

# Racetech Racing Team

TU Bergakademie Freiberg e.V.

Neues aus dem Verein

Wer ist wer?

Racetech in der ATZ



Newsletter

12/2013

Liebe Sponsoren, Freunde und Förderer,

im Dezember gab es für das Racetech Racing Team die erste große Herausforderung für die neue Saison. Der Konstruktionsschluss rückte immer näher und unsere Mitglieder arbeiteten intensiv an ihren Bauteilen. Der Konstruktionsschluss ist jedes Jahr kurz vor Weihnachten und für uns immer wieder eine neue Herausforderung. Zusätzlich zum normalen Konstruktionsablauf wurden an der TU Bergakademie Freiberg an den Instituten für Metallformung und Werkstofftechnik Materialtests mit verschiedenen Sandwichstrukturen für unser geplantes Magnesium-Monocoques durchgeführt. Dabei mussten wir leider feststellen, dass die bisherigen Werkstoffkennwerte nicht ausreichend sind, um die im Reglement geforderten Sicherheiten zu erfüllen. Für die Umsetzung unserer Idee und die Behebung aller neu aufgetretenen Probleme müssen noch zahlreiche Tests durchgeführt werden. Um den Erfolg der aktuellen

Saison nicht zu gefährden, haben wir uns vor Weihnachten dazu entschieden unser Konzept auf den parallel als Backup vorbereiteten Stahlgitterrohrrahmen zu ändern. Wir werden somit in der RTo8 Saison mit unserem bewährten Rahmen und der weltweit einzigartigen Magnesiumaußenhaut auf den Events antreten. Dennoch halten wir an der Idee eines Monocoques aus Magnesium fest und werden neben der Arbeit am aktuellen Fahrzeug die Sandwich Entwicklungen für den RTo9 weiterführen.

Parallel zur Konstruktion waren wir auch bei anderen Themen aktiv. Mitte Dezember fuhren einige unserer Mitglieder zum Go-Kart fahren nach Chemnitz, um einen ersten Eindruck der potentiellen neuen Fahrer zu gewinnen. Der Weg bis zur letzten Entscheidung ist noch weit, doch für unsere Konstrukteure war es vor allem eine gelungene

Abwechslung. Vom 03. Bis 06. Dezember waren wir zusammen mit der ACTech und unserem RTo7 auf der EuroMold in Frankfurt/Main. Als Formula Student Rennwagen mit den meisten und sicher auch außergewöhnlichsten Gussteilen zog unser RT natürlich zahlreiche Blicke auf sich. Aber auch unsere Elektroniker konnten auf verschiedenen anderen Messen neue Kontakte knüpfen. Letztendlich konnten alle an Weihnachten in die verdiente Pause gehen und im neuen Jahr wird wieder fleißig weiter an unserem Traum RTo8 gearbeitet. Wir wünschen Ihnen ein gutes neues Jahr mit viel Gesundheit und Glück. Auf den nächsten Seiten können Sie mit uns den Dezember noch einmal Revue passieren lassen.

*Caroline Weller*

*Philipp Halambek*

Ihr Racetech Racing Team RTo8

# Vorwort

|                      |    |
|----------------------|----|
| Neues aus dem Verein | 4  |
| Wer ist wer?         | 18 |
| Racetech in der ATZ  | 22 |
| Termine              | 29 |
| Sponsoren des RTo8   | 31 |
| Sponsoren des RTo7   | 34 |
| Impressum            | 38 |

# Inhaltsverzeichnis



## Neues aus dem Verein

## Neues aus dem Verein



## Seminar der AHC Oberflächentechnik zum Thema Beschichtung

Am 2. Dezember besuchte uns Dr.-Ing. Roger Liesaus von der AHC Oberflächentechnik und gab uns wichtige Hinweise und Tipps bezüglich der Beschichtung unserer Bauteile.

In seinem Vortrag ging er zunächst auf die verschiedenen Möglichkeiten und Verfahren ein, die unserem Sponsor zur Verfügung stehen. Bestimmte Prozesse sind manchmal nur bedingt oder gar nicht auf gewisse Materialien anwendbar, weswegen die Auswahl der richtigen Beschichtung essentiell ist, um den Anforderungen, die an das Bauteil gestellt werden, gerecht zu werden.

Nach seiner Einführung konnten wir dann im gemeinsamen Gespräch darüber sinnieren, welche Beschichtungen für welche Anwendungsbereiche besonders geeignet sind. Wir ließen unseren Ideen freien Lauf, bekamen interessante Anregungen und wurden bisweilen sogar zu einer gewissen Experimentierfreudigkeit ermutigt. Wer weiß, vielleicht sieht das Lenkrad



Vorfreude auf die Zusammenarbeit mit der AHC Oberflächentechnik in der Saison RTo8

des RTo8 bald etwas flauschiger aus, als das seines Vorgängers?

Auf jeden Fall lässt sich festhalten, dass wir inspiriert und in angenehmer Atmosphäre auf die Fertigungsphase vorbereitet wurden.

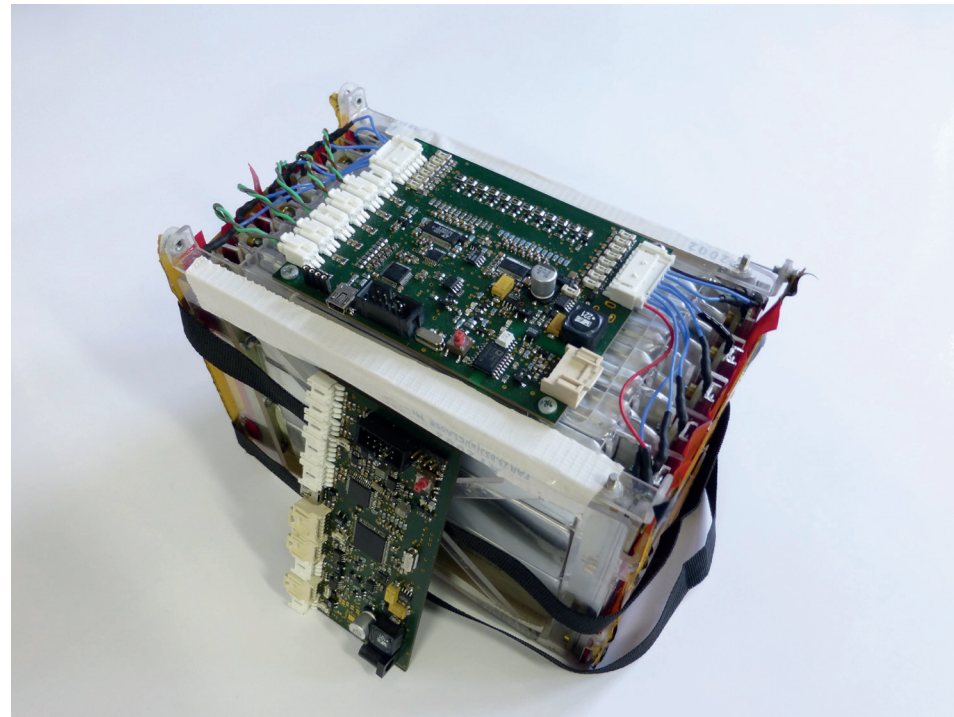
Wir bedanken uns bei Herrn Dr.-Ing. Roger Liesaus und der AHC Oberflächentechnik herzlich für die Unterstützung und freuen uns auf die Zusammenarbeit in dieser Saison.

