

ELEKTROFAHRRÄDER MIT KUNSTSTOFFTEILEN VON PROTO LABS VERWIRKLICHT

Die Neudefinition des **E-Bikes**

Wenn sich junge Fahrrad-Enthusiasten dem Thema E-Bike widmen, können spannende Ergebnisse erwartet werden. Bei der Gründung des Startups Coboc in Heidelberg kamen zwei Physiker zusammen, die während des Studiums als Fahrradkurier arbeiteten. Ohne den Baugruppenzwang etablierter Hersteller konstruierten sie mit Hilfe des Kunststoffteile-Lieferanten Proto Labs ein neuartiges E-Fahrrad: das E-Cycle. **VON THOMAS LÖFFLER**



Das puristische Design des E-Cycle bricht mit den herkömmlichen E-Bike-Konventionen.
Bild: Coboc

„BrandNew Award“ bei der Ispo Bike 2013 und gleich darauf den Branchenpreis „Eurobike Award“ in Gold. Die Jahresproduktion von 100 Stück, die die neugegründete Coboc 2014 hergestellt hat, verkaufte sich rasend schnell. Es wurden weitere Modelle entwickelt und 2015 konnte das Startup zum zweiten Mal den Eurobike Award in Gold holen. Das puristische Design und die hohe Qualität sorgen für einen nachhaltigen Erfolg auf dem ansonsten eher gleichförmigen E-Bike-Markt.

Der Akku der E-Bikes von Coboc ist im Rahmen verborgen, der Akkuladestatus lässt sich an fünf LEDs auf dem Oberrohr ablesen. An der Unterseite befinden sich der Ein- und Ausschalter und die Aufladebuchse. Die Unterbringung der Stromversorgung im Rahmen stellte David Horsch vor eine große Herausforderung: „Wir hatten extrem wenig Platz und mussten den Akku dennoch stoßsicher lagern. Die Lösung waren Kunststoffklammern mit federartigen Fortsätzen, welche den Akku zusammenhalten und gleichzeitig vor Kollisionen mit der Innenwand des Rahmens schützen. Problematisch wurde es, als wir Prototypen für die Akkuklammern benötigten. Die Teile aus dem 3D-Drucker waren nicht praxistauglich und ein Stahl-

Das Besondere am E-Cycle ist, dass es gar nicht wie ein E-Bike aussieht und mit sämtlichen Merkmalen bricht, die man bisher mit einem solchen Fahrrad verbindet. David Horsch, einer der beiden Gründer von Coboc, beschreibt die Herangehensweise: „Wir störten uns an der altbacken wirkenden Gesamterscheinung der E-Bikes, die an Personen ausgerichtet schien, welche entweder nicht mehr treten wollen oder können. Dazu die klobigen Akku-Packs, die jede Eleganz zunichtemachen. Uns schwebte ein reduziertes Bike vor, bei dem der Fahrspaß, die Dynamik und die Ästhetik im Vordergrund stehen, ähnlich wie bei einem klassischen Sportwagen. Wir nahmen uns die Freiheit, ein solches Fahrrad von Grund auf neu zu entwickeln, obwohl wir so etwas noch nie getan hatten. Unser Vorteil ist unser abgeschlossenes Physikstudium, welches uns alle Grundlagen bot. Ich selbst habe zwei Jahre lang am Karlsruher Institut für Tech-

nologie (KIT) am Lehrstuhl für Hybridelektrische Fahrzeuge gearbeitet und viel über Akkutechnologie und deren elektronische Steuerung gelernt. Auf dieser Basis haben wir die Akkus, Elektronik und Software selbst entwickelt. Für den Rahmen fanden wir einen deutschen Hersteller, welcher diese nach unseren Vorgaben fertigt. So schufen wir ein puristisches E-Cycle.“

Preisgekröntes Design der E-Cycles

Das Engagement der jungen Entwickler wurde schnell belohnt. Sie gewannen den



„Wir bestreiten unsere gesamte Serienproduktion mit Kunststoffteilen von Proto Labs – **schneller und besser geht es nicht!**“

DAVID HORSCH (LINKS) UND PIUS WARKEN, GRÜNDER DER COBOC

tigungsverfahren unter einem Dach in Verbindung mit dem über viele Jahre erworbenen Technologiewissen.

