherzustellen. Die Betätigungskraft wird durch einen zentralen Druckbolzen erzeugt.

### 3. Eigenschaften und Vorteile von RINGSPANN-Spannzeugen

- **Hohe Spanngenauigkeit**

Es sind problemlos Rundlaufgenauigkeit von unter 0,01 mm bis zu einem Spanndurchmesser von 300 mm erreichbar, darüber von 0,02 mm.

- **Zentrieren und Ausrichten**

Die Werkstücke werden beim Spannvorgang zentriert, gegen die planschlagfreie Anlagefläche gezogen und hierdurch ausgerichtet.

- **Kurze Spannweiten**

Das RINGSPANN-Wirkprinzip erlaubt kurze Spannweiten bei hoher Drehmomentübertragung.

- **Kurzbauende Vorrichtungen**

Mit RINGSPANN-Spannzeugen werden geringe Spindelüberhänge und damit hohe Spindelsteifigkeiten erzielt.

- **Kein Verspannen**

RINGSPANN-Spannzeuge erfassen beim Spannen den gesamten Umfang des Werkstücks. Eine unrunde Verformung des Werkstücks ist ausgeschlossen. Daher kann fester gespannt werden und eine höhere Zerspanungsleistung ermöglicht.

- **Hohe Lebensdauer bei geringer Wartung**

Beim Spannvorgang ist das Gleiten von Funktionsteilen auf ein Minimum beschränkt; es erfolgt lediglich ein Schwenken um die ringförmigen Kippkanten. Deshalb ist es nicht notwendig, dass diese Spannzeuge geschmiert werden müssen. Die anfängliche Genauigkeit des Spannzeugs bleibt über lange Zeit erhalten.

- **Unempfindlich gegen Verschmutzung**

Schlitze und Öffnungen werden durch lang erprobte, elastische Füllstoffe aus der Luftfahrtindustrie verschlossen. Die Spannzeuge lassen sich mühelos reinigen.

- **Wartungsfreundlichkeit**

Problemloser Austausch der Spannscheiben oder Spannkörper innerhalb weniger Minuten reduzieren die Stillstandszeiten und die damit verbundenen Kosten.



## 4. Typische Anwendungsbeispiele für das Spannen von Zahnrädern

Im folgenden sollen vier typische Beispiele zum Spannen von Zahnrädern mit RINGSPANN-Präzisions-Spannzeugen beschrieben werden:

### 4.1. Spanndorn für die Geräuschprüfung von Zahnrädern in Fahrzeuggetrieben

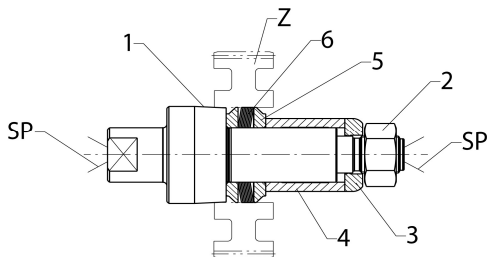


Bild 12 Spanndorn für die Geräuschprüfung von Zahnrädern

Bild 12 zeigt eine seit vielen Jahren bewährte Konstruktion. Es ist ein Scheibenblock-Spanndorn für die Geräuschprüfung und Abwälzprüfung von Zahnrädern (Z). Eine große Zahl solcher Dorne zur Prüfung unterschiedlichster Zahnradgrößen zwischen Spitzen (SP) wurden in den vergangenen 50 Jahren gebaut.

Die Zahnräder werden durch Plananzug auf den flachen Kegel (1) gezogen, vorzentriert und ausgerichtet. Spannung und Entspannung erfolgen von Hand über die Sechskantmutter (2). Diese drückt auf den Pendelring (3), der sicherstellt, dass die Krafteinleitung zentrisch erfolgt. Der Pendelring (3) schiebt dann die lange Führungsbüchse (4) nach links. Dadurch wird über den Druckring (5) der Scheibenblock (6) betätigt. Die Konstruktion gewährleistet eine Rundlaufgenauigkeit  $\leq 0,01$  mm über eine sehr lange Benutzungszeit.

