

CHASSISABSTIMMUNG 3.0

Bei LS-racing geht man neue Wege bei der Abstimmung und Entwicklung von Rennkarts. Nach über einem Jahr Entwicklungszeit werden erste Einblicke in das Projekt gewährt.

Text LS-racing / Speck Engineering oHG | Fotos: Speck, Christiane Riecke, www.kartfoto.de



Fortschritt der Technik im Kartsport: Das Kart ist u.a. mit Reifenheizdecken und Sensoren zur Erfassung der Reifentemperaturen während der Fahrt ausgerüstet.

Kaum gab es die ersten Karts begannen auch schon die Diskussionen um die Abstimmung der „Renngeräte“. In den ersten Jahrzehnten des Kartsports stand das „Popometer“ des Fahrers und die Stoppuhr als Helfer bei der Findung der perfekten Abstimmung im Vor-

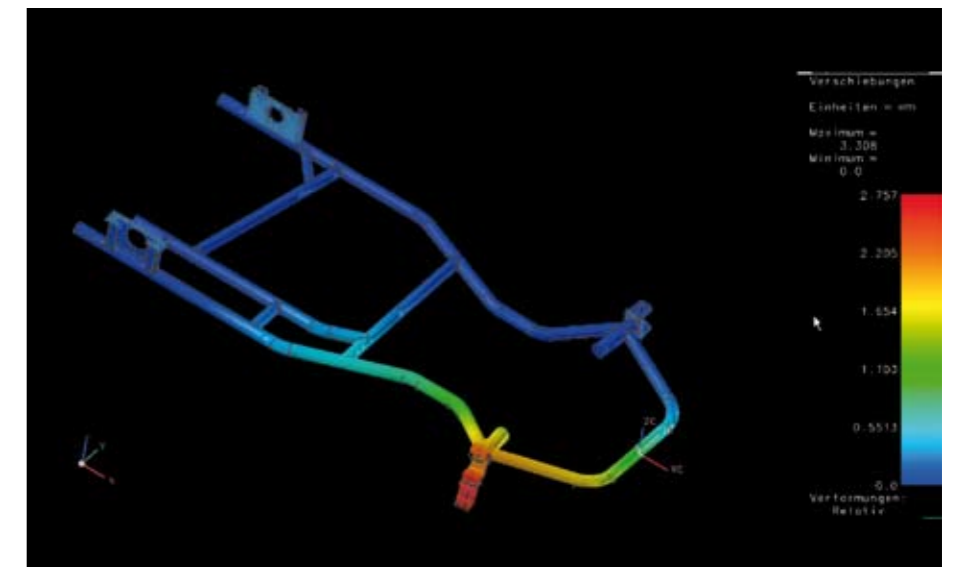
In den Neunziger Jahren entwickelten sich dann die Zeitemesssysteme weiter zu Datenloggern. Anfangs wurden neben den Zeiten – einschließlich Zwischenzeiten – nur die Drehzahl und eine Temperatur aufgenommen und gespeichert. Die rasante Entwicklung der Elektronik brachte es mit, dass die Zeiterfassungssysteme sich zu komple-

xen Datenerfassungssystemen entwickelt haben, welche heute auch im Kartsport in der Lage sind nahezu unbegrenzt viele Parameter aufzunehmen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien hier nur einige genannt: Geschwindigkeit (Raddrehzahlen), Längs- und Querschleunigung, Wasser-, Abgas-, Zündkerzen-, Bremsen- und Reifentemperaturen, Lambda, Lenkwinkel, Drosselklappenstellung, Bremsdruck ...

