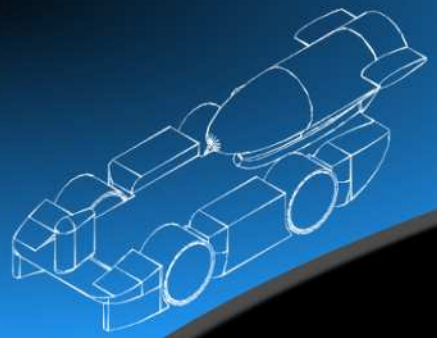


Zephyr

Portfolio 2010

Inhalt

Hallo!

Wir sind das Team Zephyr vom Aachener Einhard Gymnasium. In diesem Portfolio möchten wir uns, unser Auto und unsere Arbeit vorstellen. Wir möchten uns zudem bei unseren Sponsoren, Unterstützern und den betreuenden Lehrern, Herrn Schmitz und Herrn Wilke, bedanken, ohne die all dies nicht möglich - oder zumindest nicht so spannend gewesen wäre. Wir freuen uns über Ihr Interesse und wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Ihr Team Zephyr

Inhaltsverzeichnis

Team

Team & Team Identität....2
Team Design....3
Management Strategie....4
Arbeit im Team....5

Akquise

Marketing....6
Sponsoren....7
Finanzen....8

Auto

Ideen....9
Forschung....10
Konzepte....11
Evolution bis NRW....12
Evaluation NRW....13
Evolution ab NRW....14
Innovation: Aerodynamik....15
Innovation: Drehende Kufen?!....16
Phoenix: Ansichten....17

Fertigung

CAM & CNC....18
Räder....19
Assembly & Finishing....20

Zum Aufbau: In der Ecke links oben finden Sie den jeweiligen Hauptverantwortlichen für das vorgestellte Thema, diese Person hat die entsprechende Seite auch erstellt.

Team & Teamidentitaet

Stefanie Stemmer (18)
Steffi kümmert sich als Teammanagerin zunächst um die Koordination von Fertigung, Terminen und anderen Aufgabenbereichen. Im (zum Glück seltenen) Notfall ist sie auch diejenige, die immer die Ruhe behält und das Krisenmanagement übernimmt. Natürlich unterstützt sie die anderen Teammitglieder auch bei ihren individuellen Aufgaben und Problemen aller Art.

Moritz Stemmer (16)
Moritz ist zuständig für das Manufacturing unseres Autos, daher steht er viel in Kontakt mit Alex, um dessen Entwürfe für das Auto auf Realisierbarkeit zu prüfen. Anschließend informiert er sich über die am besten geeigneten Materialien und sucht die Unterstützung der besten Fertigungsanlagen der Region.

Stefan Herrmann (16)
Stefan ist der unumstrittene Computerexperte unseres Teams. Deshalb erlernte er den Umgang mit komplexen Programmen wie dem virtuellen Windkanal Ansys CFX sowie MatLab. Mit seiner Arbeit ermöglicht er Alex die Optimierung seiner Konstruktionen, zugleich unterstützt er aber auch die anderen Teammitglieder bei ihrer PC-Arbeit.

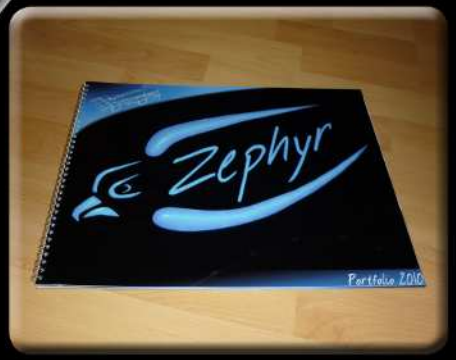
Alexander Zurhelle (18)
Alex ist der Konstrukteur unseres Wagens. Er sammelt die Ideen des Teams und setzt sie mithilfe seines physikalischen Fachwissens und seiner technischen Kentnisse in konkrete Entwürfe und CAD Zeichnungen um. Desweiteren erstellt er unsere Videos in C4D. Bei Teamwochenden kommt das Team in den Genuss seiner Kochkünste.

Pia Hüsch (15)
Pia übernimmt die Kommunikation unseres Teams nach außen. Dazu gehört einerseits das Entwerfen und Umsetzen unseres Corporate Designs in Logo, Teamkleidung, Portfolio, Teamstand und Website, andererseits aber auch das Gewinnen und Betreuen unserer Sponsoren. Dabei hilft ihr besonders ihr offenes Auftreten.

Dynamik, Eleganz, Vielseitigkeit, Ambitionen

Wir sind ein sehr vielseitiges Team aus vier verschiedenen Klassenstufen des Einhard Gymnasiums. Vor Formel 1 in der Schule kannten wir uns zum Teil nur vom Sehen - jetzt sind wir ein eingespieltes Team! Dennoch zeichnet sich unser Team gerade durch seine Vielseitigkeit aus - alle Teammitglieder haben einen unterschiedlichen persönlichen Hintergrund und ganz verschiedene Interessen. Diese Diversität ist uns sehr wichtig und wir achten darauf, dass jeder seine Individualität einbringen kann, sodass sich das Team perfekt ergänzt. Bei allen Unterschieden vereint unsere Teammitglieder vor allen Dingen die hohe Motivation und Ambition, die Neugier, Neues zu entdecken und zu lernen, sowie ein gewisser Perfektionissmus. Unsere Ambitionen fokussieren sich insbesondere in der Dynamik und Geschwindigkeit unseres Autos und einem eleganten, professionellen Auftritt.

Team Design



Zephyr - Sturm aus dem Westen der Republik!

Schon bei den alten Griechen stand Zephyr für Wind und Bewegung - in der griechischen Mythologie heißt der Gott des Westwindes Zephyr. Auch wir kommen aus dem Westen, sogar aus der westlichsten Stadt Deutschlands. Der Westwind wird unser Team hoffentlich immer weiter nach Osten tragen, vielleicht sogar bis zur Weltmeisterschaft in Singapur?
Der Wanderfalke ist unser Wappentier. Er ist der schnellste Vogel der Welt, mit ihm assoziert man Geschwindigkeit und Dynamik Eigenschaften, die auch unser Team und unser Auto besitzt.

Logo

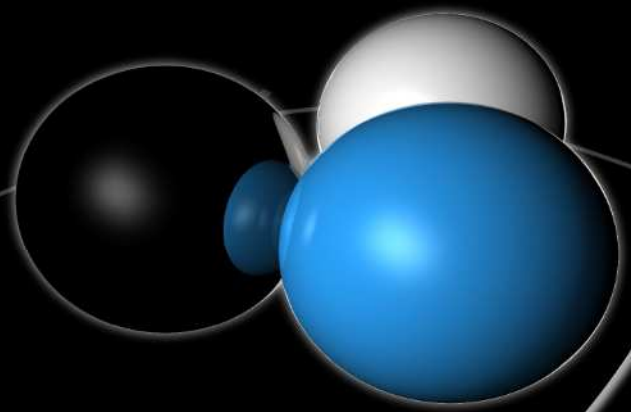
Unser „Wappentier“, der Wanderfalke, spielt natürlich auch in unserem Logo eine besondere Rolle. Weiterhin sollte unser Logo einprägsam und nicht zu kompliziert sein. Es sollte sowohl in kleiner als auch in großer Auflösung gut aussehen. Nach vielen Entwürfen und hitzigen Diskussionen entschieden wir uns für einen stilisierten Falken und vervollständigten das Logo mit unserem Teamnamen. Alex setzte diese Idee dann technisch anspruchsvoll und ansprechend in Cinema 4D um.

Designelemente

Egal, was Sie von uns sehen - vier Designelemente werden Sie überall finden: unser Logo, die Windlinien, die Schriftart und natürlich die Farbgebung. Hierdurch wollen wir - abgeleitet von der Corporate Identity - eine Team Identity aufbauen, die eine gute und schnelle Wiedererkennung ermöglicht. Wer weiß, vielleicht erinnern Sie Sich ja an unser Team, wenn Sie das nächste Mal Windlinien sehen?

