

Parametrisches Design, dadurch entstehende Bauweisen und Topologie in Produktdesign und Architektur

Daniel Renschler

6. Oktober 2023

These

Design¹ hatte noch keine Digitale Revolution.

- In den nächsten 15 Jahren wird sich das ändern.
- Aber nicht mit K.I. wie in (Oppenlaender 2022), sondern mit Algorithmen²

¹Design als Architektur und Produktdesign, nicht z.B. Grafikdesign.

²Eindeutige Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems oder einer Klasse von Problemen

Status Quo

- Designer Arbeiten mit Programmen
- Computer sind aber kein partizipierender Akteur im Prozess

1 Einleitung

2 Begriffe

3 Topologie

4 FDM-Druck

● Beton

5 Beispiele

6 Tutorial

7 Andere Programme

8 Ende

Mies Van der Rohe über Technologie

Wherever technology reaches its real fulfillment, it transcends into architecture.

Was ist Parametrisches Design?

- Design erstellt oder erzeugt nach Parametern und Regeln
- Meist Algorithmisch
- Auch durch Mathematische Optimierungen

Was ist Topologie?

- Abstraktes Teilgebiet der Mathematik
 - Mengenlehre
 - Anordnung geometrischer Gebilde im Raum
 - Geometrie
- Zu unseren Zwecken nur in $x \in \mathbb{N}$ Dimensionen

Was ist Topologie? 2

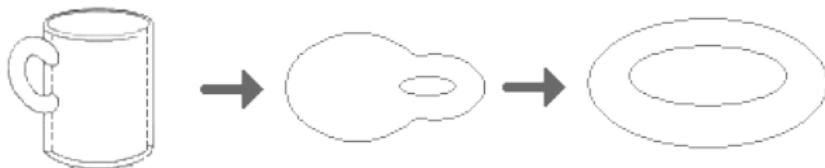


Abbildung: Homeo Tasse

Topologische Optimierungen

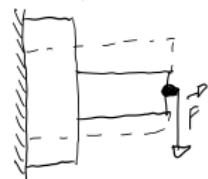
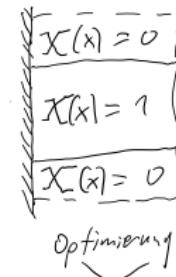
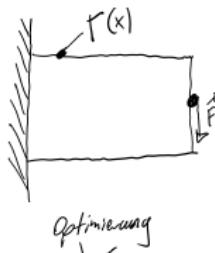
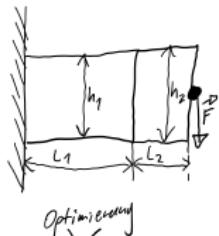


Abbildung:
Größen
Optimierung

Abbildung:
Form
Optimierung

Abbildung:
Topologische
Optimierung

Abbildung: Unterschied zwischen verschiedenen Optimierungen

Topologie Rechnen

$$c = \frac{1}{2} U^T K \cdot \vec{U} \quad (1)$$

- ① c = Kostenmaß
- ② \vec{U} = Verschiebung und Deformation in einem System
- ③ U^T = der Vektor aber Transponiert³
- ④ K = Steifigkeitsmatrix

³transponiert \approx gespiegelt

Topologie Rechnen 2

$$c = \frac{1}{2}fu = \frac{1}{2}ku^2 \quad (2)$$

- ① c = elastische Energie
- ② f = auf das System ausgeübte Kraft
- ③ k = Federkonstante
- ④ u = Deformation im System

Topologie Rechnen 3

$$k\vec{u} = f \quad (3)$$

- ① k = Steifigkeitsmatrix
- ② f = auf das System ausgeübte Kraft
- ③ \vec{u} = Verformung im System