### 4.2. Spanndorn zum Fräsen von LKW-Tellerrädern

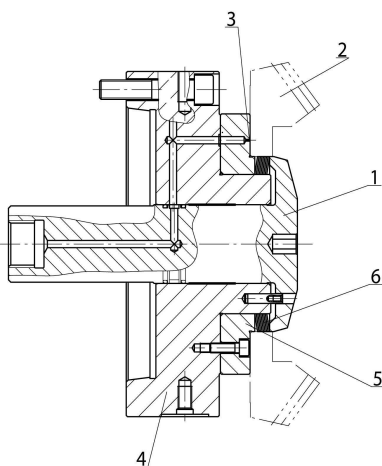


Bild 13.1 Spanndorn zum Fräsen von LKW Tellerrädern

1, Aufnahme 4, Druckring 5 und Scheibenblock 6 kann in kurzer Zeit das Spannzeug zur Bearbeitung von anderen Telleradtypen umgerüstet werden.

Der Scheibenblock-Spanndorn wird durch eine automatische Werkstück-Zuführeinheit bestückt. Damit es zu keiner Kollision kommt, hat die Pilzbüchse 1 eine große Einführfase. Durch ein zusätzliches Einführspiel am Spanndurchmesser des Dornes von ca. 0,2 mm wird die Bestückung zusätzlich erleichtert. Beim Spannvorgang wird das Tellerrad 2 ausgerichtet, zur Plananlage gebracht und gespannt. Die erreichte Rund- und Planlaufgenauigkeit beträgt 0,01 mm. Die exakte Plananlage wird durch eine Luftanlagekontrolle 3 überwacht. Durch Tausch der Wechsellagersätze bestehend aus Pilzbüchse



Bild 13.2 Spanndorn zum Fräsen von LKW Tellerrädern



### 4.3. Spanndorn zum Läppen und Prüfen von PKW-Tellerrädern

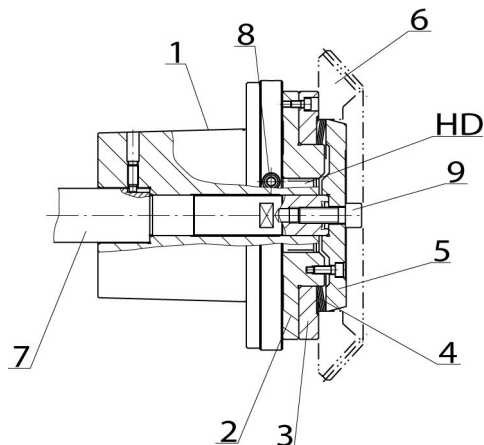


Bild 14.1 Spanndorn zum Läppen und Prüfen von PKW Tellerrädern

In der Maschinenspindel der Läpp- und Prüfmaschine ist die Grundaufnahme 1, ein Hydro-Dehnhülsen-Spanndorn HD [7], dauerhaft eingesetzt. Er zentriert und spannt die verschiedenen Wechselspannsätze, die aus Aufnahmeflansch 2, Anlagering 3, Scheibenblock 4 und Pilzdeckel 5 bestehen. Die Krafteinleitung zum Spannen des Tellerrades 6 erfolgt durch die Maschinenzugstange 7. Der Pilzdeckel 5 betätigt dabei den Scheibenblock 4, der das Tellerrad 6 zentriert, durch Plananzug ausrichtet und spannt. Es wird eine Plan- und Rundlaufgenauigkeit des Gesamtsystems kleiner als 0,006 mm erreicht. Durch das Lösen der radialen Spannschraube 8 der Grundaufnahme 1 des Hydro-Dehnhülsen-Spanndorn HD und der zentralen Schraube 9 des Pilzdeckels kann der komplette Wechselspannsatz entfernt und ein anderer eingesetzt werden. Dieser Vorgang erfolgt in wenigen Minuten. Das System eignet sich somit auch für die wirtschaftliche Fertigung kleiner Lose.