Farbphilosophie

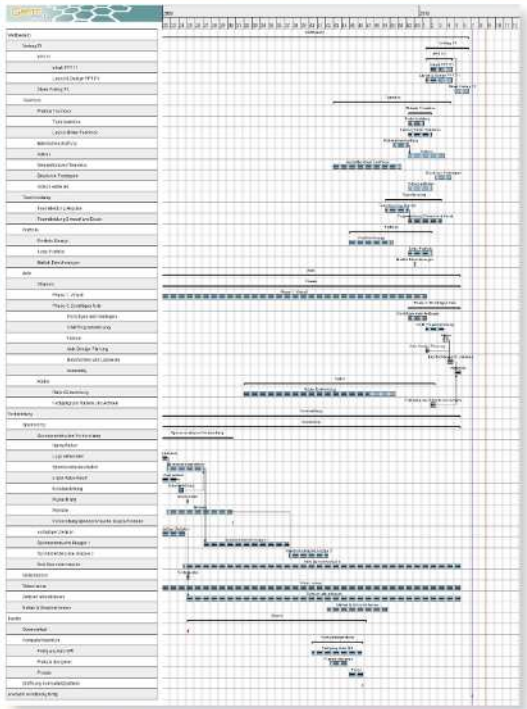
Unsere Teamfarben sind Schwarz und „Zephyrblau“, komplementiert von Weiß. Schwarz verkörpert unsere Seriösität, Ernsthaftigkeit und Zielstrebigkeit. Blau (RGB-Wert: #239dffff) steht für unsere Jugend und Individualität, wurde aber auch aus äshetischen Gründen gewählt. Weiß ist im Designbereich die Kontrastfarbe zu Schwarz, bewirkt einen etwas helleren Einduck - und hebt zudem das Blau hervor.



Management Strategie

Zephyr

Im letzten Jahr haben wir unser Auto im Bus und die Präsentation für die Deutsche Meisterschaft nachts im Hotel vervollständigt. Damit uns das dieses Mal nicht passiert, habe ich frühzeitig angefangen, die Saison zu planen und unseren Fortschritt zu überwachen.



Projektplan

Unseren Projektplan habe ich in Gantt Project erstellt, einer Freeware-Alternative zu MS Project. Besonders folgende Funktionen des Programms waren dabei sehr nützlich:

- Sortierung der Arbeitsschritte in Über- und Untergruppen
- Abhängigkeiten zwischen einzelnen Schritten
- Anzeige des kritischen Pfads
- Auswirkungen auf nachfolgende Schritte bei Verzögerung
- der Fortschritt der einzelnen Aufgaben kann angegeben und so überwacht werden
- die Auslastung der einzelnen Teammitglieder wird über die Ressourcen-Funktion dargestellt und kann so gezielt verteilt werden
- über Meilensteine können Zwischenziele definiert werden
- Anzeige der vorraussichtlichen Fertiggstellung des Projekts

Da der so entstandene Projektplan sehr detailliert und umfangreich ist, lässt er sich nur im eigentlichen Programm sinnvoll erfassen. Um Ihnen einen Eindruck zu ermöglichen, sehen Sie links eine stark verkleinerte Ansicht.

Meilensteine

- **Team-gründung** – 4. Juni
- **Vorbereitung Sponsoren-suche abge-schlossen** – 20. August
- **Erste Sponso-rensuche und Recherche ab-geschlossen** – 12. September
- **Eröffnung des Kompetenz-zentrums: ers-ter Prototyp Hawk** – 15. November
- **Regional-meister-schaften** – 5./6. März
- **Fertig für den Wettbe-werb: Team-box, Portfo-lio, Autos, Präsentation** – 30. April
- **Deutsche Meister-schaft** – 7./8. Mai

Arbeit im Team

Alle unsere Teammitglieder haben sehr viel Zeit in das Projekt investiert. Damit dabei nicht die Motivation schwindet, habe ich versucht, eine enge Bindung zwischen den Teammitgliedern zu erreichen, beispielsweise durch gemeinsames Arbeiten, aber auch durch Freizeitaktivitäten. Tatsächlich haben sich im Team Freundschaften gebildet, die weit über das Projekt hinausgehen. Die intrinsische Motivation im Team ist sehr hoch. Zusammen mit spannenden Erfahrungen und positiver Rückmeldung entstand so ein sehr gutes Arbeitsklima.

Teamtreffen & -wochenenden

Natürlich kann keine Technik persönliche Treffen ersetzen. Während die regelmäßigen, wöchentlichen Teamtreffen insbesondere der Absprache und Planung dienten, waren die Teamwochenenden fester Bestandteil der Teamkultur. Neben sehr produktiver Arbeit haben wir natürlich auch gemeinsam gekocht, Ausflüge unternommen und Spaß gehabt. Erst bei diesen Wochenenden wurde aus unserer Gruppe ein richtiges Team.

Evaluation

Ein wichtiger Punkt des Managements ist die regelmäßige Evaluation des Projektfortschritts. Dazu gehört einerseits, die Arbeit der Mitglieder zu beobachten, um Probleme und Qualitätsmängel frühzeitig zu entdecken, andererseits muss aber auch der Gesamtfortschritt überprüft werden und mit der geplanten Entwicklung verglichen werden. Durch eine frühzeitige Anpassung der Planung kann so weiterhin eine qualitative und rechtzeitige Fertigstellung sichergestellt werden.

Dropbox

Auch wenn jeder im Team seinen Aufgabenbereich hat, ist Zusammenarbeit und gegenseitige Unterstützung natürlich Ehrensache. Damit alle bequem auf die Unmengen an Dateien, Bilder und Ideensammlungen zugreifen können, nutzen wir „Dropbox“. Diese kann von jedem einzelnen Nutzer wie ein ganz normaler Dateiordner genutzt werden. Der Inhalt des Ordners wird jedoch ständig mit dem der anderen Gruppenmitglieder synchronisiert, sodass alle immer die aktuellsten Versionen nutzen.

Mail-Verteiler

Wichtige Termine, Planungen für das nächste Teamwochenende, Teamentscheidungen, Anfragen von anderen Teams, die neuesten Sponsoringerfolge, interessante Videos - auf unserem Verteiler wird oft bis spät in die Nacht diskutiert, gelacht, geplant, gefragt und geantwortet. So sammelten sich in der Saison ca. 700 Mails. Der Yahooverteiler spiegelt das Leben im Team wider und stellt sicher, dass alle Teammitglieder stets auf dem gleichen Informationsstand sind.

Marketing

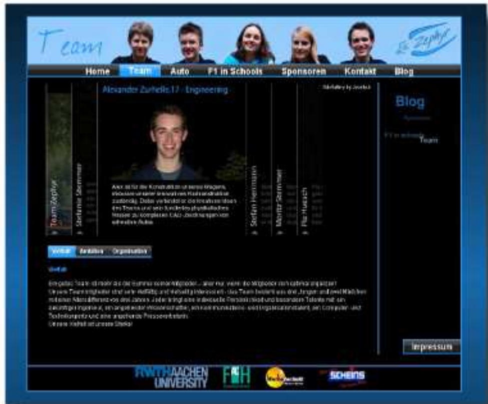
Für Formel 1 in der Schule braucht man nicht nur Engagement, viel Zeit und Motivation, sondern auch eine Menge Geld. Darum haben wir uns früh in der Saison um Sponsoren bemüht und einen ausgefeilten Plan aufgestellt, wie wir diese von unserem Team und unseren Ideen so sehr überzeugen können, dass sie bereit sind, uns zu unterstützen. 1170 € Sponsoring und tausende Euro Sachspenden zeigen: Wir waren erfolgreich!

Planung führt zum Erfolg

Als erstes haben wir eine Liste mit den benötigten Ressourcen erstellt und uns im nächsten Schritt überlegt, von wem wir die benötigten Ressourcen bekommen könnten und von wem Geld zur Finanzierung der zusätzlich benötigten Materialien. So konnten wir unseren potentiellen Sponsoren auch darlegen, was genau wir mit ihrem Sponsoring „anstellen" wollen.

Website

Um unseren potentiellen Sponsoren zu zeigen, was wir bereits erreicht haben und um unsere Ernsthaftigkeit zu demonstrieren, haben wir eine Website erstellt. Außerdem war es für viele Sponsoren ein wichtiges Anliegen, zeigen zu können, wen sie sponsern und ihr Logo auf unserer Seite abgebildet zu sehen. Unsere Website haben wir mithilfe des Content-Management-Systems „Joomla!" entwickelt. Sie zeigt Informationen über unser Team, unser Auto, Formel 1 in der Schule, unsere Sponsoren und verfügt über einen Blog, der aktuelle Informationen und Ereignisse enthält. Wir können uns über mehr als 2000 Aufrufe seit Launch der Seite freuen.
Unsere Adresse: **www.team-zephyr.de**



Sponsoren-Broschüre

Unsere Broschüre haben wir bei potentiellen Sponsoren hinterlegt - sie sollte unser Team in Erinnerung halten. Sie enthält Informationen über den Wettbewerb, unser Team und über ein mögliches Sponsoring. Hier eine Miniaturansicht der Broschüre:

Presse

Um an Bekanntheit zu gewinnen und potenzielle Sponsoren zu erreichen, haben wir uns anlässlich der Eröffnung des Kompetenzzentrums an unserer Schule an die regionalen Zeitungen gewandt. Hier ein Artikel, der in der Aachener Zeitung erschien.

Erstkontakt

Für den Erstkontakt mit Sponsoren haben wir zunächst telefonisch nach einem Termin gefragt.

Termin vor Ort

Bei einem Termin haben wir unseren potentiellen Sponsoren das 4-seitige Portfolio, die Autos des letzten Jahres und 3D-Drucke aktueller Entwürfe präsentiert und haben versucht, sie von unserem Konzept und unserem Team zu überzeugen. Zudem haben wir noch einmal auf unsere Website verwiesen.

