

WITTENSTEIN AG, Igersheim

Mit dem Hermes Award 2015 wurde die Wittenstein AG für eine völlig neue Getriebegattung ausgezeichnet, das Antriebssystem Galaxie. Das Getriebe bildet zusammen mit einem neu entwickelten Hochleistungsmotor eine hochkompakte Hohlwellen-Antriebseinheit mit Industrie-4.0-Konnektivität. Der Clou: Beim Galaxie-Antriebssystem verzichtet erstmals ein Getriebe auf ein Zahnrad.

Bislang basieren alle mechanischen Getriebe auf Zahnrädern. Die Ingenieure der Wittenstein AG in Igersheim sagten „Nein, das muss nicht so sein“. Ihre Idee: Primär benötigt man nur dynamisierte Einzelzähne mit hydrodynamischem, vollflächigem Zahneingriff (Abb. 2.1). Und dann die Sensation: Die neue Getriebegattung und das daraus entwickelte Galaxie-Antriebssystem sind in sämtlichen technischen Disziplinen besser als alles bislang Dagewesene.

Seit mehr als zwei Jahren ist der völlig neuartige Antrieb von Wittenstein bei Lead-Kunden des Unternehmens im Einsatz und sorgt dort für Produktivitäts- und Qualitätssteigerungen von teilweise 100% und mehr. Wie das möglich ist, erklärt der Erfinder Thomas Bayer, Leiter Generierungsprozess bei der Wittenstein AG, mit den Eigenschaften des Galaxie-Antriebes im Vergleich zu den bekannten Planeten-, Zykloid-, Exzenter- und Harmonic-Drive-Getriebe-Prinzipien: „Diese neue Getriebegattung ist in allen wichtigen technischen Disziplinen um Faktoren besser und das können wir beweisen.“

Abb. 2.1 Neues Getriebeprinzip mit dynamisierten Einzelzähnen und hydrodynamischem, vollflächigem Zahneingriff



2.1 Aufbau der neuen Getriebegattung

Das Hohlrad des Getriebes ist Teil des Gehäuses, die Eingangswelle ist mit dem Polygon und der Abtriebsflansch mit dem Zahnträger verbunden. Das Polygon verschiebt über ein Nadellager mit segmentiertem Außenring die Einzelzähne in die Innenverzahnung. Betrachtet man nur einen einzigen Zahn, so erkennt man leicht, dass der Zahn bei der radialen Verschiebung auf die Flanke der Innenverzahnung gleitet und den Zahnträger entgegen der Drehrichtung des Polygons verdreht. Die Übersetzung des Getriebes errechnet sich aus dem Verhältnis der Zähnezahlen von Hohlrad und Polygonzahl. Bei 50 Zähnen im Hohlrad ergibt sich bei einer Polygonzahl von 2 eine Übersetzung von 24, beim 3er-Polygon und 51 Zähnen im Hohlrad eine Übersetzung von 16 (Abb. 2.2). In Verbindung mit einer Vorstufe mit $i=3$ bis 10 kann ein Übersetzungsbereich von 16 bis 240 abgedeckt werden. Insbesondere kleine Übersetzungen unter 50 bieten Maschinenkonstrukteuren ganz neue Optionen, da dieser Bereich mit den anderen Präzisionsgetriebebauarten nicht abgedeckt werden kann. Das neue Getriebe lässt sich mit acht Eigenschaften charakterisieren, die im Folgenden ausgeführt werden.

