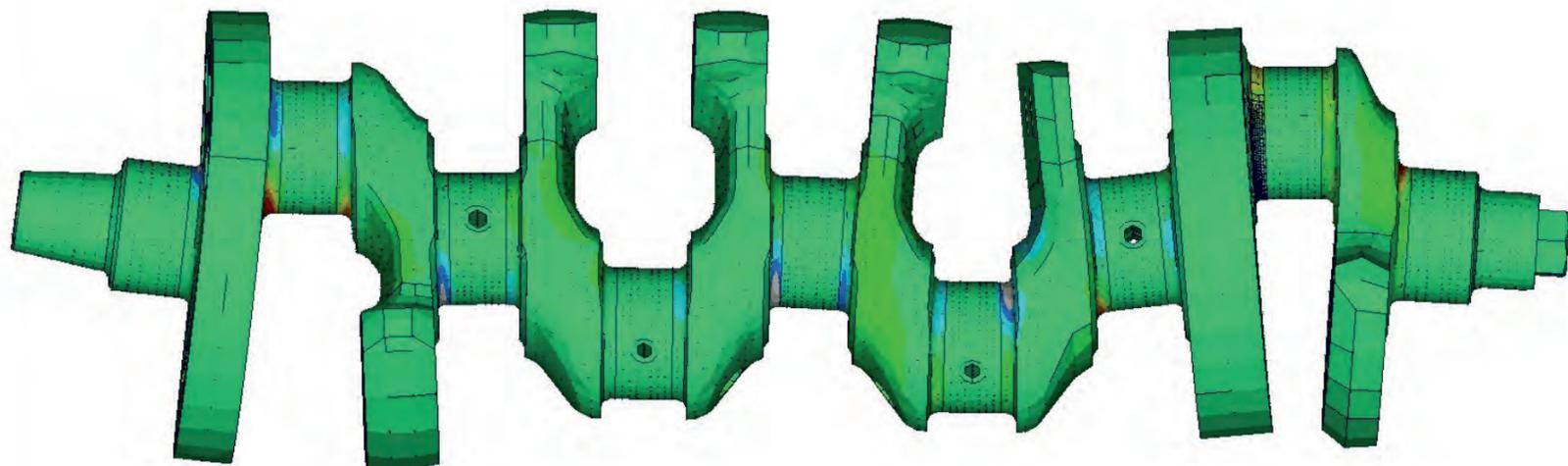


„Vieles haben wir am Computer simuliert. So etwa auch die Durchbiegung der Kurbelwelle mittels FEM (Finite Elemente Methode).“



laserte Sandkerne, die wir in einer eigenen Abteilung bei uns im Hause herstellen ließen, aus Aluminiumguss fertigen lassen. Alles andere, was ein erster Motor so benötigt, wurde in CNC-Technik hergestellt.

In dieser Aufbauphase war es wichtig, dass wir Werkstätten für die mechanische Bearbeitung an der Hand hatten, wo wir Teile im Falle notwendiger Änderungen sehr schnell nacharbeiten lassen konnten. Zu Anschauungszwecken haben wir ganz in der Anfangsphase auch einen 1:1-Motor in Laser-Sinter-Technik, also ebenfalls im Rapid Prototyping, gebaut, damit man vorab auch mal sehen konnte, wie so etwas real und dann auch in eingebautem Zustand aussieht. Da er kaum etwas wiegt, konnten wir ihn überall hin mitnehmen, auf den Tisch stellen und sagen: „So sieht er aus, unser Motor!“