# Neues aus dem Verein

## Im Inneren des Akkucontainers...

1/3

... befinden sich natürlich die Akkuzellen. Und was sonst noch? Das Kühlsystem für die sensiblen Energiespeicher, der Isowächter, und einige Relais und Sicherungen, die für den sicheren Betrieb unabdingbar sind. Aber spätestens seit den Unfällen mit Lithium-Zellen in Flugzeugen weiß jeder, dass noch ein weiteres Bauteil benötigt wird: Eine Überwachungseinheit, welche dafür sorgt, dass die Zellen nur im vorgeschriebenen Bereich betrieben werden - das sogenannte Battery Management System (BMS). Dieses entwickeln wir wie auch in den vergangenen Jahren komplett selbst.



Montierte BMS-Slave Platine und BMS-Master Platine

Was wird eigentlich gemessen?

Was muss aber genau überwacht werden? Am wichtigsten ist die aktuelle Spannung jeder einzelnen Zelle, denn daraus lässt sich der Ladezustand (State-of-Charge - SOC) ermitteln. Im Stillstand kann man aus der Spannung direkt auf den SOC schließen. Während

der Fahrt verursacht der fließende Strom allerdings einen Spannungsabfall am Innenwiderstand der Zellen. Daher wird auch der Strom gemessen und die Spannung entsprechend korrigiert. Der Innenwiderstand jeder einzelnen Zelle wurde im Vorfeld am

Prüfstand bestimmt. Große Sprünge im errechneten SOC weisen auf einen fehlerhaften Innenwiderstand hin – ein Indiz dafür, dass die Zelle altert. Trotz der recht geringen Anzahl an Ladezyklen ist es wichtig die Alterung (den sogenannten State-of-Health – SOH)

# Neues aus dem Verein

## Im Inneren des Akkucontainers...

2/3

der Zellen zu kennen, um eventuell fehlerhafte Zellen frühzeitig zu erkennen. Der dritte wichtige Parameter, der überwacht werden muss, ist die Zelltemperatur. Um die Temperatur im Inneren der Zelle möglichst genau messen zu können, werden die Temperatursensoren direkt auf die leitenden Verbindungsschienen zwischen den Zellen angebracht.

Zusätzlich zu diesen charakteristischen Größen wird auch die Luftfeuchte im Container überwacht. Da der Container nach außen komplett abgedichtet ist, wollen wir damit ausschließen, dass sich nach einem heißen Testtag Tröpfchen in der kühlen Werkstatt bilden. Sollte die Luftfeuchte bedenklich ansteigen, muss der Container geöffnet werden.

Ein Meister...

Für die interne Kommunikation bekommt das Battery Management System seinen eigenen CAN-Bus spendiert. Über solch ein Bussystem werden auch die beiden Inverter gesteuert. Das Augenmerk liegt also deutlich auf Zuverlässigkeit.

Zum BMS gehören 8 Platinen. Die erste wird als Master („Meister“) bezeichnet. Sie ist die Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Akkumulator. Der Master sammelt alle Messwerte und schickt sie weiter ans Fahrzeug, wo sie beispielsweise dem Fahrer direkt angezeigt werden können. Seine wichtigste Aufgabe ist es bei allen Daten zu überprüfen, ob die Grenzwerte eingehalten werden. Falls dies nicht der Fall sein sollte, wird sofort das Sicherheitssystem aktiviert und die Hochspannung abgeschaltet. Weiterhin erfolgt die Berechnung des State-of-Charge und State-of-Health

durch den Master. Alle Daten werden für die spätere Analyse gespeichert. Allerdings werden nur Strom und Luftfeuchte direkt vom Master gemessen.

...viele Sklaven

Die Bestimmung der Temperaturen und Spannungen erfolgt durch die direkt auf die Zellstacks montierten Slave („Sklave“) - Platinen. Zur Erhöhung der Sicherheit wird die Spannungsmessung jederzeit mittels 2 unabhängiger Chips durchgeführt. Einer der Chips besitzt einen Analog-Digital-Wandler (ADC), der andere schickt zwar keine Messwerte, allerdings vergleicht er die Zellspannungen ständig mit über Widerständen eingestellten Spannungsschranken. Daher ist dieser Chip besonders zuverlässig und störsicher. Bei der Temperaturmessung werden 2 unterschiedliche Messprinzipien eingesetzt und miteinander verglichen: zum einen verwenden wir

# Neues aus dem Verein

## Im Inneren des Akkucontainers...

3/3

konventionelle Sensoren mit einem temperaturabhängigen Widerstand. Allerdings bestehen diese nicht wie üblich aus Platin, sondern aus Nickel, welches ein höheres Signal ausgibt. Zum anderen verwenden wir temperaturabhängige Konstantstromquellen. Da bei diesen Sensoren ein Stromsignal ausgegeben wird, sollte es eine bessere elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) aufweisen als das Spannungssignal der Nickel-Sensoren. Alle Temperatursensoren sind für eine geringe Ansprechzeit als Dünnschicht-Sensoren ausgeführt. Pro Stack müssen 12 Spannungen und 6 Temperaturwerte aufgenommen werden.

Wir bedanken uns ganz herzlich!

Das gesamte System besteht dementsprechend aus einer Vielzahl von Teilen. Die 8 BMS-Platinen sowie alle anderen Platinen dieser und aller vorherigen Seasons wurden uns von einem unserer treuesten Sponsoren,

der Firma PCB Pool, gefertigt. Die vielen Messeingänge erfordern große Mengen an Abblockkondensatoren und Tiefpassfiltern: insgesamt sind über 850 Kondensatoren und mehr als 800 Widerstände verbaut. Für die Kondensatoren bedanken wir uns bei Kemet, für die Widerstände bei Koa.

Mit verschiedenen Dioden belieferte uns erneut die Firma Diotec, LEDs erhielten wir von Harvatec. Die für die Spannungswandler benötigten Induktivitäten wurden uns von Würth Electronic bereit gestellt. Für die SMD Sicherungen an den Messeingängen bedanken wir uns bei SIBA, die uns auch die Hauptsicherung zur Verfügung gestellt haben.

Ganz besonders bedanken wir uns auch bei der Gesellschaft für Sensorik mbH, mit deren Dünnschicht-Nickel-Sensoren die Zelltemperaturmessung realisiert werden kann.

Die Strommessung übernimmt ein differentieller Hallsensor der Firma Raztec. Mit taktangehenden Quarzen und Resonatoren für verschiedene digitale Anwendungen belieferten uns WDI, ESCH, Golledge und Vishay.