Kontaktpflege

Erneuter Anruf bei Sponsoren um uns nach Neuigkeiten zu erkundigen.

Sponsor akquiriert!

Einhard Gymnasium Highspeed Akademie
AME APPLIED MEDICAL ENGINEERING
Brunel
Geschäftsstellenleiter André Lütz PROVINZIAL Die Versicherung der Sparkassen
FH Hochschule Aachen

Sponsoren

Zephyr

Software

The MathWorks

CFX Berlin

RWTH Rechen- und Kommunikationszentrum
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN

Finanzen

Geschäftsstellenleiter André Lütz
PROVINZIAL
Die Versicherung der Sparkassen

Brunel

MAGMA

Fertigung

AME APPLIED MEDICAL ENGINEERING

FH AC Hochschule Aachen

dLS die Lichtschneider: ZERSPANUNGS- & LASERTECHNIK

GHI SIMULATION GLAS KERAMIK

Teamdarstellung

SEVERICH & PARTNER
CORPORATE & BRAND ARCHITECTURE

Kindermann

plothaus AACHEN

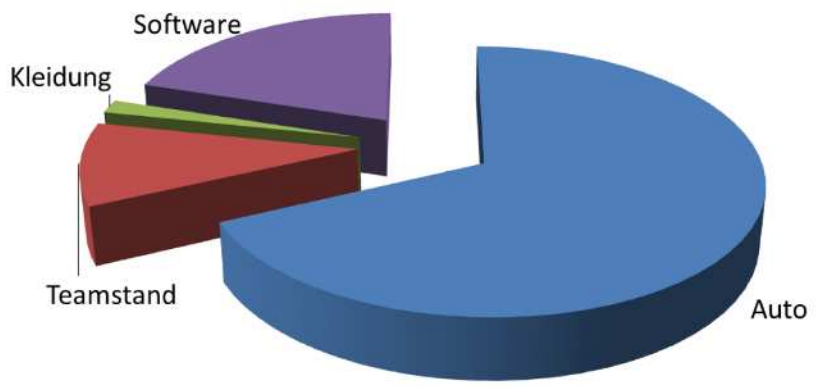
BOLKENIUS Fahrzeugausstattung

PRINT Aix PRESS

Finanzen

Einnahmen

Brunel	350,00€
Provinzial	250,00€
Magma	150,00€
Bolkenius	100,00€
Lievens und Partner	50,00€
Horbach	50,00€
Easy Rider	50,00€
N+S Automobile	50,00€
Diefenthal (VDI)	20,00€
Gesamt:	**1070,00€**



Ausgaben

Posten	Sachspende	Barausgabe
Auto		
Fräsen	12.520,00 €	
Laserschneiden	1.200,00 €	
3D Drucken	730,00 €	
Beschichten	150,00 €	
Balsaholz		96,00 €
Kartuschen		38,50 €
Sonstiges		49,76 €
Teamstand		
Folien	200,00 €	
Transport	50,00 €	
Spanplatten		100,00 €
Laminat		38,98 €
Halterungen		35,00 €
42"Touch Screen	1.120,00 €	
Teamstand NRW	297,85 €	295,60 €
Kleidung		
Blusen/Hemden		84,90 €
Bedrucken	100,00 €	
Schuhe	250,00 €	
Software		
Windows 64 Bit		99,90 €
Matlab	59,90 €	
Ansys CFX	4.224,50 €	
Gesamt	**20.902,25 €**	**838,64 €**

Erste Ideen

Bei einem ersten Brainstorming zur Ideenfindung ließen wir unserer Kreativität freien Lauf - und kamen so auf eine Menge brauchbarer Ideen, aber auch auf einige eher abstruse. Die brauchbaren Ideen bildeten die Basis unserer Entwicklung.

Auto

Räder
(s. S.10)

- Magnetlager
- Kugellager
- Keine -> stehende Räder

Miniaturkugelager

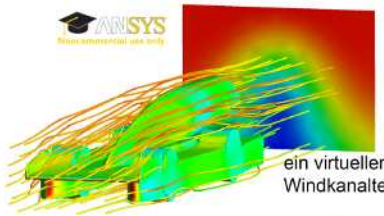
Magnetlager am FZ Jülich

aerodyn. Konzepte
(s. S.11)

- Bodeneffekt
- Minimierung der Querschnittsfläche
- Minimierung der Oberfläche
- Bernoulli -Effekt

das sowjetische „Kaspische Monster“ ist ein Bodeneffektfahrzeug

dieser Dekantierausgus nutzt den Bernoulli-Effekt, um Luft anzusaugen



ein virtueller Windkanaltest

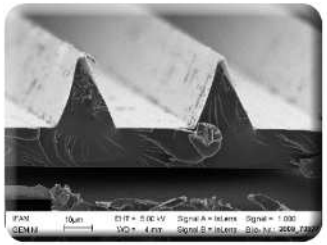
Frontspoiler
(s. S.13

- Halb-Ellipsen
- Winglets

Verstärken den Effekt von Flügeln und Spoilern

Lackierung
(s. S.12)

- Haifischhautlack
- Folierung
- Dosenlack



Rasterelektronenmikroskopie einer Haifischlackoberfläche

ein mit Lackfolie beschichteter Bleistift, gab uns die Idee eine Folierung in erwägung zu ziehen

Forschung

Der nächste Schritt in der Entwicklung war nun die Prüfung unserer Ideen. Um zuverlässige und präzise Ergebnisse zu erhalten, sind wir bei unseren Forschungen und Recherchen möglichst wissenschaftlich vorgegangen.

Recherche

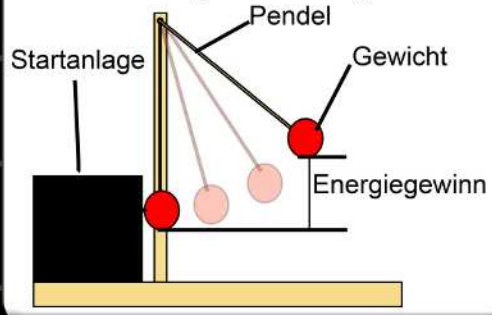
Um möglicherweise bereits bekannte Ansätze und Ergebnisse nutzen zu können, beginnen wir mit einer Recherche. Dabei nutzen wir nicht nur Wikipedia, Google & Co, sondern arbeiten insbesondere mit Fachliteratur der RWTH-Bibliothek. Viele unserer Ideen und Fragestellungen waren jedoch so speziell und ungewöhnlich, dass wir auch dort keine Antworten fanden. Daraufhin wandten wir uns verstärkt an Experten, wie z.B. die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung und die Gesellschaft für Tribologie, um uns nach geeigneten Materialien zu erkundigen, und das FZ Jülich, um uns über Magnetlager zu informieren.

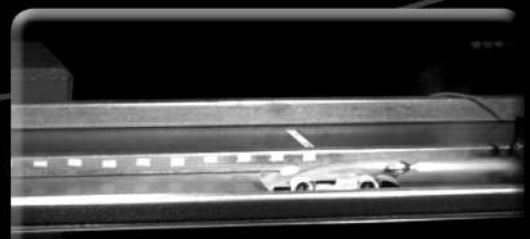
Windkanal

Zu Beginn der Saison waren wir auf der Suche nach dem für uns optimalen virtuellen Windkanal. Hierzu testeten wir den von Formel in der Schule zur Verfügung gestellten virtuellen Windkanal VWT und Ansys CFX jeweils im Vergleich zu einem realen Windkanal. Dabei stellte sich heraus, dass die Ansys-Ergebnisse deutlich näher an der Realität liegen. Daher entschlossen wir uns, trotz des deutlich höheren Aufwands und der höheren Komplexität Ansys zu verwenden. Anschließend passten wir die Ansys-Ergebnisse mit mehrfachen Tests weiter an die realen Ergebnisse an. Durch diese ausführliche Vorarbeit mussten wir nun nur noch die wichtigsten Prototypen fertigen. Bei den anderen konnten wir von einer ausreichend hohen Genauigkeit der Windkanalergebnisse ausgehen.

Das Ergebnis der Kalkwasserprobe: In der Katusche liegt CO_2 vor.

Bestimmung der von der Startanlage an das Auto abgebenen Energie





Das Bild einer Hochgeschwindigkeitskamera. Condor wird untersucht.