### Bewusster Verzicht auf ein Kassettengetriebe.

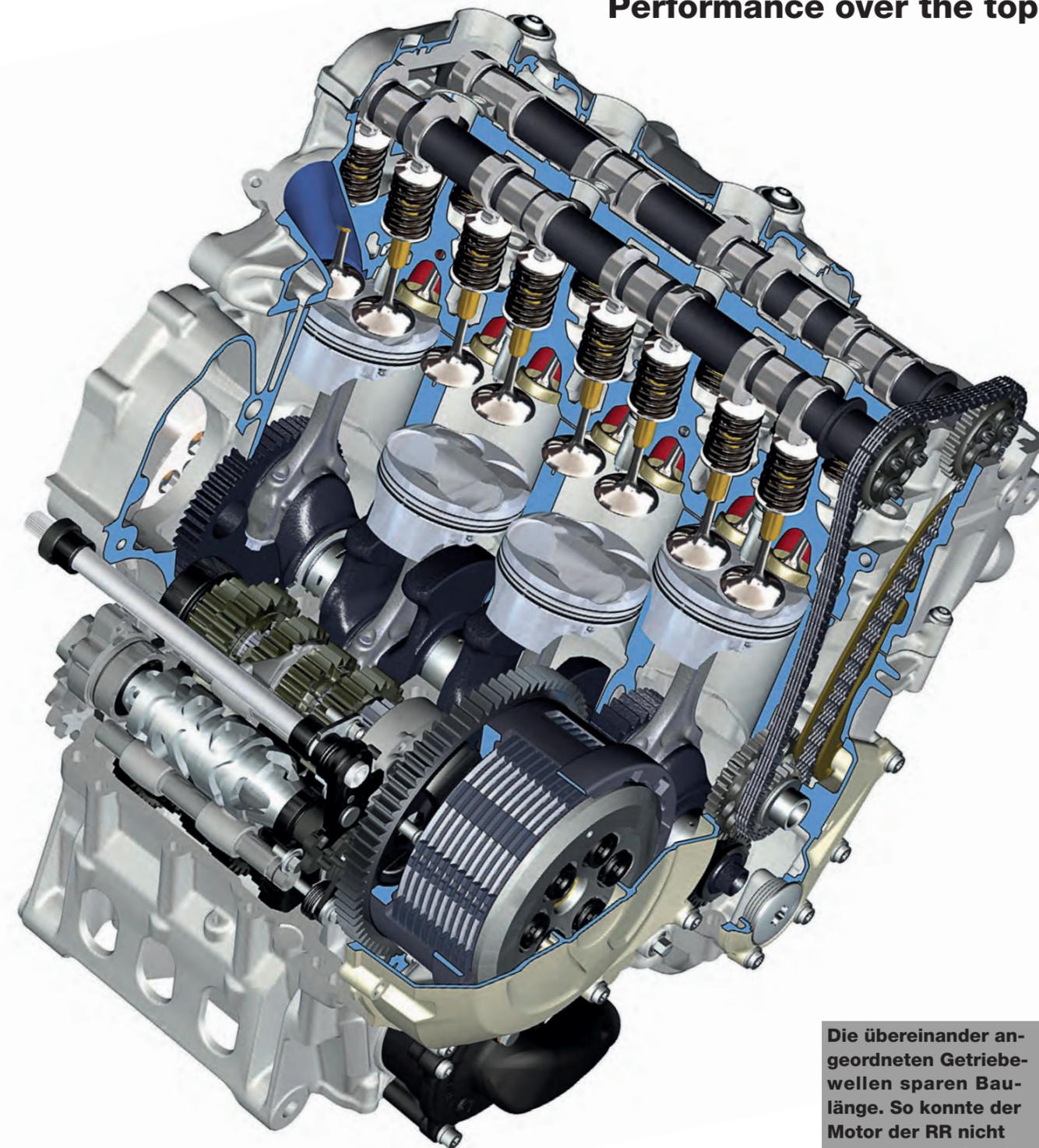
Die Entwicklung des Getriebes war ebenfalls eine spannende Aufgabe. Erstmals haben wir ein Getriebe selbst konstruiert und dann mit einem neuen Lieferanten hergestellt. Das war eine große Herausforderung, selbst so ein Getriebe auf die Beine zu stellen – ohne Unterstützung eines Getriebeherstellers. Das Ziel dabei war klar: Es musste mindestens genau so gut sein wie die Getriebe des Wettbewerbs.

Unterm Strich gab es dabei kaum Probleme, und das Ergebnis kann sich sehen lassen. Wir haben beim Motor ja von Anfang an auf Leichtbau geachtet – es sollte der zum Zeitpunkt der Markteinführung leichteste Motor im Feld werden. Aus diesem Grunde kam ein Kassettengetriebe nicht infrage, da es von der Konfiguration her Nachteile besitzt. So benötigt es etwa einen separaten Deckel, und vor allem lässt sich das Motorgehäuse nicht so kompakt auslegen. Fahrwerksseitig gilt es immer, eine möglichst lange Schwinge zu realisieren, was nur mit einem kurz bauenden Motor mit übereinander liegender Primär- und Abtriebswelle gelingt. Hier hätte uns ein Kassettengetriebe mit zusätzlicher Raumforderung beaufschlagt.

