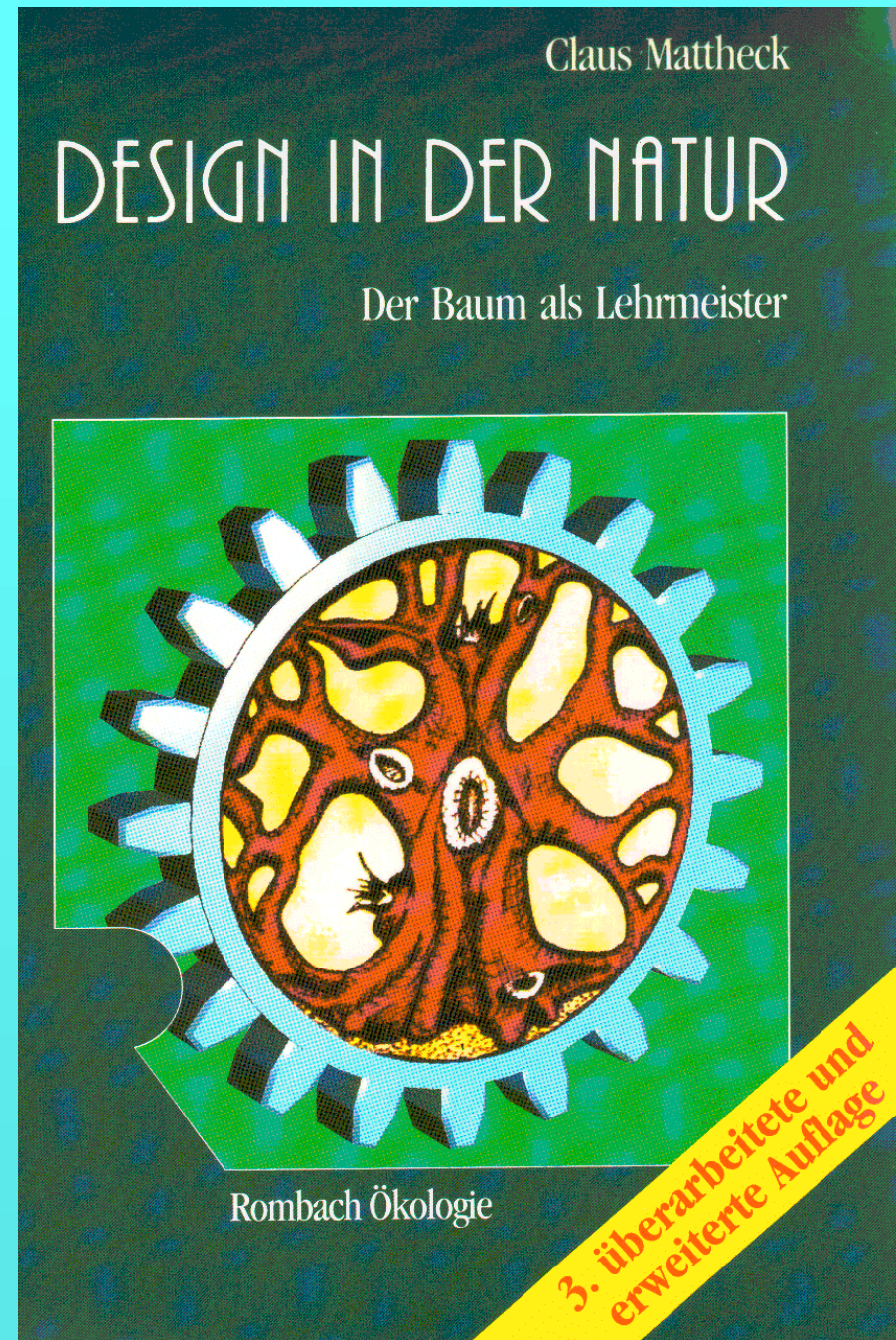


Optimierung von
Strukturen unter
Benutzung einfacher
CAO- und SKO-
Strategien in
MSCN4W

Dipl.-Ing. Marc Quint VDI

Reutlingen

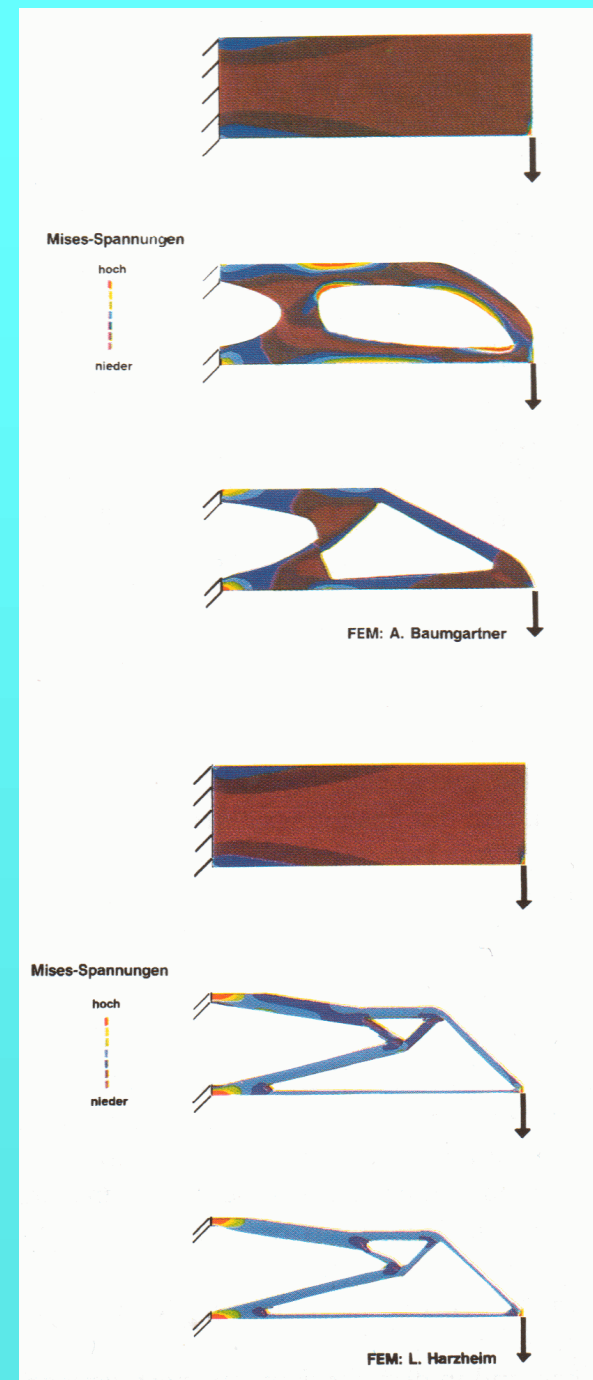
marc.quint@xperteez.de



Optimierung von Strukturen unter Benutzung einfacher CAO- und SKO- Strategien in MSCN4W

Es gibt (i.d.R.) **kein eindeutiges Optimum.**

Man sollte zufrieden sein, wenn man eine
wesentliche Verbesserung gemäß der gewählten
Kriterien erzielt !

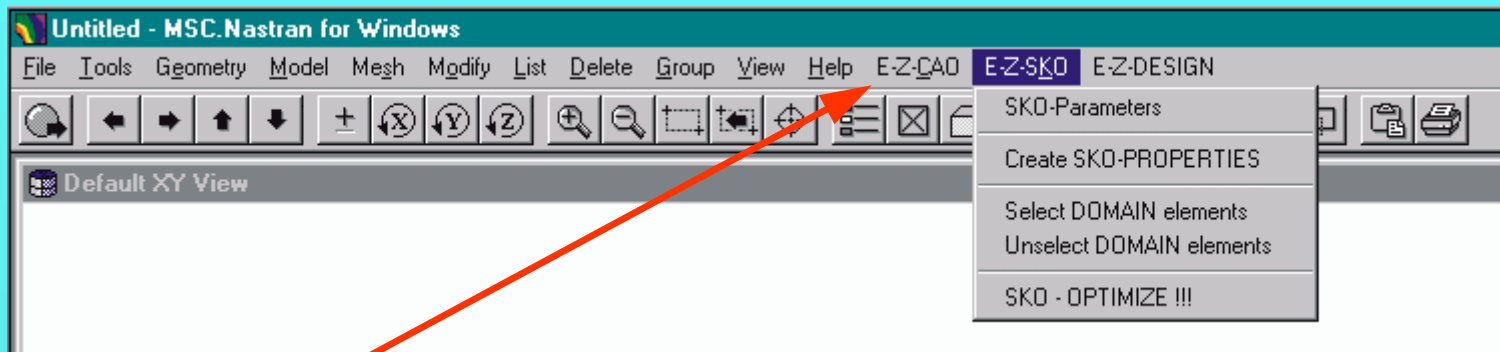


MSCN4W-Oberfläche

(menu.esp)

Einfügen der Menüeinträge in die MSCN4W-Oberfläche

- Kopieren der modifizierten Datei *menu.esp* in das *Modeler* Verzeichnis von MSCN4W



