UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

INGENIEUR WISSENSCHAFTEN

Eine wissensbasierte Methode zur strömungs- und fertigungsgerechten Gestaltung von Freiformflächen

Dmytro Adamenko, M. Sc.

Rechnereinsatz in der Konstruktion
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Math. Peter Köhler

>>>> ipe

Institut für Produkt Engineering

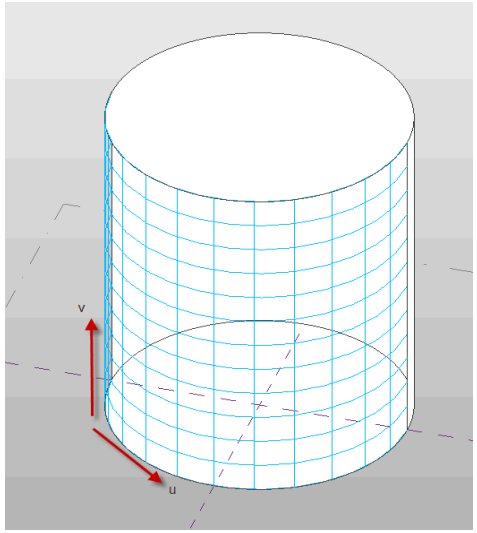
Gliederung

- Freiformflächen. Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Gliederung

- Freiformflächen. Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

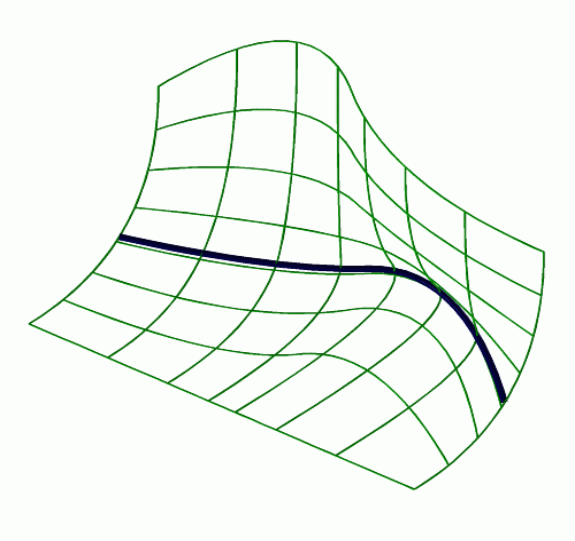
Regelfläche



Quelle: The Building Coder

U = const bzw. $U = f(V)$

Freiformfläche



Quelle: IRIT Modeler

$U \neq$ const bzw. $U \neq f(V)$

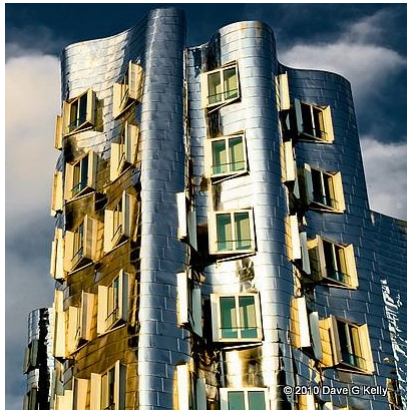
Möglichkeiten zur Darstellung einer Freiformfläche:

- Durch eine Punktmenge
- Durch einen Kurvenset bzw. Kurvennetz (NURBS in CAD)

Anwendungen von Freiformflächen

Die wichtigsten Anwendungen:

- Strömungstechnische Anwendungen (Schaufeln, Strömungskanale)
- Automotive (z.B. Karosserien und Lichtscheiben)
- Optische Systeme
- Ergonomieoptimierung
- Architektur
- …



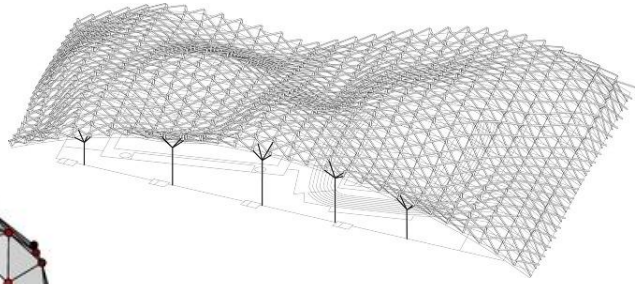
Quellen: Andras Jancso, „Flugzeug-Triebwerke“; Colani-Design; Thorlabs.com; Trust.com; Laxary Magazin