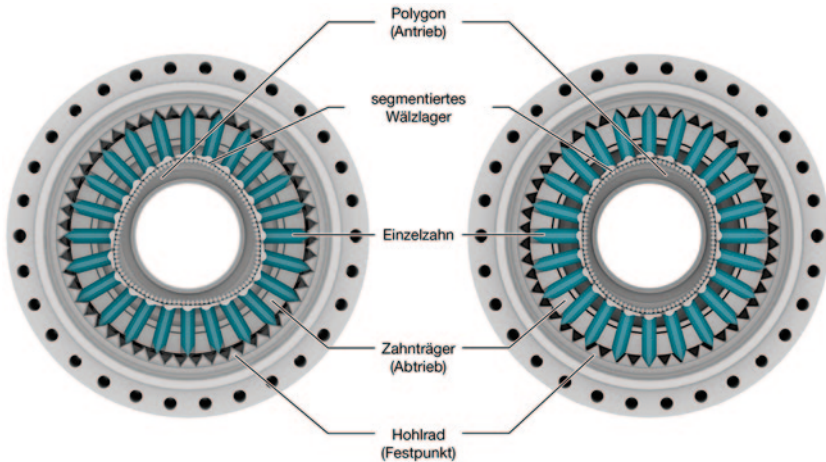


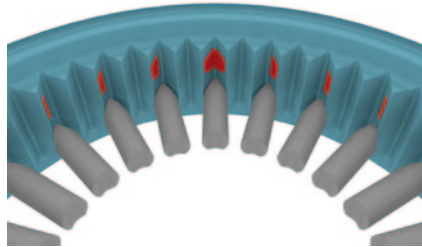
Abb. 2.2 Beim Galaxie-Getriebe erfolgt die Drehmomentwandlung über dynamisierte Einzelzähne, die um ein 2er- oder 3er-Antriebspolygon mit Nadellagerung herum gruppiert sind und entlang der Innenverzahnung des Hohlrades geführt werden. Dieses Prinzip führt dazu, dass fast alle Zähne gleichzeitig am Zahneingriff beteiligt sind – im Gegensatz zu einigen wenigen bei anderen Getriebeausführungen

2.1.1 Tragfähigkeit um Faktor 3 erhöht

Vollflächiger Zahneingriff Getriebe auf Basis der Zykloide oder Evolvente haben entweder Linien- oder Punktberührung im Zahnkontakt. Durch die Belastung entsteht zwar eine kleine Druckellipse, aber man ist noch weit von einer echten Fläche entfernt. Wesentliches Merkmal des Galaxie-Antriebes ist die Abkehr von einer Verzahnung mit einem Wälzpunkt hin zu einer Verzahnung mit einem echten Flächenkontakt (Abb. 2.3). Die Zähne gleiten oszillierend mit ihrer Fläche in die Innenverzahnung hinein und heraus.

Adaptiver Zahneingriff Die „dynamisierten Zähne“ verfügen über einen zusätzlichen Freiheitsgrad um ihre eigene Achse. Sie können sich bei elastischen Verformungen immer in die ideale Position drehen und nehmen so für das Kräftegleichgewicht adaptiv die Position mit einer optimalen Druckverteilung im Zahnkontakt ein.

Abb. 2.3 Adaptiver, vollflächiger Zahneingriff: Die Einzelzähne können sich im Zahnträger verdrehen und automatisch dem Zahnkontakt ideal anpassen



2.1.2 Drehsteifigkeit um bis zu Faktor 5,8 erhöht

Vielfacher Zahneingriff Die Kinematik des Galaxie-Systems ist so entwickelt worden, dass von den 24 Einzelzähnen fast alle an der Drehmomentübertragung und Steifigkeitsbildung beteiligt sind. Das ist einzigartig. Zwischen dem Zahnträger und der Innenverzahnung des Hohlrades ist ein minimaler Spalt von wenigen zehntel Millimetern. Durch den extrem kurzen Abstand und den flächigen Zahneingriff gibt es praktisch keine Biegelänge mehr, wie man das von herkömmlichen Zahnrädern kennt. Mittels FEM wurden die tragenden Flächen eines schräg verzahnten Planetengetriebes mit denen des Galaxie-Systems gleichen Hohlraddurchmessers verglichen. Das neue Getriebe erreicht 6,5-mal mehr tragende Zahnfläche und vielfach geringere Flächenpressungen im Zahnkontakt! Aus der hohen Zahl der tragenden Zähne und dieser idealen Geometrie resultiert eine Drehsteifigkeit, die um bis zu Faktor 5,8 größer ist als die vergleichbarer Getriebe am Markt.