Topologie Rechnen 4

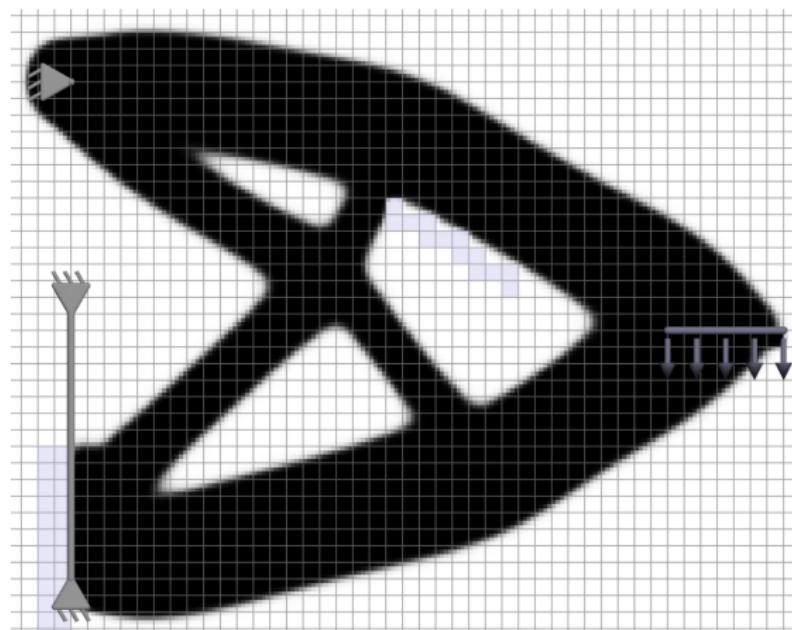
Die Gleichungen sind von einigen Bedingungen Abhangig:

- $ku = F$: Diese Formulierung repräsentiert die statische Gleichgewichtsgleichung, die besagt, dass die resultierende Verformung u im System gleich der externen angewandten Kraft F ist.
- $\rho_i \in \{1 \text{ (vorhanden)}, 0 \text{ (leer)}\}, \forall i$: Dies gibt an, dass ρ_i entweder den Wert 1 (vorhanden) oder 0 (leer) haben kann. Dabei repräsentiert i die einzelnen Elemente des Systems.
- $g = \sum_i \rho_i - V_0 \leq 0$: Dies ist die letzte Nebenbedingung, die besagt, dass die Summe der ρ_i Werte minus V_0 kleiner oder gleich null sein muss, wobei V_0 eine bestimmte Schwelle fur das Erscheinen der Elemente im System darstellt.

Topologie Simulieren

Diese Sektion wird sich mit einer Simulations Software (Aage 2014) der Deanmarks Tekniske Universitet beschäftigen, diese ist zwei-Dimensional und gut um Zusammenhänge intuitiv zu zeigen.

Topologie Simulieren 2



Legende:

Symbole Links:

- Halterung

Pfeile Rechts:

- Kraftpfeile, stellen Belastung dar in diesem Fall eine Fläche die Runter drückt.

Fläche:

- Optimierte Struktur

Abbildung: Legende zur Simulation

Topologie Simulieren 3



Abbildung: Brücke

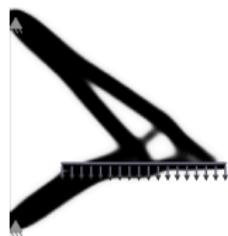


Abbildung:
Tragfläche

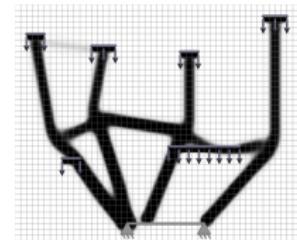


Abbildung: Baum

Topologie Simulieren 4

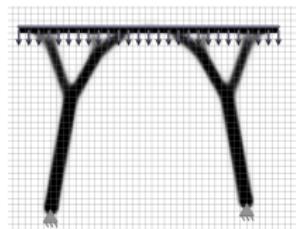


Abbildung: Tisch



Abbildung:
Palette

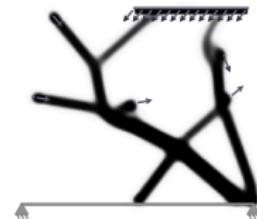


Abbildung:
Abstrakteres
Gebilde

Topologie Simulieren 5

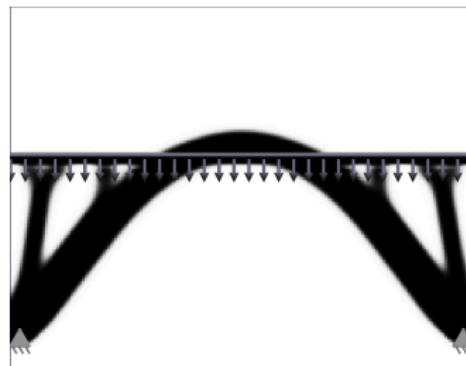


Abbildung: Simulierte Brücke



Abbildung: Hafen Brücke
Sydney(Rabich 2023)

Verfahren und Baustoffe



Abbildung: Gedruckte Betonstruktur leer
(Meibodi 2023)



Abbildung: Gedruckte Betonstruktur gefüllt
(Meibodi 2023)

- Beispiel vom DART Lab Michigan.
- Gebilde Parametrisch erzeugt
- Modell ist Gedruckt, wie rechts am Ende Massivbeton und Stahlverstärkt

Beton 2



Abbildung: Endergebnis

Problem

- Viel Baumaterial das nicht nachhaltig ist muss weggeworfen werden.
- Muss aber jedes mal Passgenau konstruiert werden.
- ⇒ teuer & und unötig



Abbildung: Phæno Bau
(Mayer 2023)

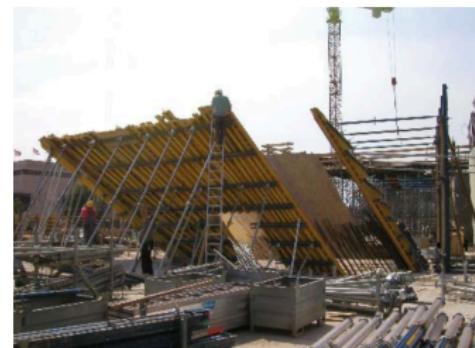


Abbildung: Phæno Bau
(Mayer 2023)

Pflanzenfasern



Abbildung: (Kahn 2023)



Abbildung: (Kahn 2023)

FDM und Optimierung für Produktdesign



Abbildung: Bone Chair (Laarman 2006)

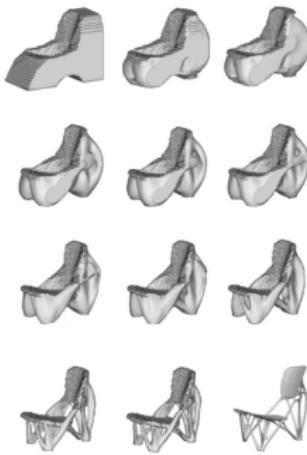


Abbildung: Iterative Berechnung. (Stals u. a. 2015)

Eigenes Beispiel



Abbildung: dactyl manuform 5x7

Parameter:

- alle Winkel
- alle höhen
- anzahl Reihen & Spalten
- ...

Vorteile daraus:

- sehr Änderungsfähig an alle Preferenzen
- Open-Source \implies einfach einen fork machen wenn man eine Änderung will