Vielen Dank an Wittig Electronic, die uns sehr kurzfristig einen dringend benötigten Kondensator beschaffen konnten. Für die exakte Kalibrierung der Strommessung wurden zudem 2 Trimpotentiometer verbaut, die von der Firma TT-Electronics zur Verfügung gestellt wurden.

Wir bedanken uns zudem bei Ecomal für die SMD-Schalter und bei Mentor für die SMD-Taster. Ein weiterer Dank gilt TE-Electronics und Molex, von denen wir verschiedenste Stecker, angefangen bei USB-Buchsen über SD-Card Sockets bis hin zu vielpoligen Platinensteckern erhielten.

# Neues aus dem Verein



## Der RTo7 als Eyecatcher auf der Euromold 1/2

Vom 02.- 06.12. stellten wir den RTo7 auf der Euromold in Frankfurt aus. Die Euromold ist eine internationale Fachmesse zur Produktentwicklung sowie zum Werkzeug- und Formenbau.

Hier war unser Fahrzeug auf dem Stand der ACTech GmbH, einem unserer größten und treuesten Sponsoren, zu sehen. Durch eine „verkehrte“ Anordnung mit dem Heck zum Messegang und abgeschraubten Rädern lockte der RTo7 viele interessierte Rennsportbegeisterte und Kunden der ACTech an, die sich über das Projekt und die technischen Raffinessen informierten. In besonderem Fokus standen die von der ACTech gesponserten Gussteile, die vor allem im Heck und radnahverbaut sind. Messebesucher konnten damit auch von der ACTech abgegossene Teile anschauen, die direkt in Einbaulage zu sehen waren.



Der Messestand der Firma ACTech gemeinsam mit unserem RTo7

# Neues aus dem Verein

## Der RTo7 als Eyecatcher auf der Euromold 2/2

Als besonderer Eyecatcher war dabei das Gussheck mit integrierter Fahrwerksanbindung zu sehen und Gegenstand jeder Diskussion am Messestand. Die positive Resonanz der Gespräche erfreute uns und macht Mut, dieses Konzept weiter zu verfolgen und noch komplexere Bauteile gussgerecht zu konstruieren.

Durch das großzügige Sponsoring der ACTech GmbH haben wir die Möglichkeit, viele Komponenten als Gussteile auszulegen. Das bringt uns im Design- und Cost Report eine Menge Punkte, denn Gussteile sind für eine Serienproduktion, welche fiktives Ziel des Wettbewerbs ist, deutlich effektiver.

Ebenso in den dynamischen Disziplinen können wir dadurch mit geringem Gewicht und hoher Präzision der Bauteile punkten. Auch für die Konstrukteure ist die Konstruktion der Gussteile eine besondere Herausforderung und zugleich eine Chance, sich in diesem Verfahren weiterzubilden und dabei vom Know-How der ACTech GmbH zu profitieren.

In diesem Sinne möchten wir uns herzlich bei der ACTech GmbH, insbesondere bei Herrn Dr. Florian Wendt, für die großzügige und treue Unterstützung bedanken.

# Neues aus dem Verein

## CAD Spezialisierung für unsere neuen Konstrukteure dank C-CAM 1/2

Die neue Saison ist nun schon einige Monate alt. Die Konstruktionsphase steht vor dem endgültigen Abschluss und die CAD-Pools sind ausgebucht. Wie jedes Jahr startet das Racetech Racing Team mit einigen alten erfahrenen Mitgliedern und mit vielen neuen Studenten. Auch dieses Jahr sind wieder junge Studenten unter den neuen Mitgliedern, die teilweise noch nie mit CAD-Software gearbeitet haben. An dieser Stelle kommt die C-CAM® GmbH ins Spiel. Die C-CAM® GmbH beschäftigt sich mit dem Vertrieb von CAD/CAM/PDM-Software und bietet von Anforderungsanalyse über Lieferung, Installation und Anpassung der Software bis hin zur Anwenderschulung und Betreuung ein breites Leistungsspektrum. Außerdem ist die C-CAM® GmbH ein Racetech-Unterstützer der ersten Stunde und steht uns in Form von Lehrgängen und PDM-Software zur Seite. Auch in dieser Saison durften wir im November und Anfang



Mitglieder beim Arbeiten mit der Software in Chemnitz

Dezember wieder mehrere interessante Lehrgänge zum Umgang mit SolidWorks besuchen. Anfang November haben wir in Freiberg Besuch von Herrn Dennis Jäger bekommen, der 14 vorwiegend neuen Mitgliedern den grundlegenden Umgang mit dem Programm erklärt hat. In einem informativen Lehrgang haben unsere neuen Konstrukteure so

das Rüstzeug zur Einarbeitung und zur weiteren Arbeit am eigenen Bauteil erhalten.

Weiterhin haben wir auch diese Saison wieder die Gelegenheit bekommen, nach den Grundlagen vertiefende Lehrgänge direkt im Firmensitz in Chemnitz zu besuchen. Drei Lehrgänge behan-

# Neues aus dem Verein



## CAD Spezialisierung für unsere neuen Konstrukteure dank C-CAM 2/2

delten Blechbearbeitung, Freiformflächen und Routing. Blechbearbeitung umfasst, wie der Name sagt, die Konstruktion von Blechteilen und ermöglicht die Ausgabe als abgewinkeltes Rohteil. Freiformflächen ist ein Tool, das die Gestaltung homogener Flächen ermöglicht, die besonders relevant für die Konstruktion von Gussteilen sind. Im Routing-Seminar geht es um das Verlegen von Kabelsträngen und Leitungen im CAD. Je nach Einsatzgebiet und Bauteil haben sich unsere entsprechenden Konstrukteure gemeldet und den passenden Lehrgang besucht. Dank dieser Unterstützung ist es uns auch dieses Jahr wieder möglich gewesen, unsere neuen und natürlich auch alten Mitglieder in kurzer Zeit mit viel neuem Wissen auszurüsten.

Wir bedanken uns bei der C-CAM GmbH, insbesondere bei Herrn Christian Popp, für die erneute Unterstützung sowie bei Dennis Jäger, Rico Wagner und Thomas Schnippa für die informativen Lehrgänge.



Mitglieder beim Blechbearbeitungslehrgang von Rico Wagner

# Neues aus dem Verein



## Der RTo8 im Simulator 1/2

Das in dieser Saison neu geschaffene Modul „Elektrischer Antriebsstrang“ versteht sich unter anderem als eine Basis zur Bündelung von Kompetenzen in der Modellierung und Simulation dynamischer Systeme. Durch ein begrenztes Budget und kurze Entwicklungszyklen von weniger als einem Jahr sind für uns Untersuchungen wichtig, die es uns ermöglichen, neue Ideen und Varianten bereits im Vorfeld in einem Modell zu testen und deren Potenzial zu bewerten. Bei Entscheidungen über zu verwendende Antriebsstrangkonzeppte, die Reglerauslegung für die Fahrdynamikkontrolle oder die Überprüfung von mechanischen Lastfällen stoßen wir immer wieder auf die Notwendigkeit, Verhalten und Interaktion von Komponenten in einer komplexen Umgebung zu simulieren. Mit dieser Saison gehen wir deshalb einen großen Schritt weiter in Richtung der Gesamtsystemsimulation unseres Fahrzeugs.