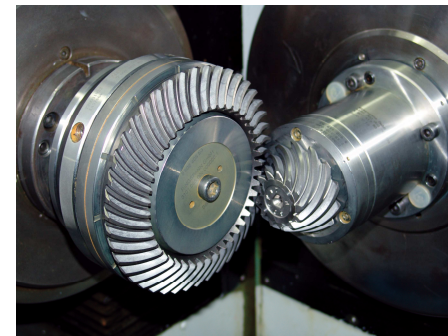


Bild 14.2 Spanndorn zum Läppen und Prüfen von PKW Tellerrädern

### 4.4. Spanndorn zum Schleifen der Schrägverzahnungen von PKW-Stirnrädern

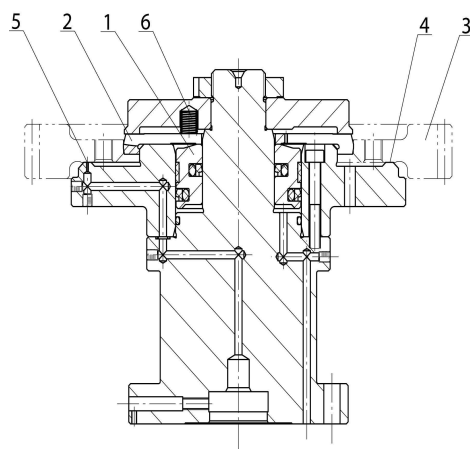


Bild 15.1 Spanndorn zum Schleifen von PKW Tellerrädern

Dieser Spanndorn besitzt einen Flachdorn-Spannkörper (siehe Kapitel 2.3.). Die Spannfläche des Stirnrades ist sehr kurz. Die Betätigung erfolgt hydraulisch von der Maschinenspindel her. Dabei wird der Kolben 1 gegen den Spannkörper 2 des Flachdorns gedrückt und betätigt diesen. Das Stirnrad 3 wird dabei zentriert, durch Plananzug gegen die Anlage 4 gedrückt, und gespannt. Der korrekte Sitz des Stirnrads wird durch die Luftanlagekontrolle 5 überprüft. Durch eine vertikal in die Zentrierbohrung des Grundkörpers einführbare Pinole wird das Spannsystem zusätzlich zentriert und stabilisiert.

Durch Wegnahme des Hydraulikdrucks entspannt das System. Mehrere Druckfedern 6 im Deckel helfen dabei, gegen die Reibkraft der Dichtungen den Kolben 1 zurückzuschieben.