Architektur

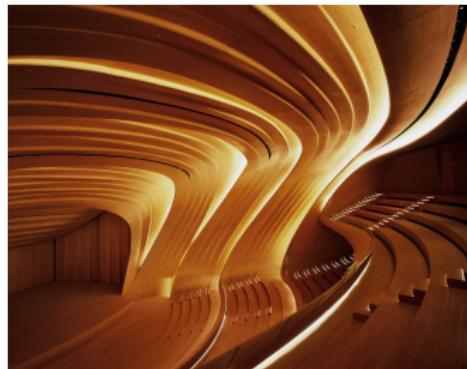


Abbildung: Hyder Aliyev
Center Azerbijan



Abbildung: Port House
Antwerp

Ingeneurswesen

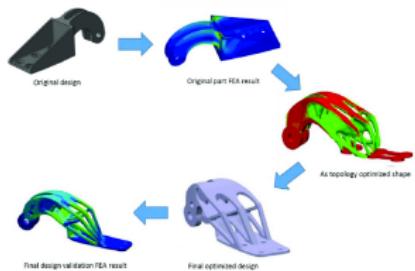
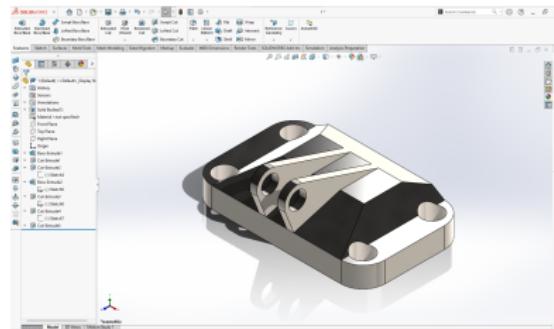


Abbildung: Workflow mit Parametrischem Design (Gebisa und Lemu 2017).

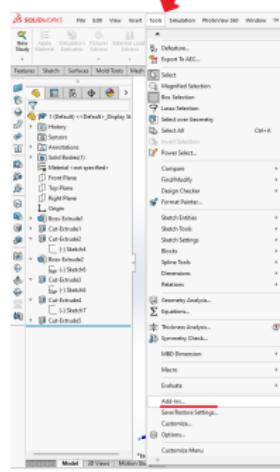


Abbildung: Iterative Berechnung.

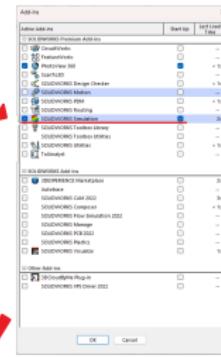
Tutorial: Topologische Optimierung in SolidWorks 2023



Schritt 1: Man öffnet ein zu optimierendes Teil.



Schritt 2: Man prüft ob das Simulations Add-in verfügbar ist.



Schritt 3

Ist es verfügbar?

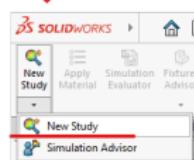
Ja

Nein

Prüfe die Solidworks Lizenz, wenn Sie richtig ist und das Feature nicht vorhanden ist, ist hier das Ende

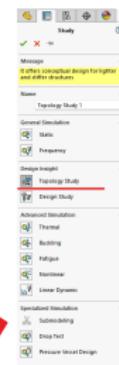


Schritt 4: Gehe in den "Simulation" Tab und wähle "Neue Simulation".



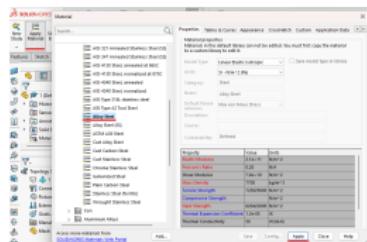
Schritt 5: Wenn du nicht weißt was für eine Simulation du machen willst, dann gehe auf das Berater Hännchen.

Wenn du es weißt geh auf "Neue Simulation".

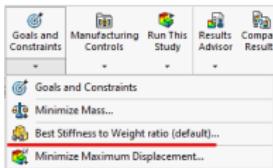


Schritt 6: Wähle die Topologische Studie, gegeben du möchtest eine machen.

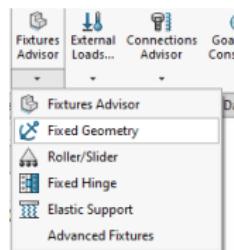




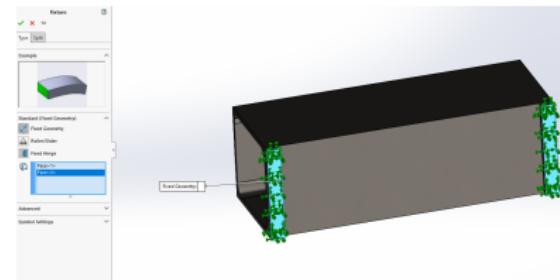
Schritt 7: Man wählt das gewünschte Material. Hier müssen einige Werte erfüllt sein, sonst kann man nicht weitermachen. Aber Solidworks wird darauf hinweisen. Man muss nur die Fehlermeldungen lesen.