Virtuelle Testfahrt mit CarMaker

Um den Antriebsstrang möglichst detailliert abzubilden, greifen wir auf SimulationX, ein Produkt der Dresdner Firma ITI zurück. Die Software umfasst ein umfangreiches Repertoire an Bibliotheken zur Systemsimulation, beispielsweise aus den Bereichen

Mechanik, Hydraulik, Thermik, Akustik und Elektrik. Für uns sind dabei zunächst vor allem die Möglichkeiten der Simulation elektrischer und mechanischer Systeme interessant: So ist es uns möglich, die elektrischen Komponenten des Antriebsstrangs,

# Neues aus dem Verein

## Der RTo8 im Simulator 2/2

also Energiespeicher, Wechselrichter und Motor mit ihren Schnittstellen zum mechanischen Teil des Antriebsstrangs, also Getriebe und Räder, in einem System komfortabel zu modellieren und zu simulieren.

Über MATLAB/Simulink ist es dann möglich, diesen Antriebsstrang mit der Software CarMaker der Karlsruher Firma IPG Automotive zu kombinieren. Als ein in der industriellen Praxis weit verbreitetes Tool ermöglicht CarMaker virtuelle Testfahrten. Kombiniert mit einem für unsere Zwecke parametrierbaren Fahrzeugmodell, einem Fahrermodell und einer Teststrecke gibt uns dies die Möglichkeit, Änderungen an einzelnen Komponenten des Gesamtfahrzeuges direkt anhand einer Rundenzitensimulation zu bewerten und die für unsere Zwecke besten Lösungen auszuwählen.

Ist die Konzeptphase geschafft, geht es an die Umsetzung. Hier können die gleichen Modelle erneut aufgegriffen werden, beispielsweise bei Software- oder Hardware-in-the-loop-Tests der selbstentwickelten Steuergeräte.

Die Programmierung unserer Fahrdynamikregelung setzen wir dazu mittels der Umgebung ASCET der Stuttgarter Firma ETAS um. Als ein professionelles Standardprodukt zur Entwicklung von Steuergerätefunktionen ermöglicht es uns eine grafische Umsetzung unserer Regelfunktionen. Diese können dann über einen Codeexport in die Steuergeräte eingebunden werden. Neben einer integrierten Testumgebung, mit der das Verhalten der entwickelten Funktionen auf definierte Eingangsgrößen untersucht werden kann, bietet ASCET ebenfalls eine Schnittstelle zu Simulink. Damit wiederum ist

es uns möglich, Reglerentwürfe vorab bei virtuellen Testfahrten und -manövern gefahrlos zu testen und zu parametrieren, was den anschließenden Testbetrieb sicherer macht und viel Zeit sparen kann.

Für die umfangreiche Unterstützung möchten wir uns an dieser Stelle herzlich bei ETAS GmbH, ITI GmbH, IPG Automotive GmbH und The MathWorks, Inc. bedanken.

# Neues aus dem Verein

## Wir ziehen die Fäden!

In diesem Fall sind die Fäden die Kabel unseres RTo8. Mit der Software EPlan Electric P8 können wir den 2D Kabelbaum für unser Fahrzeug erstellen und mit EPlan Harness ProD sogar als 3D Kabelbaum darstellen. Die Lizenzen für die beiden Programme wurden uns von EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG zur Verfügung gestellt.

Wir freuen uns sehr, dass wir die Software verwenden können. Wir bedanken uns bei der EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG, insbesondere bei Frau Böttger, für die Unterstützung.



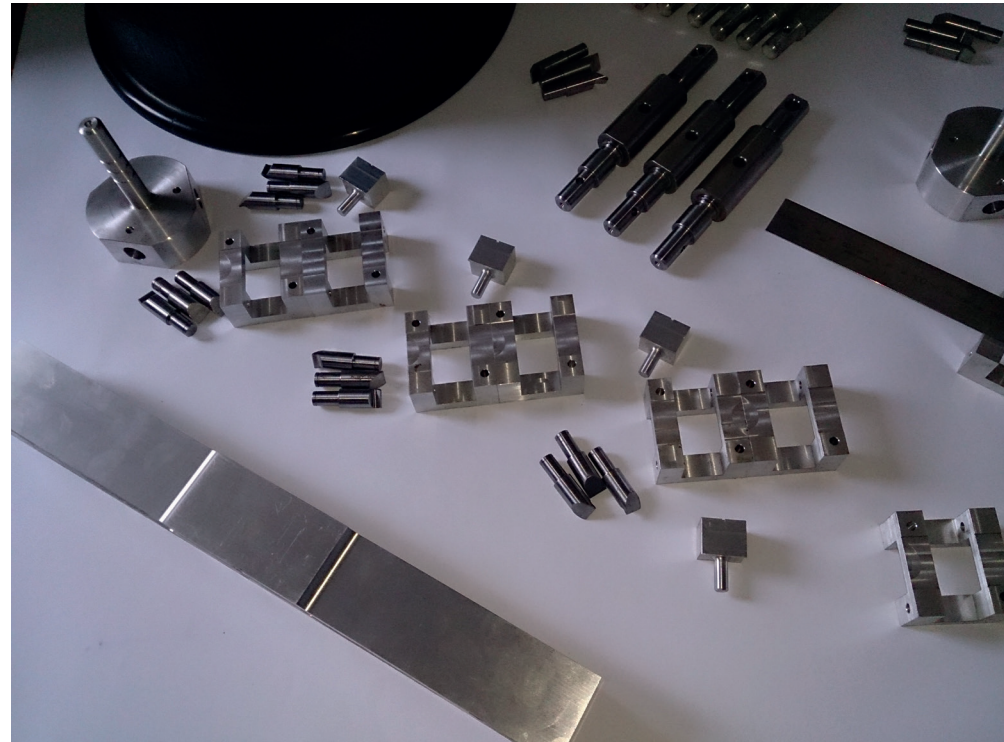
EPlan Electric P8 Software

# Neues aus dem Verein

## Fahrwerksprüfstand eingetroffen

Jede dynamische Disziplin auf den Events hat ihre Herausforderungen und das Fahrwerk muss immer auf die jeweilige Disziplin angepasst werden. Um herauszufinden, welche Einstellungen am besten für das Fahrzeug sind, muss man sehr viel testen. Damit wir in Zukunft auf unserem Testplatz das Fahrwerk einstellen können und somit effizienter testen können, wurde von uns ein eigener Fahrwerksprüfstand konstruiert, der uns Mitte Dezember erreichte. Dieser wird im Sommer in der Testphase zum Einsatz kommen, wenn unsere Fahrer sich auf die Events vorbereiten. Der mobile Prüfstand kann Spur und Sturz messen und durch Protokolle können auf lange Sicht unsere optimalen Einstellungen dokumentiert werden.