2.1.3 Verschleißfrei, keine Spielzunahme

Hydrodynamischer Zahneingriff Der Fachmann würde im Zahnkontakt einen Reibwert von mindestens 0,05 bis 0,08 vermuten. Die Igersheimer Entwickler können praktisch und inzwischen auch theoretisch nachweisen, dass sich im Zahnkontakt ein hydrodynamischer Schmierfilm aufbaut. Es ist leicht einzusehen, dass die Art und Weise wie die Zahnflanke mit einer Relativgeschwindigkeit auf die Gegenfläche aufläuft, physikalisch einem Segmentgleitlager ähnelt: Zwischen den Kontaktflächen baut sich ein stabiles Druckpolster auf. Mit der großen Anzahl an tragenden Zähnen und dem Flächenkontakt sind die Flächenpressungen so gering,

dass schon bei sehr kleinen Drehzahlen trotz höchster Momentenbelastung stets eine hydrodynamische Schmierung vorherrscht. Auch die Passung zwischen den runden Zahnkörpern und den Zahnträgerbohrungen verschleißt nicht messbar aufgrund der hydrodynamischen Schmierung. Folglich bleibt auch das eingestellte Verdrehspiel absolut konstant.

2.1.4 Höchster Wirkungsgrad in der Klasse

Hydrodynamischer Zahneingriff Schon bei den ersten Versuchen und Wirkungsgradmessungen ermittelten die Ingenieure in Igersheim Wirkungsgrade von bis zu 91 %. Das würde man aufgrund der vielen bewegten Einzelteile und der Gleitreibung an den Einzelzähnen nicht vermuten. Das ist zwischen 18 und 29 % besser als vergleichbare Systeme am Markt.

2.1.5 Beste dynamische Positioniergenauigkeit

Dauerhaft spielfrei und höchste Steifigkeit im Nulldurchgang Das Galaxie-System verfügt über ein Spiel von 1 bis 2 Winkelminuten, kann aber auch durch entsprechende Bauteilsortierung spielfrei eingestellt werden – ohne dass dabei die maximal übertragbaren Drehmomente reduziert werden müssen! Die positiven, hydrodynamischen Eigenschaften bleiben auch bei der spielfreien Variante voll erhalten. Eine herausragende Eigenschaft des spielfreien Galaxie-Antriebes ist die sehr hohe Steifigkeit bei Wechselbelastung im Nulldurchgang, die sich im Betrieb nicht ändert.

2.1.6 Höchste Gleichlaufgenauigkeit

Verzahnung nach logarithmischer Spirale Das Polygon und die Verzahnung nach der logarithmischen Spirale (Abb. 2.4) liefern mathematisch einen exakten Gleichlauf. Die noch vorhandenen Gleichlaufschwankungen liegen in den letzten, unvermeidbaren Fertigungsungenauigkeiten begründet. Auch hier werden im Vergleich zu anderen Getrieben die Bestmarken erreicht.

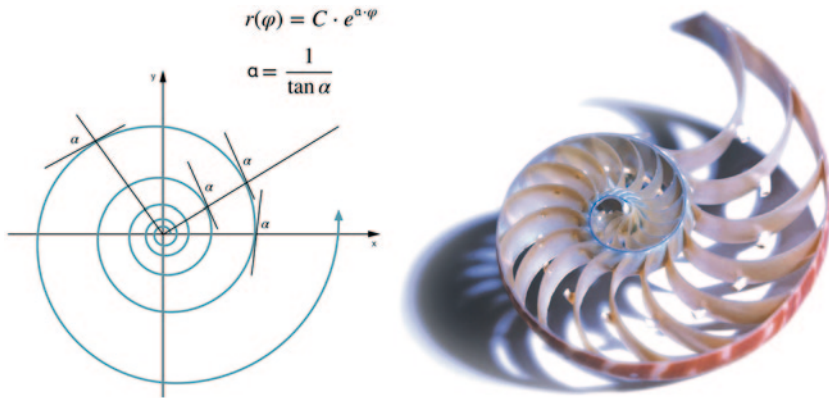


Abb. 2.4 Die Natur zum Vorbild: Neben Evolvente und Zykloide ist die logarithmische Spirale eine neue Funktion im Getriebebau

2.1.7 Überlastfähigkeit um Faktor 3 erhöht

Wie unter 2 beschrieben, sind fast alle Zähne permanent im Eingriff. Durch den sehr kleinen Abstand zwischen den Zahnkräften und den Reaktionskräften an den Einzelzähnen werden diese primär nicht mehr auf Biegung, sondern fast vollständig auf Scherung beansprucht. Dadurch übertrifft das Galaxie-System hinsichtlich der Überlastfähigkeit selbst Zykloidengetriebe nochmals um den Faktor 3.

