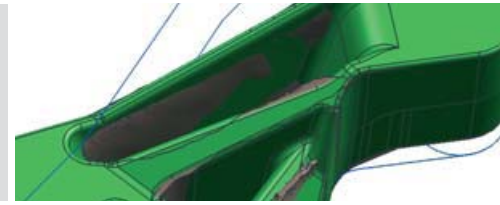


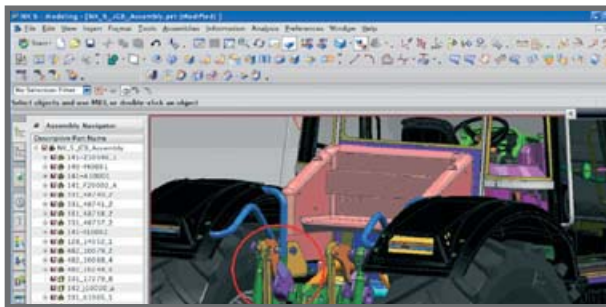
Bauteiloptimierung



Durchgängige Entwicklung eines Traktor-Umlenkhebels unter Einsatz der TOSCA Structure-Topologieoptimierung in der NX-Umgebung

Bei der Auslegung neuer Bauteile müssen viele unterschiedliche Anforderungen bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Die Komponenten sollten einen möglichst geringen Materialeinsatz erfordern, sämtlichen strukturmechanischen Anforderungen genügen und mit einem ausgewählten Verfahren zu fertigen sein. Der zur Verfügung stehende Bauraum darf nicht überschritten werden und meist sind komplexe Belastungen vorhanden, die bei der Auslegung berücksichtigt werden müssen.

Das Werkzeug der Topologieoptimierung ist das ideale Werkzeug, das bei der Berücksichtigung solcher komplexer Randbedingungen die Erstellung optimaler Designentwürfe unterstützt. Bei der Optimierung des Umlenkhebels eines Traktors wurden sämtliche Konstruktions- und Simulationsaufgaben innerhalb der NX-Umgebung bearbeitet. Die Topologieoptimierung wurde mit dem Topologieoptimierungsmodul von *TOSCA Structure* durchgeführt.



Umlenkhebel für Optimierung

Die Topologieoptimierung ist ein Werkzeug zur Designfindung, bei dem – ausgehend vom maximal zur Verfügung stehenden Bauraum – das Material optimal in Hinsicht auf bestimmte Zielkriterien verteilt wird. Für die Formulierung der Zielfunktionen und Nebenbedingungen des Optimierungsproblems stehen dem Anwender eine Vielzahl von Systemantworten zur Verfügung, die auch beliebig kombiniert werden können. Typische Größen, die für die Zusammenstellung des Optimierungsziels verwendet werden können, sind beispielsweise Masse, Volumen, Steifigkeit, Eigenfrequenzen, Reaktionskräfte/-momente, Schwerpunktlage, Trägheitsmomente oder Verschiebungen. Ausgangsbasis für die Durchführung einer Topologieoptimierung mit *TOSCA Structure* ist ein lauffähiges Finite-Elemente-Modell des maximal zur Verfügung stehenden Bauraums. Alle relevanten Lastfälle sind an diesem Bauraummodell definiert. In einem iterativen Prozess wird das Material umverteilt, bis die entsprechenden Zielkriterien erfüllt sind. Diese Materialumverteilung wird durch eine Variation des Elastizitätsmoduls der einzelnen finiten

Elemente im Designraum simuliert. So ergeben sich harte Bereiche, die zum Steifigkeitsverhalten der Gesamtstruktur beitragen und weiche Bereiche, die keinen Beitrag zur Struktursteifigkeit mehr haben und aus dem Bauraummodell entfernt werden können.

Am Ende der Topologieoptimierung wird eine Glättung durchgeführt um einen Designvorschlag zu erhalten, der dann in eine neue CAD-Konstruktion überführt werden kann.

Optimierung eines Traktor-Umlenkhebels

Ein Umlenkhebel am Hinterachsaufbau eines Traktors des Herstellers JCB soll im Folgenden optimiert werden. Am existierenden Bauteil treten bei den vorhandenen Lasten hohe Durchbiegungen auf, die durch eine Neukonstruktion vermieden werden sollen. Für diese Aufgabenstellung wird eine Topologieoptimierung mit dem Ziel durchgeführt, eine Konstruktion zu finden, die dieselbe Masse hat wie das Originalbauteil, aber eine höhere Steifigkeit aufweist.

