

Fertig geschliffene Vorgelegewelle auf dem Prüfstand: Die Anforderungen hinsichtlich Form- und Lagetoleranzen sowie Maßhaltigkeit der Sitze bewegen sich im Mikrometerbereich

HELMUT DAMM

## Außenrundscheifen auf den Punkt gebracht

Seit man die ›Quickpoint‹-Technologie 1985 erstmals präsentierte, hat sich Junker, Nordrach, beim Außenrundscheifen zahlreiche Anwendungsfelder erobert. Wenige Millimeter breite CBN- oder Diamantschleifscheiben werden mit Umfangsgeschwindigkeiten bis 140 m/s im Punktkontakt über die Werkstückoberfläche geführt. Der Getriebespezialist ZF in Brandenburg realisierte mit diesem Verfahren erstmals die Schleifbearbeitung der anspruchsvollen Haupt- und Vorgelegewellen in einer Aufspannung. Deshalb führt man dort die dabei erzielten Potenziale zu Recht unter der Rubrik ›Bemerkenswerte Projekte‹.

■ Stolz ist hier eine berechtigte Begleitscheinung des Geleisteten. Das Getriebewerk Brandenburg hat sich in den zwölf Jahren seit der Übernahme durch ZF in der Pkw-Branche eine beachtliche Reputation erarbeitet. Was in einem Akt der Solidarität innerhalb der ZF-Familie begann, trägt heute reiche Früchte in Form einer

außergewöhnlich erfolgreichen Entwicklung (siehe Kasten). »Friedrichshafen ist viel näher, als es auf der Karte den Anschein hat«, so Dr. Andreas Schlegel, Leiter Personalwesen und Allgemeine Verwaltung bei ZF Brandenburg (Bild 1). »Den Stiftungsgedanken des Konzerns spüren wir hier sehr deutlich in Form des sozialen

### i HERSTELLER

Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH,  
77787 Nordrach,  
Tel. 0 78 38/84-0,  
Fax 0 78 38/84-3 02,  
[www.junker-group.com](http://www.junker-group.com)



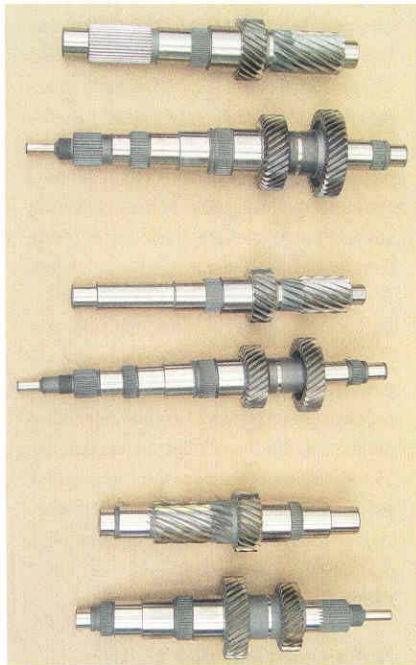
**1 Investieren mit Augenmaß:** Diese Entscheider akzeptieren nur Technologien, die von den ausführenden Mitarbeitern mitgetragen werden (von links): Dr. Andreas Schlegel, Dipl.-Ing. (FH) Edgar Mayer und Dipl.-Ing. (FH) Hartmut Großmann von ZF Brandenburg

Umgangs miteinander und der Verantwortung den Mitarbeitern gegenüber.«

Nicht minder ein Aspekt des Erfolgs sind die Kernkompetenzen, über die man mittlerweile am Standort Brandenburg verfügt.