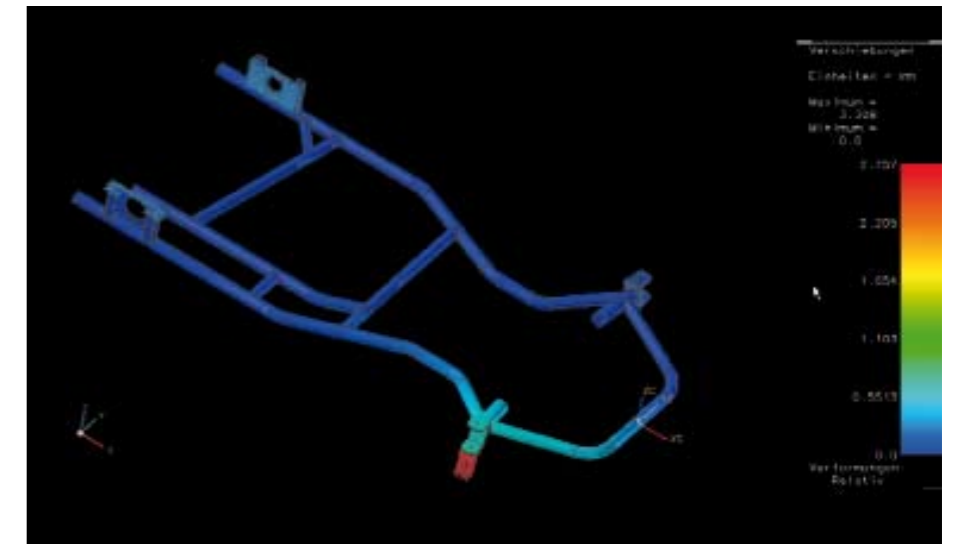
Während der Rennen ist die Anzahl der Kanäle per Reglement begrenzt. Mit modernen Computern lassen sich diese Daten weiter verarbeiten und auswerten. Das Ziel ist es möglichst viele Informationen zu sammeln, um dann

sowohl das Material besser abzustimmen oder gar weiter zu entwickeln aber auch gemeinsam mit dem Fahrer Fahrfehler zu erkennen und zu beseitigen. Die gesammelten Daten sind natürlich im Wettbewerb sehr sensibel und nicht jeder Fahrer ist bereit diese mit seinen Konkurrenten im Team zu teilen. Dennoch zeigt es sich immer wieder, dass es sehr sinnvoll sein kann im Team zusammen zu arbeiten. Als Beispiel sei hier das Mach1 Werksteam genannt, in dem in den vergangenen drei Jahren nicht zuletzt auch mit Hilfe der Datenauswertung viele Erfolge erarbeitet wurden. Egal wie viele Daten gesammelt

und ausgewertet werden, haben alle Datenerfassungssysteme eins gemeinsam: Zuerst müssen Daten gesammelt und ausgewertet werden, bevor davon profitiert werden kann. Zudem bieten die heutigen Karts so viele Einstellungsmöglichkeiten, dass es selbst für erfahrene Fahrwerkspezialisten schnell undurchsichtig wird, was bei Änderungen, insbesondere bei Kombination von mehreren Änderungen, wirklich passiert. Genau an diesem Punkt ist Speck Engineering (LS-racing) eingestiegen und hat begonnen computergestützte Simulationen (CAE – Computer Aided Engineering) durchzuführen. Hierbei konzentriert man sich zunächst auf die Chassisabstimmung und Entwicklung. Sicher ist es auch möglich die Simulationen



Die 3D-CAD-Simulation zeigt anhand einer Animation die Auswirkungen auf den Kartrahmensunter Last nach FEM-Berechnung.



auf den Antriebsstrang auszuweiten – die Formel 1 zeigt dass dies möglich ist – aber im Kartsport ist man noch am Anfang und muss erst einmal klein anfangen. Für Simulationen sind sehr teure Programme erforderlich. Und damit ist es noch nicht getan, schließlich braucht man auch entsprechendes Know How und viel Zeit. Das Ziel ist es schon im Vorfeld Informationen zu bekommen, welche Chassisabstimmung

zielführend ist. Auch wenn ein Kart ohne Fahrwerksfedern, Stoßdämpfern und Differential so einfach aussieht, ist es sehr schwierig das Verhalten auf der Rennstrecke zu simulieren. Im Groben kann man folgende Haupteinflussgruppen, die für eine vollständige Analyse notwendig sind, identifizieren: Fahrwerksgeometrie, elastische Verformungen am Chassis, Reifen und Fahrer (Schwerpunktlage etc.). Auf die einzelnen Haupteinflüsse und Analysemöglichkeiten wird in den folgenden Punkten im Einzelnen eingegangen.