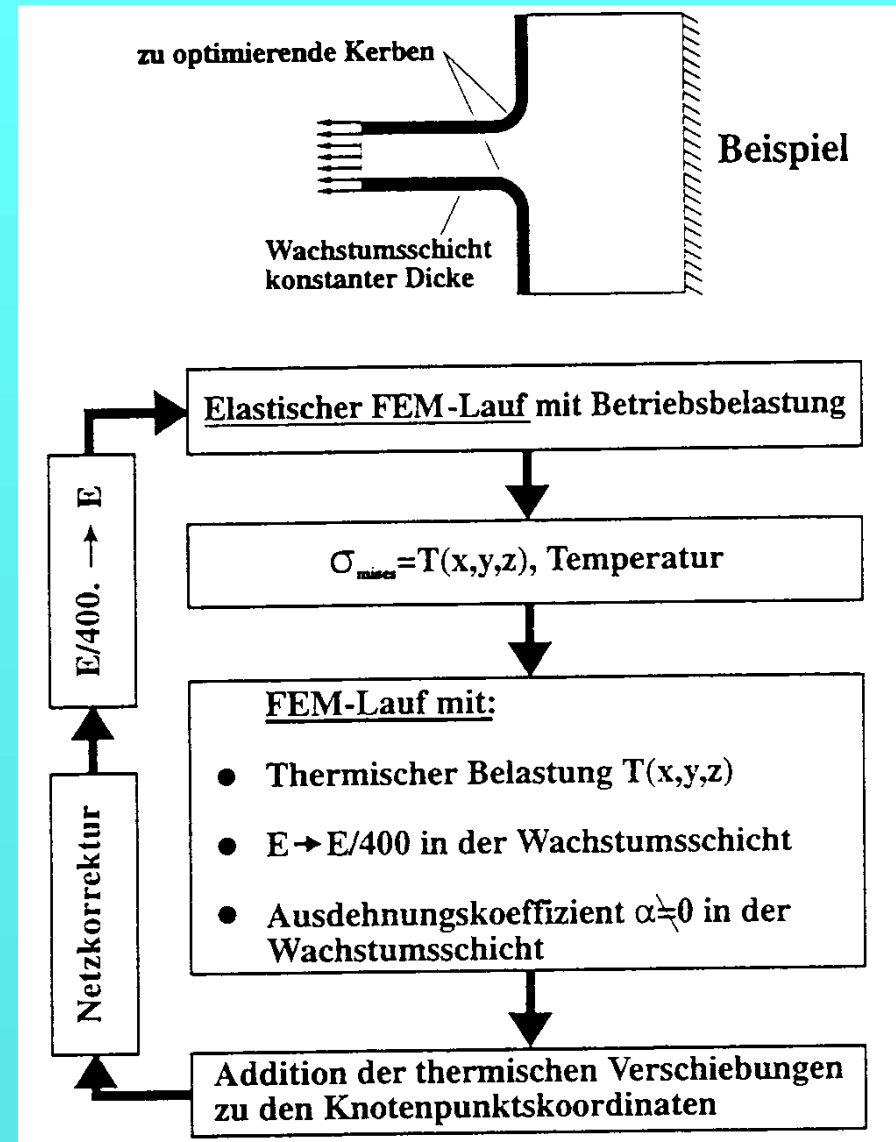
Es können beliebige Einträge für Programmaufrufe (z.B. *.exe) und BASIC Programme (*.bas) sowie Programm Skripte (*.prg) erzeugt bzw. zugefügt werden.

CAO - Computer Aided Optimization

Schematischer Ablauf zur Formoptimierung nach *Mattheck*.

Abgeleitet vom Wachstum der Bäume postuliert der Autor das „**Axiom der konstanten Spannung**“.

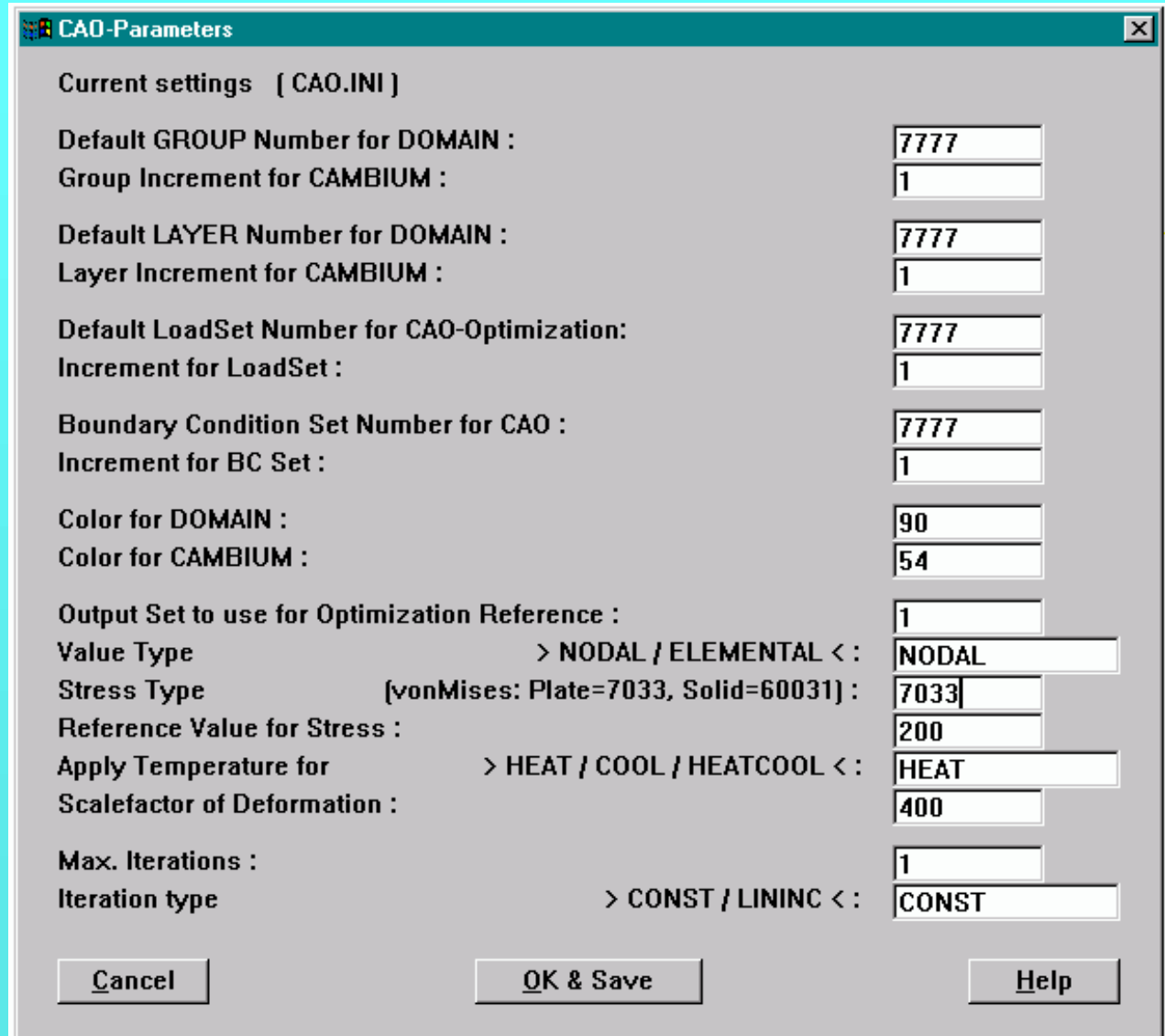
Programmtechnisch werden geringfügige Modifikationen vorgenommen ($dT^* = 400 \times \text{Sigma}$, $E^* \neq E$ und Festhaltungen $T_x = T_y = T_z \neq 0$ der Reststruktur), die jedoch dem Grundsatz des „Wachstums im Cambium“ entsprechen.



BASIC Scripting Language / CAO-Parameter

Erstellung von Dialogboxen für die erforderlichen Benutzerangaben zur Iterationssteuerung.

Es können nahezu alle üblichen windowstypischen Eingaben wie Eingabefelder, Drop-Down-Lists etc. erzeugt, vorbelegt und verwendet werden.



The screenshot shows a dialog box titled "CAO-Parameters" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains several settings, each with a label and a corresponding input field. The settings are as follows:

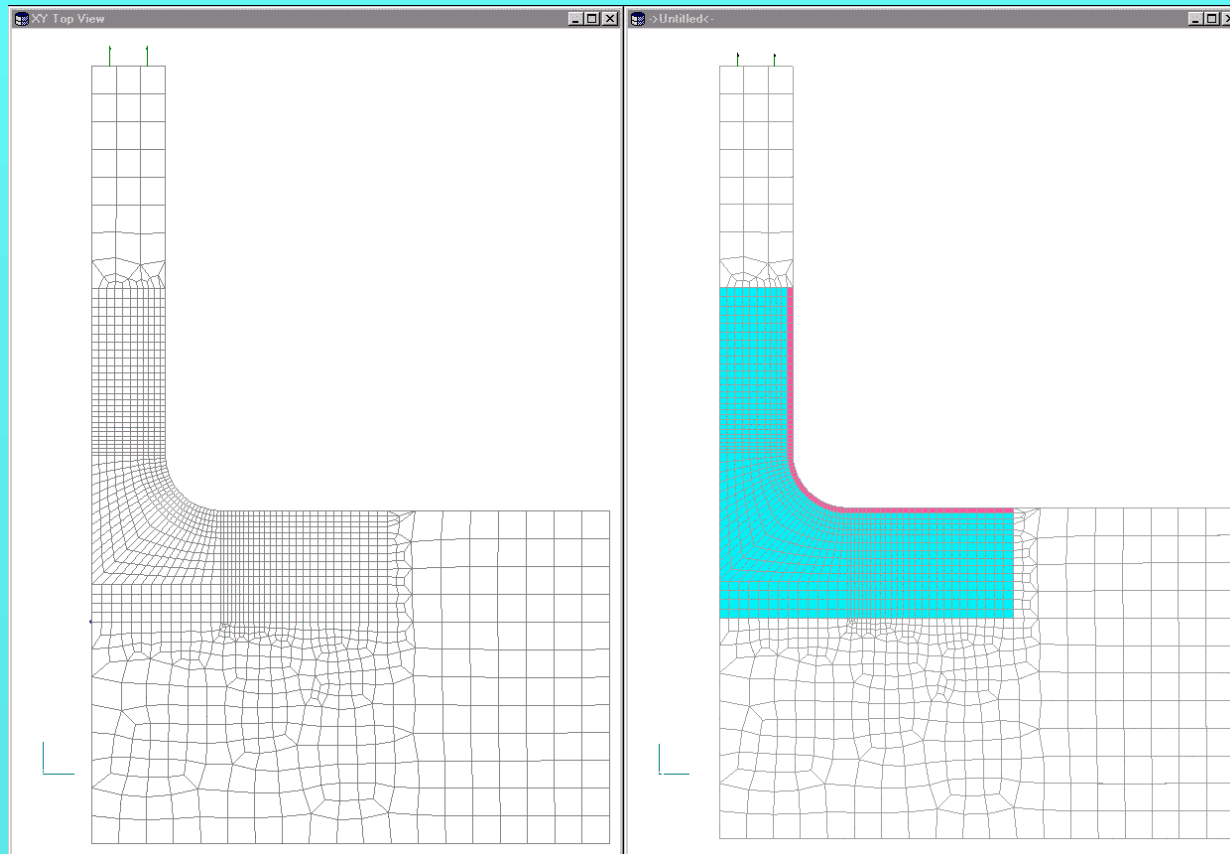
Setting	Value
Current settings [CAO.INI]	
Default GROUP Number for DOMAIN :	7777
Group Increment for CAMBIUM :	1
Default LAYER Number for DOMAIN :	7777
Layer Increment for CAMBIUM :	1
Default LoadSet Number for CAO-Optimization:	7777
Increment for LoadSet :	1
Boundary Condition Set Number for CAO :	7777
Increment for BC Set :	1
Color for DOMAIN :	90
Color for CAMBIUM :	54
Output Set to use for Optimization Reference :	1
Value Type > NODAL / ELEMENTAL < :	NODAL
Stress Type [vonMises: Plate=7033, Solid=60031] :	7033
Reference Value for Stress :	200
Apply Temperature for > HEAT / COOL / HEATCOOL < :	HEAT
Scalefactor of Deformation :	400
Max. Iterations :	1
Iteration type > CONST / LININC < :	CONST

