

# Additiver Leichtbau für mehr Effizienz in der Verpackungsindustrie

Hochindividuelle Greifer der Automatisierungstechnik schnell und einfach optimieren



**Die Verpackungsindustrie ist in hohem Maße automatisiert, um die produzierten Güter rasch und sicher zu verpacken und Leichtbau ist daher ein Kernelement bei der Produktentwicklung.**

Je leichter die Greifinstrumente sind, desto effizienter und schneller kann dieser Prozess ablaufen. Mit MSC Apex Generative Design können für die vielen verschiedenen Greifer schnell und einfach Leichtbaudesigns erzeugt werden.

Greifen, transportieren, ablegen, verpacken. Das sind die wesentlichen Aufgaben von Verpackungsmaschinen, die mit ihren Greif- und Beförderungselementen hochautomatisiert die einzelnen Produktionsgüter sicher und zuverlässig verpacken. Die großen Unterschiede hinsichtlich Gewicht, Größe und Geometrie der Produkte haben zur Folge, dass die Greifer meist sehr individuell und oftmals sehr komplex sind. Zusätzlich besteht der Anspruch, die bewegten Massen möglichst leicht, gleichzeitig aber ebenso steif auszulegen, um Energie im Betrieb zu sparen und trotzdem einen sicheren Transport zu gewährleisten. Das führt zu hohen Anforderungen in der Produktentwicklung, da die klassische Konstruktion oder Optimierung gerade von solch individuellen und komplexen Greifeinheiten sehr aufwändig und zeitintensiv ist.

## Greifereinheit mit Optimierungsbedarf

Endkunden und Handel verlangen nach einer immer größeren Verpackungsvielfalt. Gleichzeitig sollen Verpackungen und Materialien zukünftig deutlich nachhaltiger werden. Diese Trends fordern von den Herstellern kurze Reaktionszeiten und sehr schnelle Anpassungen an den Markt. Das ist nur mit hochflexiblen, leistungsstarken Verpackungsmaschinen und einer schnellen Entwicklung zu leisten. Der hohe Individualitätsgrad der Verpackungsgüter und eine Reduzierung von eingesetztem Material und Energie erfordert neue Technologien, die diesen Ansprüchen gerecht werden.

Diese Anforderungen gelten auch für den vorliegenden Anwendungsfall der Gerhard Schubert GmbH. Das Familienunternehmen aus Crailsheim in Deutschland bietet innovative Verpackungsmaschinen mit intelligentem, modularem Aufbau und einem außerordentlichen Kundennutzen. Diesem Anspruch sollte auch die Entwicklung einer neuen Greifereinheit für das Greifen und Transportieren einer Verpackungsschale gerecht werden. Eine Optimierung mit klassischem Ansatz und Software brachte keine zufriedenstellenden Ergebnisse und ging zusätzlich mit einem hohen Entwicklungsaufwand einher. Die Analyse des Bauteils zeigte auftretende Spannungsspitzen und eine zu geringe Steifigkeit des Bauteils, ein Kernanforderung für Greifer. Ein neuer Ansatz war notwendig, um zu einem Leichtbaudesign zu gelangen.

## Generatives Design zur Lösungsfindung

Eine Kombination aus Generative Design und Additiver Fertigung versprach die Lösung. Mit Generative Design können schnell und einfach auch komplexe Leichtbaudesigns erzeugt werden. Der geringe Aufwand ermöglicht die Optimierung sowohl von einfachen als auch komplexen Greifern, auch mit hoher Individualisierung für nur kleine Stückzahlen. Die generierten Strukturen lassen sich unkompliziert, digital und umgehend mit der additiven Fertigung herstellen, auch sehr leichte und damit hochkomplexe Strukturen sind problemfrei produzierbar.

Als leistungsstarke und dennoch einfach zu bedienende Software kam MSC Apex Generative Design zum Einsatz. Für den vorliegenden Anwendungsfall ist die Ausgangsgeometrie als CAD-Modell in MSC Apex Generative Design eingeladen worden. Auf Basis dieser

Geometrie wurde das Optimierungsmodell entworfen, mit den notwendigen Anbindungsbereichen und dem erlaubten Design-Bereich, für den als Material der Kunststoff PA12 festgelegt wurde. Die intuitive Benutzeroberfläche mit ihren leistungsstarken Geometriefunktionen ermöglichte die Überführung der anspruchsvollen Ausgangsgeometrie in ein startklares Optimierungsmodell in unter einer Stunde. Bevor das Modell fertig vorbereitet ist und die eigentliche Optimierung gestartet werden kann, sind für das Hinzufügen der Randbedingungen und der Zielparameter der Optimierung weitere 15 Minuten notwendig.