DIE FAHRWERKSGEOMETRIE

Bezüglich der Einstellungsmöglichkeiten der Fahrwerksgeometrie lassen die heutigen Chassis keine Wünsche offen. Allein die statische Betrachtung unterschiedlicher Chassiseinstellungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Lenkwinkeln liefert interessante Ergebnisse. Mittels voll para-



100% Gripverlust an der Hinterachse im Regen



Umfangreiche Messtechnik gehört bei vielen Teams mittlerweile zum Standard.

metrisierter 3D-Modelle kann heute bei LS-racing in sekundenschnelle jede Chassiseinstellung vorausberechnet und zunächst bei unendlich steif angenommen Komponenten verglichen werden. Hierbei bedient man sich eines 3D-CAD Programms in welchem das Lenkverhalten des Kart mit unter anderem mit folgenden Parametern analysiert wird: Breite vorne (Lenkrollradius) / hinten, Höhe vorne / hinten, Spur / Sturz / Nachlauf / Spreizung, Anlenkpunkte Spurstangen und Radstand. Als Ausgangsgrößen bekommt man ein Maß für das Abheben des kurveninneren Hinterrades sowie Informationen über den Spurdifferenzwinkel in Abhängigkeit vom Lenkwinkel.

Insbesondere die Einstellmöglichkeiten an der Vorderachse führen zu starken Änderungen beim Anheben des Hinterrades, was ja aufgrund des fehlenden Differenzials bei einem Kart sehr wichtig ist. Dass sich das Rad bei mehr Nachlauf bei positivem Lenkeinschlag weiter hebt, kann jeder noch leicht nachvollziehen, welche quantitative Änderungen durch mehr oder weniger Sturz oder einen größeren Lenkrollradius entstehen, konnte bisher kaum jemand beantworten. Die meisten Karts bieten die Möglichkeit die Anlenkpunkte der Spurstangen zu verändern, um bei Kurvenfahrt unterschiedliche Spurdifferenzwinkel zu realisieren. Die Lenkgeometrie kann damit an den

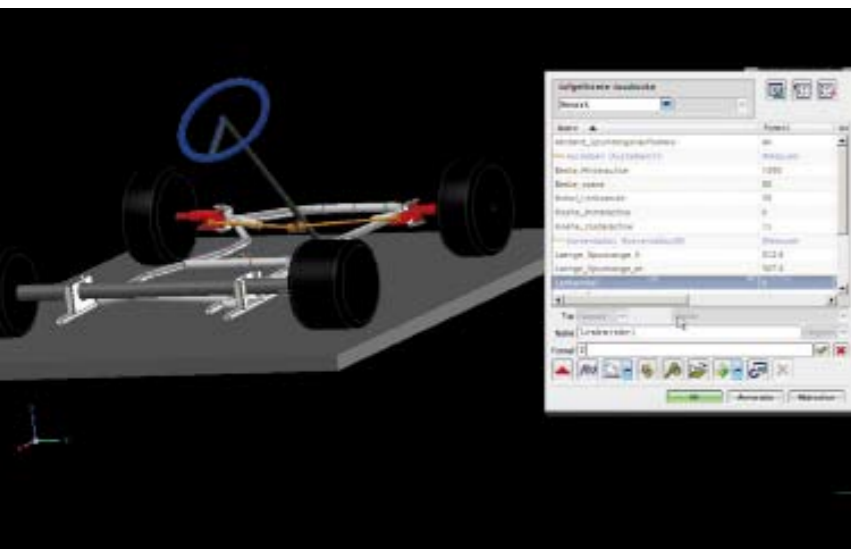
Charakter einer Strecke anpasst werden. Ohne entsprechende Simulation ist es in der Realität kaum möglich Änderungen an der Lenkgeometrie zu quantifizieren. Dies führt in den meisten Fällen dazu, dass die Einstellmöglichkeiten nicht ausgenutzt werden und immer ein „Standard“ benutzt wird. In Verbindung mit der Simulation

sich in der Anschaffung – ohne Schulungen – im Bereich fünfstelliger Werte. Die Parametrisierung der Modelle ist so ausgeführt, dass in kurzer Zeit auch die Auswirkungen eines krummen Chassis oder ein anderer Chassis Typ analysiert werden kann.

