

Der Freischwinger Metrik hat eine skulpturale Form, die mit wechselnden Materialstärken, polygonalen Flächen und gerundeten Kanten an modernes Transportation-Design erinnert (© Wilkhahn)



## Virtuelles Probesitzen

### *Simulation parallel zur Gestaltung verkürzt die Entwicklungszeit des Stuhls Metrik*

Die ganzheitliche Betrachtung von Simulation und Design hat bei der BASF eine lange Tradition. In der Zusammenarbeit mit dem Hersteller von Büromöbeln Wilkhahn wird am Beispiel des Freischwinger-Stuhls Metrik deutlich, wie Konstrukteure und Designer effizient zum Entwicklungsziel kommen. Dieses Angebot wird in Zukunft noch weiter ausgebaut.

**D**esign und Festigkeit sind zwei Kriterien, die oft unterschiedliche Anforderungen an die Materialeigenschaften stellen. Besonders bei der Herstellung von Stühlen spielen diese beiden Aspekte aber eine entscheidende Rolle. Ergebnisse aus der Simulation tragen maßgeblich dazu bei, diese unterschiedlichen Anforderungen in Einklang zu bringen und den geeigneten Kunststoff zu finden. Der Stuhlhersteller Wilkhahn entwickelte gemeinsam mit der BASF SE, Ludwigshafen, den Freischwinger-Stuhl Metrik (**Titelbild**). Nach nur eineinhalb Jahren Entwicklungszeit konnte der Stuhl auf den Markt gebracht werden.

#### *Zielkonflikte bei der Materialauswahl lösen*

Um den hohen optischen Ansprüchen des Herstellers gerecht zu werden, war vor allem die Oberflächenstruktur des Stuhls wichtig. Die Konstrukteure diskutierten daher schon zu Beginn

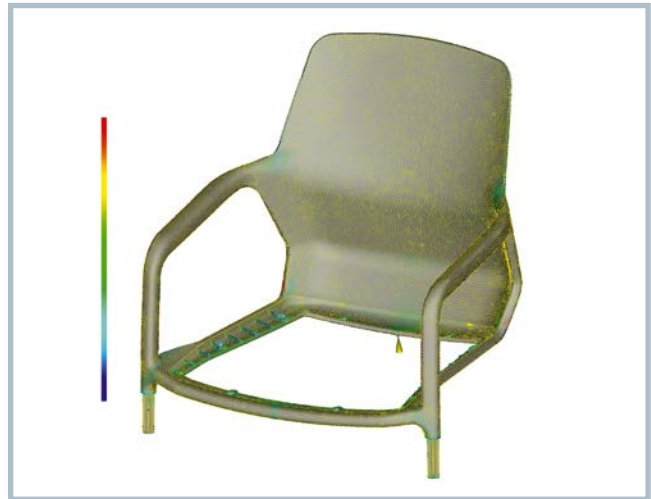
mit der technischen Entwicklungsabteilung und den Material-Experten der BASF designfabrik erste geeignete Kunststofftypen anhand ihrer umfangreichen Materialbibliothek. Eine fachgerechte Beratung bei der Auswahl eines geeigneten Werkstoffs war dafür ebenso maßgeblich wie eine genaue Simulation und Berechnung des mechanischen Verhaltens der Thermoplaste. Dadurch konnten die Anforderungen an Design, Material und Festigkeit erfüllt werden. Aufgrund der hohen Kosten der benötigten Spritzgießwerkzeuge, war die genaue Prüfung der Realisierbarkeit vor der Fertigung von zentraler Bedeutung. Im konkreten Beispiel Metrik ging es in erster Linie darum, ein geeignetes Material aus dem speziell für die Möbelindustrie entwickelten BASF-Materialportfolio oberflächenangepasster Polyamide auszuwählen. Bei glasfaserverstärkten Kunststoffen können Glasfasern an der Oberfläche sichtbar sein, was besonders bei Designobjekten unerwünscht ist. Um die mechanischen Anfor-

derungen zu erfüllen, müssen jedoch glasfaserverstärkte Materialien verwendet werden. Der technische Kunststoff Ultramid SI (SI = surface improved) verbindet gute Oberflächeneigenschaften bei gleichzeitig hoher mechanischer Festigkeit (**Tabelle 1**). Aufgrund dieser gegenläufigen Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Bauteile, insbesondere an die Steifigkeit, entwickelten Experten aus der designfabrik und der technischen Entwicklung der BASF das Ultramid SI-Portfolio. Die Auswahl an Materialtypen mit unterschiedlichen Glasfasergehalten ermöglichte ein individuelles Verhältnis von mechanischen und optischen Eigenschaften.

Für den Freischwinger fiel die Wahl aufgrund guter mechanischer Eigenschaften zunächst auf den Werkstoff Ultramid B3EG6 SI mit einem Glasfasergehalt von 30 %.