Gliederung

- Freiformflächen. Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Formfindungsmethoden:

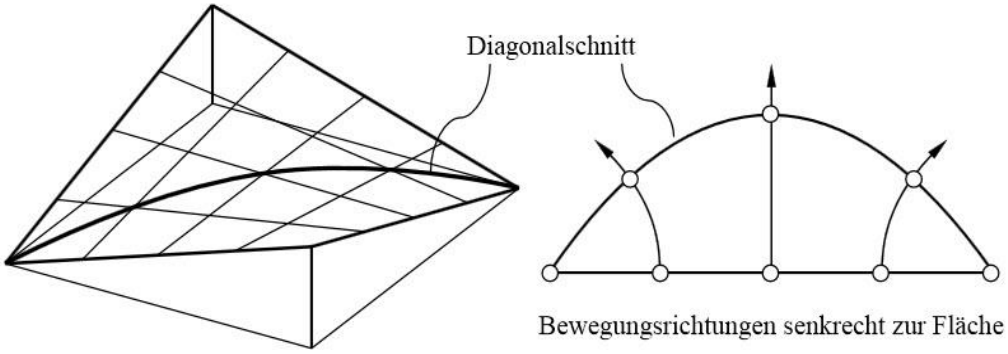
- experimentelle
- numerische
- Methoden der Algorithmischen Geometrie
- Formfindung durch Musterbildung



Quellen: Gaetano Pesce, Vitosirago.net, Joswig, Theobald: „Algorithmische Geometrie. Polyedrische und algebraische Methoden“; Sports Hall Roof Structure, konstrukcja-druk-3d

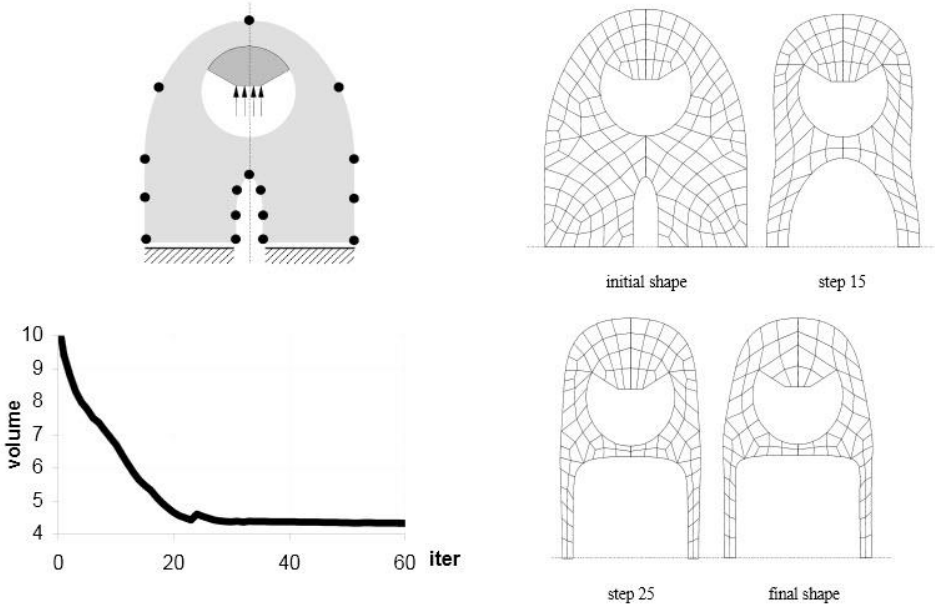
Formoptimierungsmethoden:

- Parameteroptimierung
  - direkt
  - indirekt



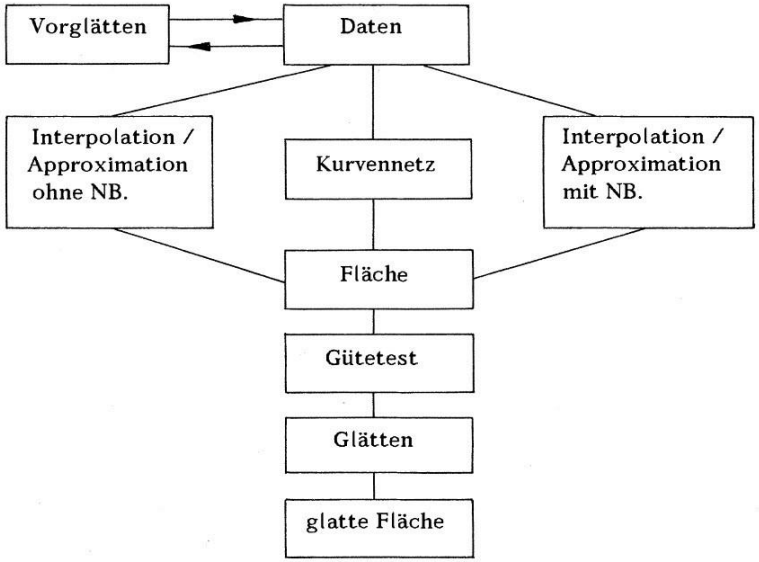
Quelle: K.-U. Bletzinger „Techniken der Formoptimierung“

- parameterfreie Optimierung
  - Glättung



Quelle: K.-U. Bletzinger „Techniken der Formoptimierung“

Standardvorgang beim Glätten einer Fläche:



Quelle: J. Hoschek „Grundlagen der geometrischen Datenverarbeitung“

Laplace‘sche Glättung:

Quelle: J. Haase „Glättung von Polygonnetzen in medizinischen Visualisierungen“

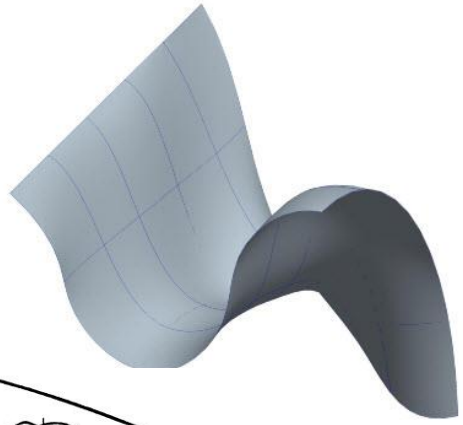
Gliederung

- Freiformflächen. Theoretische Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Aufgabenstellung

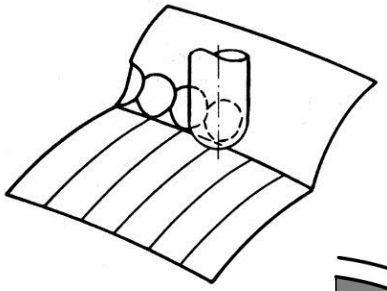
Ziel:

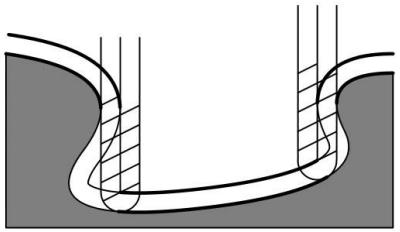
Konstruktion eines Übergansstückes entlang der vorgegebenen Leitkurve zwischen dem runden und geraden Querschnitten



Anforderungen:

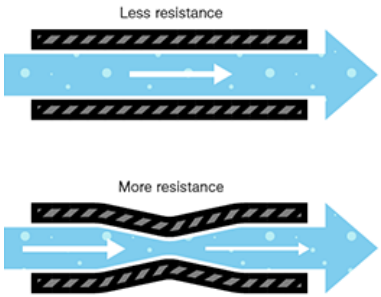
- Fertigungsgerechtigkeit
  - keine Beschädigung der Oberflächen
  - Zugänglichkeit für das Werkzeug





angestrebt: minimale und konstante Krümmung

- Strömungsgerechtigkeit
  - minimaler Fließwiderstand
  - möglichst glatter Verlauf



