

# Fahrradrahmen aus der Spritzgießmaschine

## Komplexe Entwicklungs- und Fertigungsprozesse mit Simulation steuern

Der Werkzeugbauer Siebenwurst optimiert in seinen Routineabläufen Bauteilgestaltung und Fertigungsprozess durch Spritzgießsimulation. Die Software von Simcon sichert unter anderem die Qualität und Maßhaltigkeit des Kunststoffrahmens für das erste Serien-E-Bike aus der Spritzgießmaschine.

Die Rahmen geben den E-Bikes ein außergewöhnliches Design und überzeugen mit Festigkeiten auf dem Niveau von Stahl- oder Aluminiumexemplaren © Nuvelos



Beschaulich fließt das Flüsschen Altmühl durch das gleichnamige Tal in der bayrischen Oberpfalz. Betritt man als Besucher die Werkshallen des Modell- und Formenbauers Christian Karl Siebenwurst GmbH & Co. KG in Dietfurt, lässt man diese Beschaulichkeit jedoch schnell hinter sich. Hier arbeiten über 400 Ingenieure und Techniker für das „Who is Who“ der OEMs und Zulieferer der deutschen Automobilindustrie. Sie konstruieren und bauen jährlich etwa 150 Spritzgießwerkzeuge, vor allem für Instrumententräger, Fensterrahmen, Kühlerschutzgitter und viele andere große Kunststoffbauteile. Zu den Auftraggebern des traditionsreichen Hightech-Anbieters gehören außerdem Hersteller von Haushaltsgeräten sowie

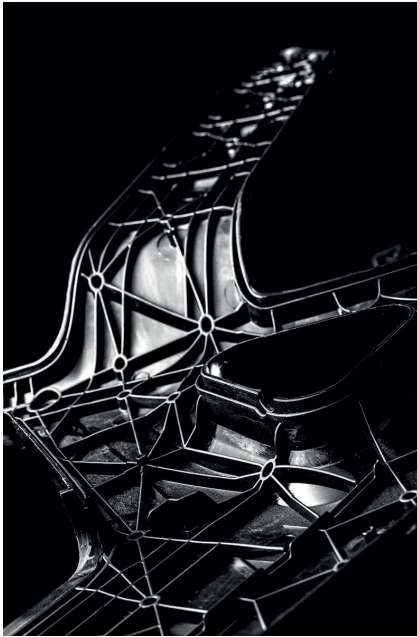
Unternehmen aus dem Bereich Klima- und Umwelttechnik.

Bei dem als „Werkzeugbauer des Jahres 2018“ ausgezeichneten Unternehmen entstand in den letzten Jahren auch das Rückgrat für das erste Serien-E-Bike mit einem Kunststoffrahmen aus der Spritzgießmaschine (**Titelbild**). Siebenwurst fertigte die Bauteile für das Start-up Nuvelos (**Infokasten**), eine hundertprozentige Tochter des Automobilzulieferers Rehau. Außer mit ihrem außergewöhnlichen Design machten die Fahrräder besonders mit ihrem Composite-Rahmen von sich reden, der in Sachen Festigkeit mindestens auf dem Niveau von Aluminium- oder Stahl-exemplaren liegt. Auch ein Ergebnis der Arbeit des Entwicklungsteams um Frank

Bäcker, dem Leiter Entwicklung und Konstruktion bei Siebenwurst.

### Zwei miteinander verklebte Halbschalen

Fahrradrahmen sind ein eher ungewöhnliches Produkt für den Werkzeugbauer. Aber: „Das Prinzip, dass komplexe thermoplastische Tragstrukturen konventionelle Bauteile aus Alu oder Stahl ersetzen, findet man in der Automobilindustrie immer häufiger. Oft auch in Kombination mit umspritzten Stahleinlegeelementen“, erläutert der Diplom-Wirtschaftsingenieur Bäcker. Der asymmetrische Rahmen setzt sich zusammen aus zwei spritzgegosse- nen Halbschalen (**Bild 1**), die zu einer tragfähigen Struktur gefügt werden, und ei-