Anforderungen an Funktionsprototypen

Die Anforderungen an einen Funktionsprototyp sind sehr komplex und vielfältig, schließlich gilt es, das Produkt unter praxisnahen Bedingungen zu prüfen. Geometrisch ist neben der mechanischen Funktionalität eine hohe Maßgenauigkeit und Passfähigkeit gefordert. Für den Gebrauch des Bauteils dienen Prototypen zur Ermittlung von Funktionsgrenzen und Zuverlässigkeit. Für die spätere Serienfertigung sind Montage- und Demontagefähigkeit sowie Reproduzierbarkeit zu testen. Die spätere Qualitätsprüfung der Serienteile benötigt definierte Prüfmerkmale wie signifikante Kontrollmaße und Produktfunktionen und -eigenschaften. Nicht zuletzt soll die Gestaltung, Ästhetik und Haptik eines Prototypen dem Endprodukt möglichst nahe kommen.

Kritische Erfolgsfaktoren bei großen SLS-Funktionsprototypen mit den oben erwähnten Anforderungen sind umfangreiches Prozess-Know-how, ein fortlaufendes Qualitätsmanagement in der gesamten Fertigungskette und eine geschickte 3D-Prozesskonstruktion. Das Bauteil wird so geschnitten, dass die Formsteifigkeit des Funktionsprototyps nach dem späteren Zusammenbau zumindest dem ursprünglichen konstruierten Bauteil entspricht. Die fertigungstechnischen Belastungen durch Bohrungen und Zylinder, Radien, Wandstärken und eventuell notwendige Stützkonstruktionen sind dabei zu berücksichtigen und haben zudem großen Einfluss auf Bauzeit und Baukosten.

Die Ausführung

Wenn man genau hinsieht, sieht man, dass der Fahrradrahmen aus mehreren Teilen besteht und mit Modellbau-Verbindungen wie Nut, Feder oder Schwalbenschwanzzapfen mit einem hohen Maß an Präzision und Passgenauigkeit zusammengefügt wurden. Herausforderungen dieser Produktionsweise großer Bauteile sind nicht nur thermischer Art im Rahmen des SLS-Verfahrens, sondern auch die Wahl der richtigen Verbindung an der richtigen Stelle im Rahmen der Prozesskonstruktion, um Festigkeiten und Druck- und Zugspannungen so zu gestalten, dass diese denen der ursprünglichen Konstruktion möglichst entsprechen.

Auch eine mögliche Kriechverformung des Kunststoffes in Abhängigkeit von Belastungsgeschwindigkeit und -dauer bei den Funktionstests beeinflusst die Prozesskonstruktion. Zum Lasersintern wird ein Polyamidpulver (PA12) benutzt.

Materialqualität im Griff

Zum speziellen Knowhow der additiven Fertigung bei Kegelmann Technik gehört die anwendungsbezogene Pulvermischung. Darüber gibt der sogenannte KPQ-Index Auskunft – der „Kegelmann Pulverqualitätsindex“. Er stellt einen eigenen definierten Prozess für die Pulverqualifikation mithilfe von Licht- und Rasterelektronenmikroskop und Flowmeter dar. Dieser Index ergibt sich durch „Zurückrechnen“ ausgehend von dem, was der Kunde eigentlich will: stabile reproduzierbare Qualität bei definierten Bauteileigenschaften wie etwa Dichte und Bruchdehnung.

Prozesseinflüsse

Die unterschiedlichen Werte von über 200 Eigenschaftsmerkmalen von Polymeren

DER SLS-PRODUKTIONS-PROZESS

Bei Kegelmann Technik läuft der SLS-Prozess im Standard in 5 Phasen ab.

- Prozesskonstruktion mit Topologie- und Parameteroptimierung unter Berücksichtigung der folgenden Fertigungsprozesse und der Baukosten, Definition signifikanter Kontrollmaße für das spätere Qualitätszertifikat und eventuell Funktionsintegration
- Anforderungsbezogene Pulvermischung und Recycling
- Automatisierung und Prozesskontrolle mit integriertem Qualitätsmanagement
- Modellbau mit Zusammenbau und Nachbearbeitung wie Glattschleifen, Polieren und Färben
- Qualitätssicherung mit einer zerstörungsfreien Prüfung des Bauteils, zum Beispiel mit Laserscans, Computertomographie und einer visuellen Prüfung mit Mikroskopie und einer Fehlerbilddatenbank