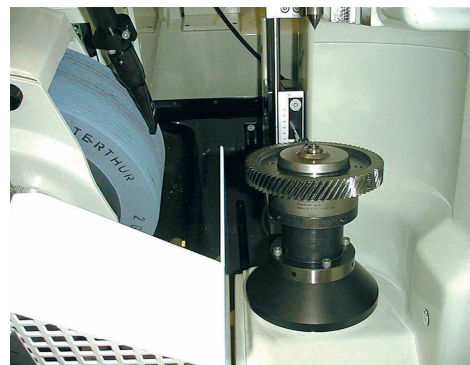


Bild 15.2 Spanndorn zum Schleifen von PKW Tellerrädern



## 5. Erfolgreiche Anwendungsbeispiele von Spannzeugen für Getriebekomponenten von Windenergie-Anlagen

### 5.1. Zwei Flachdorn-Spannzeuge als Zentriereinsätze zum Fräsen der Verzahnungen an einer Windgenerator-Hohlwelle

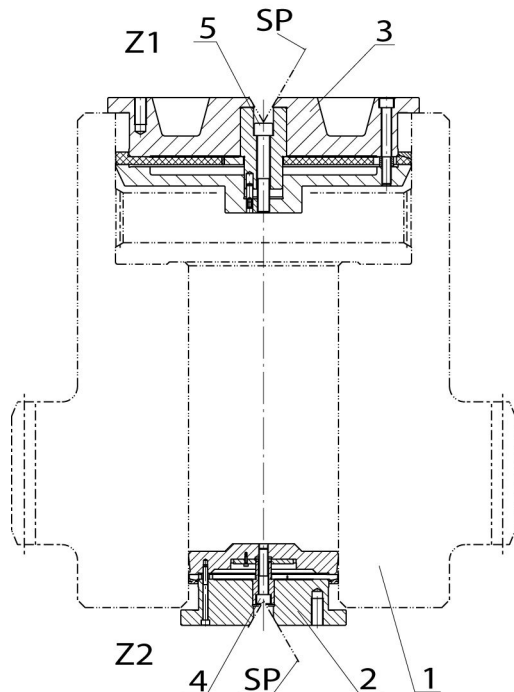


Bild 16 Flachdorn-Spannzeuge als Zentriereinsätze einer Hohlwelle

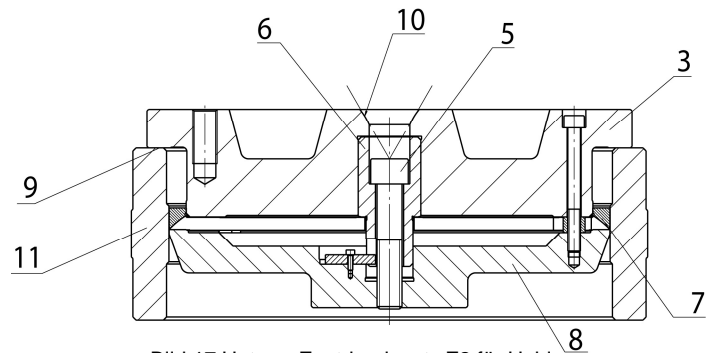


Bild 17 Unterer Zentriereinsatz Z2 für Hohlwelle nach Bild 16

Die Hohlwelle 1 hat an beiden Enden vorgefertigte Aufnahmebohrungen von 195,0 mm und 384,5 mm Durchmesser mit benachbarten Planflächen (siehe Bild 16). In diese Aufnahmebohrungen werden Flachdorn-Zentriereinsätze Z1 und Z2 mit großen Einführfasen gesteckt, und dann von Hand über die Innensechskant-Schrauben 4 und 5 gespannt.

Bild 17 zeigt vergrößert den unteren Flachdorn-Zentriereinsatz Z2. Hierin ist der eigentliche Spannkörper 7, die Betätigung - bestehend aus der Innensechskant-Schraube 5 und der Druckhülse 6 - und die unten liegende Abdeckscheibe (Deckel) 8 mit Einführfase, gut zu erkennen. Die Innensechskant-Schraube 5 bewegt beim Anziehen die Druckhülse 6 nach unten und schwenkt die Stege des Flachdorn-Spannkörpers 7. Dadurch kippt die Wirkungslinie gemäß 2.3. in die Spannposition. Für Zentriereinsatz Z1 gilt: Bei einem Anzugsmoment der Schraube von 75 Nm beträgt das übertragbare Bearbeitungsmoment 5.800 Nm. Die Flachdorn-Spannkörper zentrieren die Einsätze und erzeugen gleichzeitig einen Plananzug gegen die Anlagefläche. Der Aufbau und die Funktion des unteren Zentriereinsatzes Z2 ist identisch wie zuvor beschrieben.

Die Plananlagefläche 9 befindet sich am Bund des Grundkörpers 3, der auch die Zentrierbohrung 10 enthält. Die Genauigkeit der Zentrierbohrung 10 im Verhältnis zum Stützdurchmesser des Spannkörpers 7 und der Plananlagefläche 9 ist von ausschlaggebender Bedeutung. Links in Bild 17 ist der Kontrollring 11 eingezeichnet, mit dem immer wieder die Spanngenauigkeit des Zentriereinsatzes geprüft wird.

Die nach dem Spannen entstandene Einheit von Hohlwelle 1 und Zentriereinsätze Z1 und Z2 wird in der Verzahnungsmaschine zwischen Zentrierspitzen gesetzt und die Verzahnungsarbeiten können ohne weitere Ausrichtung des Werkstückes bei sehr kurzer Rüstzeit beginnen. Nach abgeschlossener Bearbeitung werden die Verzahnungen zu den Spannflächen (Bohrungen und Planflächen der Hohlwelle 1) die geforderte Rund- und Planlaufgenauigkeit von höchstens 0,02 mm haben.

Für jeden Hohlwellentyp existieren zwei Spannsätze. Während der Bearbeitung der einen Hohlwelle wird die nächste mit den Spannsätzen ausgerüstet und die Stillstandszeit der Maschine minimiert.