### Langes Rechnen über Bohrung und Hub.

Anfangs wollten wir 81 mm Bohrung machen, sind dann aber nach langem Rechnen und Überlegen doch auf 80 mm Bohrung gegangen. Der eine Millimeter hört sich jetzt vielleicht nach wenig an. Da wir aber Mindestanfor-

Mittels der FEM-Berechnung (Finite Elemente Methode) lassen sich unter anderem auch Biegeschwingungen der Kurbelwelle simulieren. In der Grafik oben wird dies überspitzt dargestellt – in der Realität fallen die Durchbiegungen minimal aus.



Die übereinander angeordneten Pleuellwellen sparen Bauhöhe. So konnte der Motor der RR nicht nur extrem schmal, sondern auch sehr kurz ausfallen.



„Getrieben vom Ziel, einen sehr leichten Motor zu bauen, entschieden wir uns bei verschiedenen Gehäuseteilen für Magnesium als Werkstoff.“



#### **CNC-bearbeiteter Kolbenboden.**

Da unser Motor über eine sehr große Bohrung verfügt, müssen wir in der Serienfertigung ganz besonders auf Toleranzen beim Verdichtungsverhältnis achten. Bereits eine minimale Toleranz in der Kompressionshöhe wirkt sich in einer deutlichen Zu- oder Abnahme des Verdichtungsverhältnisses aus.

**Der Kupplungsdeckel ist aus Gewichtsgründen aus einer sehr leichten Magnesium-Legierung gefertigt. Schließlich ging es um jedes Gramm.**

Daher verfügt der Kolben über eine kleine Besonderheit. Sein Boden ist rotationssymmetrisch bearbeitet, also überdreht, und sowohl er als auch der Zylinderkopf verfügen zusätzlich über spiegelbildliche rotationssymmetrische Quetschflächen. Damit er-

zielen wir in der Serienfertigung nicht nur eine bestmögliche Strömungsgunst, sondern drücken die Serienstreuung insbesondere beim Verdichtungsverhältnis auf ein Minimum.

#### **Leichtbau-Motor für das „Project Superbike“.**

Der Titel „Project Superbike“ und mithin der Leichtbau, wo immer es möglich war, hat sich wie ein roter Faden durch die Entwicklung gezogen, gerade auch beim Motor. Die Zielvorgabe lautete unter 60 Kilogramm – das ist natürlich nur realisierbar, wenn Sie etwas

Geld in die Hand nehmen und für bestimmte Bauteile besonders leichte Materialien verwenden. Im Falle der RR bedeutete dies, dass wir den Ventildeckel, die Ölwanne sowie die Motordeckel links und rechts in Magnesium-Druckguss gefertigt haben. Sämtliche anderen Bauteile haben wir auf besonders dünne Wandstärken hin ausgelegt. Am Ende kamen wir dann auf 59,8 Kilogramm. Auch hier hat uns die Computer-Simulation stark unterstützt, anhand derer wir in der Lage waren, das Gewicht mit einer Abweichung von 2 bis 3 Prozent voraus zu berechnen. Eine Menge Arbeit lag dann im Detail, als es galt, die letzten Gramm zu finden. Dazu erstellten wir extra eine Gewichtsliste, wogen Bauteile, verglichen sie mit Teilen unserer Mitbewerber und legten schließlich fest, wo wir noch Material einsparen konnten. Eine sehr spannende Angelegenheit.

**Auch der gut sichtbare Deckel im Bereich des Startertriebs wurde zur weiteren Gewichtsreduzierung aus Magnesium gefertigt.**

#### **Am Computer simulierter Ölkreislauf.**

Auch für die Auslegung sämtlicher Fluid-Systeme und insbesondere des Ölkreislaufs haben wir uns Computer-Simulationen bedient, die später dann in der Praxis auf dem Prüfstand abgeglichen werden. Dazu werden am Motor an verschiedenen Stellen Drucksensoren

Die Frage nach dem idealen Fahrwerkskonzept wurde nach Abwägen unterschiedlicher Konzepte mit einem Leichtmetall-Brückenrahmen, Zweiarms-Hinterradschwinge sowie Upside-down-Telegabel beantwortet.