### Pro Fahrzeugtyp und Motor das jeweils optimale Getriebe

Die ›Lehrjahre‹ begannen 1992 mit dem ersten Pkw-Handschaltgetriebe, dessen eingefahrene Fertigung man mit allen erforderlichen Betriebsmitteln vom ZF-Standort Schwäbisch Gmünd übernahm. Bereits drei Jahre später fing man mit der ersten Eigenentwicklung an, einem synchronisierten 5-Gang-Handschaltgetriebe mit 390 Nm übertragbarem Drehmoment. Jedes Fahrzeug erhält ein auf die Motorcharakteristik und die Kraftstoffart abgestimmtes Getriebe – gute Aussichten für



**3 Kleine Auswahl eines großen Sortiments:** Paarweise die Vorgelegewelle links neben der Hauptwelle eines BMW-Handschaltgetriebes vom Typ ›S6-53‹, ›S6-37‹ und ›S5-39‹ (von oben)

ZF angesichts der wachsenden Modellvielfalt bei den Automobilherstellern. In der Zwischenzeit verfügt man über ein umfangreiches Programm von 5- und 6-Gang-Handschaltgetrieben, Allradgetrieben und so genannten SMG-Getrieben. Bei diesen sequentiellen, hydraulisch-elektrisch gesteuerten Getrieben erfolgt der Schaltvorgang nicht mehr mechanisch über den Schaltknüppel, sondern durch Sensorik und Aktuatorik über eine Panelbedienung am Lenkrad.

Zu den Kernkompetenzen zählt der Leiter Arbeits-/Investplanung, Edgar Mayer (Bild 1), »neben der Entwicklung von Getrieben auch die Nutzung innovativer Fertigungstechnologien wie das Wälzfräsen, Schleifen und Honen von Verzahnungen, das Schleifen von Zylinderflächen an Getriebewellen und Rädern, das Einsatz- und Dornhärten sowie die Synchrobearbeitung.« Darauf abgestimmt sind Fertigungsorganisation und Fertigungstiefe. »Wir fertigen unsere Aggregate im Verbund. Dabei werden Einzelteile wie Räder, Wellen und Synchroteile in Fertigungsnestern bearbeitet und in einer Vormontage zu Baugruppen montiert. Diese gelangen an unser Montageband zur Endmontage.«

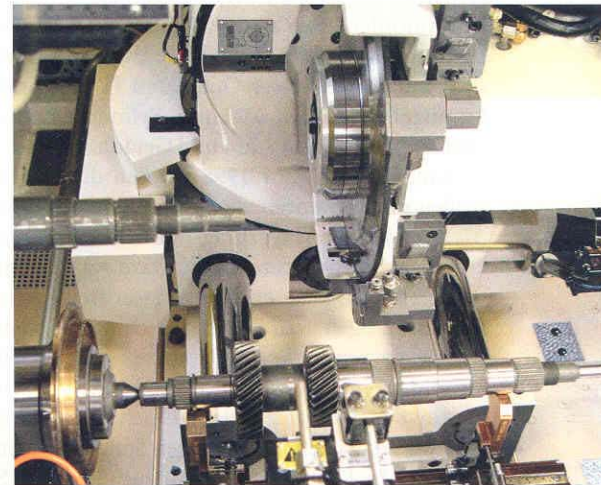
### Stets auf der Suche nach dem effizientesten Verfahren

Die über die Jahre erheblich gestiegenen Stückzahlen waren nur mit Hilfe zahlreicher Erweiterungsinvestitionen zu realisieren. Stets im Fokus waren dabei gleichermaßen das technisch Machbare und das wirtschaftlich Sinnvolle. Dass man sich mit aktuellen Themen der Fertigungstechnik auseinandersetzt, zeigen folgende strategisch ausgerichteten Optimierungsmaßnahmen:

- Verzahnungsinselfen mit Fräsmaschine und Entgratmaschine, als verkettete Einheit und als Mehrmaschinenbedienung ausgelegt,

- computergestützte, statistische Qualitätskontrolle mit In-Prozess-Messungen von Funktionsmaßen,
- neue Durchstoß-Härteanlage für das verzugsfreie Härten von Teilen mit kritischen Geometrien,
- Kombinations-Bohrungsbearbeitung von Zahnrädern mittels Hartdrehen und Schleifen in einer Aufspannung,
- Direkthonen von Zahnrädern nach dem Härten mit Hilfe des Schleifhonnens,
- weitest gehende Trockenbearbeitung mit deutlich gesteigerten Zerspanparametern.