Aufbau des Bauraummodells

Um eine Topologieoptimierung durchführen zu können, muss im ersten Schritt ein Finite-Elemente-Modell des maximal zur Verfügung stehenden Bauraums aufgebaut werden. In der NX-Umgebung wird hierfür das relevante Bauteil extrahiert und alle bereits vorhandenen Löcher und Aussparungen, die nicht für die Anbindung an andere Bauteile notwendig sind, mit Material aufgefüllt. Zusätzlich wird das Bauraummodell unter Berücksichtigung der benachbarten Bauteile aufgedickt.



Original Bauteil (links) und Bauraummodell für Topologieoptimierung

Das Geometriemodell des Bauraums wird nun vernetzt und sämtliche Lastfälle, die für die Topologieoptimierung berücksichtigt werden müssen, werden an dem FE-Modell des Bauraums definiert.

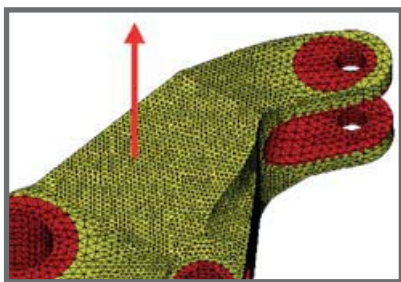
Definition des Optimierungsproblems

Nach der Fertigstellung des Bauraummodells kann die Optimierungsaufgabe für *TOSCA Structure* definiert werden. Die Zielfunktion wird hier als Maximierung der Steifigkeit definiert, wobei als Nebenbedingung das Volumen des Originalbauteils formuliert wird. Dies ermöglicht die Ermittlung eines Designentwurfs, der bei gleichem Materialeinsatz eine maximale Steifigkeit aufweist.

Zusätzlich zur Formulierung der Optimierungsaufgabe müssen aber auch fertigungsbedingte Restriktionen berücksichtigt werden. Zum einen dürfen sich bestimmte Bohrungen im Bauteil im Laufe der Optimierung auf keinen Fall verändern, da sie zur Anbindung benachbarter Systemkomponenten benötigt werden. Diese Bereiche können durch eine sogenannte 'Frozen'-Restriktion in *TOSCA Structure* eingefroren werden, die dann im Laufe der Optimierung nicht verändert werden. Zum anderen handelt es sich bei dem Umlenkhebel um ein Gussbauteil, bei dem sich im Laufe der Optimierung keine Hinterschnitte und Hohlräume ausbilden dürfen, um das Bauteil auch durch einen Gussprozess fertigen zu können. Diese Anforderung kann in *TOSCA Structure* durch die Aktivierung einer Gussrestriktion berücksichtigt werden, bei der zu jedem Zeitpunkt im Optimierungsprozess überprüft wird, ob die Gießbarkeit gewährleistet ist. Für den Umlenkhebel wird eine Entformungsrichtung in positiver und negativer x-Richtung des globalen Koordinatensystems definiert, wobei sich eine beliebige Teilungsebene im Optimierungsprozess einstellen kann.



Autoren: Matthias Friedrich, Boris Lauber
 Kontakt: FE-DESIGN GmbH, www.fe-design.de



Bauraummodell mit Frozen Gebieten (rot) und Entformungsnebenbedingung

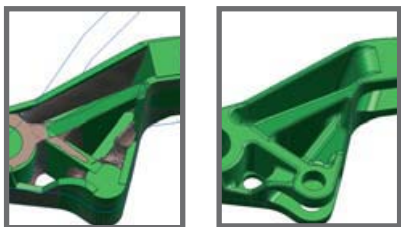
Topologieoptimierung

Während der Topologieoptimierung übernimmt *TOSCA Structure* die Steuerung des FEM-Solvers.

In jedem Design-Zyklus werden die Elastizitätsmodule modifiziert und eine Validierung über den *NX Nastran*-Solver vorgenommen. So ergibt sich nach 15 Design-Zyklen eine Struktur, die den formulierten Zielkriterien entspricht. Basierend auf der optimierten Struktur wird direkt eine ergebnisbasierte Glättung mit *TOSCA Structure.smooth* angeschlossen, um einen Designvorschlag zu erzeugen, mit dem in eine Neukonstruktion eingestiegen werden kann.