Wir danken unserem Sponsor Getriebebau Nossen GmbH, dass er mit uns dieses Projekt umgesetzt hat und bedanken uns insbesondere bei Marcel Richter für die Unterstützung.



Einzelteile des mobilen Fahrwerksprüfstands

# Neues aus dem Verein



## Überdrucklos glücklich dank GORE® Automotive Vents

Nachdem im letzten Jahr mit dem Gore PMF200521 unserem Gussheck das Atmen ermöglicht wurde, setzen wir auch dieses Jahr auf die Gore Automotive Vents Produkte. Der Trick hinter den extrem kompakten Entlüftungselementen ist die Verwendung teildurchlässiger Membranen.

Die verwendete oleophobe Membran des AMF300070 lässt den überschüssigen Gasdruck entweichen und ist dabei undurchlässig für Öl, Wasser und Schmierstoffe. So wird vor allem unser Gussheck nicht durch Überdruck zusätzlich belastet. Tests aus dem letzten Jahr überzeugten damit, dass kein Öl unter Einwirkung eines zusätzlichen Drucks entweichen kann. Somit steht dem Einsatz des AMF300070 nichts im Weg. Dazu ist das Snap-In-System mit Automotiv-Zertifizierung durch seine kompakte Bauweise, geringe Masse und einfache Installation unsere 1.Wahl!



Snap-In Belüftungselemente

Wir bedanken uns ganz herzlich bei der W. L. Gore & Associates GmbH, insbesondere bei Frau Natalia Biedulski, für die zur Verfügung gestellten Snap-In Belüftungselemente AMF300070.

# Neues aus dem Verein



Wer ist wer?

Wer ist wer?

## Marie Teuber

Studiengang/Semester:

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen, 5. Semester

Herkunftsort:

Flöha

Alter:

20 Jahre

Modul:

Organisation

Seit wann bei Racetech:

Oktober 2013

In welchem Modul arbeitest du und was ist dein Aufgabenfeld?

Ich arbeite im Modul Organisation und bin hauptsächlich verantwortlich für das Rollout und betreue zusätzlich Aufgaben, die kurzfristig reinkommen, wie zB. die Sponsorenmappe zu übersetzen oder das Teamwochenende zu planen.

Was begeistert dich an Racetech?

Dass Studenten es schaffen einen Rennwagen zu bauen; die verschiedenen Aufgaben, die unterschiedliche Fähigkeiten erfordern; der Kontakt zu den Firmen.

Hobbies:

Handball, Tennis und Kochen



# Wer ist wer?

# Martin Boxler

Studiengang/Semester:

Bachelor Umweltingenieurwesen, 5. Semester

Herkunftsort:

Ottobeuren

Alter:

23 Jahre

Modul:

Rahmen

Seit wann bei Racetech:

Oktober 2013

In welchem Modul arbeitest du und was ist dein Aufgabenfeld?

Rahmen: Sitz, Kopfstütze, Firewall

Was begeistert dich an Racetech?

Die Konstruktion eines fahrtüchtigen Autos.

Hobby:

Bratsche spielen



## Wer ist wer?



# Pedro Salgado Andrade

Studiengang/Semester:

Maschinenbau,

5. Semester in Brasilien/1. Semester an der TUBAF

Herkunftsort:

Carangola, Minas Gerais (Bundesland) –  
Brasilien

Alter:

20 Jahre

Modul:

mechanischer Antriebsstrang

Seit wann bei Racetech:

Oktober 2013

In welchem Modul arbeitest du und was ist  
dein Aufgabenfeld?

Ich arbeite im Modul mechanischer Antriebsstrang  
und meine Aufgabe ist es, die Antriebswellen zu  
optimieren.

Was begeistert dich an Racetech?

Mich begeistert die Möglichkeit erfahren zu können,  
wie ein deutsches Team arbeitet und sich organisiert.

Hobbies:

Fotografie, Musik, jetzt in Deutschland klettern



## Wer ist wer?



## Racetech in der ATZ

Racetech in der ATZ

Veröffentlicht in der ATZ,  
November 2013 - Formula Student Extra

## Eigenentwicklung eines gegossenen Bremssattels für den RTo7

In der Formula Student zeichnet sich zunehmend der Trend ab, Kaufsysteme durch selbstentwickelte Lösungen zu ersetzen. Dabei blieb der Bereich der Bremssysteme bisher weitestgehend unangestastet. Mithilfe modernen CAE-Tools und intensiver Prüfstandarbeit entwickelten die Mitglieder des Racetech Racing Teams der TU Bergakademie Freiberg ihren ersten einteiligen Bremssattel für die Formula Student.

### Hintergrund

Eine Besonderheit, die den Formula Student Wettbewerb auszeichnet, ist das weitgehend offene Reglement, welches zwar Grenzen aufzeigt, aber keine bestimmten Lösungswege vorgibt. Das Racetech

Racing Team nutzt diese Freiheit schon seit seiner Gründung 2005 für innovative und speziell angepasste technische Lösungen, zum Beispiel einer Außenhaut aus Magnesium oder selbstentwickelten Tripodengelenkwellen. Das schrittweise Ersetzen von Kaufteilen durch Eigenentwicklungen fördert das System-



[1] RTo7 - der Rennwagen der Saison 2013

verständnis und trägt so zum Wissenszuwachs der einzelnen Mitglieder sowie der Know-How-Akkumulation innerhalb des Vereins bei. Beim aktuellen Rennwagen RTo7, [1], wurde diese Leitlinie in Form von selbstentwickelten Bremssätteln fortgesetzt.

Der Verzicht auf eine Kauflösung ermöglichte zudem eine genaue Anpassung an die Einsatzbedingungen der Formula Student und erschloss weiteres Leichtbaupotential bei den ungefederten Massen. Gleichzeitig stellte die Eigenauslegung hohe Anforderungen an die Zusammenarbeit mit dem Modul Simulation im Team und dem Fertigungspartner. Aufgrund der Sicherheitsrelevanz der Komponente war zudem ein Funktionstest auf dem Prüfstand Voraussetzung für den Einbau.