## 5.2. Flachdorn-Spannzeug für Windgenerator Getriebeglocke zum Fräsen der Verzahnungen

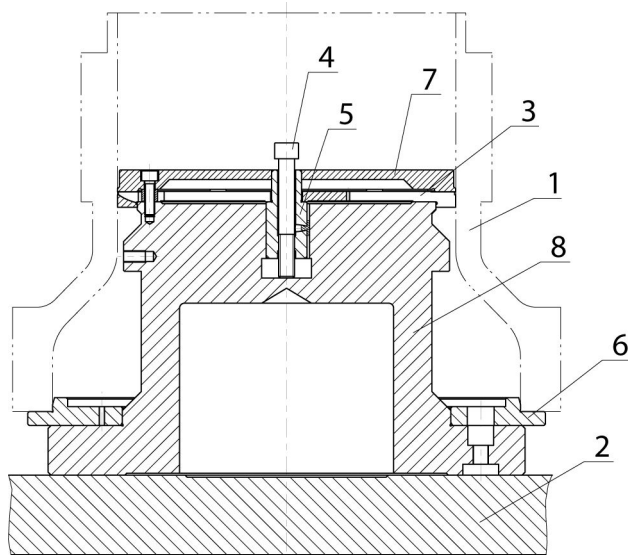


Bild 18 Flachdorn-Spannzeug auf Maschinentisch für Getriebeglocke

gen die ebene Anlageplatte 6 gedrückt und plan ausgerichtet. Bei einem Anzugsdrehmoment der Schraube von 40 Nm beträgt das übertragbare Drehmoment 2.800 Nm.

Für Varianten der Getriebeglocke in einem bestimmten Abmessungsbereich der Spannbohrung und der Länge kann durch einfaches Wechseln des Spannkörpers 3 mit Deckel 7 und der Anlageplatte 6 in kurzer Zeit auf ein anderes Werkstück umgerüstet werden. Der Grundkörper 8 verbleibt in seiner ausgerichteten Position auf dem Maschinentisch.

Die Bilder 18 und 19 zeigen einen anderen Typ von Flachdorn-Spannzeug (Spanndurchmesser 340 mm). Es wird eine ähnliche Aufgabe erfüllt, wie zuvor in Kapitel 5.1 beschrieben, Hier wird eine Getriebeglocke 1 auf einem Spannzeug bearbeitet, das fest auf dem Maschinentisch 2 angeschraubt ist und mit nur einem Flachdorn-Spannkörper 3 auskommt.

Die Betätigung erfolgt auch hier manuell durch eine Innensechskant-Schraube 4, die den Druckbolzen nach oben bewegt und die Stege des Flachdorn-Spannkörper 3 schwenkt. Dadurch kippt die Wirkungslinie gemäß 2.3. in die Spannposition, gleichzeitig wird die Getriebeglocke 1 ge-

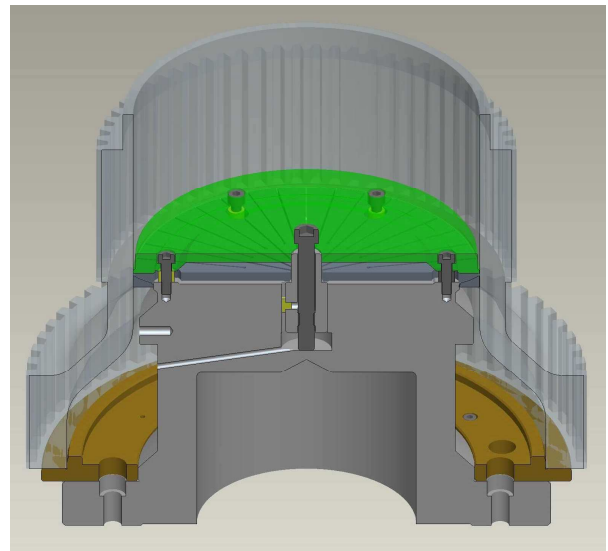


Bild 19 Flachdorn-Spannzeug für Getriebeglocke in 3 D Darstellungen



### 5.3. Flachdorn-Spannzeug für großes Ritzel von Windgenerator-Planetengetriebe

Getriebe für Windenergie-Anlagen werden heute serienmäßig bereits bis zu Leistungen von 5 MW gebaut (geplant von ENERCON sogar bis 7,5 MW). Aufgrund der niedrigen Rotor-drehzahl müssen die Getriebe ins Schnelle übersetzen, um klein bauende, leichte und kostengünstige Generatoren zu ermöglichen. Diese Drehzahlerhöhung lässt sich getriebetechnisch am besten durch ein- oder mehrstufige Planetengetriebe realisieren, an die sich oft noch normale Stirnradstufen anschließen.