»Derartige Projekte, die einen massiven Eingriff in funktionierende Abläufe bedeuten, verlangen eine intensive Begleitung«, so Edgar Mayer. »Unsere Prozesse gestalten wir in Abstimmung mit unseren Kunden. Um ein Getriebe freigegeben zu bekommen, sind zahlreiche kostspielige Testläufe bei uns und auch beim Kunden



**2 Quickpoint-Außenrundsleifen auf einer ›Juncker 5000/40‹:** Die schmale CBN-Schleifscheibe fährt die gesamte Kontur ab und kann dank des um 180° schwenkbaren Schleifspindelstocks sämtliche Sitze und Schultern der Welle in einer Aufspannung im Vorschubverfahren fertig schleifen

zu absolvieren. An welcher Schraube wir auch immer im Nachhinein drehen, die Prozesssicherheit muss im Fertigungstag gewährleistet sein. Schließlich übersetzen wir TQM mit ›Täglich Qualität Machen‹. Das schaffen wir nur gemeinsam mit den Herstellern der Maschinen und Ausrüstungen.«

### Mit dem Quickpoint-Schleifen enorme Potenziale freigesetzt

So auch geschehen bei dem Vorhaben, das Außenschleifen der Haupt- und Vorgelegewellen prozesssicherer und rationeller zu gestalten. Diese tragenden Elemente aus Einsatzstahl sind maßgeblich für die ►►



4 Dreischichtig unter Volldampf: Die zwei Quickpoint-Maschinen mit außen liegendem Ladesystem und innen liegendem Portal werden von einem Mitarbeiter betreut, was nochmals einen sechsstelligen Eurobetrag im Jahr einspart

»Lebensdauer und Funktionalität des Getriebes und deshalb mit besonders hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit zu fertigen (Titelbild und Bild 3): Wellensitze mit Durchmesser-Qualitäten IT 5, Rundlaufgenauigkeit 0,02 mm, Zylindrizität 3 µm, Rundheit 2 µm und Geradheit 1,5 µm. Bis zum Jahr 1998 wurden die Wellen mit konventioneller Technik mittels Paketschleifen im Schräg-Einstichverfahren außenrund geschliffen. Dazu waren drei Arbeitsgänge erforderlich – in drei Aufspannungen auf drei Maschinen. Neben der reinen Bearbeitungszeit von 5,7 min fielen dabei natürlich jeweils Zeiten für das Abnehmen, das Aufnehmen und das Zentrieren zwischen den Spitzen an. Auch das Umrüsten war sehr aufwändig, weil die Schleifscheibenpakete exakt

abgestuft werden mussten, um Schleifbrand zu vermeiden.

»Bei einer Marktrecherche sind wir auf das Hochgeschwindigkeitsschleifen und insbesondere die Quickpoint-Technologie von Junker gestoßen«, erinnert sich Edgar Mayer. »Bis dahin hatten wir nur wenig Erfahrung im Umgang mit CBN-Schleifscheiben. Junker kannte ich bereits von einem früheren Projekt. Bei einer Maschinenabnahme vor Ort hatte ich schon Maschinen zum Kurbelwellenschleifen mit diesem Verfahren gesehen.« Bereits 1995 nahm ZF das Projekt Quickpoint unter der Leitung von Hartmut Großmann, dem Leiter Fertigungstechnologie/Fertigungssteuerung, in die Werksplanung auf.