Eine Möglichkeit zur Anhebung des Fahrzeughecks und einer damit verbundenen Änderung der Fahrwerksgeometrie gestattet das exzentrisch gefertigte Einsatzstück am oberen Federbeinauge.

„Selbst die Frage nach dem idealen Standrohrdurchmesser der Upside-down-Gabel wurde in unserem Team intensiv diskutiert.“

Bremsstabilität, und auch auf der Landstraße bot das System Vorteile, da es lageneutraler arbeitet. Aber alle Rennfahrer, die das Motorrad im Rahmen dieses Tests bewegten, bemängelten, dass tiefes Hineinbremsen in die Kurve mit transparentem Feedback nicht möglich war. In diesem Moment war klar, dass wir uns für eine Telegabel entscheiden würden.

### Wie sieht die optimale Telegabel aus?

Eine Telegabel in einem Supersportler stellte für uns zunächst Neuland dar, und so haben wir zunächst die üblichen, auf dem Markt befindlichen Systeme analysiert. Letztlich kamen wir zu dem Schluss, dass es kaum gravierende Unterschiede gibt, dass es im Bereich der Hydraulik aber Sinn machte, den Durchmesser des Dämpfereinsatzes – der so genannten Cartridge – zu vergrößern.

Hierdurch versprochen wir uns vor allem eine größere Abstimmfreiheit. Auf das Gewicht hat der größere Durchmesser nahezu keinen Einfluss, und so entschieden wir uns, an Stelle der damals üblichen 20 Millimeter Durchmesser hier auf 30 Millimeter zu gehen.

Im Zuge unserer Untersuchungen haben wir uns auch ausgiebig dem idealen Standrohrdurchmesser gewidmet. Dabei reichte die Bandbreite von 43 bis 50 Millimeter. Am Ende haben wir uns für





Abseits von Verkleidungsteilen zählen gerade auch Schwinge und Endschalldämpfer zu den wesentlichen Elementen des RR-Designs.

Eine sehr emotional geprägte, bewusst übersteigerte Designzeichnung der RR von Ola Stenegard aus dem Jahr 2006. Hier stand der hoch dynamische, bärenstarke Charakter der RR im Vordergrund.

Werkzeugen, Klingen und Messern bearbeiten. An diesem letzten Modell finden sich unterschiedliche Materialien. Etwa gefräste Kunststoffteile, die nachbearbeitet werden können. Da bei diesem Feasibility-Modell die Maßgenauigkeit an erster Stelle steht, ist der Unterbau kein traditioneller Motorradunterbau, sondern eine massive, gefräste, auf höchste Maßhaltigkeit ausgelegte Konstruktion. Lediglich die Teile, die sich durchaus ändern könnten, belassen wir dann noch in Plastilin. Ergänzt wird dieses Modell durch Teile, die im Rapid-Prototyping-Verfahren gefertigt wurden. Zum Beispiel die Lenkerstummel.

No compromise auch formensprachlich



Diese verfügten dann auch über ein Rolling Chassis, das geschweißt wurde. Es besaß Räder, Schwinge, Kette, Bremsen, und sah aus wie ein fahrbereites Fahrzeug.

Plastilin eignet sich hervorragend als Werkstoff für Modelle. Wenn es erwärmt wird, ist es weich und gut formbar, bei Zimmertemperatur hingegen ziemlich fest und lässt sich mit

„Am Ende der Prozesskette steht ein so genanntes Feasibility Model. Mit maximaler Fertigungsgenauigkeit dient es als Referenz für den Bau der Serien-Werkzeuge.“



### Enge Zusammenarbeit mit den Serienentwicklern in München.

Für eine Lösung derartiger Probleme gibt es grundsätzlich zwei Ansätze. Einmal den ingenieurhaften, bei dem man etwas berechnet, umsetzt und anschließend auf der Rennstrecke ausprobiert. Hierbei unterstützen uns die Kollegen aus der Serien-Entwicklung auf der theoretischen Seite mit ihrem Wissen und ihrer Erfahrung. Wenn es jedoch von der theoretischen Seite her keinen eindeutigen Ansatz gibt, dann bleibt letztlich nur der empirische Versuch. Dann versuchen wir Modifikationen, wie sie beispielsweise bei der Konkurrenz vorgenommen wurden, zu erproben und das Ergebnis anschließend nachzuvollziehen. Eine Arbeitsweise, die im Rennsport weit verbreitet ist.