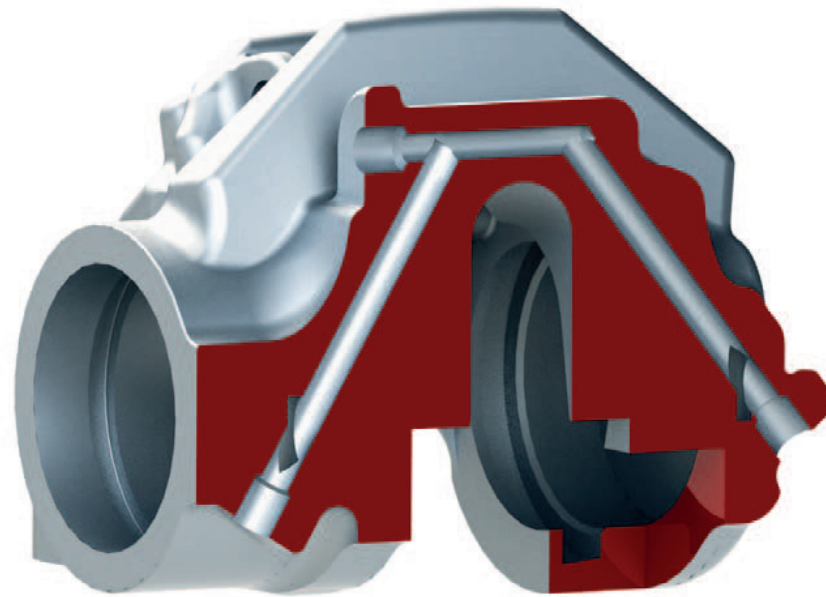
### Zielsetzung und Realisierung

Vor Beginn der Entwicklung wurden die Projektziele definiert und daraus erste Entscheidungen abgeleitet. Neben der funktionellen Anforderung nach sicherem und zuverlässigem Arbeiten bei allen zu erwartenden Temperaturen sollte ein geringeres Gewicht gegenüber dem bisher verwendeten Kaufteil erzielt werden. Die maximale Verschiebung am Kolbenmittelpunkt sollte dabei einen bestimmten Wert nicht überschreiten. Zudem sollte eine Rückfallebene in Form der ursprünglich verwendeten Sättel bestehen

bleiben, was sich durch eine geeignete Wahl der geometrischen Randbedingungen am Bremssystem auszeichnete. Darunter zählen beispielsweise der Bohrungsabstand der Verbindungsschrauben und der vorhandene Bauraum. Dieser war zusätzlich durch verschiedene vom Team genutzte Felgentypen begrenzt.

Aus diesen Überlegungen ließ sich ein einteiliger Bremssattel als grundsätzliche Bauform deduzieren, welche sich durch minimierte Dichtungsflächen und Verbindungselemente auszeichnet, aus fertigungstechnischer Sicht jedoch komplexer ist. Um trotz dessen eine möglichst hohe Formfreiheit beizubehalten, wurde Feinguss als Fertigungsverfahren gewählt. Aufgrund der minimal möglichen Wanddicken in Verbindung mit den Festigkeitsanforderungen kam Aluminium als Konstruktionswerkstoff zum Einsatz.

Durch die einteilige Bauweise ergaben sich für die Nachbearbeitung mehrere Herausforderungen. So



[2] Schnittansicht des Vier-Kolben Festsattels

werden die fahrzeugzugewandten Bremszylinder erst nachträglich durch Schraubelemente verschlossen, um alle Zylinderflächen bearbeiten zu können. Die hydraulische Verbindung der beiden Seiten des Bremskolbens ist durch drei Bohrungen realisiert, deren Enden durch Schlag-Expander verschlossen sind, [2] und [3]. Die Herstellung des Bremssattels im Prototypenguss sowie die Nachbearbeitung wurden von der ACTech in Freiberg durchgeführt.

Für die Funktionalität der Baugruppe von übergeordneter Bedeutung ergab sich die Dichtung zwischen Bremskolben und Bremssattel. Diese muss dem Kolben bei gewährleisteter Leckagesicherung ausreichend Bewegungsspielraum in Richtung Brems Scheibe ermöglichen, sowie diesen nach Beendigung des Bremsvorganges wieder zurück in die Ausgangsposition stellen. Eine Quadding-Dichtung in einer trapezförmigen Nut erfüllen die genannten Anforderungen.

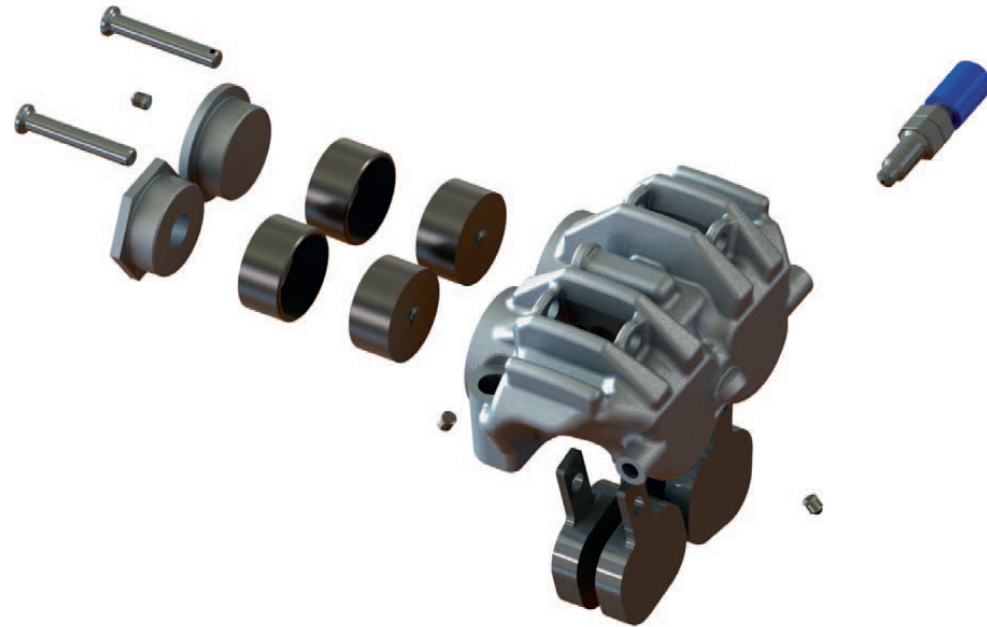


## Simulation

Zur Erreichung der definierten Projektziele und Einhaltung der kurzen Entwicklungszeit von sieben Monaten kamen während des Engineeringprozesses verschiedene CAE-Tools zum Einsatz. Im Fokus stand dabei eine Topologieoptimierung und mehrere Spannungsanalysen. Das hierbei innerhalb des Teams angewandte systematische Vorgehen ist in [1] dargestellt. Für Optimierung und Analyse wurde der Postprocessor Opti-Struct der Firma Altair verwendet. Zuvor erfolgte eine Geometrieaufbereitung und eine Diskretisierung mit 3-D-Tetraederelementen des CAD-Modells durch den Preprocessor Hyper-Mesh.

Die Topologieoptimierung berücksichtigte Schrauben- und Umfangskraft sowie den hydraulischen Innendruck. Ein symmetrischer Aufbau in tangentialer Richtung als weitere Randbedingung ermöglichte eine beidseitige Montierbarkeit. Im Ergebnis bildete sich eine markante Rippenkontur aus, welche in der Konstruktion nachempfunden wurde und zur

Steifigkeit des Sattels beiträgt. Um die real vorherrschenden Bauteilbelastungen möglichst genau abzubilden, war ein komplexerer Modellaufbau für die Spannungsanalysen notwendig. Dieser berücksichtigte alle am Bremsvorgang mitwirkenden Bauteile. Durch die Verwendung geeigneter Kontaktflächen konnte die Wechselwirkung der einzelnen Bauteile gezielt definiert werden.