**Bild 1.** In der formstabilen Hohlstruktur des Rahmens aus einem thermoplastischen Faser-Kunststoff-Verbund lassen sich Akku, Kabel und Motor in ein neuartiges, flächiges Design integrieren © Siebenwurst

nem zusätzlich eingeklebten Organoblech im Akkuschacht. „Die Bauteile bestehen aus einem Polyamid mit einem Glasfaseranteil von 50%. Damit sie die Anforderungen perfekt erfüllen und sich sicher fehlerlos spritzgießen lassen, haben wir vorab alle relevanten Punkte in einer Machbarkeitsanalyse per Simulation geprüft. Auf dieser Basis wurden Werkzeug, Bauteil und Prozess optimiert.“

### Simulation offenbart Verzugsprobleme

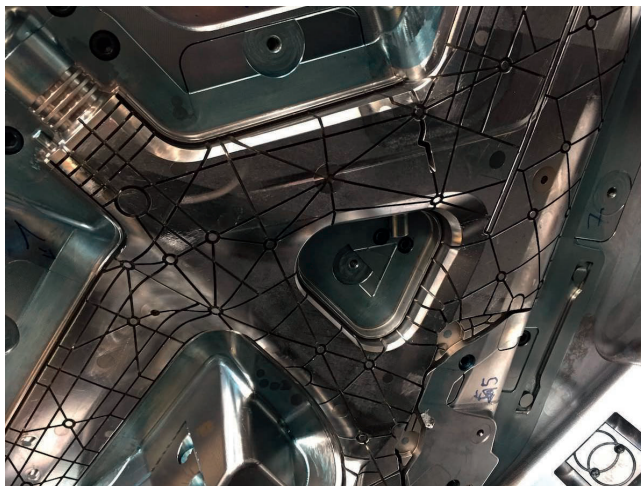
Dazu haben die erfahrenen Werkzeugkonstrukteure – wie bei allen ihren Kunden-

und Forschungsprojekten – auf die Spritzgießsimulationsoftware Cadmould 3D-F der Simcon kunststofftechnische Software GmbH, Würselen, gesetzt. Mit wertvollen Ergebnissen: Die Simulation zeigte, dass beim ursprünglichen, ersten Gestaltungsentwurf der Rahmenhälften Schwindung und Verzug Probleme bereitet hätten. Bis zu 5 mm große Spalte an den Aufnahme- punkten von Steuersatz und Hinterrad hätten entstehen können.

Mit dem Simulationsprogramm wurden daraufhin zahlreiche Vorhaltemaßnahmen getestet. Durch eine entsprechende Werkzeuggestaltung (**Bild 2**) sowie Änderung und Umpositionierung von Verstärkungsstreben konnten die Konstrukteure eine Lösung finden, die aufwendige und kostenintensive Nacharbeiten vermied. Zugleich galt es, die Balance zwischen der Festigkeit des Rahmens und dem Materialeinsatz zu bewahren. Denn Leichtbau ist beim Fahrradrahmen mindestens ebenso entscheidend wie bei ausschließlich motorangetriebenen Fahrzeugen.

### Den gesamten Fertigungsprozess im Fokus

„Dank Cadmould können wir auf Basis von Kunststoff-Materialdaten Füll- und Temperaturverhalten, Fülldruck, Kühlzeit und Nachdruck präzise bestimmen, lange bevor ein einziges reales Bauteil entsteht“, bringt es Daniel Maier, Projektmanager F&E bei Siebenwurst, auf den Punkt. Denn mit den Berechnungen lassen sich schon frühzeitig mögliche Problemstellen und Verbesserungspotenziale identifizieren. Darüber hinaus lassen sich Bauteil, Werkzeug und Prozess exakt aufeinander abstimmen (**Bild 3**).



**Bild 2.** Per Simulation wurden Schwindung und Verzug beim Spritzgießen errechnet und die Lage und Wanddicke von Verstärkungsstreben im Rahmeninneren verbessert

© Siebenwurst

Siebenwurst prüft mit der Simulationssoftware auch Kundenvorgaben wie An-spritzkonzepte und -punkte und macht auf Basis der Berechnungen Vorschläge für bessere Lösungen, die dann mit dem Auftraggeber ausgearbeitet werden. Dabei liegt immer der gesamte Fertigungsprozess im Fokus – inklusive Bauteilhandling und Maschinenanforderungen für Fülldruck, Schließkraft sowie das Entformen. »

## Die Nuvelos-E-Bikes

Nuvelos ist das E-Bike-Projekt des Automobilzulieferers **Rehau AG & Co.** Das Start-up ist 2016 aus dem vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Forschungsprojekt TherMobility („Tragrahmenstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen für ein- und mehrspurige Fahrzeuge“) entstanden. 2017 wurden die ersten 3D-gedruckten Prototypen hergestellt. Nach der Konstruktion und Fertigung der Werkzeuge für die Rahmen startete 2019 auch die Serienproduktion der Rahmenhalbschalen beim Modell- und Formenbauer Siebenwurst.