Physikalisches Gesamtmodell

Um die Ergebnisse unserer Forschungen zueinander in Bezug zu setzen, erstellten wir ein Gesamtmodell des Rennens in MatLab. Diese Berechnungen ermöglichten uns einerseits einen tieferen Blick in die komplexe Physik hinter dem Rennen, boten andererseits aber auch ganz praktische Vorteile: wir konnten die Gewichtung einzelner Faktoren wie Aerodynamik oder Reibung besser einschätzen und durch Anpassen einzelner Eingabegrößen verschiedene Szenarien vergleichen. Der Weg dorthin erwies sich jedoch als ziemlich kompliziert: durch die Bestimmung relativ weniger Ausgangswerte wie Masse, Volumen und Art des Gases in der Kartusche mussten sämtliche andere Faktoren durch ein iteratives Verfahren bestimmt werden. Auch die Energie, die die Startanlage zu Beginn des Rennens ans Auto abgibt musste berücksichtigt werden. Letztendlich musste das Ergebnis durch einsetzen verschiedener Autos mit bekannten Daten überprüft und fein abgestimmt werden.

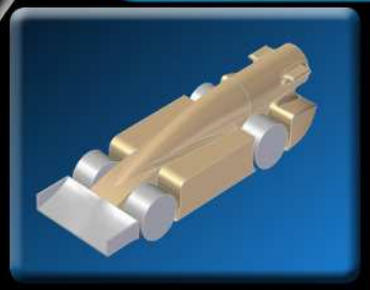
Hochgeschwindigkeitsbilder

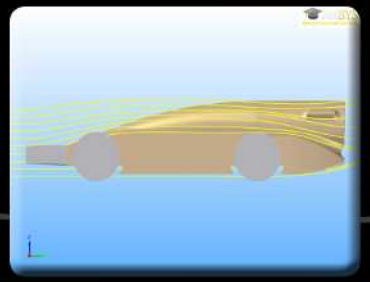
Mithilfe des AME (Institut für Angewandte Medizintechnik) konnten wir unsere Modelle mit einer Hochgeschwindigkeitskamera überprüfen. Diese Methode war sehr hilfreich um die Ergebnisse unserer theoretischen Rechnungen zu überprüfen. Zudem konnten wir so neue Beobachtungen machen und Probleme unserer Autos erkennen beziehungsweise neue Hypothesen aufstellen.

Konzepte

Zephyr

Um eine Ausgangsbasis für unser Auto zu finden, habe ich anhand von unseren Ideen vier verschiedene Konzepte entwickelt und zusammen mit Stefan genauer analysiert. Um nicht den Überblick zu verlieren, benannten wir jedes Auto unserer Team Identity folgend nach einem Vogel.



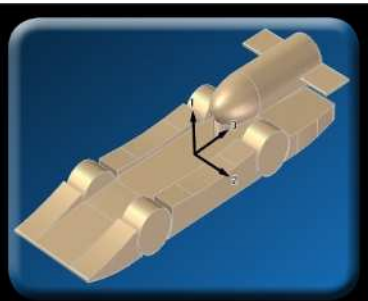


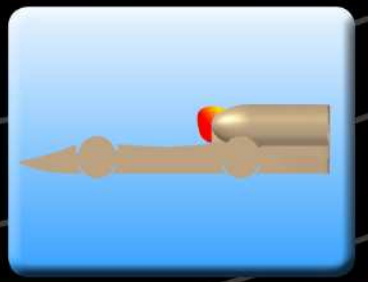
Condor

Querschnittsflächenoptimierung
In der Formel für den Luftwiderstand spielt auch die Querschnittsfläche eine wichtige Rolle, sodass wir diese drastisch minimiert haben:
Querschnittsfläche: 1953mm²

Tropfenform
Um die Aerodynamik zu verbessern, haben wir hier eine Tropfenform verwandt.
c_w-Wert: - virtuell: c_w-Wert: 0,22
- real: c_w-Wert: 0,21

Ergebnis: Rennzeit durchschnittlich 1,2 sek





Sparrow

Oberflächenminimierung
Zur Reduzierung der Luftreibung haben wir hier die Oberfläche reduziert. Hierzu nutzten wir unter anderem eine bewusst kurz gehaltene Patronenkammer.
virtueller c_w-Wert: 0,31

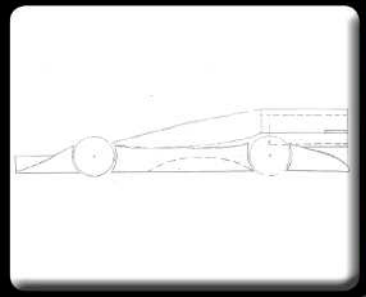
Überdruck vor der Patronenkammer
Bei diesem Konzept entsteht leider ein Überdruck unterhalb der Patronenkammer, der einen hohen c_w-Wert hervorruft.

Ergebnis: Die Verringerung der Oberflächenreibung kann den Überdruck vor der Kartusche nicht ausgleichen, der c_w-Wert ist viel zu schlecht.

Osprey

Bodeneffekt
Das grundsätzliche Prinzip des Bodeneffekts ist, dass Luft zwischen Unterboden und Boden so verwirbelt wird, dass das Fahrzeug abhebt. Wir übertrugen diese Idee auf unser Auto, um die Reibung der Räder zu minimieren. Ein sowjetisches Militärfahrzeug transportierte mit diesem Effekt über 500 Tonnen Nutzlast bei 750 km/h auf wenigen Metern Flughöhe.

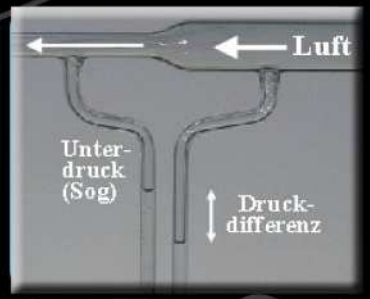
Ergebnis: Der Bodeneffekt ist sehr schwer zu kalibrieren. Daher besteht die Gefahr, dass das Auto zu hoch schwebt und so an der Führungsleine zieht. Dabei ist der Nachteil durch die Gleitreibung an der Leine deutlich höher als der Vorteil durch die verringerte Reibung an den Rädern.

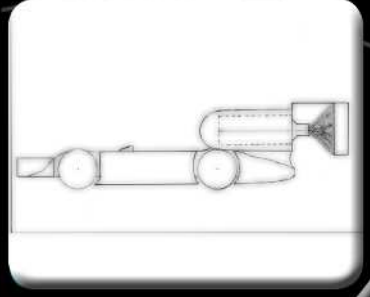


Buzzard

Bernoulli-Ring (auch Venturi-Düse)
Ein Bernoulli-Ring steigert die Effizienz einer Düse, indem er die anströmende Luft umlenkt. Dabei entsteht ein Unterdruck, der Luft aus der Umgebung ansaugt. Durch Ausnutzung des Luftdrucks erhöht sich so die Energieausbeute um bis zu 33%.

Ergebnis: Es gibt keine Möglichkeit den Bernoulli-Ring sinnvoll und regelkonform umzusetzen. Einerseits muss er größer sein als der Querschnitt der Patronenkammer, um die anströmende Luft umzuleiten. Andererseits muss der Ring so weit hinter der Patrone angebracht werden, dass er mit der Startanlage kollidieren würde. Bei zu geringem Abstand strömt das Gas nutzlos durch die Mitte des Rings.





Evolution bis NRW

Auf der folgenden Seite sehen Sie einen Überblick über die Entwicklung unseres Autos von den Ausgangskonzepten bis zum fertigen Auto für die NRW Meisterschaft. Ein roter Kasten symbolisiert, dass eine Produktlinie endügltig abgebrochen wurde.

Ideen | **Entwicklungsphase 1** | **Landesmeisterschaft NRW**

Sparrow
- Oberflächenminimierung
- Überdruck vor der Patronenkammer

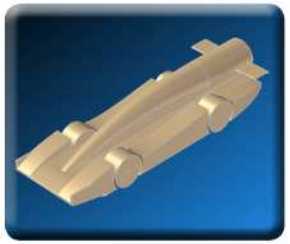
Condor
- Querschnittsflächenoptimierung
- Tropfenform

Buzzard
- Bernoulli-Ring
- nicht umsetzbar

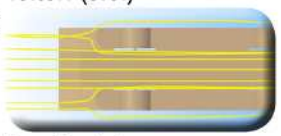
Osprey
- Bodeneffekt
- schwer kalibrierbar
- Reibung zwischen Ösen und Leine

Entwicklung zunächst eingestellt aufgrund eines starken Überdrucks vor der Patronenkammer, allerdings konnten wir das Problem durch eine Störnase beheben. (s. S.14)

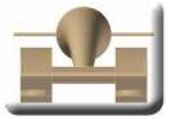
Merlin



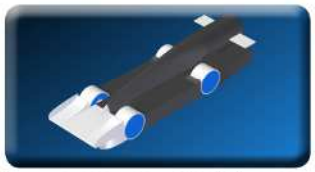
Bei diesem Auto konzentrierten wir uns mithilfe virtueller Windkanaltests auf die Aerodynamik.
Behandeltes Problem:
Überdruck vor den Rädern (unter dem Frontspoiler)
Lösung: Halbelipsen, die die Luft um die Räder leiten (s.o.)
Prüfung:



Behandeltes Problem:
zu große Querschnittsfläche
Lösung: Einschnitte unter der Patronenkammer
Prüfung:



Hawk

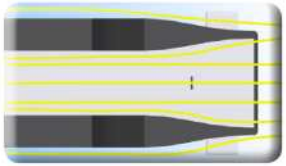


Bei Hawk, unserem Prototypen, brachten wir das Konzept der stehenden Räder (s. S.13) in die Entwicklung ein.
behandeltes Problem:
mögliches Abheben des Autos
Test:
Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera
Ergebnis: Heck hebt ab

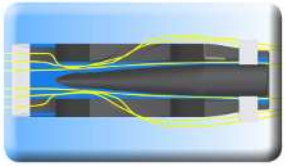
Lösung:
Verschiebung des Schwerpunktes nach hinten
Prüfung:
erneute Aufnahmen mit Peregrine zeigen stabile Fahrt

Peregrine

Dieses Auto kam bei der NRW-Meisterschaft zum Einsatz
Behandeltes Problem:
Strömungsabriss hinter Heck
Lösung: tropfenförmiges Heck
Prüfung:



Behandeltes Problem:
Überdruck zwischen Seitenkästen und Nase
Lösung: Kanäle auf den Seitenkästen leiten die Luft nach außen ab
Prüfung:



Übertragung erfolgreicher Merkmale

Evaluation NRW

„In der echten Formel 1 gilt: Das beste Auto zu Beginn der Saison ist am Ende der Saison allenfalls Mittelmaß“ (Hermann Tilke)

Das Ergebnis der Landesmeisterschaft NRW war für uns sehr erfreulich. Wir wurden zum besten Team gekürt und mit dem Preis für die beste Teamdarstellung belohnt. Dennoch hatten wir natürlich noch jede Menge Verbesserungspotential. Zudem waren wir alle nach den gewonnen Meisterschaften hochmotiviert, in den verbleibenden 9 Wochen noch ganz viele neue Ideen umzusetzen.

Evaluation NRW

Stehende Räder

Zur NRW Landesmeisterschaft haben wir einen wirklich radikalen Schritt im Raddesign gewagt. Unsere Räder sollten sich überhaupt nicht drehen, sondern stattdessen über die Bahn gleiten.

Wir entschieden uns für dieses Konzept, als wir durch MatLab-Berechnungen darauf stießen, wie groß die Geschwindigkeit der Räder sein müsste: etwa 250 U/s. Wir gingen davon aus, dass die Räder aufgrund der hohen Geschwindigkeit und Beschleunigung nur einen geringen Teil der Strecke rollen. In diesem Fall hätten die Vorteile der stehenden Räder (geringere Toleranzen und höhere Stabilität & Steifigkeit des Wagens) gegenüber den Nachteilen überwogen.

Nach dem mäßigen Abschneiden unseres Autos in NRW haben wir dieses Konzept noch einmal gründlich unter die Lupe genommen. Dafür erweiterten wir unsere MatLab-Berechnungen auf ein Gesamtmodell, um möglichst viele Faktoren miteinzubeziehen und ein verlässlicheres Ergebnis zu erhalten.

Zudem führten wir erneut Highspeedkamera-Tests durch, bei denen wir feststellten, dass die Räder am Anfang zwar langsamer andrehten, aber dennoch recht schnell Bahngeschwindigkeit erreichen. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit der Matlab-Berechnung, die für die ersten 4 Metern gleitende Räder ergibt.

Idee: Drehende Kufen (Optimierung auf Gleitreibung und Rollreibung)

Aerodynamik

Unser Projekt „Querschnittsflächenminimierung“ war insofern erfolgreich, als dass wir mit nur 1527mm² die geringste Querschnittsfläche des ganzen Wettbewerbs hatten. Allerdings haben wir dabei den c_w-Wert vernachlässigt, so dass die Gesamtaerodynamik nur durschnittlich war.

So ergaben unsere Recherchen, dass bestimmte, strömungsoptimierte Formen trotz einer höheren Querschnittsfläche einen wesentlich geringeren Luftwiderstand haben.

Idee: Profile, insbesondere bei den Spoilern, statt bedingungsloser Querschnittsoptimierung

Lackierung

Für die Landesmeisterschaft verwendeten wir eine Lackfolie, um eine glänzende und glatte Oberfläche zu erzielen. Allerdings wurf die Folie an Krümmungen Falten, was Optik und Aerodynamik stark verschlechterte. Desweiteren war die Lackfolie signifikant an unserem Übergewicht von 61 Gramm beteiligt.

Idee: klassisches Lackieren & Schmirgeln

Evolution ab NRW

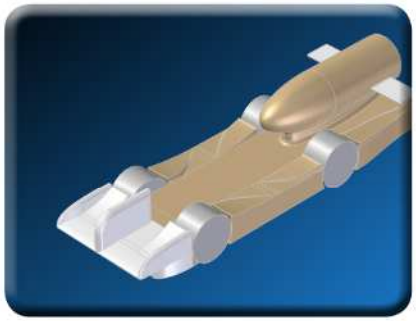
Ab hier flossen unsere neuen Ideen aus der Zeit nach der Landesmeisterschaft ein. Zudem reevaluierten wir alte, bereits eingestellte Konzepte. Dabei zeigte sich, dass eine Weiterentwicklung von Sparrow dem NRW Auto überlegen ist. Deshalb nahmen wir die Entwicklung dieses Wagens wieder auf.

Entwicklungsphase 2

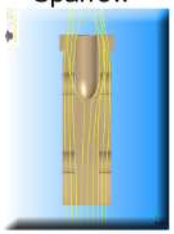
Deutsche Meisterschaft

Pegasus

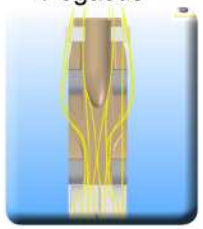
Pegasus ist eine Weiterentwicklung von Sparrow, die die größten Nachteile dieses Models behebt. Wir übertrugen erfolgreiche Merkmale von Peregrine. Dennoch beschlossen wir ihn nicht als Weiterentwicklung von Peregrine zu betrachten, da sich das grundlegende Konzept von Querschnittsflächenminimierung zu Oberflächenminimierung änderte.



Sparrow



Pegasus

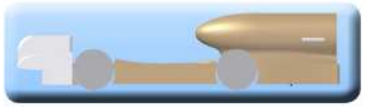


Behandeltes Problem von Sparrow:
Überdruck unter der Patrone
Lösung:
Dorn am Frontspoiler verhindert den Überdruck durch gezielte Verwirbelung der Luft
Prüfung: s. Links

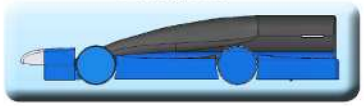
Übertragung erfolgreicher Merkmale

Behandeltes Problem von Peregrine:
Viel Luftreibung aufgrund großer Oberfläche
Lösung:
Eine Verkürzung, der Nase (Bauelement vor Patronenkammer) verringert sich die Oberfläche.
Prüfung: s. S.15

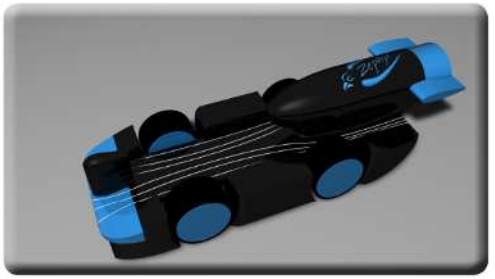
Pegasus



Peregrine



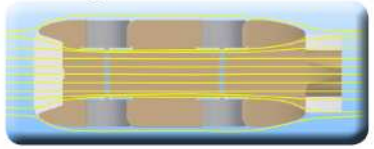
Phoenix



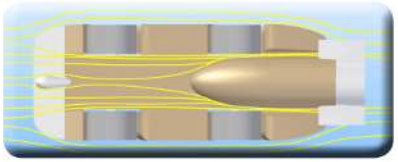
Phoenix ist unser Auto für die deutsche Meisterschaft: das Ergebnis einer einjährigen Entwicklung das hoffentlich sehr erfolgreich sein wird.