Was die generelle Entwicklung des Rennmotorrads betrifft, arbeiten wir seit der ersten Stunde mit den Kollegen in München zusammen. Etwa im Bereich der Aerodynamik. Hier schränkt uns das technische Reglement der Superbike-Weltmeisterschaft aufgrund der Silhouette-Regel zwar stark ein, da die Kontur der Verkleidung nicht verändert werden darf, doch in Details sind Änderungen durchaus möglich. Hierbei sind die Zusammenarbeit mit den Aerodynamik-Experten von BMW in München sowie die Nutzung des BMW Windkanals natürlich sehr hilfreich.

Diese Zusammenarbeit mit den Kollegen der Serienentwicklung in München funktionierte von Anfang an sehr gut und hat sich stetig weiterentwickelt. Aus unserer Rennerfahrung heraus können wir nun die eine oder andere Anforderung formulieren, die auch für die Entwicklung des Serienmotorrads interessant sein könnte. Je mehr wir an Erfahrung gewinnen, desto präziser können wir sagen, was am Serienmotorrad in Bezug auf unseren Rennsporteinsetz noch optimiert werden kann. Hier wird durchaus eine Art Vorentwicklung für ein zukünftiges Serienprojekt betrieben.

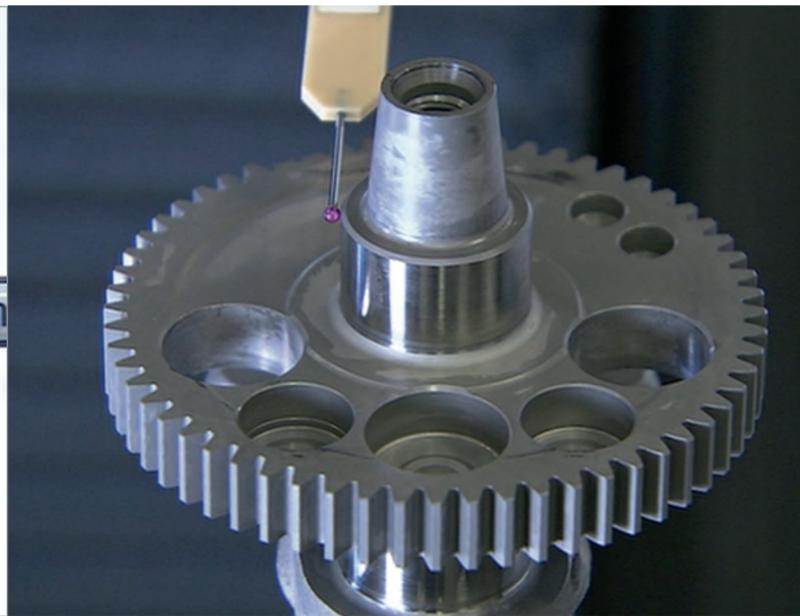
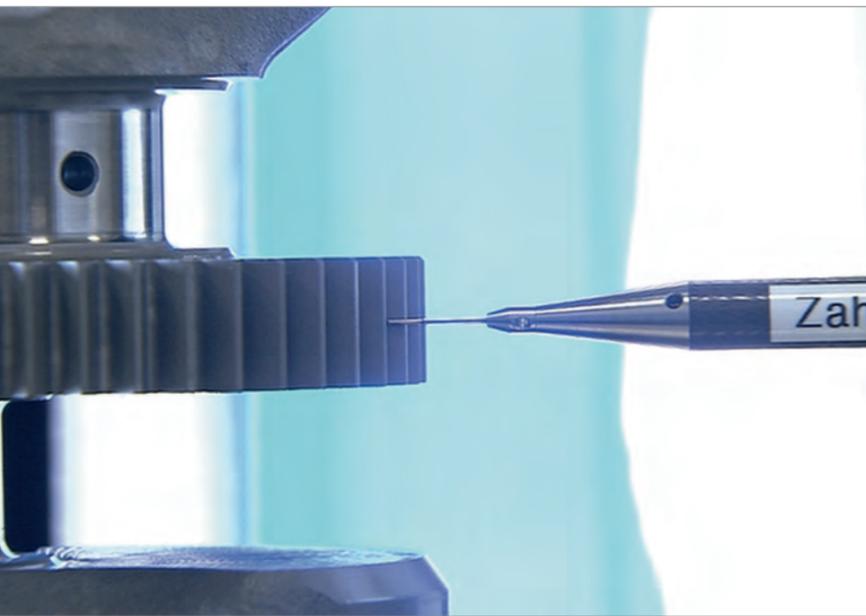
### Die RR dominiert den Stocksport – Badovini überlegener Champion.