angestrebt: gleiche Mantellinienlängen

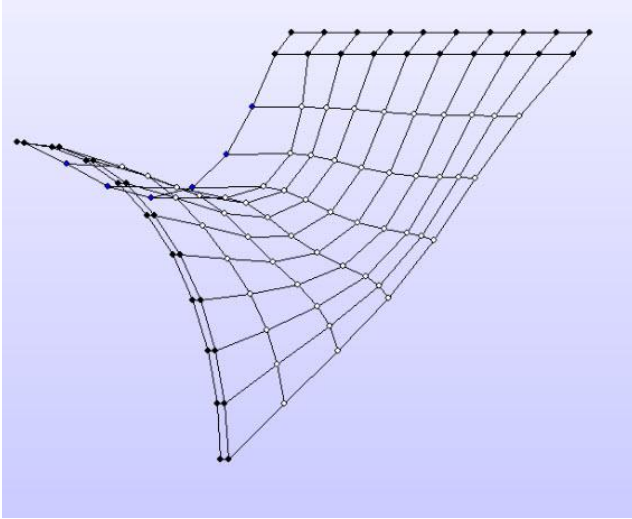
Quellen: J. Hoschek „Grundlagen der geometrischen Datenverarbeitung“; http://reso-nance.org

Gliederung

- Freiformflächen. Theoretische Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung

Area Optimizer

- Änderung von Koordinaten der Kontrollpunkte
- Betrachtung von 3 Energievektoren für jeden Punkt
- Entstehung von 3 Verschiebungsvektoren



Ziele:

- Minimierung der Flächenkrümmung
- Erreichen der gleichen Abstände zwischen
- den Kontrollpunkten

Nachteile:

- komplizierte Bedienung
- nichtreproduzierbare Ergebnisse

Formfindung durch Kugelpackung

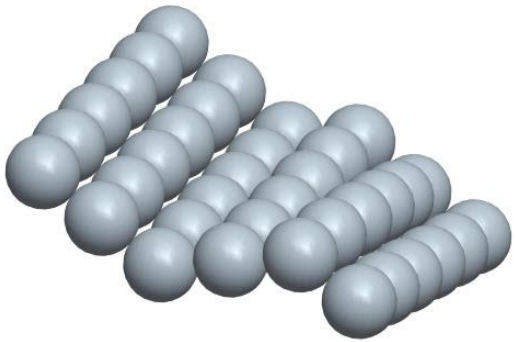
- Bildung der Oberfläche aus einer Kugelpackung
- Anpassung der Mantellinienlängen durch Steuerung der Winkel zwischen den Kugelmittelpunkten

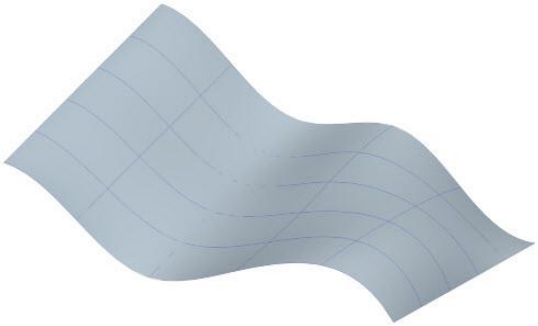
Ziele:

- das Erreichen der gleichen Mantellinienlängen

Nachteile:

- starke Beulung der Oberfläche bei hoher Auflösung





Gliederung

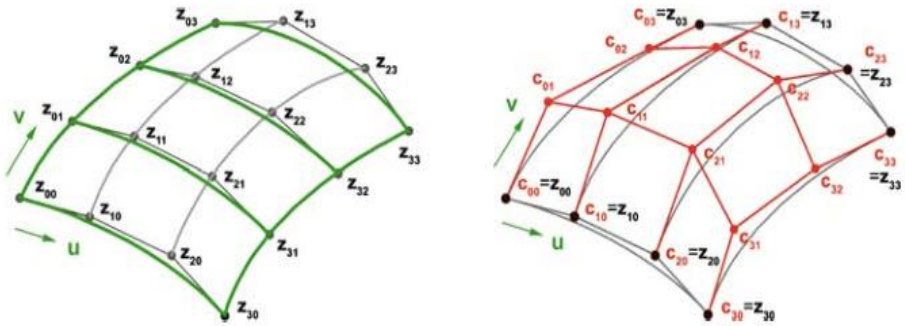
- Freiformflächen. Theoretische Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Neue Lösungskonzepte