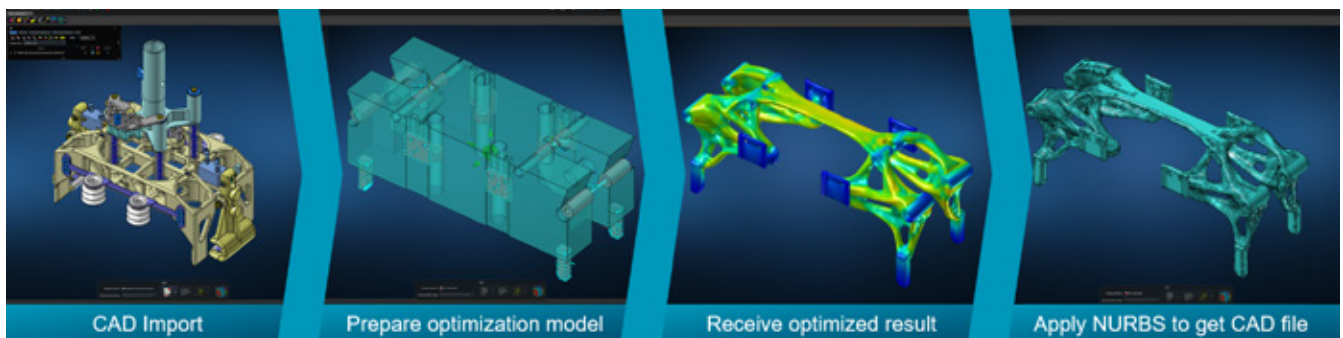


Abbildung 1: Optimierungen können vom CAD Import für die Modellvorbereitung bis zum CAD Export für die Validierung mit MSC Nastran schnell und vollständig in MSC Apex Generative Design umgesetzt werden

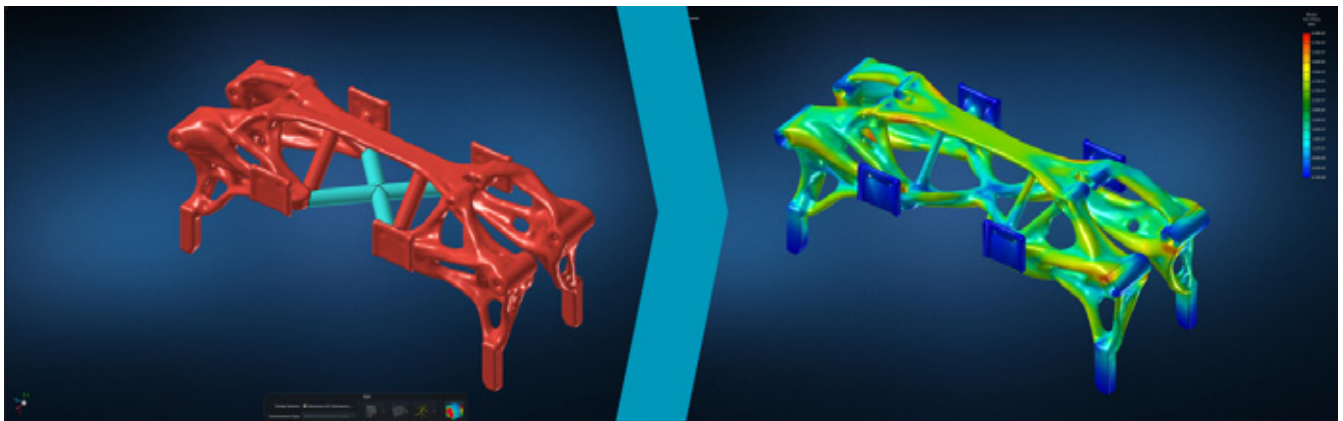


Abbildung 2: Nachträgliche Änderungen lassen sich mit den Geometriewerkzeugen schnell einfügen und werden anschließend mit wenigen Optimierungsiterationen sauber und sinnvoll angebunden

## Variantenerzeugung für optimale Bauteilgeometrie

Lediglich 18 Minuten benötigte der leistungsstarke Optimierungsserver für die Erstellung eines Leichtbaudesigns. Diese geringe Rechenzeit ermöglicht es, problemfrei verschiedene Parameter und Varianten auszuprobieren, um das am besten geeignete Design auszuwählen. So ist zum Beispiel eine Variante besonders leichtgewichtig, aber aufgrund der sehr komplexen Struktur schlecht zu reinigen. Daher ist zunächst ein weniger komplexes Design ausgewählt worden. Mit gerade einmal 150g ist dies aber dennoch ein wahres Leichtgewicht – ausgehend von 340g Gewicht für das Originalbauteil (PA12) ergibt das eine Gewichtseinsparung von 56%!