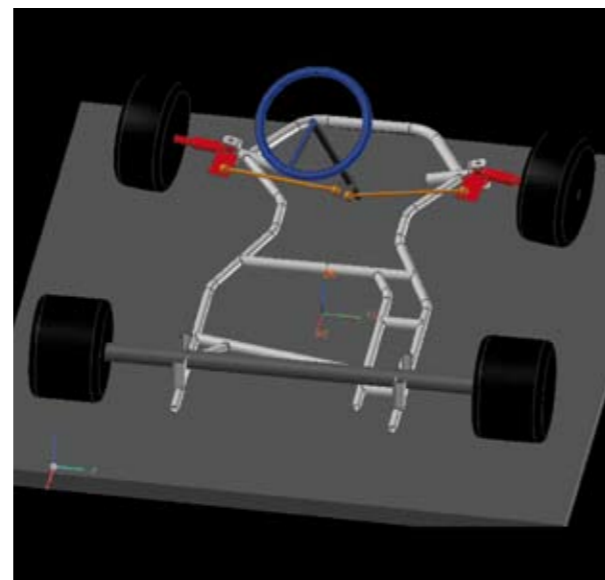
ELASTISCHE VERFORMUNGEN AM CHASSISRAHMEN

Der Einfluss der elastischen Verformungen bei einem Kart wird in erster Linie schon durch die Konstruktion festgelegt, wird jedoch auch durch verschiedene Abstimmungsparameter wie zum Beispiel der Spurbreiten beeinflusst. An den gängigen Modellen lässt sich dieser Parameter zudem in gewissen Grenzen durch Stabilisatoren beeinflussen. In der Simulation wird hier mit einer FEM-Berechnung (FEM - Finite Elemente Methode) die Verformung des Chassis unter Last dargestellt. Die FEM-Berechnung ist insbesondere bei der Grundausslegung eines Chassis von Bedeutung und wird heute von mehreren Kar-