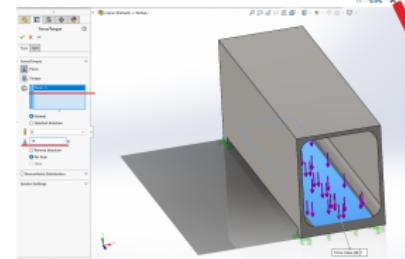
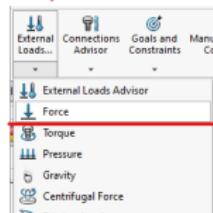
Schritt 8: Man wählt das Ziel, das man erreichen will. Meistens ist dies "beste Statik zu kleinstem Gewicht".



Schritt 9: Man fügt flächen hinzu, die fest bleiben sollen, sich nicht bewegen dürfen.



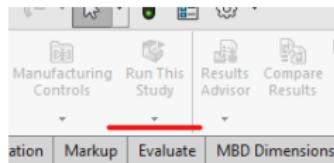
Schritt 10: Wenn man auf dem feature ist definiert man die flächen, die fest bleiben sollen.



Schritt 11: Man fügt ein Gewicht hinzu, sodass die Optimierung auf diesen Parameter optimieren kann.



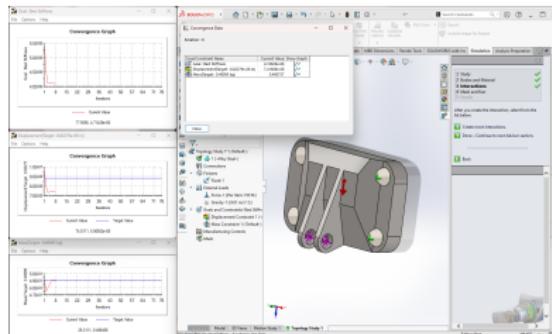
Schritt 12: Für das Gewicht wählt man auch eine fläche.



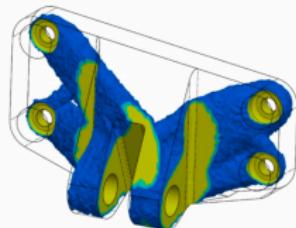
Schritt 13: Man lässt die Simulation laufen.



Schritt 14: Man wartet bis die 76 Iterationen des Algorithmus durchgelaufen sind und einem die Ergebnisse liefern.



Schritt 15: Man erhält ein
Optimiertes Design.



Schritt 16: Dieses
"Mathematische" Design muss
man noch um-entwickeln in
ein Baubares.