Behandeltes Problem:
Strömung um Dorn und Heckspoiler
Lösung: Einsatz eines Flugzeugflügelprofils
Prüfung:
Recherchen ergaben Pofil mit c_w = 0,06 (vorheriges Profil: c_w = 0,40)

Behandeltes Problem:
ungleichmäßige Druckverteilung unter dem Frontspoiler
Lösung:
asymetrisches Profil anstelle von Halbellipsen
Prüfung:



Behandeltes Problem:
Winglets am Frontspoiler sind zu kurz; Luft überströmt diese
Lösung: Luft wird an den Räder vorbei und nicht über sie geleitet
Prüfung:



Behandeltes Problem:
Oberfläche zu groß
Lösung: Verkürzung des Autos um 40mm
Prüfung: reale Windkanaltests (s.S16)

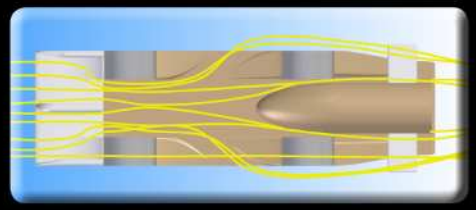
Innovation: Aerodynamik

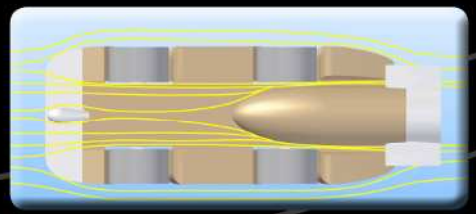
Zephyr

Auf dieser Seite sehen sie eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten aerodynamischen Effekte an unserem Auto.

Oberflächenminimierung

Einer der größten Vorteile unseres virtuellen Windkanals Ansys CFX ist, dass er die Luftreibung auf der Oberfläche berücksichtigt. Deshalb überprüften wir eine kürzere und eine längere Version unseres Entwurfs in Ansys. Dabei stellten wir überrascht fest, dass alleine diese Verkürzung zu einer c_W-Wertverbesserung von 0,04 führte. Um sicherzustellen, dass dieses Ergebnis korrekt ist, haben wir beide Autos im Rapid Prototyping - Verfahren aus Epoxy hergestellt und dann auch im reelen Windkanal getestet. Tatsächlich ergab auch der reelle Windkanal ein signifikant besseres Ergebnis des kurzen Wagens. Daher entschieden wir uns entgegen früherer Entwürfe für ein Auto mit einer kurzen Patronenkammer und einem deutlich kürzeren Radstand, um eine optimale Oberflächenminimierung zu erreichen.



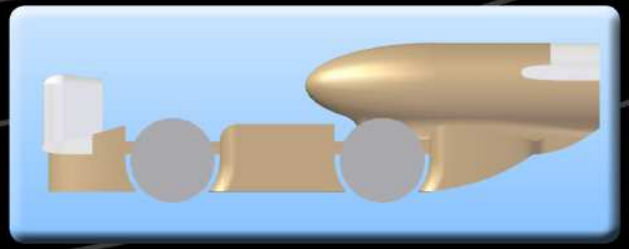


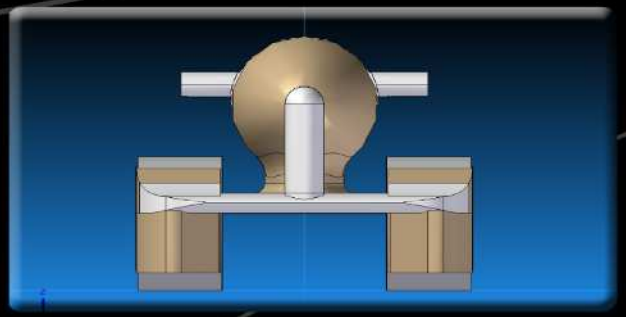
Der Dorn

Der Dorn vorne an unserem Auto erfüllt zwar mit Sicherheit keine ästhetischen Ansprüche, verbessert dafür aber die Aerodynamik deutlich. Er erzugt eine Luftverwirbelung und verringert so den störenden Überdruck vor der Patronenkammer.

Damit der Dorn selber nicht zuviel Luftwiderstandskraft verursacht, nutzen wir ein Profil, ähnlich wie es bei Flugzeugflügeln eingesetzt wird. Dieses haben wir der „UIUC Airfoil Coordinates Database“ entnommen, einer Datenbank für Flügelprofile der University of Illinois. Dabei achteten wir auf eine symmetrische Form und einen geringen c_W-Wert.

Ein zusätzlicher Vorteil des hohen Dorns ist, dass die ebenfalls recht hoch liegende Lichtschranke früher durchbrochen wird.





Querschnittsfläche

In der Formel für den Luftwiderstand bildet auch die Querschnittsfläche ein wichtiges Element. Dank der Unterstützung der FH Aachen und ihrer 5-achsigen Fräse konnten wir unsere Querschnittsfläche beinahe auf die vom Regelwerk vorgeschriebene Fläche reduzieren.

Wie in der Grafik erkennbar ist, ist die einzige nicht vorgeschriebene Fläche die Auflagefläche der Patronenkammer. Da diese sich selbst mit der besten Fräse nicht entfernen lässt, haben wir also das für uns mögliche Optimum innerhalb der Grenzen von Fertigung und Regelwerk erreicht - es liegt bei 1598 mm².

Innovation: Drehende Kufen?!

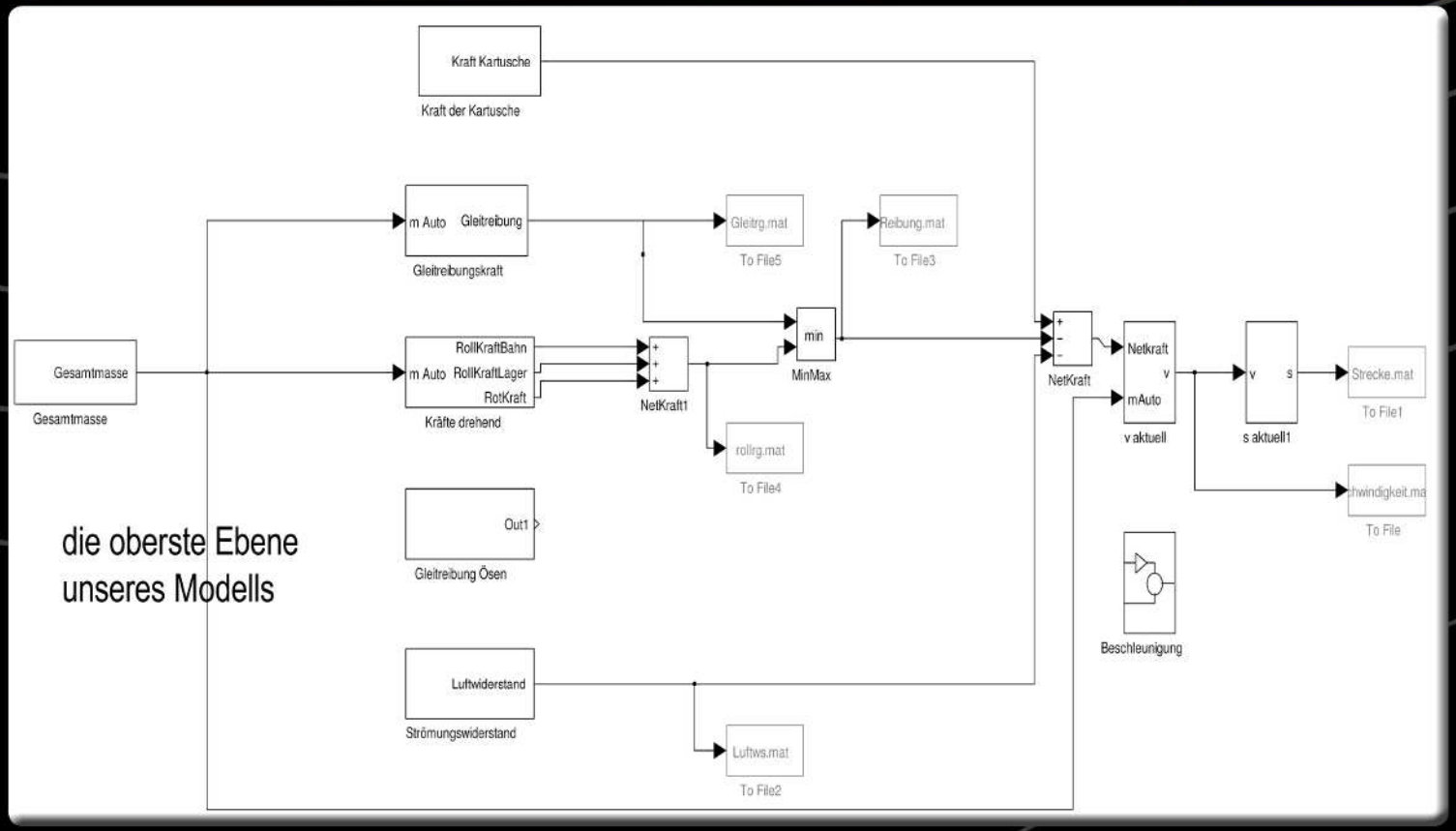
Auf dieser Seite werde ich Ihnen die physikalischen Hintergründe unseres Radkonzepts und unser MatLab-Gesamtmodell vorstellen. Durch dieses Modell war es uns möglich, alle Forschungsergebnisse zusammenzutragen, und unter anderem das Konzept der „drehenden Kufen“ zu entwickeln.

Drehende Kufen?!