Wie gut den Entwicklern in München die Serienversion der S 1000 RR gelungen war, bewies sie 2010 im Superstock 1000 FIM Cup. Mit 245 Zählern – und satten 98 Punkten Vorsprung auf den Zweitplatzierten – dominierte die RR unter dem Italiener Ayton Badovini diese extrem seriennahe Stocksport-Klasse, die so gut wie keine technischen Änderungen am Motorrad erlaubt. Bei dieser im Rah-

**Die Konkurrenz ist speziell in der Superbike-WM extrem hoch. Nur wenige Zehntelsekunden entscheiden über Sieg, Podest oder einen Platz im Mittelfeld. Hier in Kyalami hält sich Troy Corser seine Widersacher vom Leib.**

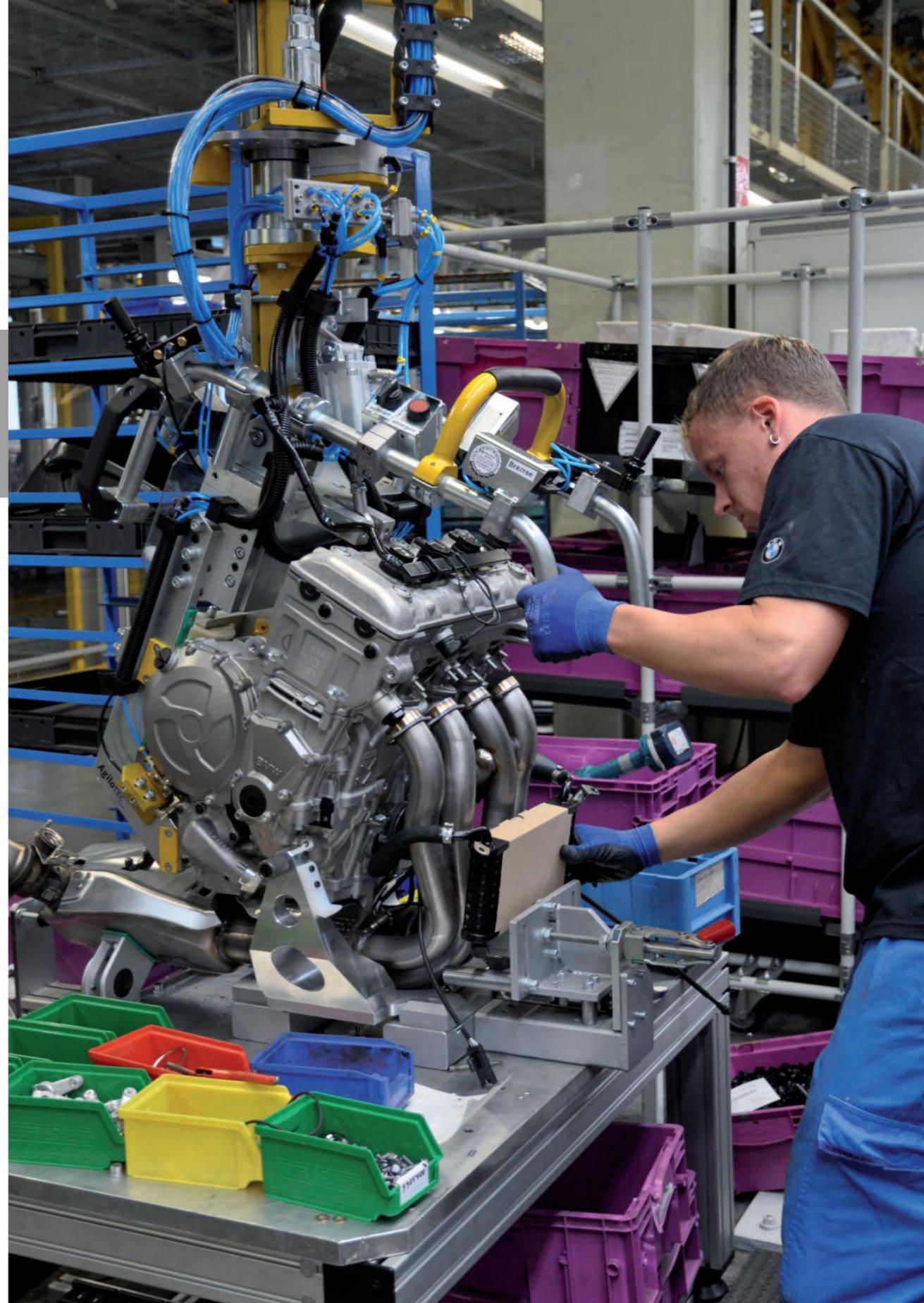


**Auf seiner Hausstrecke im australischen Phillip Island zelebrierte Troy Corser die für ihn so charakteristischen Wheelies für seine Fans. Bereits in seinem ersten WM-Jahr 1994 sorgte er damit für spektakuläre Unterhaltung.**



Die Sicherstellung der definierten Fertigungsqualität setzt wiederkehrende Kontrollmessungen voraus, hier am Stirnradtrieb der Kurbelwelle.

Die Vormontage der vier Krümmer samt Klappensteuerung und Seilzügen entpuppte sich in der Serienfertigung als Herausforderung.



Änderungen und Erkenntnisse aus den Erprobungen, der Entwicklung aber auch die neusten Teilstände der Lieferanten in die Fahrzeuge einfließen zu lassen. Der Spagat aus bestmöglichem Teilstand zu den Baustufen und den Rahmenbedingungen eines Serienfertigungswerkes war immer wieder eine Herausforderung. Wie beschrieben sind in einem Serienwerk definierte Rahmenbedingungen erforderlich, um in den Werksprozessen hundert Prozent der Fahrzeuge in