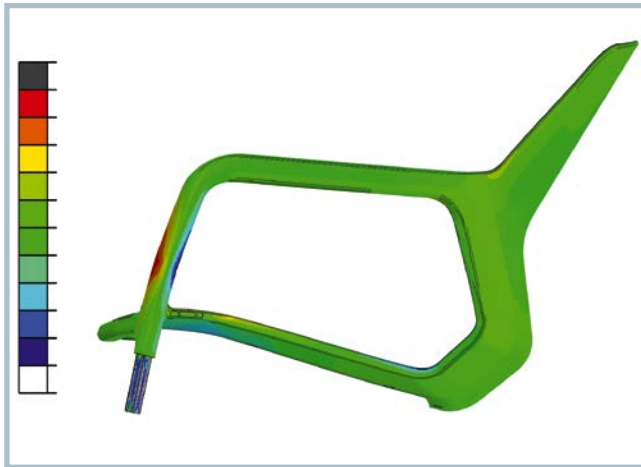
### *Mechanische Eigenschaften simuliert*

Im nächsten Schritt erfolgte eine mechanische Machbarkeitsstudie mithilfe des Simulationswerkzeugs Ultrasim. Ziel war es, möglichst schnell und detailliert zu prüfen, ob der Stuhl die Anforderungen nach dem Regelwerk BIFMA X5.1-2011 erfüllt. Eine über einen Stempel eingeleitete Kraft prüft hierbei die Rückenlast an der vorhandenen Geometrie. Die Prüflast, die über die Druckplatte auf das Bauteil aufgebracht wird, entspricht gemäß Regelwerk 1112 N. Der gesamte Prüfaufbau von der Druckplatte bis zum Untergestell wird in der Simulation berücksichtigt. Da

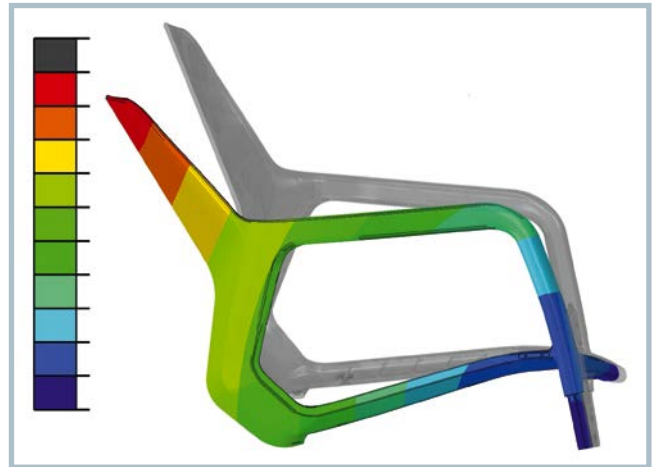


**Bild 1.** Das Simulationswerkzeug zeigt die erwartete Glasfaserorientierung im Bauteil. Rot gekennzeichnet sind Bereiche mit hohem Orientierungsgrad in eine Richtung, blau zeigt einen niedrigen Grad an Orientierung in eine Richtung an (© BASF)

für diese Prüfung zunächst lediglich die Gesamtkinematik von Bedeutung ist, werden für diese Zwecke unkritisch einzustufende Stellen vereinfacht dargestellt, um die Rechendauer zu verkürzen. Im Fall des Freischwingers wurde hierzu die Geome- »



**Bild 2.** Unter einer definierten Prüflast verformt sich der Stuhl. Die Hauptspannungen sind dabei Zug-Beanspruchung (rot) und Druck-Beanspruchung (blau) (© BASF)



**Bild 3.** Die simulierte Verformung der Sitzschale unter Gebrauchslast (rot: hohe Deformation, blau: geringe Deformation) (© BASF)

trie im Übergangsbereich zum Untergestell modifiziert. Da in diesem frühen Stadium noch kein konkretes Angusskonzept vorliegt, ist für die erste Berechnung ein vereinfachtes Materialmodell ohne Berücksichtigung der Glasfaserorientierung ausreichend. Diese, auf den ersten Simulationen basierende Machbarkeitsstudie, fiel positiv aus. Sie zeigte, dass das Gesamtkonzept des Stuhls umsetzbar ist und eine gute Grundlage für dessen Weiterentwicklung bildet.

### *Angepasste Geometrie und Gesamtkonzept*

Aufgrund der Ergebnisse aus der Machbarkeitsstudie wurde die Geometrie modifiziert und anschließend ein Angusskonzept entwickelt. Der Hersteller entschied sich daraufhin, die Entwicklung mit der SI-Type Ultramid B3EG4 SI mit nur 20 % Glasfasergehalt fortzusetzen. Mit diesem Werkstoff konnten die beiden wesentlichen Anforderungen an Festigkeit und Steifigkeit erfüllt werden. Die durch den Spritzgießprozess entstehende anisotrope Faserverteilung beeinflusst die mechanischen Eigenschaften des Bauteils maßgeblich. Die Anisotropie muss daher korrekt be-

rücksichtigt werden, um verlässliche mechanische Simulationsergebnisse des Werkstoffs zu erhalten (**Bild 1**). Auf Basis dieser Informationen ließ sich ein Angusskonzept erarbeiten. Durch die Prozesssimulation konnte die lokale Glasfaserorientierung im Bauteil ermittelt werden. Besonders wichtig sind dabei die beim Spritzgießen entstehenden Bindenähte. Durch die abweichende Orientierung der Glasfasern am Fließwegende wird die Oberfläche lokal beeinflusst, was gerade bei Möbelstücken einen bedeutenden Einfluss auf das Aussehen des Stuhls hat. Weiterhin kann die Bindenahse auch einen negativen lokalen Einfluss auf die Festigkeit des Bauteils haben, was bei der mechanischen Simulation ebenfalls berücksichtigt wird. Daneben wurden auch andere für die Oberflächenqualität maßgeblichen Effekte betrachtet, beispielsweise einheitliche Fließgeschwindigkeiten an der Oberfläche, die Aufschluss bezüglich zu erwartender Markierungen geben, oder die für Einfallstellen relevante Nachdruckversorgung.