Als Kufe bezeichnet man ein Bauteil, das über eine Oberfläche gleitet, anstatt zu rollen. Unsere Räder sind auf Gleitreibung optimiert, also „Kufen“, verfügen zugleich aber auch über hervorragende Rolleigenschaften. Diese Optimierung auf zwei „Szenarien“ scheint zunächst ebenso widersprüchlich wie die Bezeichnung des Konzepts als „drehende Kufen“, eine komplexe MatLab-Berechnung sowie die Auswertung von High-Speed-Kamera Bildern zeigten uns jedoch die Vorteile dieser Optimierung.

MatLab - Gesamtmodell

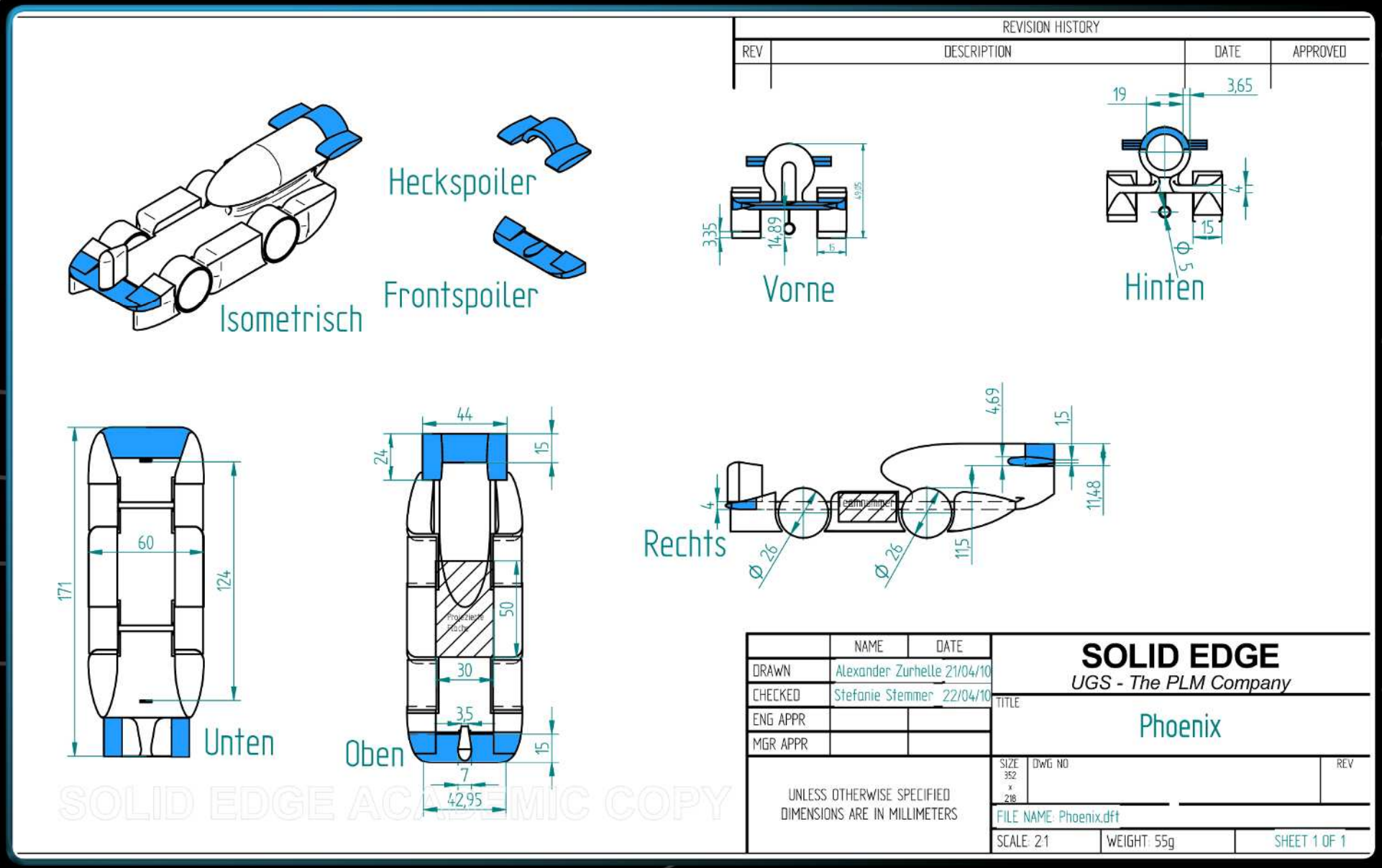
Mit MatLab fürten wir alle unsere Forschungsergebnisse in einer komplexen Berechnung zusammen. Die entstandene Modellierung des Rennens ermöglichte uns einerseits einen tiefen Einblick in die dahinterliegende Physik, andererseits aber auch konkrete Erkentnisse zur Optimierung unseres Autos. Ein besonders interessanter Punkt war das Verhalten der Räder: auf den ersten 4 m ist die Beschleunigung des Autos so groß, dass die Räder auf dieser Strecke zwar rotieren, aber nicht schnell genug, um sich parallel zur Bahn zu bewegen. Das bedeutet, das die Räder relativ zur Bahn gleiten und somit auch eine Gleitreibungskraft wirkt. Erst nach ca. 0,24 sek wird diese durch die Rollreibungskraft ersetzt. Es liegt vermutlich bei jedem Formel1-in-der-Schule-Auto mit gelagerten Rädern zunächst eine Gleit- und dann eine Rollreibung vor. Deshalb optimierten wir unsere Räder auf beide Reibungsformen.



Kartusche im Gesamtmodell

Der bei weitem wichtigste und zugleich kniffligste Faktor in dem Gesamtmodell ist die Kartusche. Das Verhalten von Gasen bei hohen Drücken ist schwer zu berechnen, da hier zwischenmolekulare Wechselwirkungen nicht vernachlässigt werden dürfen. Die Van-Der-Vaals-Gleichung beschreibt das Verhalten solcher realer Gase, jedoch sind die Ergebnisse bei Gasen im superkritischen Zustand (der Zustand des Stoffes (flüssig oder gasförmig) ist nicht eindeutig) nur noch qualitativ. Deshalb ergab sich aus dieser Gleichung ein unrealistischer Druck von 500Bar. Um einen realistischeren Wert zu erhalten, nutzen wir nun die Zustandsgleichung für Gase nach Redlich-Kwong-Soave, die auch für superkritische Gase recht genaue quantitative Ergebnisse liefert - für unsere Kartusche ca. 116 Bar

Phoenix: Ansichten



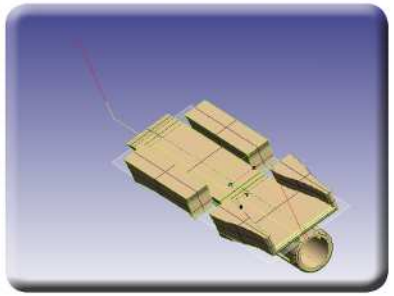
CAM & CNC

Der komplizierteste Schritt in der Fertigung war das Fräsen des Chassis. Von der Fräsprogrammierung bis zum abschließenden Reinigen der Fräse haben wir dabei fast alle Arbeitsschritte (teilweise mit Unterstützung der FH-Mitarbeiter) selbst durchgeführt. Das Programmieren war insgesamt ein Arbeitsaufwand von etwa 40 Stunden, das eigentliche Fräsen benötigte volle zwei Tage.

CAM

hyperMILL

zur Fräsprogrammierung verwendeten wir hyperMILL, ein CAM Programm das sehr großen Spielraum in der genauen Umsetzung der Programmierung erlaubt. Jeder Programmschritt wird einzeln programmiert, anstatt automatisch vom Computer berechnet zu werden.

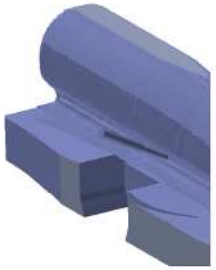


Gleichlauf statt Gegenlauf!

Um möglichst wenig Druck auf das Werkstück auszuüben, haben wir den Fräser immer im Gleichlauf, das heißt links vom Werkstück, fahren lassen. So wird weggefrästes Material optimal aus dem Weg geräumt und kann nicht zwischen Fräser und Werkstück zusammengepresst werden.

Schlichten

Um Rundungen, wie z.B. die Nase, optimal glatt und rund zu fräsen nutzten wir die in hyperMILL beinhalteten Funktionen des Schlichtens. Beim Schlichten fährt ein Kugelfräsern in engen Bahnen über das Werkstück und entfernt so letzte Materialreste. Danach sind keine Stufen mehr erkennbar, das Auto sieht aus wie mehrfach geschmirgelt.