Rhino

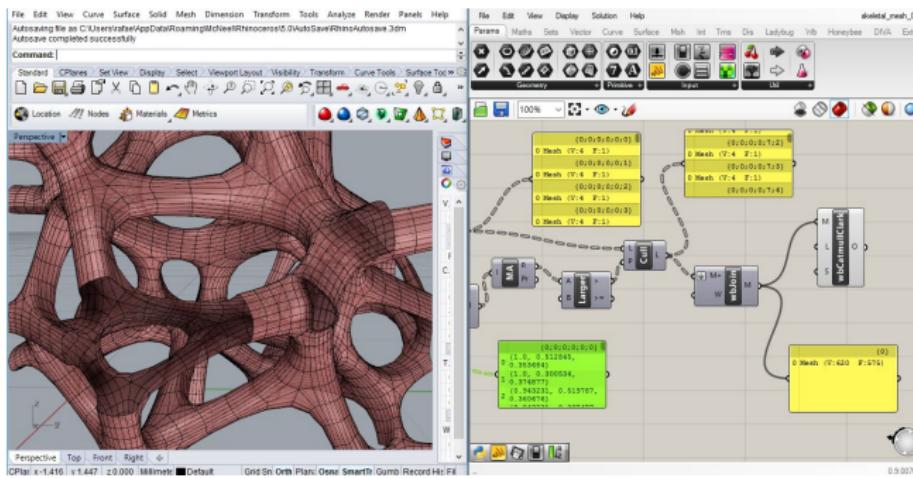


Abbildung: RhinoCAD Beispiel

Fusion360

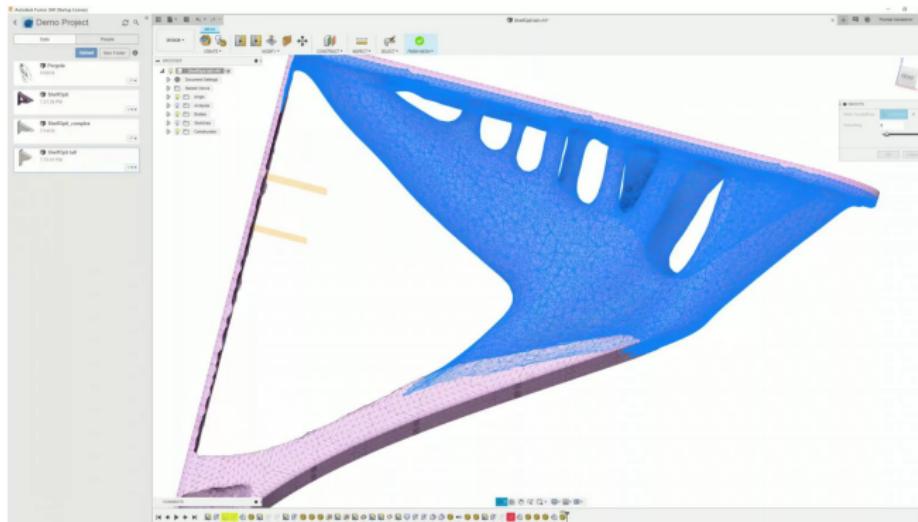


Abbildung: Fusion360 Beispiel

Literatur |

-  Aage, Nieels (25. März 2014). *Interactive 2D TopOpt App - TopOpt*. Version 2.4. Danmarks Tekniske Universitet. URL: <https://www.topopt.mek.dtu.dk/apps-and-software/interactive-2d-topopt-app> (besucht am 02.10.2023).
-  Gebisa, Aboma und Hirpa Lemu (1. Dez. 2017). „A Case Study on Topology Optimized Design for Additive Manufacturing“. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 276, S. 012026. DOI: 10.1088/1757-899X/276/1/012026.
-  Kahn, Muhammad Dayyem (2023). *BioMatters*. DART LAB. URL: <https://dartlab.umich.edu/research-project/biomatters/> (besucht am 03.10.2023).
-  Laarman (2006). *Bone Chair*. Joris Laarman. URL: <https://www.jorislaarman.com/work/bone-chair/> (besucht am 03.10.2023).

Literatur II

-  Mayer, Roland (2023). *SCC als Antwort auf die Herausforderung architektonischer Wunschvorstellungen*. VÖZ Literatur Recherche. URL: <https://literatur.zement.at/themen/29-architektur/5956-scc-als-antwort-auf-die-herausforderung-architektonischer-wunschvorstellungen> (besucht am 03.10.2023).
-  Meibodi (2023). *Branch Wall: Geometrically Informed Non-Planar Toolpath and Material Deposition*. DART LAB. URL: <https://dartlab.umich.edu/research-project/branch-wall-non-planar-toolpath/> (besucht am 03.10.2023).

Literatur III

-  Oppenlaender, Jonas (16. Nov. 2022). „The Creativity of Text-to-Image Generation“. In: *Proceedings of the 25th International Academic Mindtrek Conference*, S. 192–202. DOI: 10.1145/3569219.3569352. arXiv: 2206.02904 [cs]. URL: <http://arxiv.org/abs/2206.02904> (besucht am 01.10.2023).
-  Rabich, Dietmar (2. Okt. 2023). *Sydney Harbour Bridge*. In: Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sydney_Harbour_Bridge&oldid=1178195108 (besucht am 03.10.2023).
-  Stals, Adeline u. a. (1. Aug. 2015). „Challenges in Teaching Architectural Morphogenesis“. In.