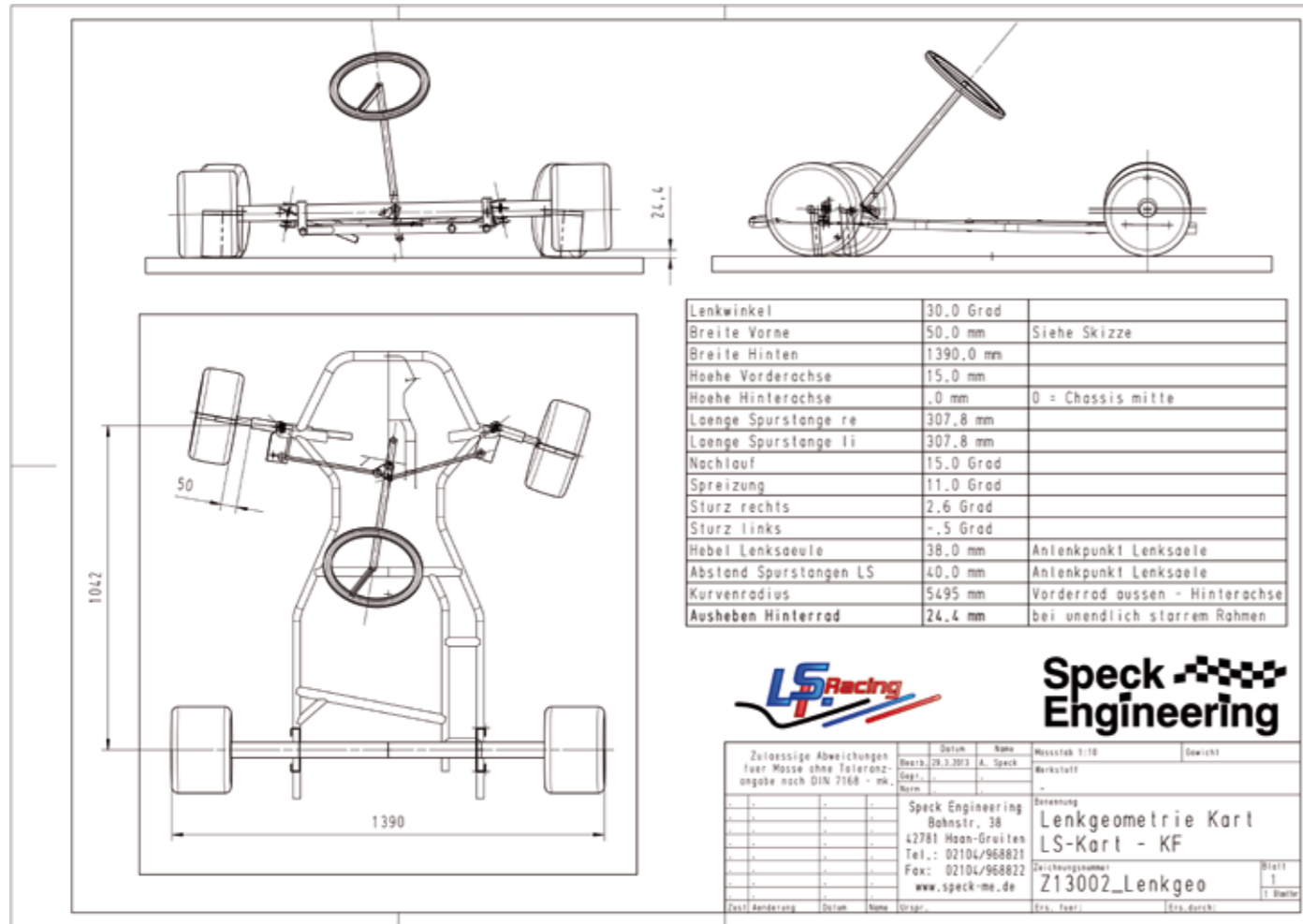
therstellern genutzt. Vor der Fertigung des Chassis lassen sich so schon Aussagen über die Steifigkeit eines Chassis machen. Von den Fahrern gewünschte Änderungen können zum Beispiel vor einer neuen Homologation gezielt in die Konstruktion einfließen und vergleichend getestet werden. Für die Abstimmung auf der Strecke ist es wichtig zu wissen, ob man gerade ein „hartes“ oder ein „weiches“ Chassis einsetzt, da auch das wieder Einfluss auf das Ausheben des kurveninneren Rades hat. Je steifer das Chassis ist, desto näher kommt das reale Anheben des kurveninneren Hinterrades an den im Kapitel Fahrwerksgeometrie beschriebenen simulierten Wert heran. Die dynamischen Verformungen auf der Rennstrecke unterliegen einer hohen Dynamik und führen zu nicht unbedeutenden Änderungen an der grundlegenden Fahrwerksgeometrie. Die Verwendung von 28mm Rohren und sehr schmalen Taillen zeigte in den letzten Jahren, dass einige Chassishersteller sehr weiche Rahmen bevorzugen. Erfahrungen zeigen jedoch, dass es Grenzen in diese Richtung gibt. Insbesondere professionelle Renn-



3D-CAD-Simulation der Fahrwerksgeometrie mit dem daraus resultierenden Abheben des Kurveninneren Hinterrades.



Auswerteskizze einer Chassiseinstellung zur Lenkgeometrie

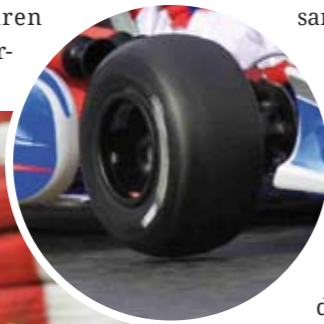


KONTAKT

SPECK ENGINEERING OHG
Anschrift Bahnstr. 38
 42781 Haan-Grünten
Telefon 0 21 04 / 96 88 21
E-Mail kart@speck-me.de
Internet www.ls-kart.de

fahrer bevorzugen tendenziell ein etwas härteres Chassis, da es etwas direkter ist. Dieser Trend ist auch bei den Achsschenkeln vorne ersichtlich. Die 25mm Achsschenkel vorne sind deutlich breiter steifer als die früheren 17mm Achsschenkel. Hier-

durch werden die Karts an der Vorderachse extrem „bisig“ und folgen jeder Lenkbewegung, was dazu führt, dass ungeübte Fahrer schnell überfordert sind. Da bei den elastischen Verformungen die auf das Chassis einwirkenden Kräfte eine große Rolle spielen, ist in diesem Zusammenhang auch das vorhandene Gripniveau zu berücksichtigen, welches stark abhängig von den Reifen ist.