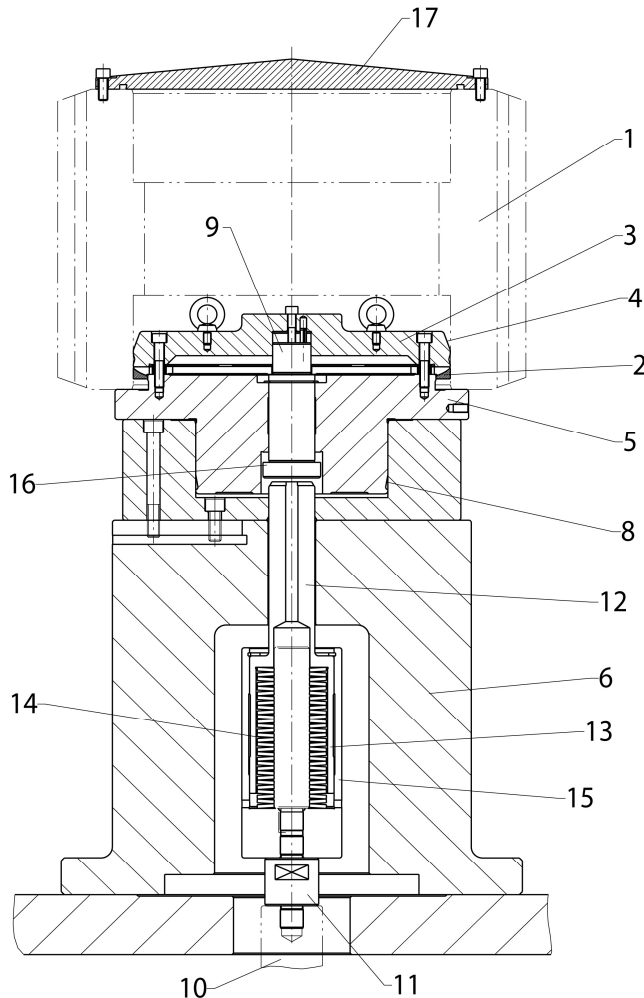


Bild 20 Flachdorn-Spannzeug mit Hydrodehnspannfutter zum Fräsen eines großen Planetenritzels, kraftbetätigt

Für dieses Planetenritzel 1 wurde ein sehr komplex aufgebautes Spannzeug entwickelt und hergestellt (siehe Bilder 20 und 21). Das zentrale Spannzeug ist wie in beiden Beispielen zuvor ein RING-SPANN-Flachdorn-Spannzeug (siehe Kapitel 2.3). Der Flachdorn-Spannkörper 2 sitzt, gehalten von dem massiven Deckel 3 mit großer Einführfase 4 zum Beschicken auf dem Grundkörper 5. Dieser Grundkörper 5 ist in einem hochpräzises Hydro-Dehnhülsen-Spannfutter HF mit Axial-Rückzug fest eingespannt. Das Hydro-Dehnhülsen-Spannfutter HF seinerseits befindet sich auf dem massivem Spannzeugträger 6, der auf dem Maschinentisch 7 angeordnet ist.

Für die genannten Leistungen sind die Planetengetriebe sehr groß und stellen an die Getriebebauer erhebliche Anforderungen. Um große Leistungsdichte bei hohem Wirkungsgrad und Geräuscharmum sicherzustellen, müssen die Getriebeteile größte Steifigkeiten und hohe Genauigkeiten, besonders in der Verzahnungsgeometrie, haben. Für ein solches Getriebe wurden Planetenritzel 1 (Beispiel siehe Bild 20) konstruiert, die einen Kopfkreisdurchmesser von 540 mm, eine Verzahnungsbreite von 300 mm und ein Gewicht von ca. 300 kg haben. Dabei hat die Bohrung zur Aufnahme der Wälzlager einen Durchmesser von 360 mm und ist die Spannfläche für den Verzahnungsvorgang.