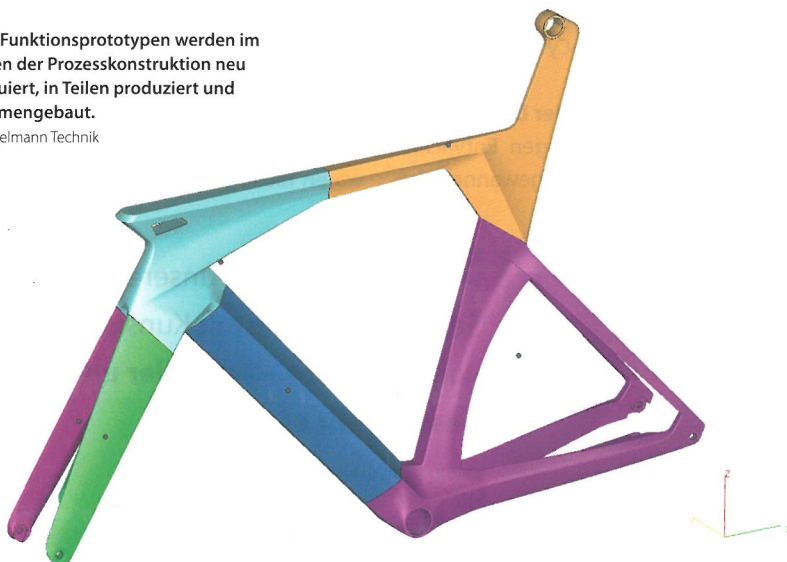
sind nicht nur vom chemischen und strukturellen Aufbau des SLS-Pulverwerkstoffs abhängig. Viele weitere Faktoren entlang der Prozesskette beeinflussen die reproduzierbare Qualität lasergesinterter Bauteile. Angefangen beim Bauteil selbst und seiner Konstruktion beeinflussen auch Maschinendaten und prozessvorbereitende Maßnahmen wie beispielsweise die Bauteilorientierung im Bauraum, der eigentliche Bauprozess mit Parametern wie Laserstrategie, Temperatur, Material und Materialqualität sowie die nachgelagerten Prozesse wie Abkühlung und Nachbearbeitung die spätere Bauteilqualität in Bezug auf Maßhaltigkeit, Toleranzen und wichtige Materialeigenschaften wie etwa Homogenität, Dichte und Festigkeit.

Diese Prozessdaten werden mit Messwerten wie Bruchdehnung, Zugfestigkeit und E-Modul, Restporosität und eventuelle Einschlüsse bei mitgebauten Prüfkörpern und Referenzbauteilen archiviert und analysiert. Mehr als 27 Jahre Erfahrung in 3D-Druck und additiver Fertigung unterstützen mit hoher Designfreiheit und Leichtbau auch großer Bauteile die Designer und Konstrukteure bei ihren Herausforderungen. JBI |

Stephan Kegelmann ist Geschäftsführer von Kegelmann Technik in Rodgau.

Große Funktionsprototypen werden im Rahmen der Prozesskonstruktion neu konstruiert, in Teilen produziert und zusammengebaut.

Bild: Kegelmann Technik





Sowohl die Kunststoffklammern für das Akkupack als auch transparente LED-Lichtleiste werden von Proto Labs hergestellt.

Bild: Proto Labs

werkzeug für Spritzguss war viel zu teuer. Und ich war auch nicht sicher, ob ich das optimale Design für die Klammern gefunden habe. Zum Glück fand ich dann Proto Labs als Anbieter von vollwertigen Kunststoffteilen mit besonders schneller Lieferzeit. Ich habe dort viel über Kunststoffspritzguss und produktionsgerechtes Design beim Hochladen meines Modells auf die Angebotsplattform gelernt.“

Transportation Test für Akkus bestanden

Dadurch kam Coboq vom ersten Entwurf schnell zu belastbaren Ergebnissen, ein großer Vorteil, denn seit 2003 gelten besondere Vorschriften für den Transport von Lithium-Akkus, die den „UN Transportation Test“ durchlaufen müssen. Unter anderem erfolgt eine Belastungsprüfung mit Vibrationen und Schlagwirkungen. Eine solche Zertifizierung lässt sich nur mit vollwertigen Teilen bestehen. „Der modulare Aufbau des Akkus mit den zusammensteckbaren Kunststoffklammern konnte wie geplant erfolgen. Der Akku fand optimalen Halt im Rahmen, war dennoch zu entnehmen und wir bestanden unseren Test mit Bravour“, schildert David Horsch.