[3] Explosionsansicht des Bremssattels und dessen Kompo-

Die Bremsscheibe leitet das Bremsmoment über den Bremsbelag in den Sattel ein. Dabei sind Belag und Scheibe über einen „Freeze“-Kontakt verknüpft, was das Blockieren der Räder kurz nach Erreichen des maximalen Bremsmomentes widerspiegelt. Der bei dem Kolben verwendete „Slide“-Kontakt lässt nur einen translatorischen Freiheitsgrad zu, was die Bewegung des Kolbens im Zylinder abbildet. Der

auftretende Innendruck wurde auf 120 bar berechnet, was deutlich über dem Blockierdruck liegt, sich aber aus der im Reglement vorgeschriebenen Pedalkraft ergibt.

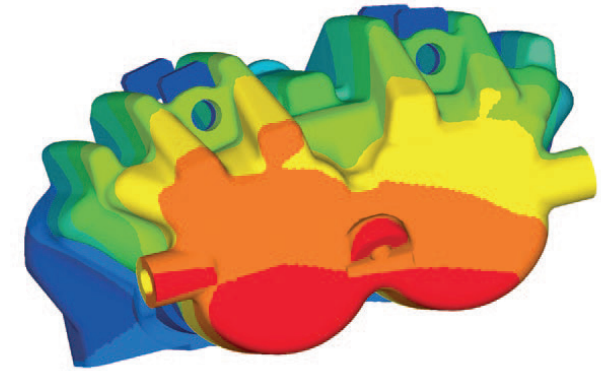
Das Ergebnis der finalen Analyse, [4], zeigt eine asymmetrische Deformationsverteilung, wobei die Verschiebung in der Kolbenmitte unter einem Wert von 0,7 mm blieb. Bei der Auswertung der Spannungen stellte sich die Innenseite des Verbindungsstegs zwischen den Sattelhälften als kritischer Bereich heraus.

### Prüfstand

Nach der funktionellen und strukturellen Auslegung galt es das sichere und zuverlässige Arbeiten des Sattels und der einzelnen Komponenten zu überprüfen. Bei der für die Fahrersicherheit elementaren Baugruppe wurde eine Erprobung am Bremsenprüfstand mit Hilfe von Bosch durchgeführt. Neben der Funktionsüberprüfung wurden verschiedene Messwerte aufgenommen. Im Einzelnen wurde der Bremsdruck,

dass dabei erzielte Bremsmoment und die auftretenden Temperaturen gemessen, [5]. Mit deren Hilfe konnten die getroffenen Annahmen überprüft und zukünftige Auslegungen verfeinert werden. Während der Vorbereitung auf die Arbeit am Prüfstand wurden verschiedene Testverfahren analysiert. Es wurde ein eigener Testzyklus auf Grundlage der aufgezeichneten Daten des Strecken- und Fahrprofils des Autocross-Rennens der FSG 2012 entwickelt, da die im Automobilbereich angewandten Tests nicht direkt übertragbar sind.

Nach Analyse der Geschwindigkeiten und auftretender Bremsdrücke entstand der Test auf Basis der Fahrzeugparameter des Vorjahresmodells. Teilbremsungen mit Bremsdrücken von unter 30 bar fanden dabei keine Berücksichtigung. Zur Vereinfachung der Arbeit am Prüfstand wurde immer aus der berechneten Maximalgeschwindigkeit des Fahrzeugs auf Null abgebremst, [5]. Aus den Bremsungen im Zyklus berechnet sich die vom Bremssystem dissipierte Energie. Für die Tests wurde gefordert, dass das Bremssystem des RTo7



[4] Simulierte Deformation des Bremssattels

mindestens das gleiche Energieniveau problemlos dissipieren können muss.

Die im Prüfstand verbaute Schwungmasse war auf ein Fahrzeug aus dem Automobilbereich ausgelegt und ist nicht mit einem Formula-Student-Rennwagen vergleichbar. Um dennoch annähernde Messwerte zu erhalten, musste die Drehzahl der rotierenden Masse nach dem Energieerhaltungsgesetz angepasst werden.

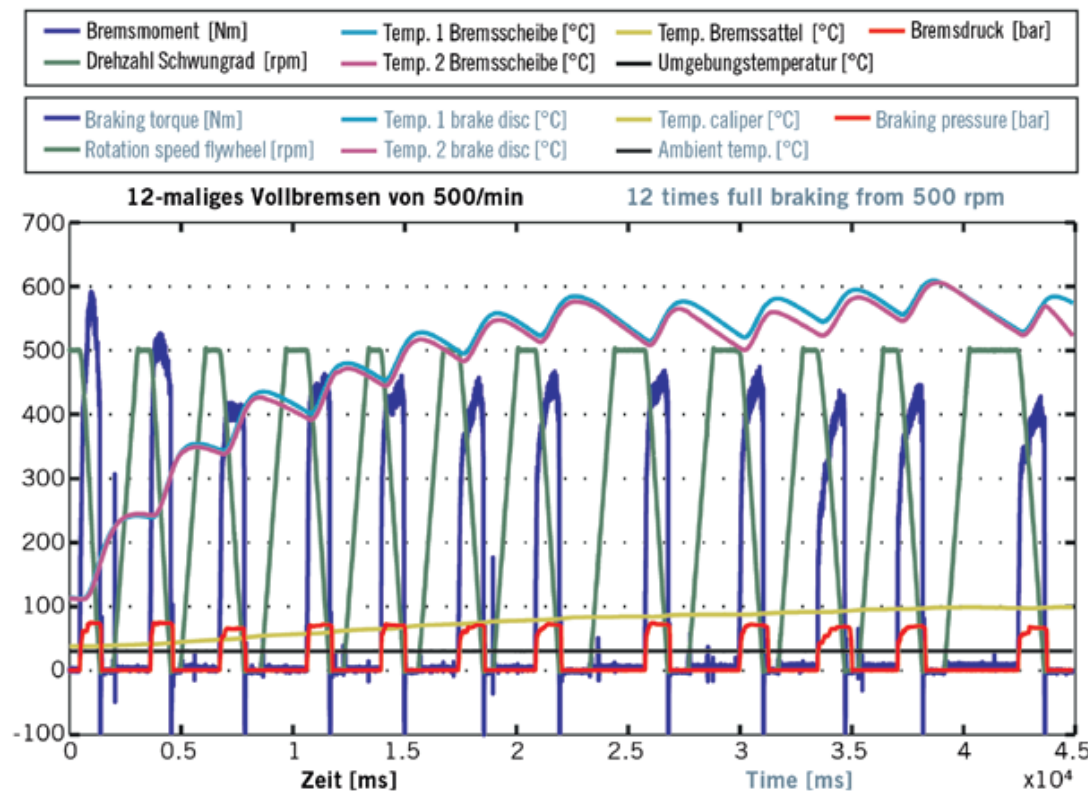
Während des Betriebs erfolgte eine stufenweise Anpassung an die berechnete Drehzahl. Der Bremssattel, die Bremskolben und die Haltestifte,

[5], bestanden die veranschlagten Bremstests schadensfrei. Die Messung des Testzyklus erfolgte mehrfach, um einen Betrieb während der kompletten Rennsaison zu simulieren.