At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Cancel", "OK & Save", and "Help".

CAO - Computer Aided Optimization

Erzeugung bzw. Benutzung ganz allgemeiner Strukturen im 2D und 3D.

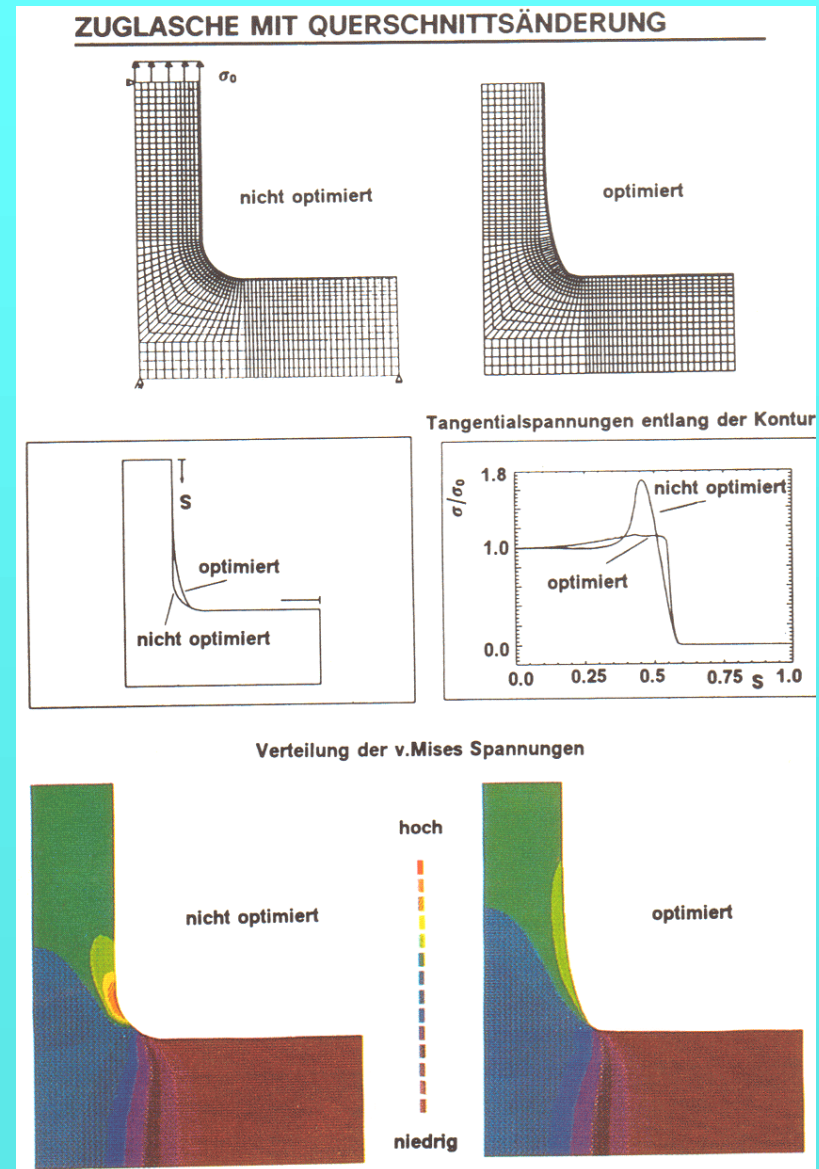
Zu Beginn der Bearbeitung steht die Auswahl der Optimierungsregion („DOMAIN“ - blau) und der „Wachstumsschicht“ („CAMBIUM“ - rot)



CAO - Computer Aided Optimization

Beispiel einer Zuglasche nach *Mattheck*.

Durch die Formgestaltung der Kontur entlang der Kerbe (halbkreisförmige Ausrundung) konnte die Spannungsspitze deutlich vermindert werden

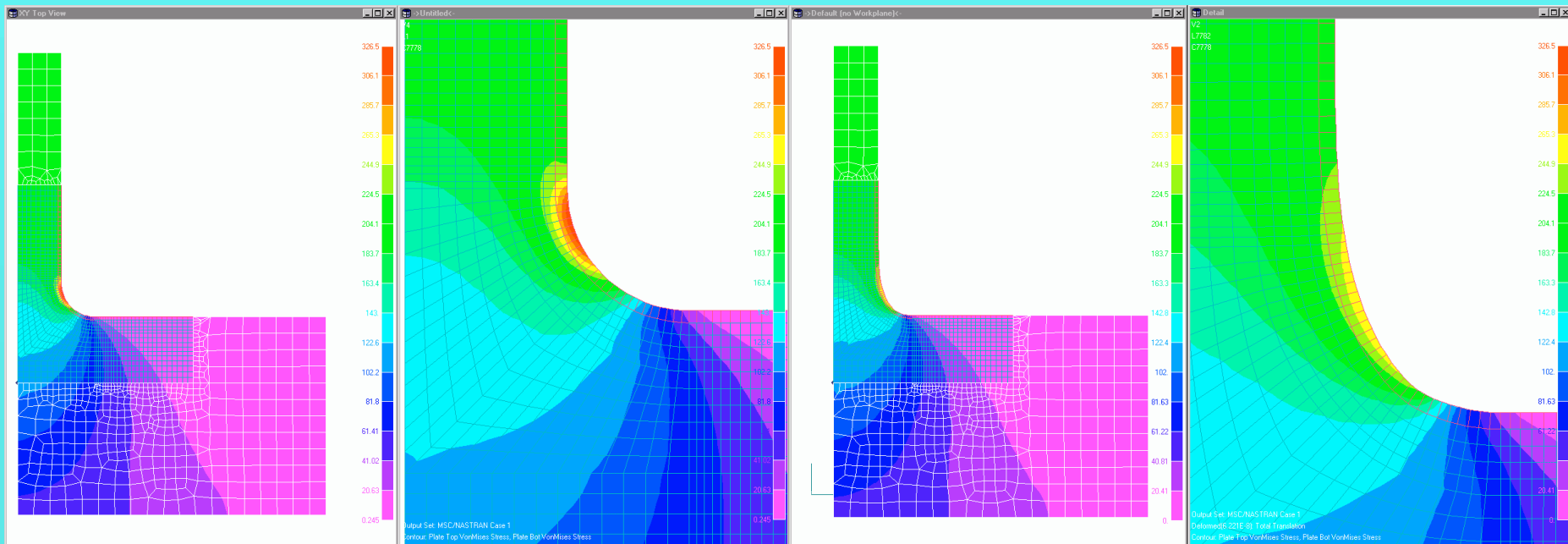


CAO - Computer Aided Optimization

Beispiel der Zuglasche nach *Mattheck* nachgerechnet mit MSCN4W .

Wie im vorgegebenen Beispiel wurde auch durch die Berechnung mit MSCN4W die Spannung deutlich reduziert.