Um eine zusätzliche Versteifung für Sonderlastfälle herbeizuführen, sollten in der Mitte kreuzförmige Streben eingezogen werden. Dazu wurden diese von dem ausführenden Ingenieur in MSC Apex Generative Design mit Hilfe der Geometriewerkzeug grob an der richtigen Stelle in die optimierte Struktur eingefügt. Diese neue Struktur wurde nochmals in einigen Iterationen von dem Algorithmus verarbeitet, um eine saubere Anbindung und glatte Übergänge zu schaffen. Das bemerkenswerte: Trotz zusätzlicher Streben hat sich das Gewicht kaum verändert, der Algorithmus hat die Streben sauber angebunden und an anderen Stellen das nun überflüssige Material entfernt. Es konnte ein anderes lokales Optimum für die Optimierungsaufgabe gefunden werden und zeigt damit auch die große Lösungsbreite, die Generative Design für eine Problemstellung erzeugen kann.

## Validierung und Fertigungssimulation

Die ausgewählten Varianten sind mit der integrierten Mesh-to-CAD Funktion mit wenigen Mausklicks ins CAD zurückgeführt worden. Als NURBS-Modelle ließen sie sich dann direkt in MSC Apex Structures importieren und dort mit den bekannten Algorithmen von MSC Nastran verifizieren. Die Ergebnisse zeigen mit einer vierfachen Steigerung der Steifigkeit eine signifikante Verbesserung mit ebenfalls deutlich geringeren Spannungen unter Last.

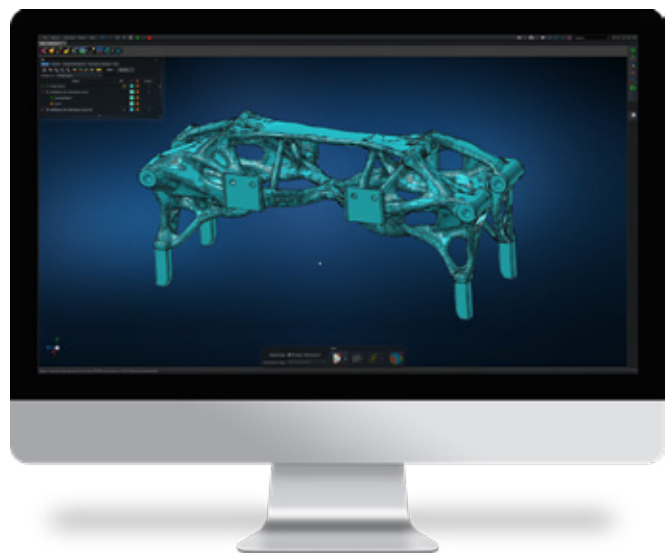


Abbildung 3: Eine Rückführung in Standard-CAD-Formate auf Basis von NURBS lässt sich auf Knopfdruck auch für komplexe Strukturen erzielen