der vom Kunden erwarteten Qualität zu fertigen. Zum anderen bedeutete jedes nicht gebaute Fahrzeug Deckungsverlust für das Unternehmen. Diesen Maximen eines Produktionswerkes war auch das Projekt K46 untergeordnet. Immer wieder waren Sondermaßnahmen nötig. Die Mitarbeiter-Schulungen wurden zum Teil über Sonderschichten vor den Baustufen durchgeführt, die Eintaktung in die Bänder direkt in der täglichen Produktionsrunde vereinbart, die Bereitstellung der Teile oder auch die Verfügbarkeit der Spezialisten vor Ort nur über persönliches Engagement und die absolute Motivation am Projekt aller Bereiche möglich. Trotzdem führte das natürlich auch vereinzelt zu Spannungen, sowohl in der Produktionsrunde des Werkes (tägliches Gremium der Werksführungskräfte zur Sicherstellung der Produktionsvorgaben) wie in den Anlaufbesprechungen (höchstes Gremium für die Abstimmung von Anlauf-kritischen Themen, bestehend aus der Leitung des Fahrzeugprojekts und den Führungskräften des Werks).

Das Credo war aber immer: K46, ein Kernbaustein der Zukunftssicherung Werk.

#### Lieferantenauswahl für den ersten Supersportler von BMW Motorrad.

Heute arbeiten im BMW Werk Berlin-Spandau 1700 Mitarbeiter im Bereich Motorrad und circa 200 weitere in der Bremsscheibenfertigung. Bedeutete das Projekt S 1000 RR allein für die Entwicklungsabteilung in hohem Maße Neuland, so stellten sich auch im Bereich der Serienfertigung neue, anspruchsvolle Aufgaben. Hierzu zählte die Auswahl geeigneter Lieferanten ebenso wie die Sicherstellung hoher, BMW typischer Qualität im neuen Marktumfeld der Supersportler.