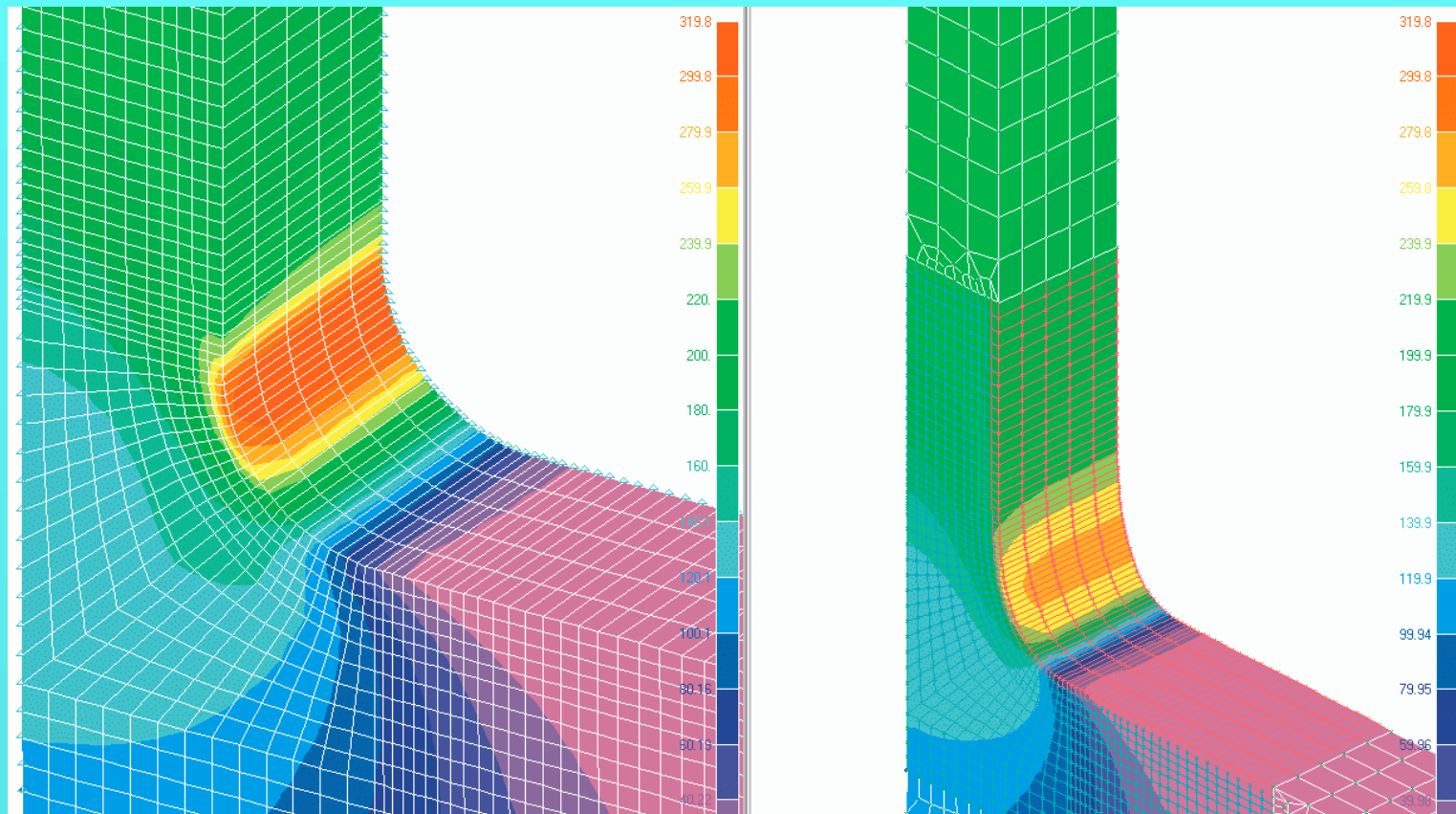
Im Bild links ist die Spannungsspitze mit $326,5 \text{ N/mm}^2$ deutlich zu erkennen. Diese wurde im rechten Bild in nur 3 Iterationsschritten auf $261,3 \text{ N/mm}^2$ reduziert (20% Reduktion). Die Formänderung ist deutlich auszumachen.



CAO - Computer Aided Optimization

Beispiel der Zuglasche in 3D nach *Matheck* nachgerechnet mit MSCN4W .

Die Methode funktioniert genauso im 3D. Im dargestellten Fall wurde durch die Wahl der Randbedingungen die Kontur nur in x- und y-Richtung verändert und die Dicke beibehalten. (==> Herstellung). Die Spannungsreduktion in nur 2 Iterationsschritten erfolgte hier von 319.8 N/mm^2 auf 266.0 N/mm^2 und korreliert gut mit der 2D-Lösung.



SKO - Soft Kill Option

(Topologie-Optimierung)

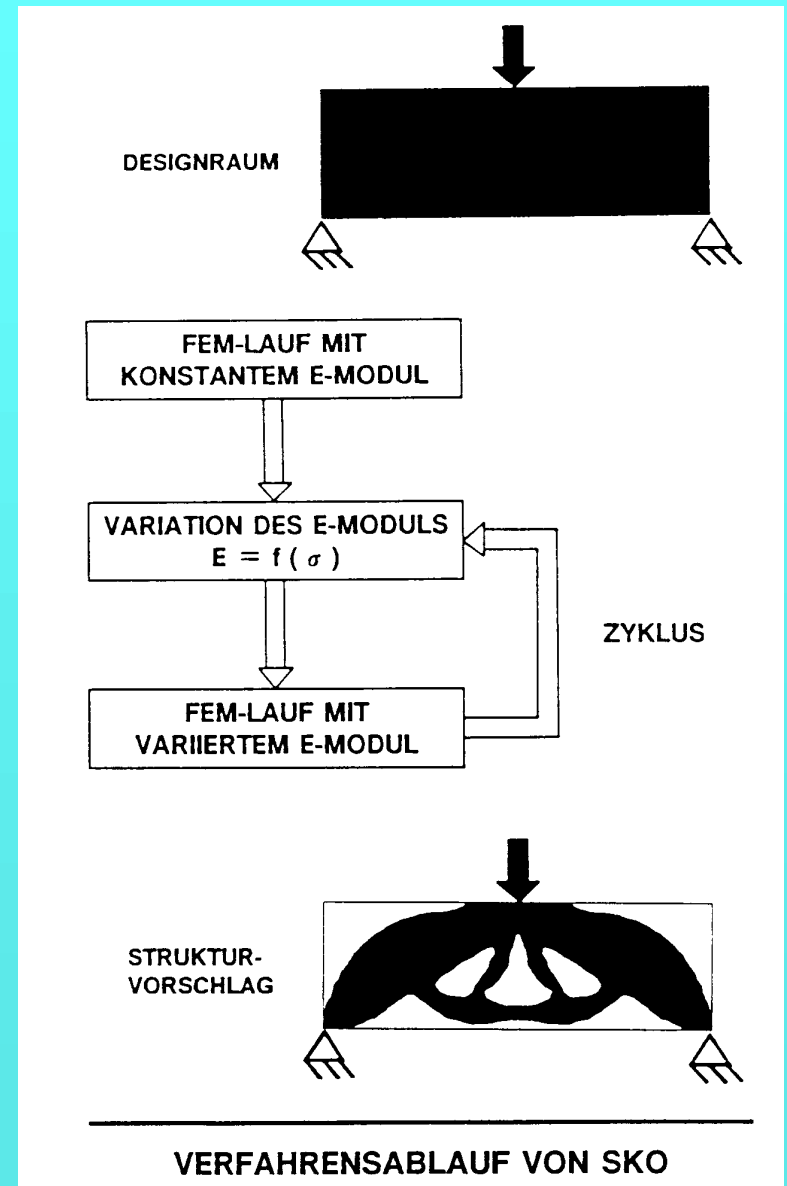
Schematischer Ablauf zur Topologie-Optimierung nach *Mattheck*.

Grundgedanke ist, die Strukturteile (Elemente) durch ihren Beitrag zum Lastabtrag zu charakterisieren.

Die „Fleissigen“ werden im Verlauf der Iteration immer „stärker“ und die „Faulen“ immer „weicher“.

Dies wird durch Veränderung des E-Moduls realisiert. ($E = f(\sigma)$)

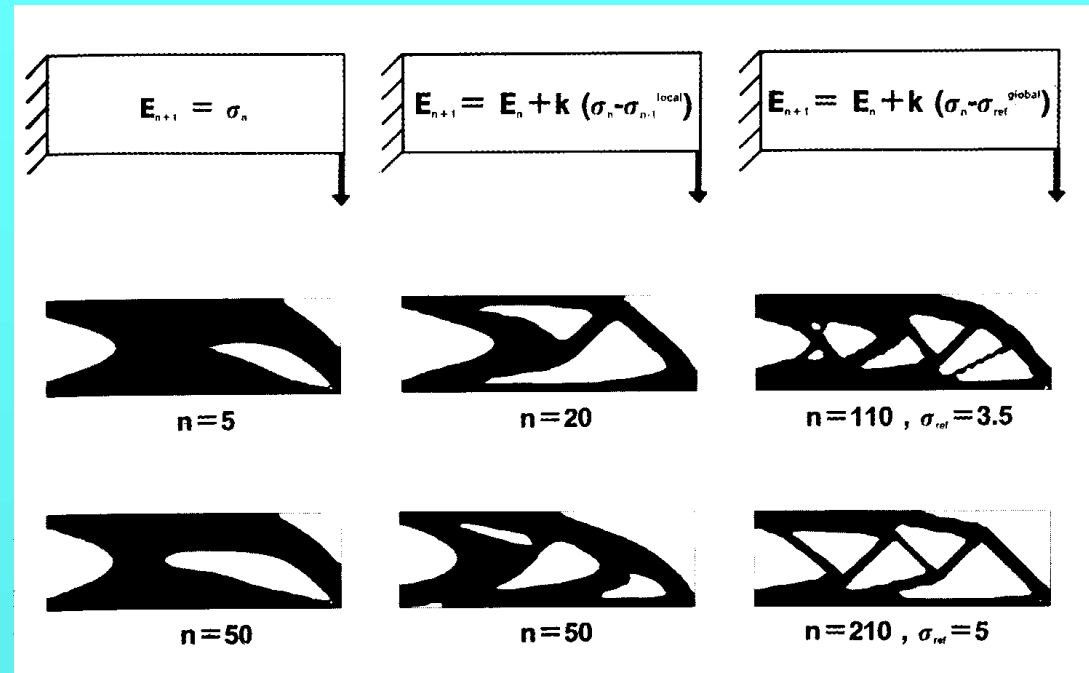
Auch hier wurde programmtechnisch das Vorgehen geändert, um den ursprünglichen E-Modul zu erhalten, wurden die „Faulen“ nur noch „bestraft“.