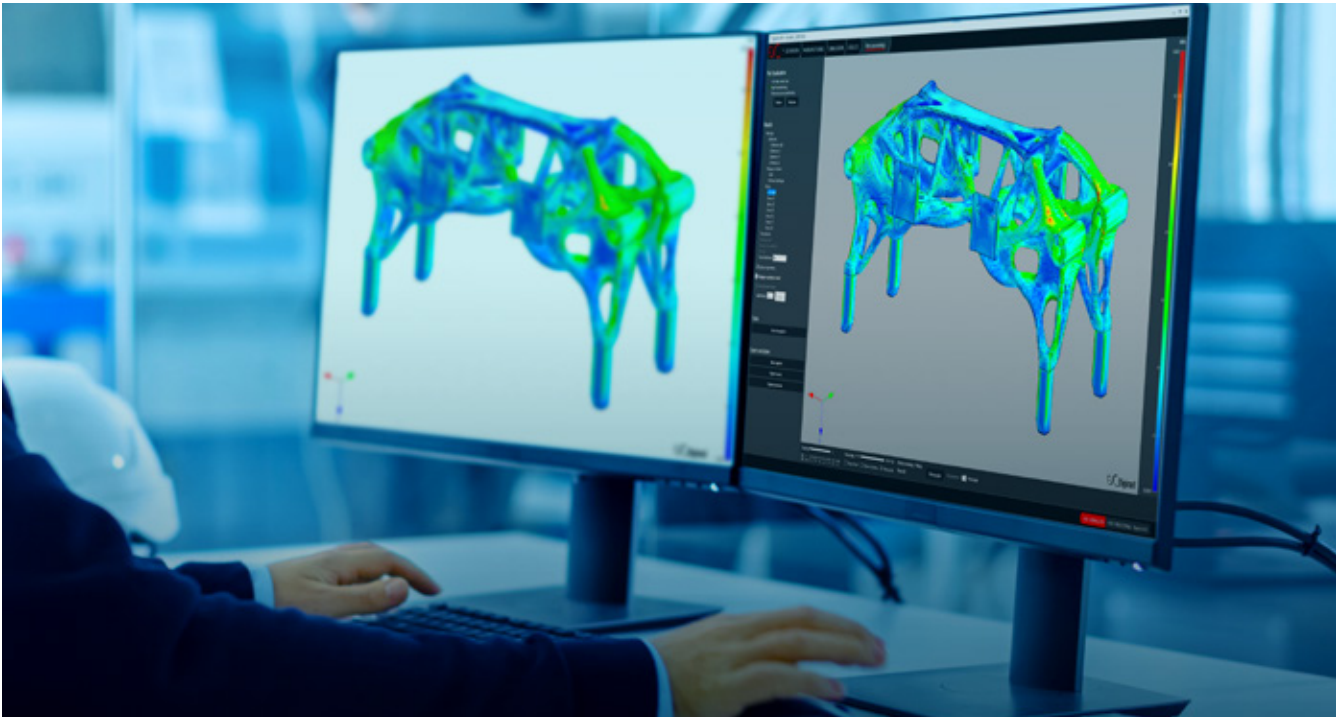


Abbildung 4: Die Fertigungssimulation für den Kunststoffdruck vermeidet zu hohe Spannungen und Verformung bei der Fertigung für maximale Genauigkeit im anspruchsvollen Greifeinsatz

Im nächsten Schritt ist die Fertigung des Kunststoffdesigns simuliert und optimiert worden. Dazu wurde es in Digimat AM importiert, flach auf die Plattform gelegt und das Netz für die Optimierung generiert. Die Analyse zeigte einen insgesamt sehr geringen Verzug im Bauteil, lediglich zwei außen gelegene Stellen hatten eine zu hohe Abweichung. Diese können mit Digimat AM kompensiert werden, indem eine vordeformierte Struktur erzeugt wird, so dass nach erfolgreichem Bau eine korrekte Struktur erzeugt wird...

Da die Firma eine additive Fertigungsanlage für Metall besitzt, sollte auch eine Metallvariante zu Testzwecken gebaut werden, auch, um den Einsatz bei höheren Temperaturen zu testen. Dazu wurde eine weitere Optimierung gestartet, mit einer Aluminiumlegierung als Material. Die Bauraumgröße reichte jedoch nicht für das Bauteil aus, daher wurde die Struktur an der oberen Strebe geteilt und ein Flansch angebracht, welcher nochmals mit einigen Optimierungsiterationen vernünftig und vollständig angebunden wurde. Die Fertigung des nun zweigeteilten Designs konnte daraufhin mit Simufact Additive simuliert werden. Die Bauteile sind so platziert, dass beide zusammen auf die Bauplattform passen. Die Software berechnete alle notwendigen Stützstrukturen und erstellte das Netz für die Simulation. Diese ergab, dass auch hier wieder mit Verzug zu rechnen wäre. Mit Hilfe der Verzugskompensation konnte dies jedoch auf ein Minimum reduziert werden.