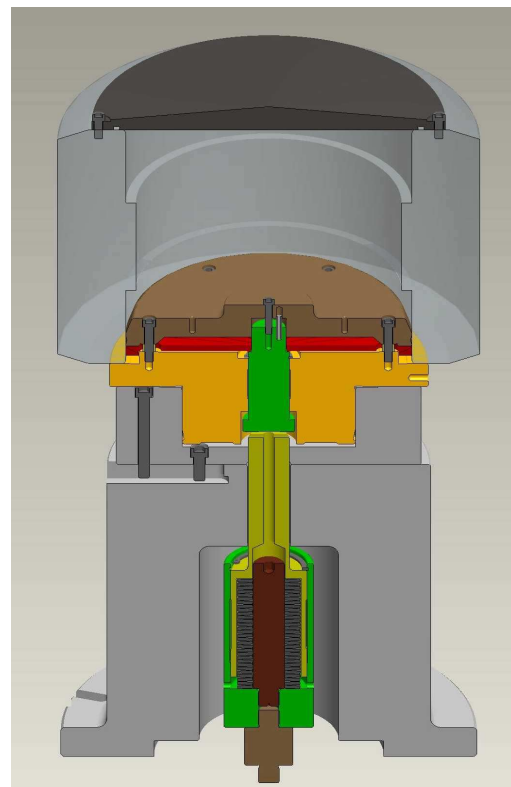


Bild 21 Flachdorn-Spannzeug mit Hydrodehnspannfutter zum Fräsen eines großen Planetenritzels, kraftbetätigt  
3 D Darstellung



Durch die Zwischenschaltung des Hydro-Dehnhülsen-Spannfutters HF ist es leicht möglich, in kürzester Zeit auf ein anderes RINGSPANN-Flachdorn-Spannzeug für ein neues Werkstück umzurüsten. Das Hydro-Dehnhülsen-Spannfutters HF wird ganz einfach radial durch einen Innensechskant-Schlüssel betätigt. Die Spanngenaugigkeit liegt unter 0,005 mm, allerdings ist der Spannbereich dieser Futter sehr klein und würde bei den gegebenen Werkstücktoleranzen nicht für die normale Spannbetätigung des Planetenritzel 1 ausreichen. Zu beachten ist, dass der Grundkörper 5 des Flachdorn-Spannzeuges im unteren Bereich eine genormte Einführkontur 8 besitzt. Dadurch wird das Einführen bei den engen Toleranzen erheblich erleichtert.

Die Betätigung des Spannzeuges erfolgt über den im Grundkörper 5 geführten Druckbolzen 9, der unbetätigt durch sein Eigengewicht in der unteren Position auf dem Sicherungsring aufliegt. Die maschinenseitige Kraftbetätigungs-Einrichtung 10 ist an den unteren Gewindepapfen 11 geschraubt. Die sich hieran anschließende Betätigungsstange 12 enthält einen Kraftbegrenzer 13. Dieser besteht aus einer langen Telerfeder-Säule 14 in einem Führungsrohr 15. Die Federvorspannung ist so eingestellt, dass die Betätigungskraft für den Flachdorn-Spannkörper 2 zwischen 16.000 N und 30.000 N liegt. Diese unterschiedlichen Kräfte resultieren aus den unterschiedlichen Hubbewegungen des Druckbolzens 9 in Abhängigkeit von den Werkstücktoleranzen. In jedem Fall kann aber der Druckbolzen 9 durch den unteren Anschlagbund 16 nur einen Hub nach oben von 12,5 mm machen. Bei der minimalen Spannkraft von 16.000 N ist das übertragbare Drehmoment 2.400 Nm.