Nach der erfolgreichen Erprobung mit den berechneten Parametern stand die Funktionsüberprüfung im Überlastbereich im Fokus. Dazu wurde zuerst die äquivalente Fahrzeugmasse von der eigentlichen

Achslast je Bremssattel bis auf die gesamte Fahrzeugmasse angehoben und die Drehzahlen entsprechend angepasst.

Bei störungsfreien Versuchen wurde die Drehzahl der Schwungmasse schrittweise erhöht. Hierbei musste aufgrund der starken Drehzahlabhängigkeit der dissipierten Energie eine kleine Schrittweite gewählt werden. Dadurch wurde der Bremssattel und dessen Komponenten schrittweise an die Leistungsgrenze geführt. Hierbei erreichte die Bremsscheibe eine Temperatur von mehr als 850°C, was zum Abbruch der Messungen führte. Das Auflösen des Bremsbelags aus Sintermetall zeigte sich durch starke Funkenbildung. Aufgrund der erhöhten Temperaturen verglaste der Reibbelag und die Folgemessungen erreichten bei annähernd gleichem Bremsdruck nicht die zuvor erzielten Bremsmomente. Die am Prüfstand gemessenen Maximaldrücke waren doppelt so hoch, im Vergleich zu den aufgezeichneten Bremsdrücken im Fahrzyklus. Trotz der extremen Bedingungen stellten sich am Bremssattel keine festigkeitskritischen Tempe-



[5] Aufgezeichnete Daten bei 15-maligem Bremsen von der Maximalgeschwindigkeit bei einem durchschnittlichen Bremsdruck von 90 bar

raturen ein. Weiterhin war keine plastische Deformation zu erkennen und die Funktion des Bremsstatts konnte in allen Betriebspunkten garantiert werden. Der Bremsstatts konnte nun im Gesamtsystem Rennwagen verbaut und erprobt werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Das Team hat einen Bremsstatts entwickelt, der um rund 20 % leichter ist, als ein zuvor verwendeter, kommerzieller Statts mit vergleichbarer Steifigkeit. Die Arbeit am Prüfstand hat die Funktion des eigenen Bremsstatts trotz gezielter Überlastung bestätigt, wodurch die Verwendung für den aktiven Rennbetrieb sichergestellt ist.

Da die Laufzeit des Projekts bis zum einbaufertigen Bremsstatts auf sieben Monate festgelegt war, konnten vorerst nur die wesentlichsten Untersuchungen am Bauteil durchgeführt werden. Während des Entwicklungsprozesses und der Funktionsprüfungen konnten die noch durchzuführenden Untersuchungen identifiziert werden.

Dazu zählen qualitative Untersuchungen bezüglich der Aufweitung, Bremsleistung und Lebensdauer. Messwerte zu der Aufweitung in Abhängigkeit des hydraulischen Drucks liefern wichtige Informationen für den Modellaufbau, und lassen Aussagen über die Genauigkeit der Simulation zu. Im Rahmen dieser Versuche ist die Aufnahme einer p-V-Kennlinie anzustreben, um die Elastizität des Bremsstatts angeben zu können. Dies ist zwingend nötig, um ein ABS-System applizieren zu können. Die angesprochene Bremsleistung ist mit den im Betrieb verwendeten Bremsbelägen und Bremscheiben zu ermitteln. Die Kombination und Wirkung beider Bauteile aufeinander ist bezüglich des Reibwerts für das gesamte Bremssystem essentiell. Die ermittelten Werte können für zukünftige Auslegungen verwendet werden. Bei größeren Abweichungen ist die Paarung von Bremscheibe und Bremsbelag zu hinterfragen.

Eine Lebensdaueruntersuchung kann beispielsweise auf einem Hydropulser erfolgen. Der Bremsstatts wird dabei mit definiertem Druck und einer vorge-

gebenen Anzahl von Bremsungen beaufschlagt. Die Intensität und Anzahl der Bremsungen kann mit Hilfe aufgezeichneter Fahrzeugdaten der Vorjahres-saison geschehen. Zusätzlich werden Deformationen und Ermüdungserscheinungen aufgezeichnet, um Aussagen über die Zeitfestigkeit treffen zu können. Weiterhin ist der Berstdruck zu untersuchen. Bei dieser Messung wird der hydraulische Druck im Bremsstatts bis zum Versagen erhöht. Um eine repräsentative Aussage treffen zu können, sind mehrere Bremsstatts zu prüfen. Nach Abschluss der genannten Untersuchungen kann der Bremsstatts in Hinblick auf Masse, Performance, Deformation und Sicherheit angepasst werden.

### Literaturnachweis

[1] Jachning, J.; Sehnke, T.; Bombis, F.: Leichtbau durch Strukturoptimierung an einem Formula Student Rennwagen. In: NAFEMS Online-Magazin (2012), Nr. 3, 23. Ausgabe, S. 72-82





# Termine

# Termine

Januar  
13

Formula Student Germany Anmeldung

Januar  
17

Formula Student Austria Anmeldung

Januar  
24

–

Januar  
26

Karriere Start 2014 Messe Dresden

Januar  
31

–

Februar  
02

Team– und Arbeitswochenende

Februar  
08

Jahresrésumé des MC Bergstadt Freiberg Autohaus Franke

# Termine

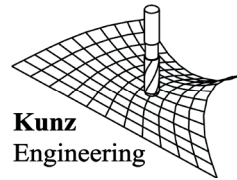


## Sponsoren RTo8

## Sponsoren RTo8



## Sponsoren



automotive  
engineering



# Sponsoren RTo8





Sponsoren RTo8

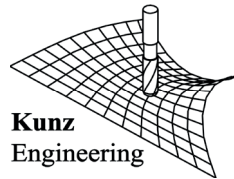


## Sponsoren RTo7

Sponsoren RTo7



## Sponsoren



Pockauer Werkzeugbau  
Oertel GmbH



# Sponsoren RTo7



automotive  
engineering



Institut für Elektronik-  
und Sensormaterialien



Sponsoren RTo7





Gebr. Richter  
Werkzeugbau



# Sponsoren RTo7



# Racetech Racing Team

TU Bergakademie Freiberg e.V.

Bernhard-von-Cotta-Straße 4

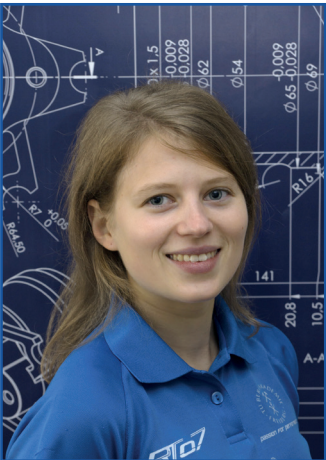
09596 Freiberg

<http://www.racetech-racingteam.de>

Tel.: 03731 39 3962

Fax: 03731 39 3656

1. Vorsitz:



Caroline Weller

2. Vorsitz:



Philipp Kalanke

Schatzmeisterin:



Julia Pfeiffer

# Impressum