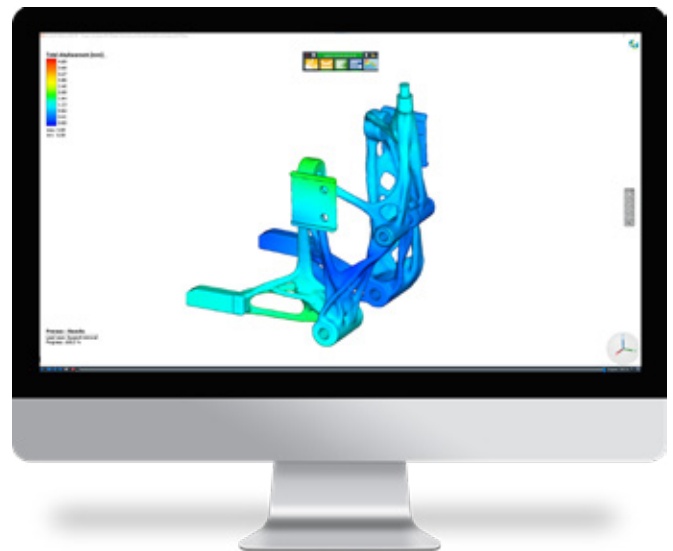


Abbildung 5: Mit Simufact Additive kann die metallbasierte Produktion vorab simuliert werden. Die Positionieren, Supportstrukturen und Fertigungsparameter lassen sich so optimieren und Verzug und hohe Spannungen vermeiden