SKO - Soft Kill Option

(Topologie-Optimierung)

Wahl des Kriteriums



Die Wahl des Kriteriums für die Veränderung der Steifigkeit eines Elementes ist entscheidend für das Ergebnis. Es sind grundsätzlich globale oder lokale Kriterien möglich.

Als überaus effektiv hat sich die Wahl eines globalen Kriteriums ($\text{Sigma} - \text{Sigma}_{ref,global}$) herausgestellt.

Dieses berücksichtigt die sich in der DOMAIN ausbildenden Lastpfade recht gut und konvergiert gegen sehr filigrane und massenoptimierte Strukturen, welche jedoch für die Herstellung noch weiterer Bearbeitung bedürfen.

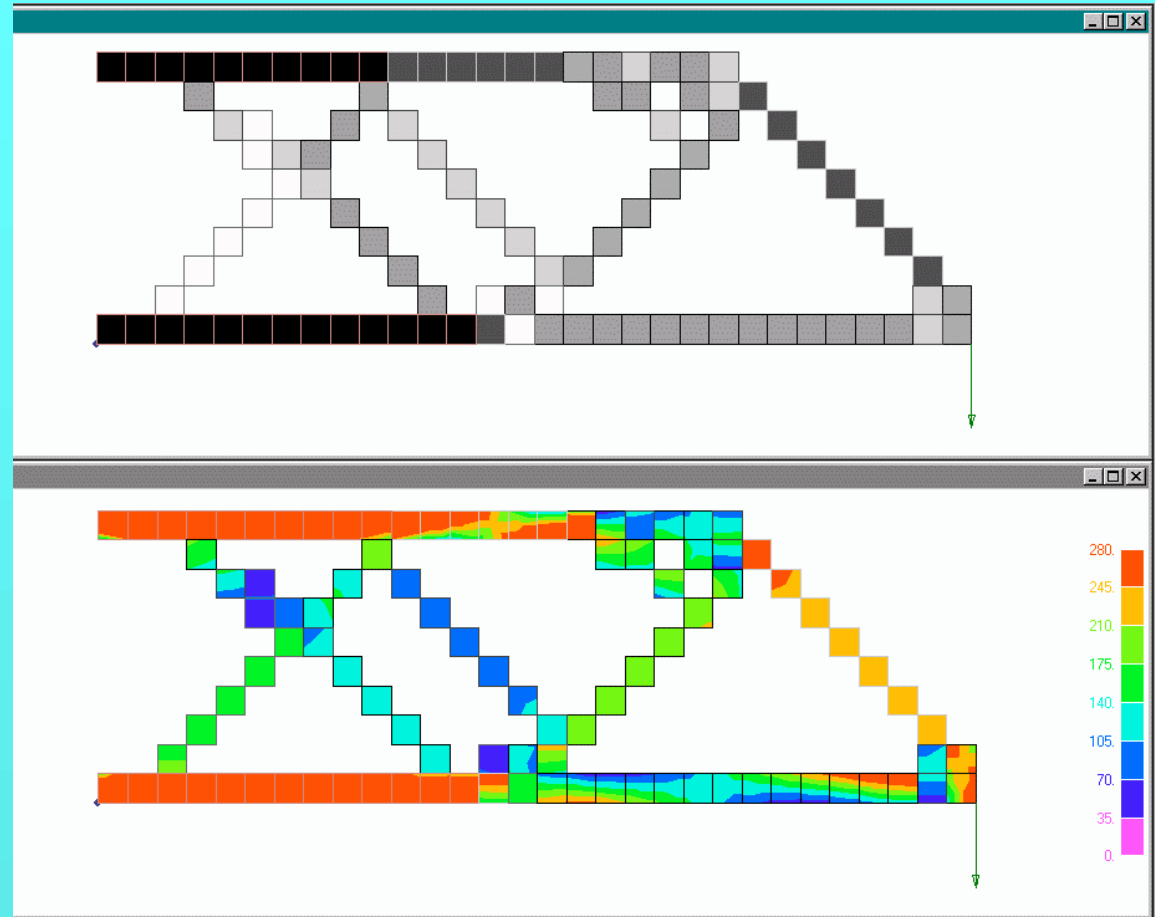
SKO - Soft Kill Option

(Topologie-Optimierung)

Erste Versuche in MSCN4W

Durch die Wahl der Farben zwischen Schwarz und Weiß können die Ausnutzungsgrade sehr anschaulich dargestellt werden (s.o.) .

Das Spannungsbild (s.u.) zeigt keine „Faulen“ Elemente (rosa) mehr und nur noch wenige „Mitläufer“ die bei genauer Betrachtung aber auch zum Lastabtrag erforderlich sind.

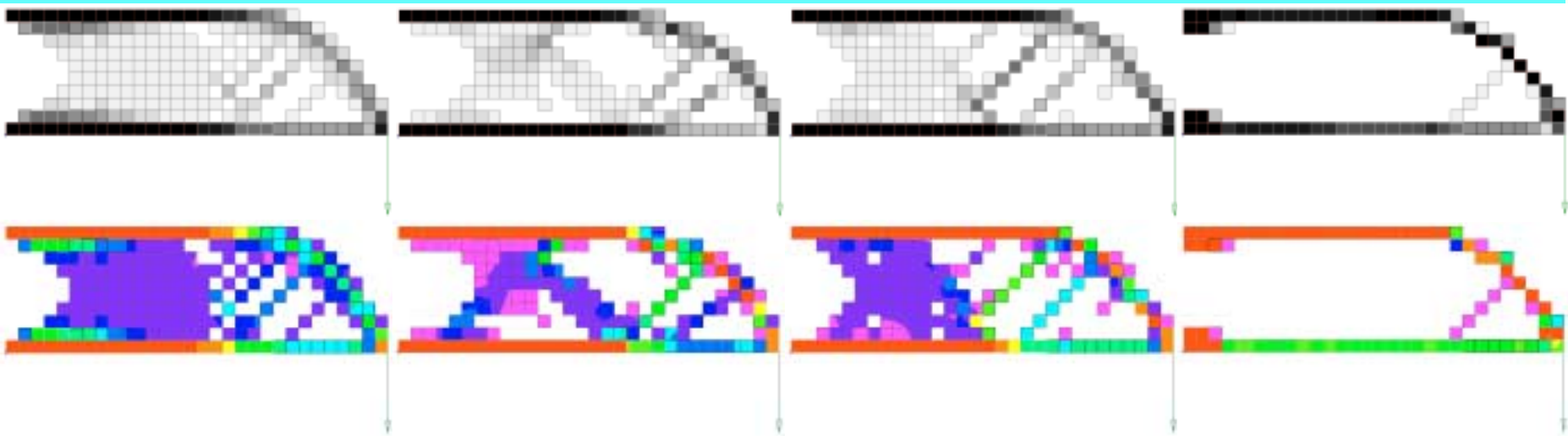


Die ersten Versuche am gezeigten Kragarm mit Einzellast führten bereits zu recht guten Ergebnissen. Hierbei wurden jedoch noch recht grobe Kriterien gewählt. Während des Iterationsfortschritts wurden nur die Spannungsveränderungen infolge Wegfalls von gering beanspruchten Elementen berücksichtigt.

SKO - Soft Kill Option

(Topologie-Optimierung)

Verbesserte Kriterien in MSCN4W



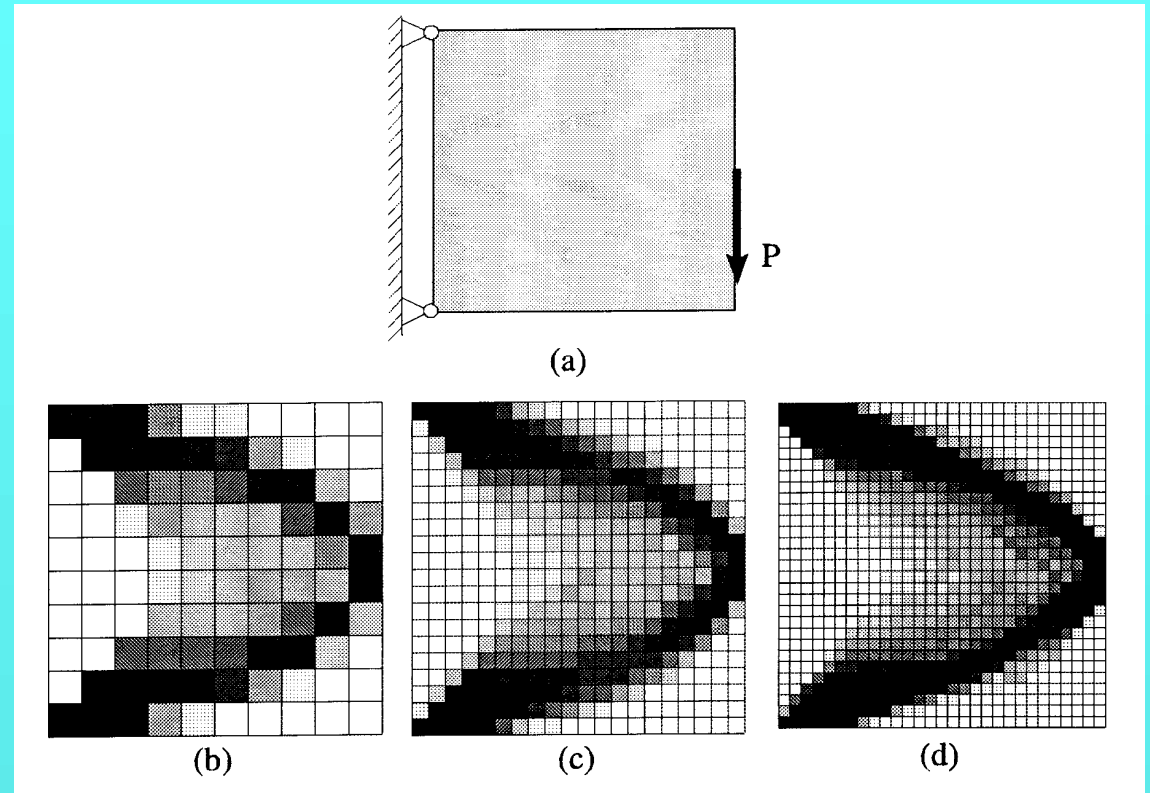
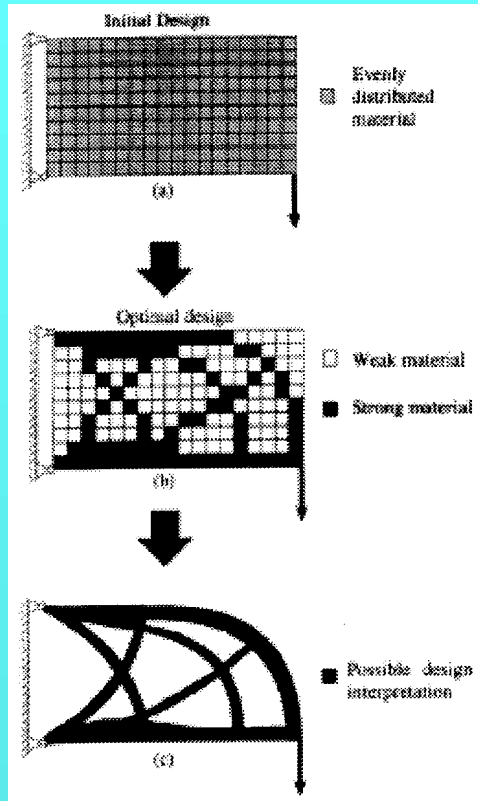
Verschiedene Kriterien (CONST, LINDEC, QUADDEC, SQRQUADDEC) am Beispiel des Kragarms mit unten angreifender Einzellast nach jeweils 5 Iterationen.