DIE REIFEN

So groß der Einfluss der Reifen auch ist, stoßen die Simulationsmöglichkeiten von Speck Engineering an dieser Stelle an die Grenzen. Hier kann nur versucht werden mit der vorhandenen Erfahrung möglichst schnell den richtigen Luftdruck zu finden. Hierbei ist es wichtig nicht nur den Luftdruck, sondern auch die Reifentemperatur im Blick zu haben. Es zeigt sich immer wieder, dass sich die Reifen „Warmarbeiten“ müssen und nicht warm - noch schlimmer heiß - gerutscht werden dürfen. Gerade bei längeren Finalläufen führt Rutschen schnell zum Überhitzen der Reifen. Dies macht sich sofort negativ auf der Stoppuhr bemerkbar. Häufig ist es nur ein Reifen dessen Druck und / oder Temperatur nicht im optimalen Arbeitsbereich liegt und Auffälligkeiten zeigt. Natürlich kann man versuchen dies



Theorie und Praxis: Heben des Hinterrades und Spurdifferenzwinkel - die Dynamik sorgt auch schon mal dafür, dass das Vorderrad abhebt.

durch einen geänderten Luftdruck zu kompensieren, wer jedoch Chassis und Fahrer besser kennt, steigt tiefer in die Analyse ein. Hier unterstützt das 3D-Simulationsprogramm wieder, um folgende Fragen zu beantworten: Passt der eingestellte Spurdifferenzwinkel zur Strecke? Kann durch Änderung der Fahrwerksgeometrie die Radlastverteilung in den Kurven so verändert werden, dass das Problem behoben werden kann? An dieser Stelle ist es wichtig gezielte Veränderungen vor zu nehmen und dabei einen theoretischen Vergleichswert zu bekommen (s. a. Fahrwerksgeometrie)

DER FAHRER

Wer meint, dass ein für den Fahrer perfekt abgestimmtes Chassis auch für den Teamkollegen passt, der irrt gewaltig. Vergleiche im Mach1-Werksteam bezüglich der Chassiseinstellungen der unterschiedlichen Fahrer haben immer wieder gezeigt, dass ganz unterschiedliche Weg der Abstimmung am Ende auf der Uhr zu gleichen Ergebnissen führen können. Die Ursache hierfür liegt beim Fahrer. Hierbei spielt zunächst Größe und Gewicht sowie die daraus resultierende Schwerpunktlage eine große Rolle. Letztere kann durch die Sitzposition beeinflusst werden. Die Kontrolle erfolgt in der Regel durch Radlastwaagen. Für das Gewichtsverhältnis vorne zu hinten haben die Chassishersteller in der Regel einen Standardwert. Für eine perfekte Abstimmung kann jedoch in Abhängigkeit von Fahrer, Reifentyp, Motorleistung und Strecke von diesem Wert abgewichen werden. Mittels 3D-CAD-Programmen ist es vor Veränderung der Sitzposition möglich, Aussagen über die tatsächliche Lage des Schwerpunktes von Kart mit Fahrer und der Gewichtsverteilung zu bekommen. Diese Vorinformation spart Zeit und beschleunigt das Finden der richtigen Sitzposition. Einfluss hat aber auch das Brems-, Beschleunigungs- und Lenkverhalten des Fahrers. Unabhängig von der gefahrenen Linie kann sich der Bremsdruck, die Lenkgeschwindigkeit und der Lenkausschlag von Fahrer zu Fahrer unterscheiden. Hierbei handelt es sich um dynamische Vorgänge, die bislang nur schwer simuliert werden können.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch Sammeln aller Informationen aus der Analyse, der Datenerfassung und der Aussagen des Fahrers hat sich LS-racing eine Wissensbasis aufgebaut, welche bei der Abstimmung sehr hilfreich ist. Eine vollständige Simulation aller statischen und dynamischen Einflüsse ist noch nicht möglich. Durch Aufteilung der Untersuchung in mehrere Haupteinflussgruppen mit entsprechender Simulation können jedoch schon wichtige Erkenntnisse für die Abstimmung und Entwicklung durch Computersimulationen herausgearbeitet werden. Eines ist den Entwicklern bei LS-racing jedenfalls klar: Wenn Theorie und Praxis nicht übereinstimmen, dann hapert es noch mit der Theorie. ■