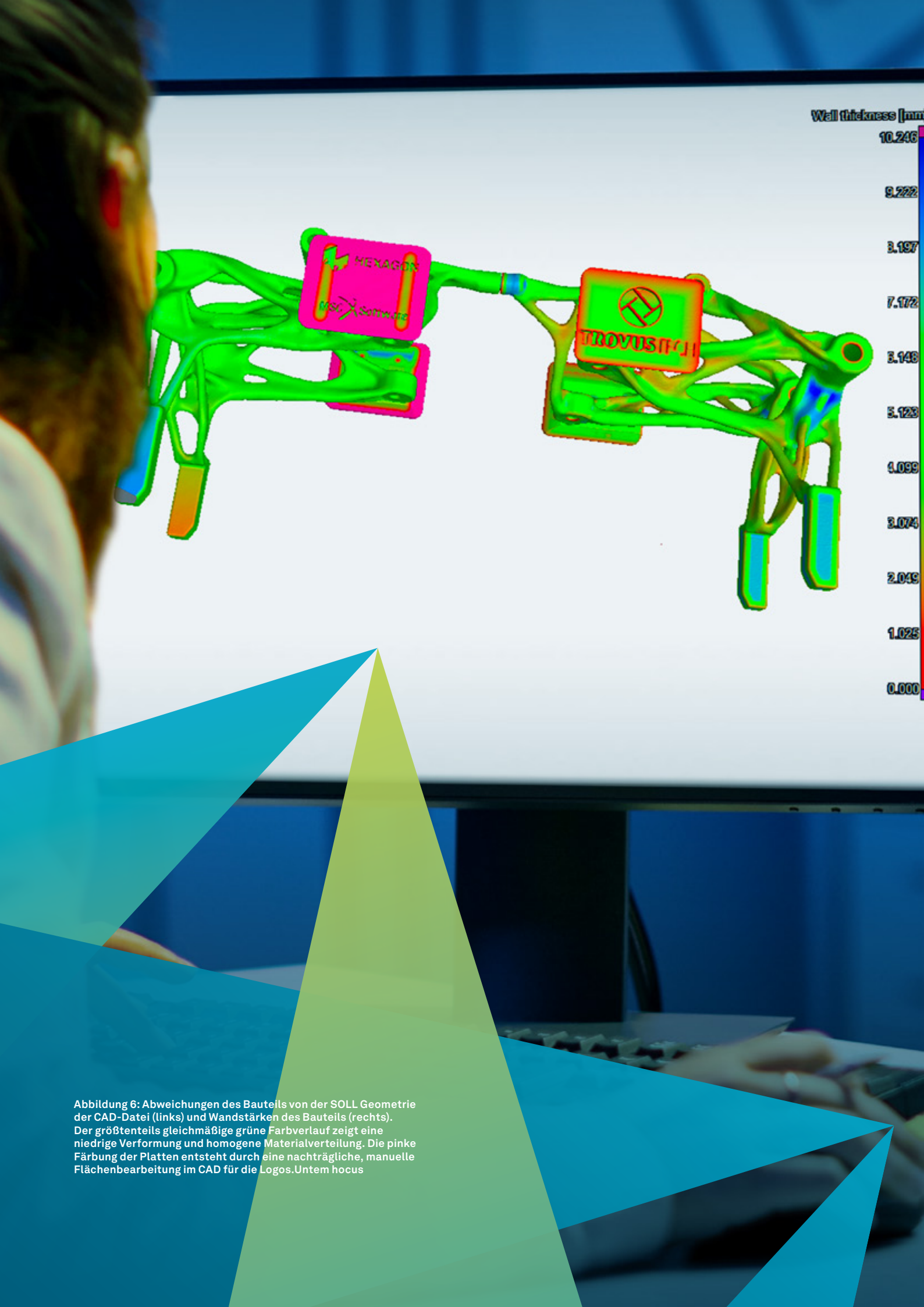


Abbildung 6: Abweichungen des Bauteils von der SOLL Geometrie der CAD-Datei (links) und Wandstärken des Bauteils (rechts). Der größtenteils gleichmäßige grüne Farbverlauf zeigt eine niedrige Verformung und homogene Materialverteilung. Die pinke Färbung der Platten entsteht durch eine nachträgliche, manuelle Flächenbearbeitung im CAD für die Logos. Untem hocus

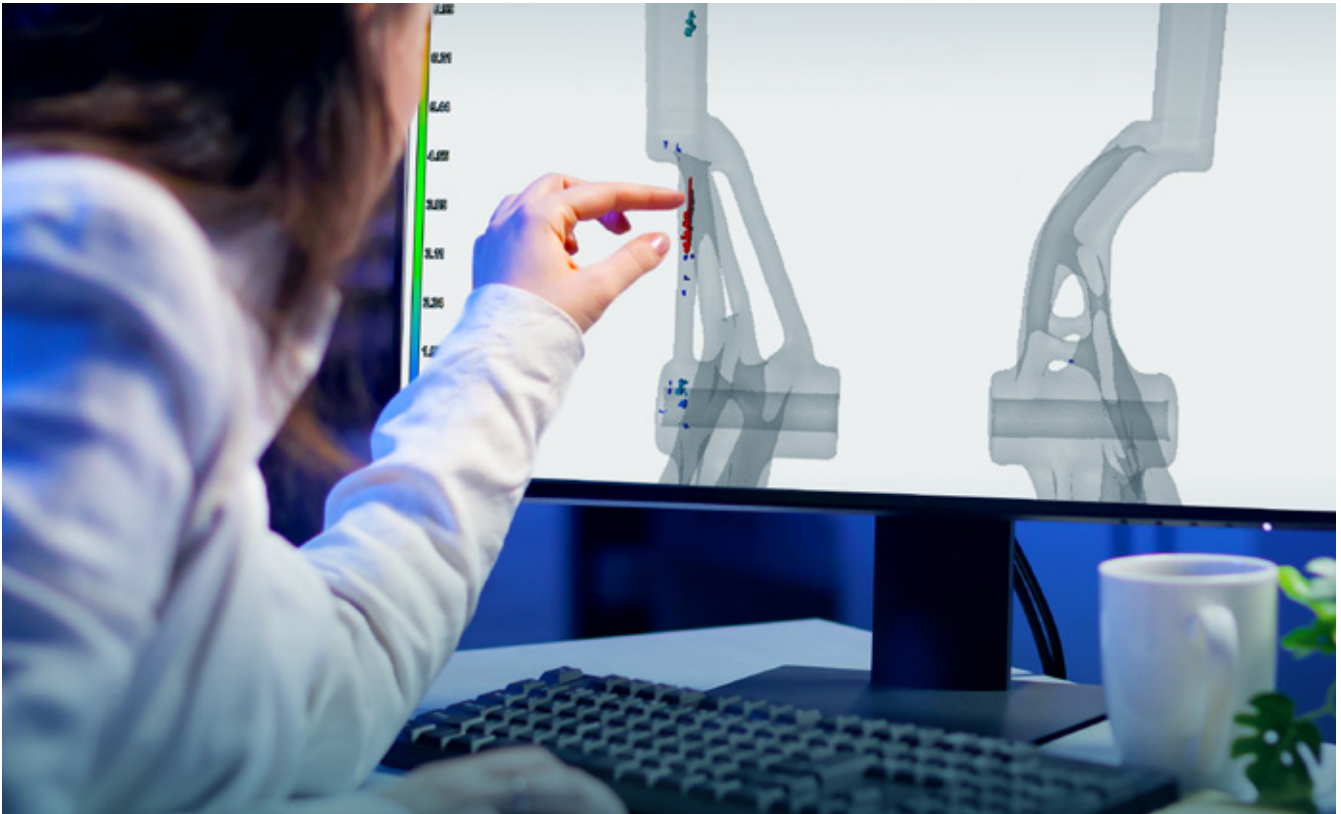


Abbildung 7: In einem der Beine des Bauteils sind einige Poren vorhanden. Eine Analyse durch VGSTUDIO MAX zeigt jedoch keine Auswirkungen auf die Anwendung unter Last