Das Spannzeug wird durch einen Dichtdeckel 17 vor dem Kühl-Schmiermittel geschützt, wie in Bild 20 und 21 zu erkennen ist. Dieser Dichtdeckel sitzt mit einem Dichtring in einfachster Form in der Bohrung für das Wälzlager und verschließt den Innenbereich hermetisch.

Durch die effiziente Konstruktion dieses Spannzeuges ist es nicht erforderlich, zentral von oben noch eine Gegenhalterung nach dem Spannen aufzusetzen, wie es in anderen, älteren Konstruktionen der Fall ist. Das war aufwendiger in der Bedienung und maschinenseitig kostenintensiver. Auch die Abdichtung war komplizierter als vorstehend beschrieben.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Anforderungen an die Präzision von Teilen für Industriegetriebe, besonders deren Zahnräder ist in den vergangenen Jahren immer höher geworden. Gleichzeitig mussten die Herstellkosten gesenkt werden. Diese Forderungen waren nur durch Einsatz hoch entwickelter Werkzeugmaschinen, Spannzeuge und Werkzeuge realisierbar. Die benötigten innovative Spannzeuge sind dabei das unverzichtbare „Interface“ zwischen Maschine und Werkstück.

In diesem Beitrag wurde deshalb ausführlich das für diese Aufgaben seit langem bewährte Wirkprinzip der RINGSPANN-Präzisions-Spannzeuge erläutert. Zuerst wurden die Funktion, die Eigenschaften und Vorteile und anschließend die verschiedenen Bauformen beschrieben. Des weiteren wurden erfolgreich im Einsatz befindliche Spanngeräte für die Herstellung und Prüfung unterschiedlicher Zahnräder dargestellt. Da beim Verzahnen – Fräsen, Schleifen, Läppen und Prüfen - vorwiegend in Bohrungen gespannt wird, sind nur so genannte Dornspannzeuge behandelt worden. Für alle Wirkprinzipien bietet RINGSPANN auch Futter-spannzeuge an.

In einem abschließenden Kapitel wurden drei Beispiele für das Spannen von Getriebekomponenten von Windenergie-Anlagen insbesondere großer Zahnräder für Planetengetriebe beschrieben. Diese Getriebe haben in den letzten Jahren wegen des Boomes erneuerbarer Energien erhebliche Bedeutung erlangt und werden mittlerweile in größeren Stückzahlen gefertigt. RINGSPANN hat bereits vorausschauend die Präzisions-Spanntechnik für Werkstücke bis Spanndurchmesser 1.200 mm und sehr hohen Eigengewichten entwickelt.



## 7. Literaturverzeichnis

- [1] R. Maurer, B. Mayer, Dr. K. Timtner: Präzisionsspanngeräte für die Automobilindustrie, Sonderdruck aus „Automobil-Industrie“, download: [www.ringspann.com](http://www.ringspann.com), Service
- [2] R. Maurer, B. Mayer, Dr. K. Timtner: Precision Clamping Fixtures for the automotive industry , Reprint „Automobil-Industrie“, download: [www.ringspann.com](http://www.ringspann.com), Service
- [3] Katalog 10, der RINGSPANN GmbH, Bad Homburg, PRÄZISIONS-SPANNTECHNIK MIT SYSTEM“, Ausgabe 02/93
- [4] Katalog 13, der RINGSPANN GmbH, Bad Homburg, „PRÄZISIONS-SPANNZEUGE“, Ausgabe 10/94
- [5] Katalog 14, „PRÄZISIONS-SPANNZEUGE SELBST KONSTRUIEREN UND BAUEN“ der RINGSPANN GmbH, Bad Homburg“, Ausgabe 30.05/00
- [6] Katalog 10, der RINGSPANN GmbH, Bad Homburg, „Intelligente Lösungen in der Spanntechnik“, Ausgabe 06/10
- [7] Katalog „Hydro-Dehnspanntechnik“ der SCHUNCK GmbH & Co. KG, Lauffen/Neckar
- [8] Volker Schlautmann: Bausteine für den Konstrukteur, Der Zuliefermarkt
- [9] Mike Richardson: The ring of confidence, Aerospace manufacturing, 24/9/2009
- [10] Dr. K. Timtner: Hausinterne Präsentationen über Spannzeug-Konstruktionen und Anwendungen