Die mechanische Simulation wurde sowohl mit Gebrauchslast als auch mit Prüflast durchgeführt, wobei das Bauteil gemäß Regelwerk bei Prüflast nicht versagen darf (**Bild 2**). Wie schon bei

## Neues Creation Center bündelt Kompetenzen

Das neue Creation Center der BASF, dessen Eröffnung Mitte 2019 geplant ist, bündelt Kompetenzen von designfabrik, Simulation und Trendforschung. Ein ehemaliger Luftschutzbunker vor den Werkstoren des BASF-Standorts Ludwigshafen wird hierfür mit einer modernen Architektur erweitert. Weitere BASF Creation Center entstehen an den Standorten in Schanghai, Tokio und Wyandotte/USA. Das Creation Center soll für die Betreuung zukünftiger Kunststoffkunden ein wesentlicher Baustein sein. Kern des neuen Konzepts ist die Verknüpfung der realen Materialwelt mit den neuen Möglichkeiten der virtuellen Darstellung ihrer Eigenschaften. Visuelle 3D-Werkzeuge wie die Mixed-Reality-Brille HoloLens tragen zum gemeinsamen, besseren Verständnis von Materialeigenschaften und Anwendungsanforderungen bei. Der Kunde kann hier komplexe Geometrien eines Bauteils in der realen Umgebung betrachten. Die Zeit vom ersten Konzept bis hin zum Markteintritt kann damit verkürzt werden.



**Vergangenheit trifft Zukunft: Ein ehemaliger Bunker an der BASF-Werksgrenze in Ludwigshafen wird neue Heimat des Creation Centers** (© BASF)

Ultramid B3EG4 SI	20 % Glasfaser
Ultramid B3EG6 SI	30 % Glasfaser
Ultramid B3EG8 SI	40 % Glasfaser
Ultramid B3EG10 SI	50 % Glasfaser
Ultramid B3U40G4 SI	flammgeschützt, 20 % Glasfaser

**Tabelle 1.** Ultramid-SI-Typen verbinden gute Oberflächeneigenschaften bei gleichzeitig hoher mechanischer Festigkeit (Quelle: BASF)

der Machbarkeitsstudie wird auch hier die Last über eine Druckplatte auf das Bauteil aufgebracht. Verformung (Steifigkeit), Materialbeanspruchung und eventuelle kritische Bereiche (Festigkeit) werden mittels eines Ultrasim-Versagenswert abgebildet. Es zeigte sich, dass alle Bereiche anforderungsgerecht dimensioniert waren.

Insgesamt ergab die Simulation, dass der Sitzrahmen die geforderte Rückenlast aushält und die Verformungen bei Gebrauchslast mit 115 mm im gewünschten Bereich lagen (**Bild 3**). Die Bindenähte befanden sich zudem nicht in hochbelasteten Bereichen, wodurch sie aus mechanischer Sicht als unkritisch eingestuft werden konnten.

### Fazit

Die Simulation mit Ultrasim kann vorhersagen, ob der Stuhl die geplanten Lasten aushält und präzise Aussagen über die Belastbarkeit und die Verformung zutreffen. Außerdem lieferte die Simulationssoftware wertvolle Hinweise über die Oberflächenqualität – ein Aspekt, der besonders im Design eine große Rolle spielt. Aufgrund der Prozesssimulation können außerdem schon im Voraus Aussagen über die Größe der Spritzgießmaschine getroffen werden. Das Beispiel der Bauteilentwicklung eines neuen Designstuhls zeigt, wie eng Design und Bauteilsimulation zusammengehören. ■

## Die Autoren

**Dipl. Ing. (FH) Christian Schweiger** arbeitet seit 1989 in der BASF SE, Ludwigshafen, und ist seit mehreren Jahren in der technischen Entwicklung Engineering Plastics tätig; christian.schweiger@basf.com

**Patrick Frey, M.Sc.**, ist seit 2015 als Entwicklungsingenieur in der Gruppe Simulation Engineering bei der BASF tätig; patrick.frey@basf.com

**Diplom-Designerin Eva Höfli** arbeitete von Januar 2008 bis 2011 bei der BASF Coatings. Seit 2011 ist sie bei der BASF designfabrik in der Materialberatung tätig; eva.hoefli@basf.com

## Service

### Digitalversion

- » Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/6737451](http://www.kunststoffe.de/6737451)

### 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)