## Analyse des Bauteils anhand von CT-Scan Daten

Die Metallvariante ist anschließend in Aluminium gefertigt und nach der Produktion zerstörungsfrei per CT-Scan untersucht worden. Für die Analyse der entstandenen CT-Daten wurde die Software VGSTUDIO MAX eingesetzt. Das detailgetreue, digitale Abbild kann in der Software mit den ursprünglichen CAD-Daten verglichen werden und zeigt jegliche Abweichungen eindeutig auf. Wie auf dem Bild zu sehen (Abbildung 6), ist durch die Fertigung eine leichte Abweichung an den Beinen des Bauteils zu erkennen, in der sich auch einige Poren (Abbildung 7) in dem Scan auffinden lassen (zur Veranschaulichung vergrößert). Bei der Analyse der Abweichungen und bei der Materialstärke zeigt sich insgesamt eine schöne, gleichmäßige Färbung des Bauteils. Die Abweichung an den Platten entsteht durch die nachträglich, manuell eingefügte Fläche mit Schrift. Durch die Abweichung nach außen kann diese jedoch problemfrei beigefräst werden. Die nahezu durchgängig grüne Färbung bei der Wanddicke zeigt die hervorragend homogene Materialverteilung zur Sicherstellung einer erfolgreichen additiven Fertigung.

### Zusammenfassung

Alles in allem, konnte hier die ganze Leistungsbreite von MSC Apex Generative Design und weiteren MSC Tools gezeigt werden. Neben der starken CAD Importfunktionen als einfacher und direkter Weg zum Optimierungsmodell konnten äußerst schnell verschiedene Designs erzeugt werden. Nachträgliche Anpassungen wie zusätzliche Streben und Flansche ließen sich ebenfalls konstruieren und optimal einbinden, eine Rückführung zu NURBS basierten CAD Formaten ist mit wenigen Mausklicks erstellt und erlaubt die direkte Validierung mit MSC Nastran. Mit Digimat-AM und Simufact Additive lässt sich dann die Fertigung simulieren und optimieren und so ein hervorragendes Endresultat garantieren. Mittels CT-Scan erfolgte die Überprüfung des Realbauteils. Die Datenanalyse mit VG Studio zeigte insgesamt ein gutes Ergebnis, welches mit der digitalen Design- und Produktionssimulation optimal auf die Fertigung und den Einsatz vorbereitet werden konnte.



Hexagon ist ein weltweit führender Anbieter von Sensor-, Software- und autonomen Lösungen. Wir nutzen Daten, um die Effizienz, Produktivität und Qualität von Anwendungen in der Industrie und der Produktion sowie in den Bereichen Infrastruktur, Sicherheit und Mobilität zu steigern.

Mit unseren Technologien gestalten wir zunehmend stärker vernetzte und autonome Ökosysteme im urbanen Umfeld und in der Fertigung und sorgen so für Skalierbarkeit und Nachhaltigkeit in der Zukunft.

MSC Software ist Teil der Hexagon Manufacturing Intelligence Division sowie eines der zehn Originalsoftware-Unternehmen und unterstützt Produkthersteller weltweit bei der Weiterentwicklung ihrer technischen Verfahren mit Simulationssoftware und -dienstleistungen. Erfahren Sie mehr unter [mscsoftware.com](https://www.mscsoftware.com). Der Geschäftsbereich Manufacturing Intelligence von Hexagon nutzt Daten aus Design und Engineering, Fertigung und Messtechnik als Basis für Lösungen zur Optimierung von Fertigungsprozessen.

Erfahren Sie mehr über Hexagon (Nasdaq Stockholm: HEXA B) unter [hexagon.com](https://www.hexagon.com). Folgen Sie uns auch auf [@HexagonAB](https://twitter.com/HexagonAB).