Es wurden diverse Kriterien bzw. Vorschriften für die Veränderung des E-Moduls zugefügt. Dies sind einige wenige Programmzeilen, die bestimmen wie schnell bzw. stark die Veränderung des E-Moduls über den Iterationsverlauf erfolgt.

Es ist zu erkennen, daß jedes Kriterium auch zu einer anderen Lösung führt.

Topologie-Optimierung

Allgemeine Hinweise



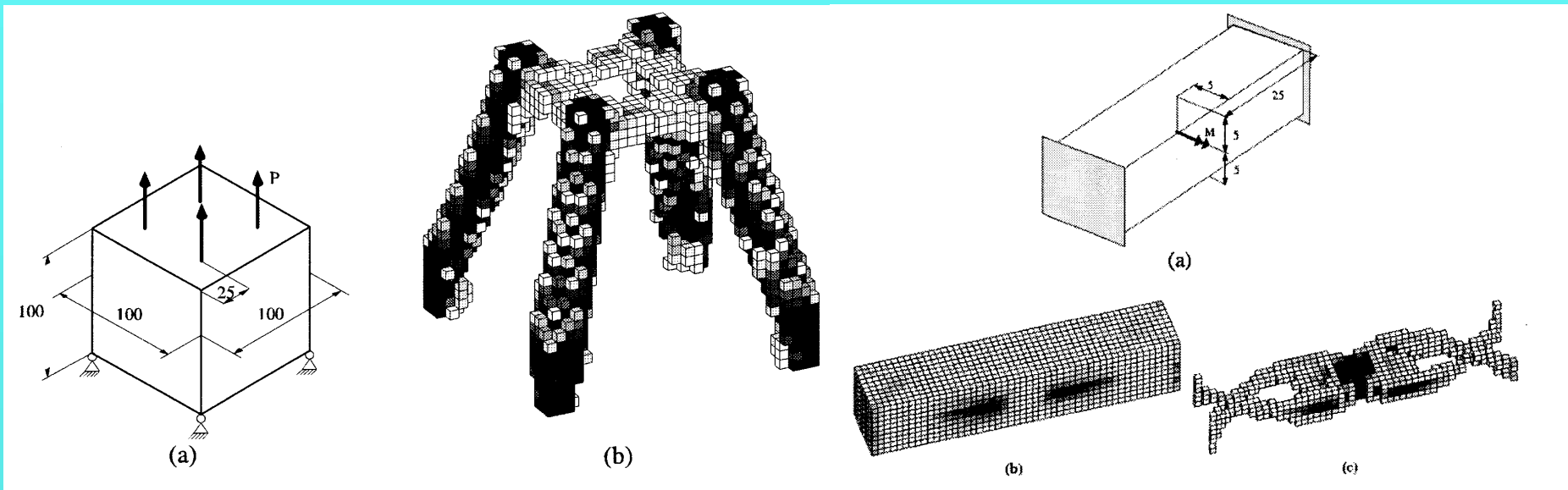
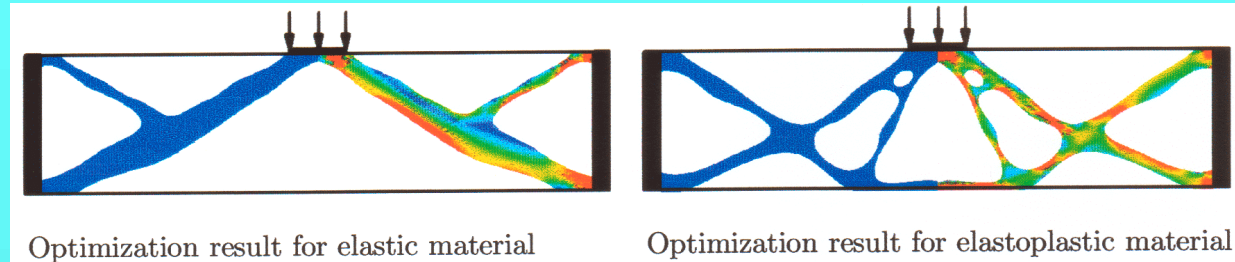
Am o.a. Beispiel soll gezeigt werden, daß die mit der Topologie-Optimierung gefunden Lösungen noch der Interpretation bedürfen.

Auch die Vorgaben z.B. der Elementgröße haben deutliche Auswirkungen auf die Ergebnisse. Man sollte sich entweder an die gewünschte Lösung „herantasten“ oder sich im Vorfeld Gedanken über eine erforderliche Feinheit machen.

Topologie-Optimierung

Allgemeine Hinweise

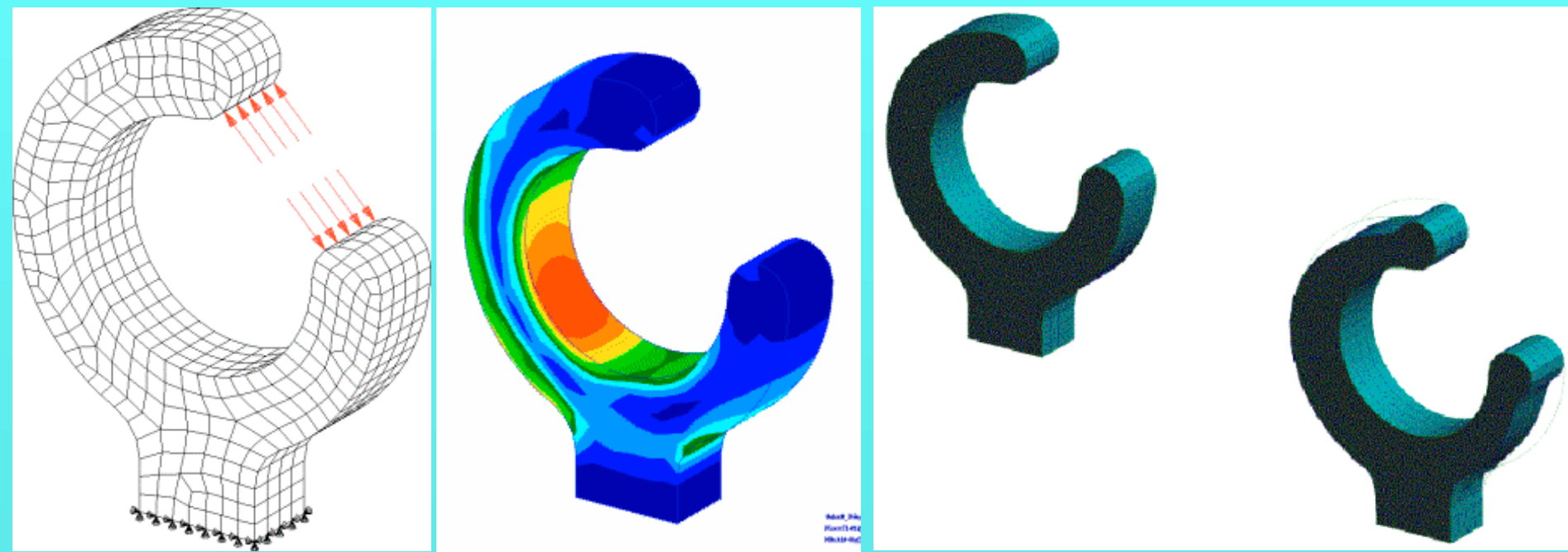
Unterschiedliche Ergebnisse für elastische bzw. elastoplastische Materialien.



Das prinzipielle Vorgehen ist ohne weiteres auch im 3D anzuwenden. Erste Ergebnisse liegen auch bereits mit MSCN4W vor. Die o.a. Beispiele entstammen jedoch der Literatur.