Nuvelos ist weltweit das erste in Serie gefertigte E-Bike mit einem Rahmen aus der Spritzgießmaschine. Im Januar 2020 wurde das Pedelec mit dem pro-K-award Gold ausgezeichnet. Kurz zuvor, Ende 2019, hatte Rehau das Projekt aus strategischen Gründen allerdings bereits wieder eingestellt. Die Fahrer der 300 produzierten Räder besitzen daher einen Meilenstein der Kunststoffverarbeitung und ein Sammlerstück mit hohem Wiedererkennungswert.

## Der Autor

**Tim Hacken** ist Technischer Redakteur und Geschäftsführer der Agentur TimTom-Text in Aachen.

### Mitwirkung

**Daniel Maier**, Projektmanager F&E bei Siebenwurst; d.maier@siebenwurst.de

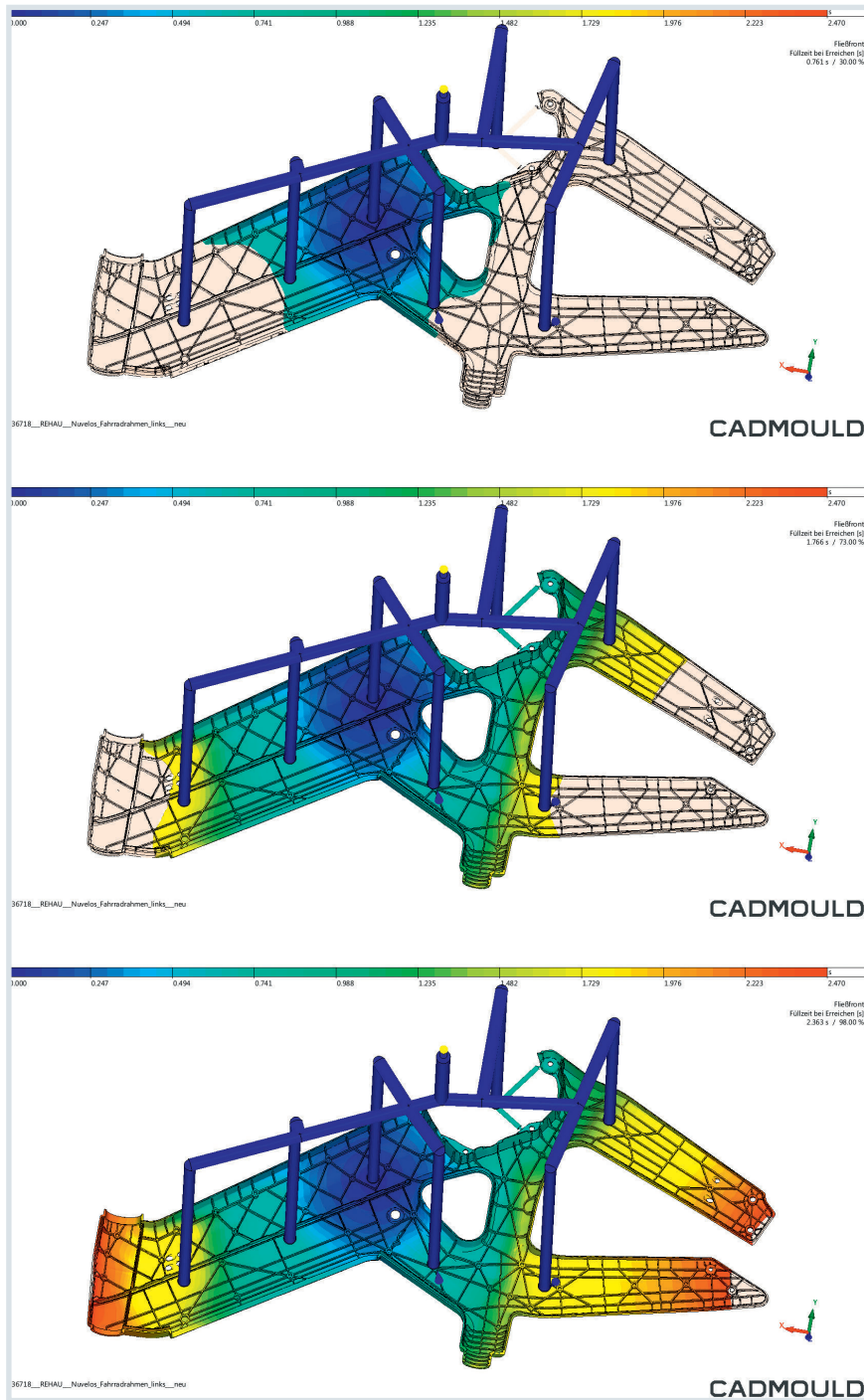
## Service

### Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2020-07](http://www.kunststoffe.de/2020-07)

### English Version

» Read the English version of the article in our magazine **Kunststoffe international** or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



**Bild 3.** Simulation des Kaskadenspritzgießprozesses, von oben nach unten: Füllstand (30%) kurz vor dem Öffnen der zweiten Stufe; Füllstand (73%) kurz vor dem Öffnen der dritten Stufe; Füllstand (98%) beim Umschalten © Simcon

Oft geht es auch darum, über das schnelle, einfache und günstige Testen und Vergleichen sehr vieler Auslegungsvarianten die beste Ausnutzung von Maschinenkapazität und -leistung zu erreichen. „Per Simulation und praktisch ohne Investition ausprobieren, welche Auswirkungen eine Änderung von Parametern wie Anzahl, Abmessung oder Lage der Anspritzdüsen oder der Fließwege hat –

das ist ein enormer Vorteil für unsere Anwender“, weiß Barbara Schumann von Simcon.

Dass die Projektentwicklung der Auftraggeber von Beginn an begleitet und unterstützt wird, ist bei Siebenwurst eher die Regel als die Ausnahme; d. h. die Konstrukteure der 5 bis 40, manchmal auch mehr, Tonnen schweren Werkzeuge starten schon parallel zur Produktgestal-