Schleifen mit Quickpoint ist Außenrund-Hochgeschwindigkeitsschleifen mit einem nur punktgroßen Schleifkontakt im Fertigschleifbereich. Dabei kommen wenige Millimeter breite, verschleißarme CBN- oder Diamant-Schleifkörper zum Einsatz. Durch die Neigung der Schleifkörperachse zur horizontalen Werkstückachse entsteht ein Freiwinkel, wodurch sich die Kontaktzone von einer Linie auf einen Punkt reduziert (Bild 2).

Für die Anwendung bei ZF wurde der Maschinentyp »Quickpoint 5000/40« ausgewählt, um die Außenzylinder und Stirnflächen sowie die Schultern in einer Aufspannung fertig zu schleifen. Hartmut Großmann fuhr dann 1996 mehrmals mit einem Kofferraum voller Wellen zu Junker, um Versuchsreihen auf einer Testmaschine zu fahren: »Es war eine Zeit beiderseitigen Lernens, ein Geben und Nehmen. So hatten wir anfänglich wider Erwarten Schwierigkeiten mit Schleifbrand, den wir aber schnell in den Griff bekommen haben. Auch was die Bearbeitungszeit be-

trifft, haben wir uns schrittweise den Vorstellungen im Hause ZF genähert. Von 5,7 min reduzierte sich die Prozesszeit auf 3 min. Eine Einsparung von gut 47 Prozent. Gemeinsam ist es uns gelungen, einen serientauglichen Prozess zu gestalten und die Freigabe zu erhalten.«

Hierbei wurden auch die besonderen Eigenschaften der Quickpoint-Technologie berücksichtigt. Weil es sich im Gegensatz zum Paketschleifen nicht um ein stationäres, sondern um ein Schleifen mit Vorschub handelt, wurde der Begriff »Geradheit« in die Zeichnungen aufgenommen, wobei über die Mantelflächen der Lagersitze ein Wert von 1,5 µm prozesssicher gehalten wird.

### Aus einer wurden fünf

Nach den Verhandlungen Mitte 1997 sollte die Lieferung der ersten Maschine ein Jahr später erfolgen. Weil in der Zwischenzeit bereits Kleinserien von Prototypwellen für verschiedene Entwicklungsstufen zu fertigen waren, stellte Junker seine Test-



5 Identifikation mit den Blau-Gelben: Die Mitarbeiter zeigen auch äußerlich, dass es etwas Besonderes ist, zu der erfahrenen Truppe an den Quickpoint-Maschinen zu gehören

### i ANWENDER

Die ZF Friedrichshafen AG ist der weltweit größte unabhängige Zulieferer für Antriebs- und Fahrwerkstechnik. Im Jahr 2001 wurde mit 55 700 Mitarbeitern ein Umsatz von 9,1 Milliarden Euro erzielt, einschließlich der zum 1. Oktober 2001 übernommenen Mannesmann Sachs AG, heute die ZF Sachs AG. Das Unternehmen gliedert sich in sechs Divisionen: Nutzfahrzeug- und Sonderantriebstechnik, Arbeitsmaschinen-Antriebe und Achssysteme, Antriebs- und Fahrwerkkomponenten, Lenkungstechnik, Pkw-Fahrwerkstechnik sowie Pkw-Antriebstechnik, zu der seit dem 1. Juli 1991 auch das Getriebewerk Brandenburg zählt (siehe Kasten). Dort werden mit etwa 1000 Mitarbeitern Pkw-Handschaltgetriebe, Synchronisierungen und Komponenten für die bei ZF Saarbrücken gefertigten Automatikgetriebe produziert. Der Umsatz betrug letztes Jahr 193 Millionen Euro. Das Unternehmen ist zertifiziert nach ISO/TS, einem harmonisierten Qualitätsstandard zwischen VDA 6.1 der deutschen und QS 9000 der amerikanischen Automobilhersteller.