Form-Optimierung

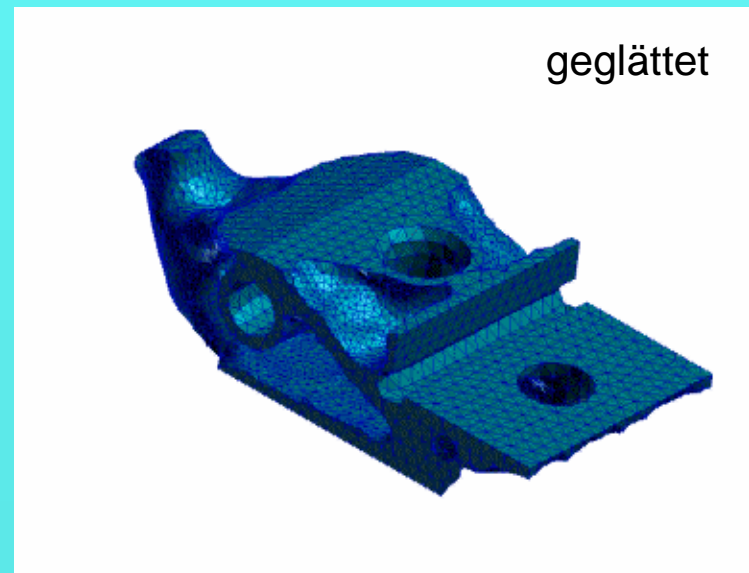
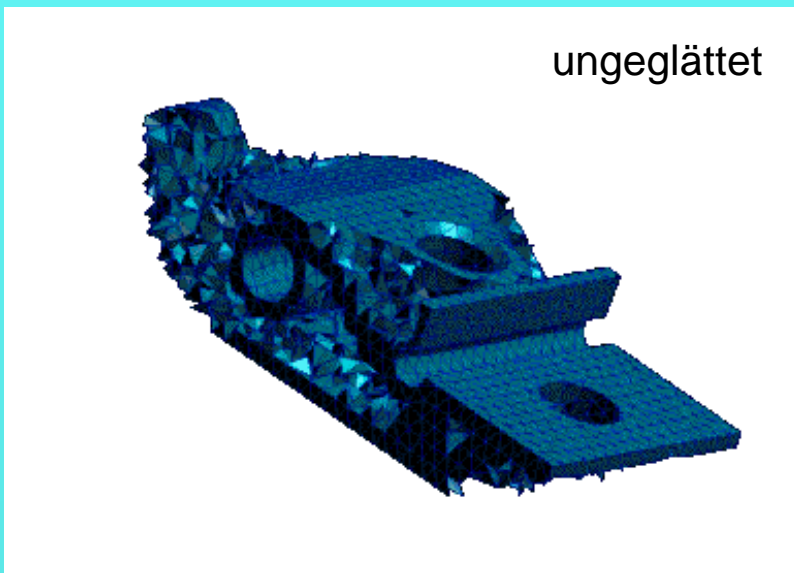
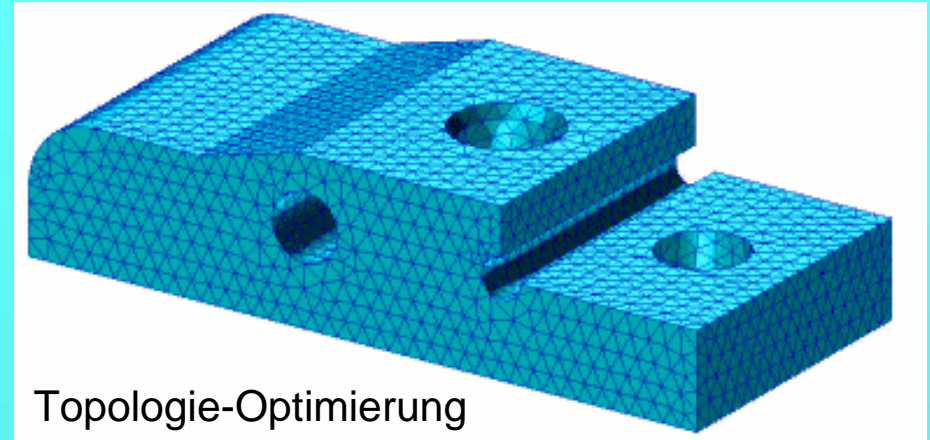
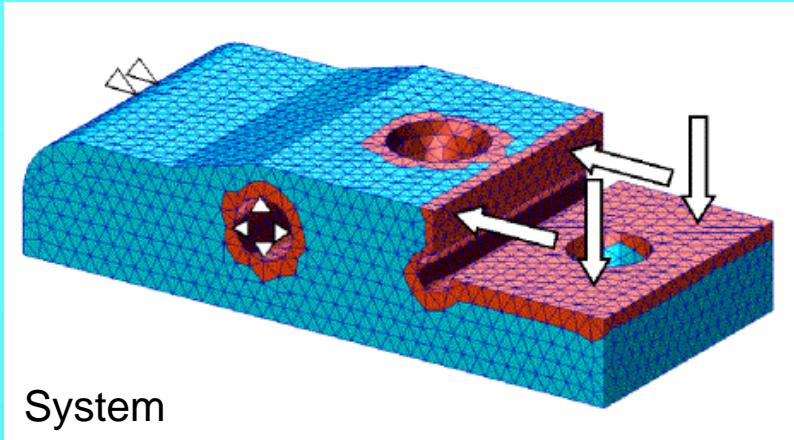
MSC.Construct



Ein Beispiel zur Form-Optimierung mit MSC.Construct

Topologie-Optimierung

MSC.Construct



Ein Beispiel zur Topologie-Optimierung mit MSC.Construct

Topologie-Optimierung

Beispiel einer Topologie-Optimierung von der Webseite der ETH Zürich

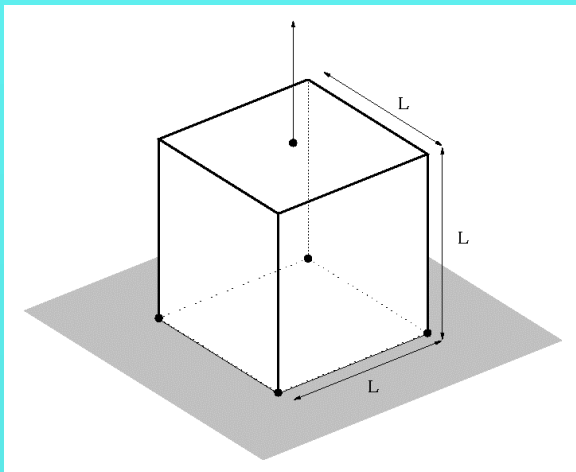
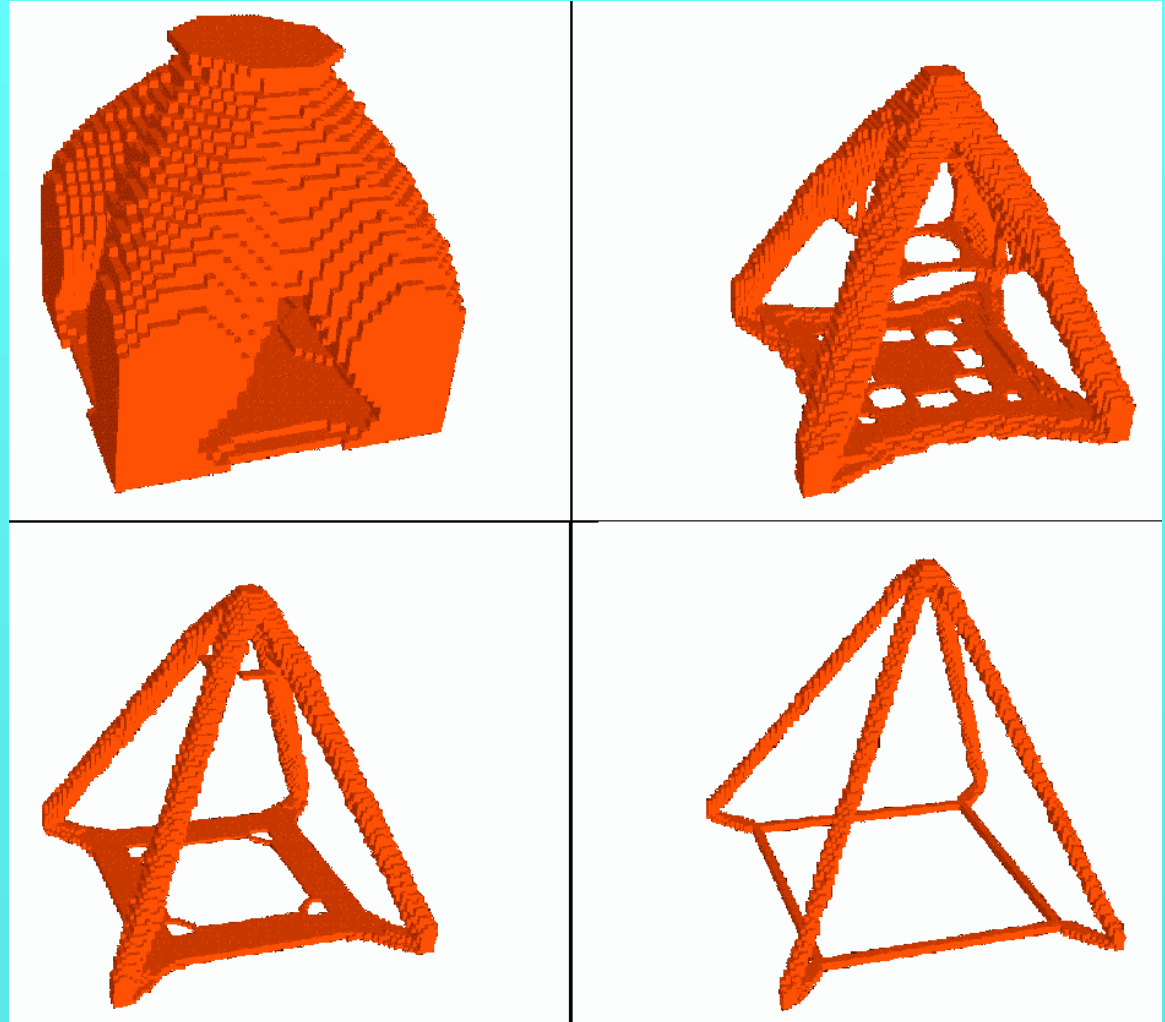