Anschließend beschäftigte sich David Horsch mit der dazugehörigen Kontrollanzeige und der Ladebuchse: „Wir wollten kein Display am Lenker, weshalb wir uns für eine LED-Anzeige am Oberrohr entschieden. Auf der Unterseite sind der Schalter und die Ladebuchse angebracht, beide ebenfalls aus Kunststoff. Die gesamte Baugruppe ist eingebettet in eine Aluminiumhülse. Erneut unterstützte uns Proto Labs, insbesondere bei der Materialauswahl. Für das Deckelelement der

LEDs suchten wir einen transparenten, UV-stabilen Kunststoff, der nicht vergilben darf. Proto Labs empfahl ein spezielles PMMA-Acrylat, das sie extra für Coboc in die Materialliste aufgenommen haben. Das Material für Schalter und Buchse sollte ebenfalls UV-stabil sein. Außerdem sollte es über eine hohe Elastizität verfügen, da die Montage werkzeugfrei mittels Clips erfolgt. Herkömmliche PVC-Mischungen erwiesen sich als zu spröde, weshalb wir uns für ABS entschieden haben.“

Inzwischen nutzen die Entwickler bei Coboc für Kunststoff-Neuentwicklungen stets die Dienstleistungen von Proto Labs.



Die Leuchtdioden zeigen auf einen Blick den Ladezustand des Akkus an, die Ladebuchse befindet sich unauffällig an der Unterseite des Rahmens.

Bild: Coboc

mit dem Express-Spritzgusservice von Proto Labs. Diese Teile stehen herkömmlichen Spritzgussteilen in nichts nach. Im Gegenteil, wir sparen uns die Kosten für ein teures Stahlwerkzeug, bekommen eine kostenlose Beratung zu Material und Machbarkeit und bleiben flexibel für nötige Änderungen. Deshalb bestreiten wir unsere gesamte Serienproduktion mit Kunststoffteilen von Proto Labs.“

Alternative für herkömmliche E-Bikes

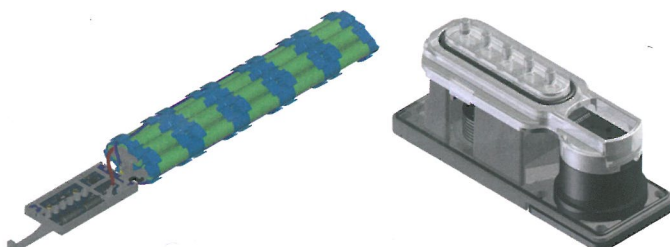
Nun gibt es auch Modelle von Coboc, die stadtauglicher sind. Zubehör wie Beleuchtung, Schutzbleche oder Gepäckträger machen sie zu einer eleganten Alternative für herkömmliche E-Bikes. Das auf der Messe Eurobike vorgestellte Modell „Coboc Seven Vesterbro“ ist für Pendler in der Stadt konzipiert, die leicht, schnell und stilvoll zur Arbeit kommen möchten. Da das Fahrrad nur 15,4 Kilo wiegt, kann man auch ohne Antrieb radeln. Hingucker ist das im Sattelrohr integrierte Rück-



Sobald das Design für ein neues Kunststoffteil steht, erfolgt die Begutachtung und Simulation mit einem aus Vollmaterial gefrästen Prototypen von Proto Labs. „Diese Teile sind von der Oberfläche her besser und präziser als unsere am 3D-Drucker erzeugten Erstlingswerke. Außerdem bekommen wir das Angebot und die Teile innerhalb von wenigen Tagen“, erklärt Horsch. „Anschließend erfolgt die Begutachtung, gegebenenfalls eine Designoptimierung und schließlich die Produktion

licht – ein weiteres Alleinstellungsmerkmal von Coboc. „Die Unterbringung der Rückleuchte im Sattelrohr war nicht ganz einfach, da das Sattelrohr verstellbar bleiben musste. Also legten wir die Elektronik ringförmig ein“, berichtet Horsch. Alle dafür notwendigen Kunststoffteile wurden in bewährter Form von Proto Labs hergestellt. Der Erfolg ließ nicht lange auf sich warten. Kaum wurde das „Coboc Seven“ auf der Eurobike vorgestellt, erhielt es den Eurobike Gold Award 2015. So sind David Horsch und Coboc-Mitbegründer Pius Warken auch äußerst zuversichtlich, was die weitere Entwicklung von Coboc angeht: „Mit Proto Labs haben wir den denkbar besten Lieferanten für unsere Ideen in Kunststoff gefunden.“

SG |



Die Daten für die Teile wurden mit Autodesk Inventor erstellt und dann direkt auf die Angebotsplattform von Proto Labs hochgeladen.

Bilder: Proto Labs

Thomas Löffler ist freier Journalist in Balingen.