2.1.8 Größte Hohlwelle

Kurze Einzelzähne und eine flache Polygonlagerung ermöglichen eine sehr große Hohlwelle bezogen auf den Außendurchmesser.

2.2 Mit dem Galaxie-Antrieb lassen sich Maschinen neu konzipieren

Konventionelle Servomotoren müssen relativ groß ausfallen, wenn man das Potenzial des Getriebes auch voll ausnutzen möchte. Daher hat Wittenstein cyber motor für das Galaxie-System einen extrem hoch gezüchteten Motor entwickelt, der

Abb. 2.5 Mit acht herausragenden technischen Merkmalen des Galaxie-Antriebssystems können Konstrukteure ihre Maschinen ganz neu überdenken



speziell auf die Eigenschaften des Getriebes abgestimmt ist. Motor und Getriebe bilden eine mechatronische Einheit, bei der Durchmesser und Länge in etwa gleich groß sind (Abb. 2.5). So entstand ein Antrieb mit bislang unerreichter Drehmomentdichte. Auch eine Sensorik wurde integriert, um den neu entwickelten Hochleistungsmotor mit dem Getriebe zu einer hochkompakten Hohlwellen-Antriebs-einheit mit Industrie-4.0-Konnektivität zu verschmelzen.

Die Kombination der acht beschriebenen, exzellenten Eigenschaften des Galaxie-Systems ist in der Antriebstechnik bislang unbekannt gewesen. Ingenieure können nun ihre Maschinen komplett neu überdenken und echte Entwicklungssprünge generieren. Sie müssen nicht mehr Kompromisslösungen eingehen, wenn beispielsweise gleichzeitig sehr hohe Präzision und Drehmomentdichte gefordert sind (Abb. 2.6). Direktantriebe können ersetzt werden. Die Integration des Galaxie-Antriebssystems in die Maschine ist deutlich einfacher und es kommen kleinere Bremsen zum Einsatz. Auch Verspannantriebe mit ihrer aufwendigeren Steuerung können leicht ersetzt werden. Vergleichbare Hohlwellengetriebe müssen bei gleichem Drehmoment mindestens zwei Baugrößen größer sein und erreichen dennoch nicht die Leistungsfähigkeit des Galaxie-Antriebes. Wittenstein positioniert sich mit dem Galaxie-Antrieb abermals als Enabler für den Hochleistungsmaschinenbau der nächsten Generation.