CNC

Die Aufspannung

Trotz der hochmodernen Technik drohte die Fräsung an einem simpel scheinenden Problem zu scheitern: wie kann ein späteres Auto so eingespannt werden, dass es nicht zerbricht und gleichzeitig alle Stellen zu erreichen sind? Die Antwort auf diese Frage war eine zweiteilige Fräsung. Zuerst wurde das Auto normal eingespannt und die Unterseite bearbeitet. Dann wurde es mit der fertigen Unterseite auf einen Aluminiumblock geklebt, der nun eingespannt wurde. Um das Chassis nach der Fräsung von der Aufspannung zu lösen, erhitzten wir es mit einem Heißluftföhn auf 100 °C, sodass der Kleber sich wieder verflüssigte und das Auto abgelöst werden konnte.

Präzision

Die von uns genutzte 5-Achs-Fräse ermöglichte eine sehr präzise Arbeitsweise. Durch den schwenkbaren Arbeitstisch konnten wir alle Teile des Autos erreichen, ohne häufig umspannen zu müssen. Zudem verfügt die Fräse über eine Heidenhain-Steuerung, die uns eine Ausmessung von Werkzeug und Werkstück mithilfe eines Lasers ermöglichte. So konnten die Fräsbahnen auf einen tausendstel Millimeter genau an die realen Fräserdurchmesser angepasst werden. 16.900 Umdrehungen pro Minute und neue, besonders scharfe Fräser stellen die optimalste Umsetzung der exakt programmierten Fräsbahnen sicher.

Das Material

Was nützt die beste Programmierung und eine geniale Fräse, wenn das Material den Belastungen nicht standhält? Aus diesem Grund haben wir ausschließlich Kernholz verwendet, da dies im Vergleich zu Holz aus anderen Bereichen das Baumes viel stabiler ist. Zudem haben wir die Dichte der Blöcke beachtet, da diese Schwankungen von mehr als 100% aufweisen.

Raeder

Zephyr

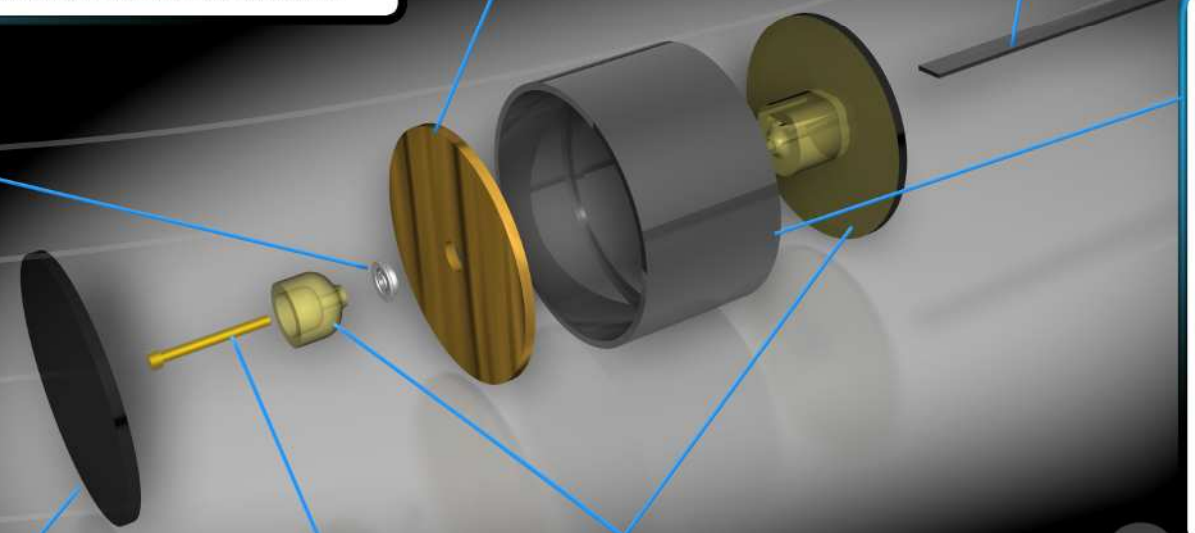
Auf die Entwicklung unserer Räder haben wir besonders viel Energie verwandt. Dabei orientierten wir uns an den Ergebnissen von Higeschwindigkeitsbildern, MatLab-Berechnungen und physikalischen Recherchen. Zudem recherchierten wir für jedes Bauteil das am Besten geeignete Material.

Bedingungen:
Aus den MatLab-Berechnungen und den aerodynamischen Entwicklung sich insgesamt folgende Bedingungen für die Radkonstruktion:
- möglichst geringe rotierende Masse
- Optimierung auf Gleitreibung
- Aufnahme der flache Achsen oberhalb des Radmittelpunkts
- feststhende Abdeckungen der Räder an den Außenseiten

Alle diese Anforderungen zu erfüllen, erforderte eine äußerst komplexe Radkonstruktion, wie Sie auf dieser Seite sehen können.

Nabe
Unsere Nabe ist, wie auch unsere Laufflächen, aus Ahorn gefertigt um hohe Steifigkeit mit niedrigem Gewicht zu vereinen.

Titan-Achse
Unsere Achsen sind aus Titan hergestellt, dies ermöglicht eine leichte und trotzdem sehr stabile Achse. Problematisch ist jedoch die Fertigung, da Titan aufgrund der hohen Härte mit konventionellen CNC Fräsen nicht zu bearbeiten ist, weshalb wir unsere Achsen mit einer Laserschneide das Fraunhofer Instituts für Lasertechnik gefertigt haben.



Kugellager
Unsere Miniaturkuggellager aus dem Hause SBN sind aus Stahl gebaut und zur besseren Reibung mit Fett geschmiert. Aufgrund der sehr geringen Größe von 1mm innen- und 3mm Außen Durchmesser, wiegen sie trotz der hohen Dichte von Stahl sehr wenig (0,04g).

Lauffläche
Da die Lauffläche der am weitesten vom Kern entfernte Radteil ist, ist es hier besonders wichtig Gewicht einzusparen. Aus diesem Grund bestehen unsere Laufflächen aus nur 0,75mm dickem kanadischem Ahornholz. Gedreht, um leichte und gleichzeitig stabile Laufflächen mit perfekter Rundheit zu erhalten. Da das Rad in den ersten Metern das Auto gleitet, mussten wir außerdem den Gleitreibungskoeffizienten so gering wie möglich halten, dies haben wir durch Molybdänsulfid (MoS_2) erreicht. Unsere Lauffläche wiegt ca. 0,6g.

Radabdeckungen
Unsere feststehende Radabdeckung ist aus Ahornholz gedreht. Sie minimiert die durch die Räder verursachten Luftwirbel.

Schraube
Um unsere Kugellager mit unserer Achse zu verbinden, haben wir eine Schraubverbindung gewählt, da diese ohne kleber funktioniert und somit präziser ist.

Radkerne
Unsere 3D gedruckten Radkerne verbinden Kugellager, Schrauben, Radkappen und Achsen miteinander. Durch das Rapid Prototyping Verfahren ist es möglich sehr komplexe Geometrien zu fertigen, aus Epoxy zu fertigen. Diese Material weist mit einer Dichte von 1,2 g/cm³ ein geringes Gewicht und trotzdem hohe Härte und Stablität.

Assembly & Finishing

Zephyr

Als alle Teile fertig waren, mussten wir nur noch ein wenig puzzlen. Wi r schmückten unser Auto schließlich noch mit einer sehr guten Lackierung und fertig.

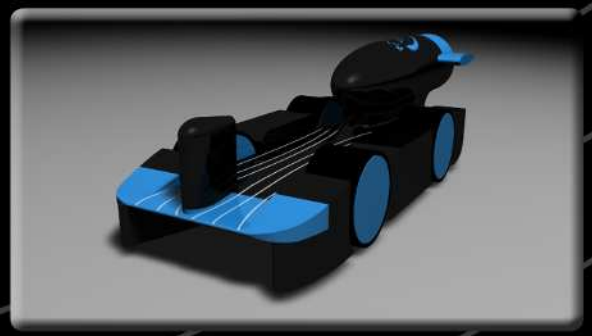
Chassis Polieren
Zunächst haben wir das Chassis mit hochfeinem Schmirgelpapier poliert, um die Oberfläche zu glätten.

Kleben
Ankleben von Front- und Heckspoilern sowie den Titan-Achsen,

Räder montieren
Parallel zu unseren Arbeiten am Chassis haben wir die einzelnen Radteile (s. S. 19) zusammengefügt.

Grundieren & Lackieren
Wir wählten eine besonders leichte Grundierung und feinen Sprühlack, um bei geringem Gewicht eine optimale Lackierung zu erreichen.

Front- und Heckspoiler
Die 3D-gedruckten Front- und Heckspoiler wurden in einer anderen Farbe lackiert und dann mit dünnflüssigem Sekundenkleber befestigt.



Assembly
Im letzten Schritt befestigten wir die Räder an der Achse und diese am Chassis.

Wir hoffen, dass Sie durch unser Portfolio einen ersten Eindruck über unser Team und unsere Arbeit gewinnen konnten.
Nachdem nun die letzten Vorbereitungen abgeschlossen sind, freuen wir uns auf den Wettbewerb...

und...