Dem Premiumanspruch der S 1000 RR entsprechend, wurden eine ganze Reihe von Spitzenlieferanten ausgewählt. So etwa Asso als Kolben- und Herzog als Getriebe-Lieferant oder Sachs als Zulieferer des Federbeins. Abgesehen von den hohen Qualitätsanforderungen gilt es, auch preislich wettbewerbsfähig zu sein. Die Auswahl des Lieferanten darf an bestimmten Stellen, wo es auf höchste technische Funktionalität ankommt, nicht der Prämisse „best cost“ gehorchen – hier steht der Anspruch „best concept“ klar im Vordergrund. An anderer Stelle, wo die Funktionalität eine eher untergeordnete Rolle spielt, muss hingegen „best



der neuen S 1000 RR. Im Zuge der dafür notwendigen Änderungen am Hauptrahmen wurde auch die Querschnittsfläche der Ansaugluftführung durch den Steuerkopf für noch effektiveren Luftdurchsatz vergrößert. Ein einstellbarer hydraulischer Lenkungsdämpfer rundet das Paket von Fahrwerksoptimierungen ab.

#### Instrumentenkombination mit neuen Funktionen.

Die grafische Gestaltung des Drehzahlmessers wurde im Hinblick auf bessere Ablesbarkeit überarbeitet. Zudem ist das Display jetzt dimmbar und im Funktionsumfang ergänzt. So erlaubt der Laptimer nun die Anzeige der „Best lap in progress“ und mittels „Speedwarning“ wird dem Fahrer auf Wunsch das Überschreiten einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit signalisiert.

#### Verfeinertes Design und neue Farbgebungen.

Die neue S 1000 RR profitiert nicht nur von technischen Weiterentwicklungen in den Bereichen Motor, Fahrwerk und Cockpit. Auch in puncto Design macht sie nochmals einen Schritt nach vorne. Die Heckpartie wurde deutlich schlanker gestaltet. Die asymmetrischen Seitenverkleidungen wurden dezent überarbeitet, das Airboxmittelcover mit seitlichen Öffnungsgittern versehen. Ein neues, prägnantes Erkennungsmerkmal stellen die beiden „Winglets“ am Verkleidungsoberteil dar, welche die aerodynamischen Qualitäten steigern.

In der sportlichsten Farbkombination Racing red uni/Alpinweiß uni wirkt die RR bereits im Stand kraftvoll und schnell, während Bluefire uni ihr einen betont extravaganten Look verleiht.

Einen sportlich-dynamischen Auftritt bietet Saphirschwarz metallic und in den Motorsport-Farben von BMW Motorrad stellt die neue S 1000 RR den direkten Bezug zu BMW Motorrad Motorsport her. Das markante RR Logo wurde leicht überarbeitet.

Zusätzliche optische Akzente setzen die in schwarz, glänzend, lackierten Räder sowie die rote Feder des Zentralfederbeins. Jeweils dazu passend ist die Schwinge entweder mit einer Eloxal-Beschichtung versehen oder in schwarz gehalten.

Mit dem Ziel einer verbesserten Ergonomie wurden die Fersenbleche für den Fahrer neu entwickelt. Die Ausleger der Sozialsfußrasten wurden schlanker gestaltet.

**Mit neuen Farbvarianten wie hier Racing red uni in Verbindung mit Alpinweiß uni ging die RR ins Modelljahr 2012.**



**Die neue Fahrlage und Fahrwerksgeometrie der RR resultieren aus modifizierten Werten für Steuerkopfwinkel, Offset, Lage des Schwingendrehpunkts sowie Gabelüberstand und Federbeinlänge.**

#### Erweiterter Umfang von Sonderausstattungen und Sonderzubehör.

Zur Individualisierung der neuen S 1000 RR erweitert BMW Motorrad den Umfang von Sonderzubehör und Sonderausstattungen ab Werk um einige attraktive Features. Besonders sportlich orientierte Fahrer können die RR ab 2012 mit einer HP Titan-Abgasanlage (mit oder ohne ABE) oder dem HP Race Datenlogger ausrüsten. Den frühmorgendlichen Rennstreckeneinsatz oder längere Fahrten bei kalter Witterung erleichtern auf Wunsch nun die als Sonderausstattung erhältlichen, in zwei Stufen einstellbaren Heizgriffe.

Für reinen Rennstreckeneinsatz sind weitere Hilfsmittel verfügbar: HP Race Schaltschema-Umkehrung oder HP Race-Calibration Kit, mit dessen Hilfe ganz individuell Einfluss auf Parameter der Motorsteuerung, Traktionskontrolle, Schaltassistent, Geschwindigkeitsbegrenzer Boxengasse usw. genommen werden kann.