Rückführung der Optimierungsergebnisse

Ein bedeutender Punkt bei der Topologieoptimierung ist die Rückführung der Optimierungsergebnisse in einen neuen Geometrieentwurf. Hier wird das Ergebnis aus der Topologieoptimierung als Grundlage für eine Neukonstruktion verwendet. Die geglätteten Ergebnisse aus der Optimierung werden zuerst datenreduziert, um akzeptable Importzeiten in die *NX*-Umgebung zu gewährleisten.



Schrittweise Neukonstruktion des Umlenkhebels

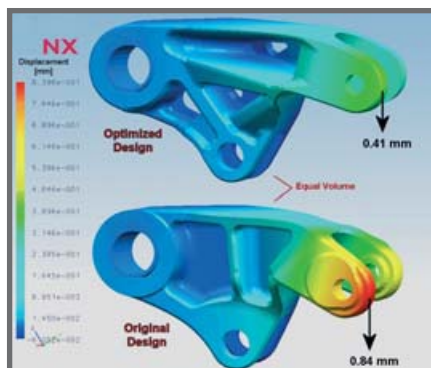
Für das Einlesen wird das STL-Format verwendet, das den Import der triangulierten Oberflächen ermöglicht.

Basierend auf diesem Entwurf wird dann eine schrittweise Neukonstruktion durchgeführt.

Im ersten Schritt der Rückführung in *NX* werden – aufbauend auf dem Designvorschlag der Topologieoptimierung – die grundlegenden Bauteilstrukturen und das Rippenlayout übernommen. Diese Struktur wird mit geometrischen Primitiven abgebildet, die dann im nächsten Konstruktionsschritt verbunden werden. Hierbei werden die Flächen zusammengefasst und die Bauteiloberflächen angepasst. Im letzten Schritt werden dann die Feinheiten ausgearbeitet: Abrundungen und Entformungsschrägen werden im Detail modelliert und alle Durchbrüche und Bohrungen werden aus dem Originalbauteil übernommen.

Optimierungsergebnisse

Aus dem optimierten und nachkonstruierten Designvorschlag wird nun ein neues FE-Modell aufgebaut, mit dem eine Validierungsrechnung durchgeführt werden kann und die Ergebnisse mit dem Ausgangsbauteil verglichen werden können. Der neue Designentwurf weist eine deutlich höhere Steifigkeit auf, was sich in einer geringeren Durchbiegung des Bauteils auswirkt. Gleichzeitig konnten die Beanspruchungsspitzen durch die Neukonstruktion reduziert werden.



Vergleich der Optimierungsergebnisse

Die Anwendung der Topologieoptimierung ermöglicht die effiziente Auslegung neuer Bauteile. Durch die automatische Berücksichtigung aller relevanten Lastfälle kann mit einem bereits optimierten Designvorschlag in die Konstruktion eingestiegen werden. Dies ermöglicht eine enorme Beschleunigung des gesamten Entwicklungsprozesses. ■■

MAXIMIZE Your Solid Edge Investment



4 einfache Schritte zum maximalen Erfolg

1. Konvertierung
2. Anpassung
3. Management
4. Integration

Konvertieren Sie Ihre 2D Altdaten nach 3D Solid Edge

Passen Sie Solid Edge Ihren Bedürfnissen an und entledigen Sie sich von ständig wiederkehrenden Aufgaben

Verwalten Sie Ihre Konstruktionsdaten

Verknüpfen Sie Ihre Konstruktionsdaten mit Ihrem ERP System und stellen Sie Ihre Konstruktionsdaten in der Firma zur Verfügung

Greifen Sie schon während der Konstruktion auf Unterstützung durch unsere 3D Solid Edge spezialisierten Konstrukteure zurück.



Maria Probst Strasse 47, 80939 Munich, Germany
 Tel: +49 89 370 68 119, Fax: +49 89 370 68 120,
 Mobile: +49 172 9138 171
 info@junix-tc.com, www.junix-tc.com

Partners: Expert NetCAD, India

SOLID EDGE

Maximize from the "EXPERTS"