Topologie-Optimierung

Beispiel einer 3D-
Topologie-Optimierung
der Universität von
Toulouse

8, 28, 37, 50 Iterationen
50, 7, 3, 1 %Volumen

(Topological Sensitivity)



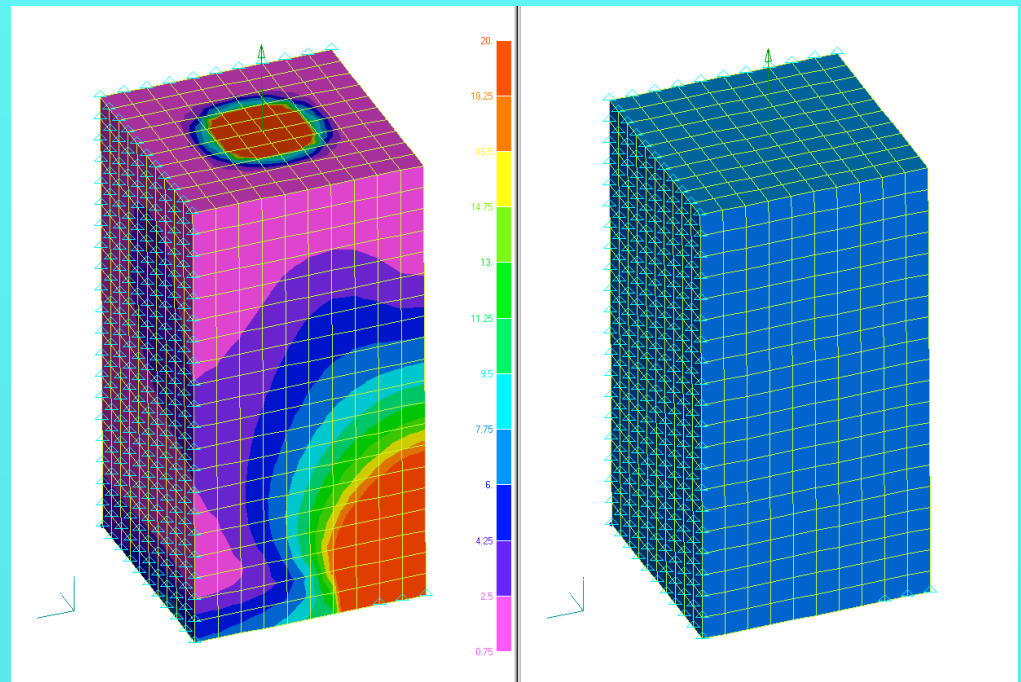
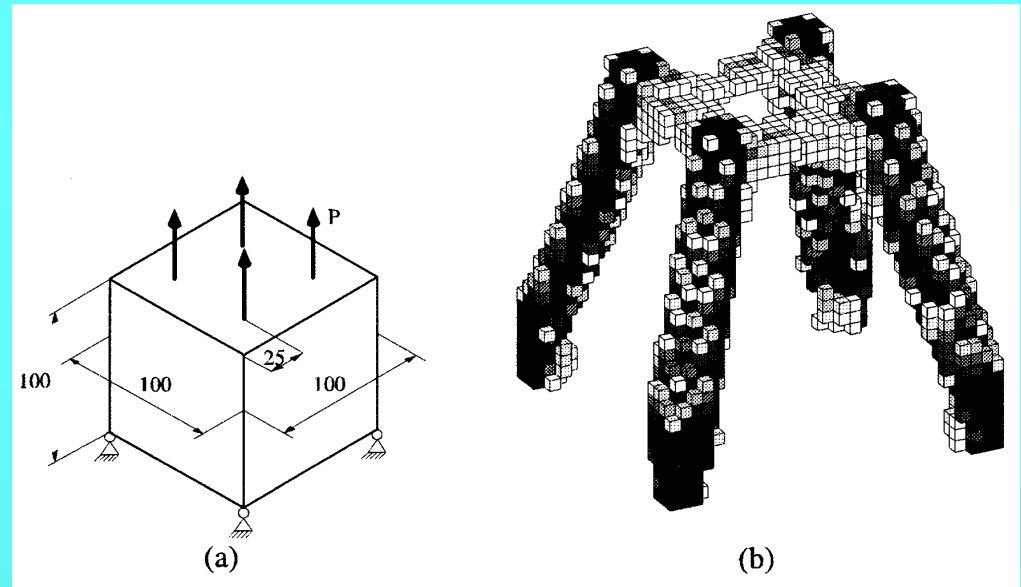
Optimierung von Strukturen unter Benutzung einfacher CAO- und SKO- Strategien in MSCN4W

System:
1/4 Modell

Dipl.-Ing. Marc Quint VDI

Reutlingen

marc.quint@xperteez.de



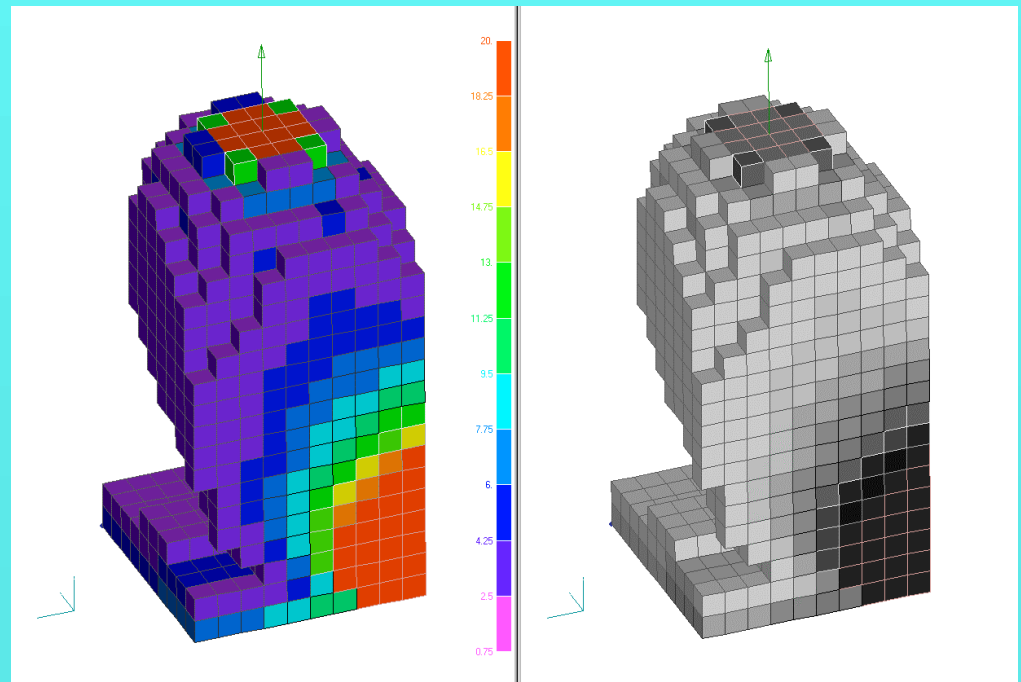
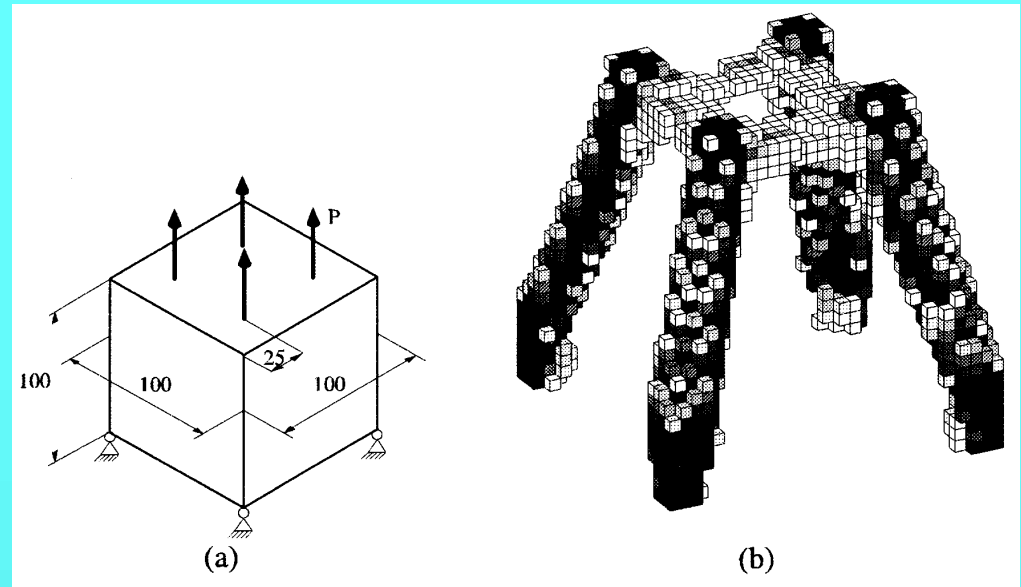
Optimierung von Strukturen unter Benutzung einfacher CAO- und SKO- Strategien in MSCN4W

System:
1. Iterationsschritt

Dipl.-Ing. Marc Quint VDI

Reutlingen

marc.quint@xperteez.de



Optimierung von Strukturen unter Benutzung einfacher CAO- und SKO- Strategien in MSCN4W

System:
12. Iterationsschritt

Dipl.-Ing. Marc Quint VDI

Reutlingen

marc.quint@xperteez.de