**ZF Getriebe GmbH Werk Brandenburg,**  
14770 Brandenburg an der Havel,  
Tel. 0 33 81/37-0,  
Fax 0 33 81/37-20 30,  
www.zf.com

maschine auch kurzfristig zur Verfügung. Ein Entgegenkommen, das Großmann heute noch zu schätzen weiß: »Ich habe dann bei Junker angerufen, bin mit den Wellen hingefahren, und in der Zwischenzeit hatte man bereits die Maschine eingerichtet, sodass ich möglichst schnell mit den Wellen beim Kunden sein konnte. So stelle ich mir eine Zusammenarbeit unter Partnern vor. Obwohl wir damals noch einen zweiten Anbieter in Betracht gezogen hatten, der dann jedoch technologisch nicht das halten konnte, was er versprochen hatte, war dies schon ein deutliches Plus für Junker.«

Der Fertigungsanlauf erfolgte unter intensiver Betreuung seitens des Maschinenherstellers. Zunächst lagen die Standmengen der CBN-Scheiben bei 60 000 Wellen, was ebenso zufriedenstellend war wie der Abrichtzyklus von 50 Werkstücken und eine Schnittgeschwindigkeit von 100 m/s. Mit zunehmender Stückzahl stellte sich jedoch rasch ein Kapazitätsengpass ein, sodass eine zweite Maschine angeschafft wurde. Auch hier ließen sich bei den Lohnkosten nochmals Potenziale erschließen, weil die beiden Maschinen mit Portalladeeinrichtung und Palettentransport von ei-



**Grüne Welle:**  
Auch direkt nach dem Umrüsten ist das Erststück innerhalb der geforderten engen Toleranzen

nem Mitarbeiter betreut werden konnten (Bild 4). Die Sicherheit dafür wurde mit integrierten In-Prozess-Messgeräten nochmals erhöht, sodass sich heute ein Maschinenfähigkeitswert  $c_{mk}$  von 1,67 ergibt.

Mit der Einführung der 6-Gang-Getriebe entstand erneut Kapazitätsbedarf, sodass heute fünf Quickpoint-Maschinen im Dreischichtbetrieb eine solide Versorgung der Montage mit Haupt- und Vorlegewellen sicherstellen. Flexibilität und Verfügbarkeit der Betriebsmittel sind für einen Automobilzulieferer oberstes Gebot. Um den ersten Aspekt zu erfüllen, ist ein schnelles Umrüsten erforderlich. »Wir ha-

ben die Maschinen einmal unseren ZF-Kollegen aus Frankreich vorgeführt, die waren überrascht, wie schnell die Maschinen umgerüstet sind. Es dauerte eine halbe Stunde, und das Erststück war ein Gutteil«, so Großmann. »Wenn ich da an das konventionelle Schleifen denke, wo wir die Schleifpakete erst noch profilieren mussten, da verging nahezu eine Schicht bei einem Typenwechsel.«

Natürlich sei das auch eine Frage der qualifizierten Bedienung, und so dürfen sich heute nur die erfahrensten Mitarbeiter zur »Junker-Group« zählen (Bild 5). Nach einer anfänglich einwöchigen ►►

Der perfekte Schliff ...

... CBN und Diamant

### Aus unserem Angebot

Wir verkaufen keramisch und kunstharzgebundene Schleifscheiben aus Siliziumkarbid, Elektro- und Sinterkorund sowie keramisch- und kunstharzgebundene CBN- und Diamantschleifscheiben für das:

- Rundscheifen, Tief- und Flachscheiben
- Werkzeugschleifen
- Schrapp- und Trennschleifen
- Gewinde- und Zahnflankschleifen

Information:

[www.rappold-winterthur.com](http://www.rappold-winterthur.com)

Deutschland:

Rappold Winterthur Schleiftechnik GmbH

Hundschleestrasse 10

72766 Reutlingen

Tel. ++49(07121) 93 24 0

Fax ++49 (07121) 93 24 24

wrt@rappold-winterthur.com



ISO 9001  
ISO 14001  
ISO TS16949

Schweizer  
Präzisions-  
Schleifscheiben

RAPPOLD

WINTERTHUR