tung und prüfen dabei die werkzeugtechnische Machbarkeit. Entscheidend für solch ein erfolgreiches Simultaneous Engineering mit sich überlappenden Prozessschritten ist ein ständiger Informationsaustausch der Beteiligten und ein ausgeklügeltes Zeitmanagement.

### *Bauteiländerungen während der Konstruktionsphase des Werkzeugs*

Nur so kann der Werkzeugbauer Bauteiländerungen während der Konstruktionsphase des Werkzeugs erfolgreich meistern, um kürzere Produktzyklen und steigende Variantenvielfalt im Sinne des Auftraggebers zu ermöglichen. Selbst die Belegung der Fertigungsmaschinen und die Beschaffung von Ausgangsmaterialien und Normalien erfolgen bereits während der Konstruktion. So entstehen partnerschaftlich die bestmöglichen Produkte.

Die Planung von Konstruktion und Fertigung erfolgt bei Siebenwurst konsequenterweise zentral über ein entsprechendes System, in dem jeder Konstruktions- und Fertigungsschritt und jedes Einzelteil hinterlegt und terminiert sind. Die Fertigungssteuerung erfolgt via Leitstand inklusive Anzeige des Echtzeitstatus aller Projekte. Zusätzlich zur Sicherung von Projektterminen ist so auch die kontinuierliche Auslastung der mehr als 50 Bearbeitungsmaschinen gewährleistet. Die Projektplanung für Entwicklung, Bau und Musterung basiert auf Wochentemplates, die je nach Werkzeuggröße und aktueller Auslastung als prototypischer Durchlauf inklusive entscheidender Meilensteine zugrunde gelegt werden.

### *Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit bewerten*

Die präzise Organisation und Steuerung der Arbeitsschritte sichert für jedes Werkzeug, das im Altmühltal entsteht, eine hohe Qualität und hat schlussendlich auch den Erfolg des E-Bike-Projekts von RehaU ermöglicht. „Dazu hat auch der Einsatz von Cadmould beigetragen. Hier wie bei allen Aufträgen ist die Simulationssoftware ein wichtiger Baustein – über den gesamten Prozess von der Angebotserstellung bis zur Abwicklung hinweg“, ist Konstruktions- und Entwicklungsleiter Bäcker überzeugt. „Sie ist unverzichtbar, um die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Projekten fundiert zu bewerten.“ ■