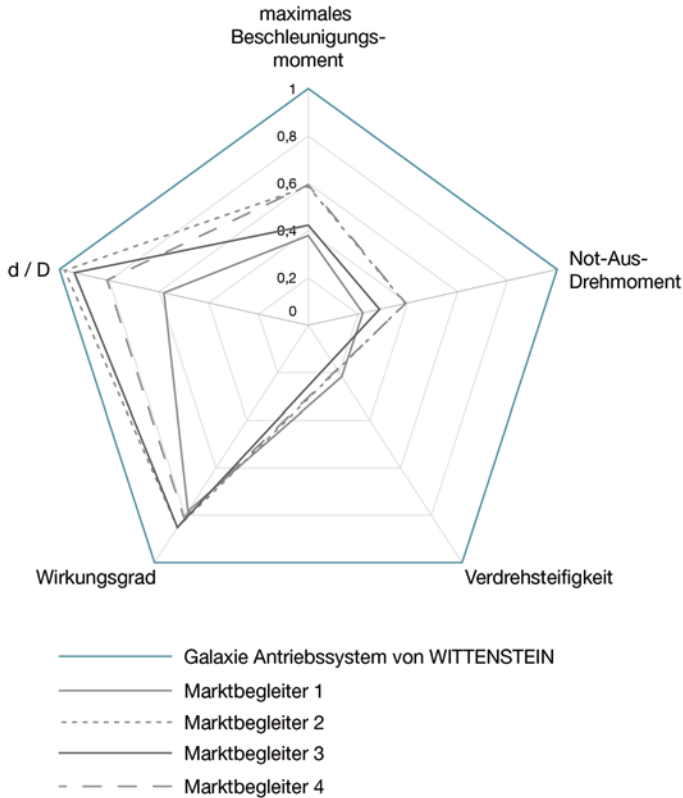


Abb. 2.6 Vergleich der Hauptmerkmale des Galaxie-Antriebssystems zum Stand der Technik. (Bildquelle: Wittenstein)

Die weiteren Nominierten des Jahres 2015

ABB Automation GmbH, Mannheim

Das nominierte Produkt YuMI ist ein kollaborativer Zweiarmeroboter, der Feinarbeiten mit sehr hoher Präzision ausführen und sich mit zweimal sieben Freiheitsgraden ergonomisch an Arbeitsplätze für Menschen anpassen kann. Leichtbau, Polsterung und Kollisionserkennung machen ihn inhärent sicher. Damit eignet er sich für die gefahrlose Zusammenarbeit von Mensch und Roboter an einem gemeinsamen Arbeitsplatz ohne störende Schutzeinrichtungen. YuMI ist flexibel einsetzbar und eignet sich zum Beispiel für den Einsatz in der hybriden Kleinteilmontage in der Elektroindustrie.

ContiTech, Hannover

Im Projekt „Materialinnovation für die Fahrzeugheizung“ wurde bei ContiTech eine patentierte leit- und streichfähige Paste auf Polymerbasis entwickelt, die sich einfach in automobilen Oberflächenmaterialien integrieren lässt. Die Applikation erfolgt mittels Siebdruckverfahren und eignet sich unter anderem für Sitze, Armlehnen oder Türverkleidungen. Der elektrische Strom wird direkt durch die Paste geleitet und erzeugt so Wärme. Das Heizsystem eignet sich für alle Fahrzeuge, insbesondere aber für Elektrofahrzeuge, da der Energieverbrauch im Vergleich zu traditionellen Heizdrähten nur etwa zehn Prozent beträgt und die Heizwirkung in Sekundenschnelle eintritt.

Next Kraftwerke GmbH, Köln

Das virtuelle Kraftwerk Next Pool bündelt mehr als 2500 dezentrale Stromerzeuger und Stromverbraucher mit einer Gesamtleistung von rund 1500 MW. Next Pool beinhaltet ein vollautomatisches Leitsystem, das die Daten aus allen über M2M-Kommunikation vernetzten Anlagen ausliest und diese zentral steuert. So entsteht ein Schwarm von Kleinkraftwerken, der die Rolle von Großkraftwerken übernimmt und damit einen entscheidenden Beitrag zur Energiewende leistet. Über Next Pool können diese Kleinkraftwerke am Regelenergiemarkt tätig werden, was sie als Einzelkraftwerke aufgrund der regulatorischen Mindesteintrittsgröße von 5 MW nicht erreichen würden.

SCHUNK GmbH & Co. KG, Lauffen/Neckar

Bei dem nominierten Produkt eGrip handelt es sich um ein webbasiertes 3D-Design-Tool für additiv gefertigte Greiferfinger von Robotern. Die Konstruktionszeit sinkt damit um bis zu 97% auf rund 15 min; die Fertigungs- und Lieferzeit durch den 3D-Druck um bis zu 80%. Aufgrund einer automatisierten Prozesskette können die Preise für die Greiferfinger unabhängig von der Komplexität des zu handhabenden Bauteils um bis zur Hälfte reduziert werden. Es handelt sich bei diesem Produkt um eine Prozessinnovation, da diese bedienerfreundliche Technologie über einen Online-Shop auch auf andere Komponenten als Smart Service übertragbar ist.

HERMES AWARD – Internationaler Technologiepreis der
HANNOVER MESSE

Innovationen für die industrielle Produktion – Die ersten
zwölf Jahre

Wahlster, W.; Beste, D.

2016, XII, 41 S. 13 Abb., 6 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-12833-3