Es wurden drei neue Lösungskonzepte vorgeschlagen und geprüft:

- Basistransformation von Kontrollpunkten
- Nutzung von Gewichtseigenschaften von NURBS-Kurven
- Reverse-Engineering-Methode

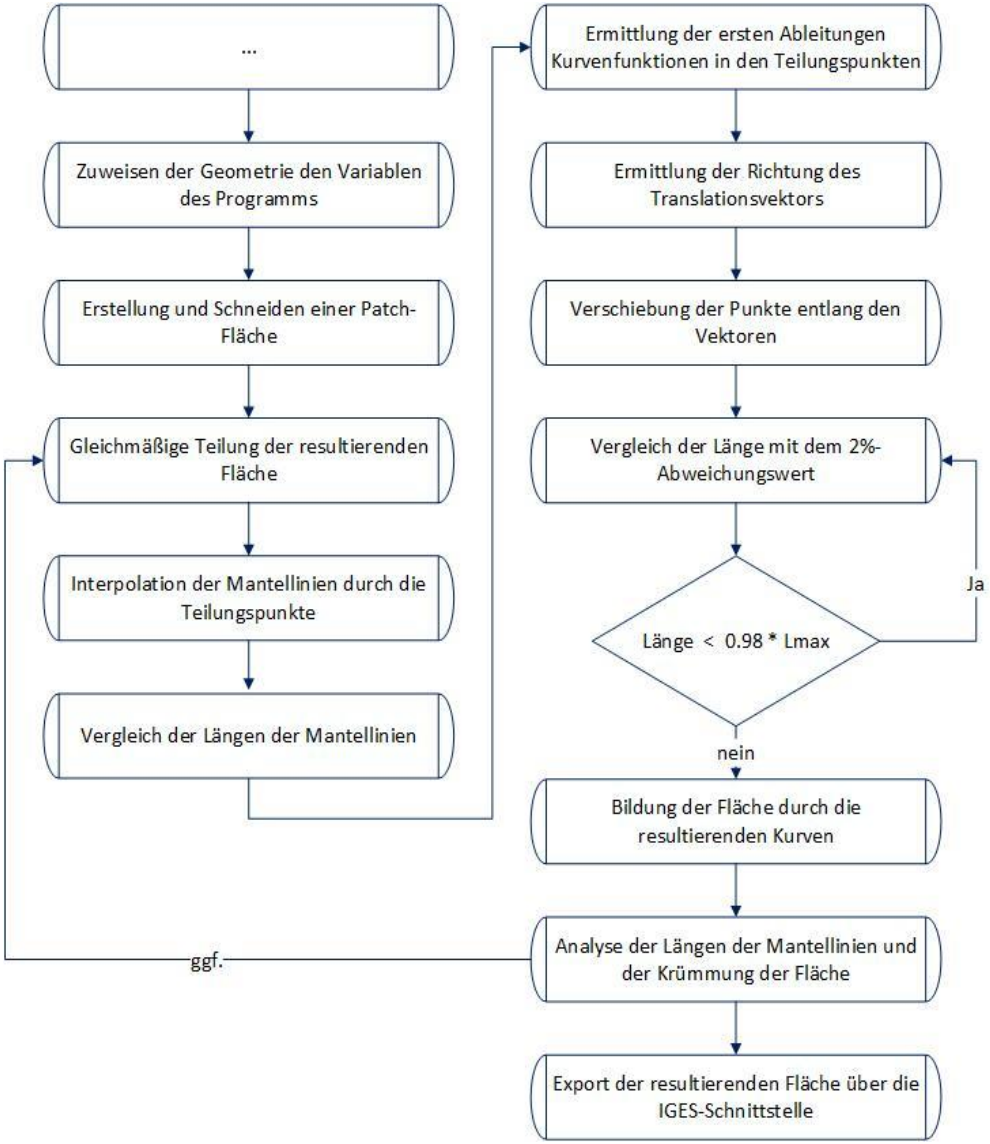
Grundlage für alle Konzepte: Optimierung einer zuvor erstellten Patchfläche



Die resultierende Patchfläche ist formnah zu der gewünschten Fläche und zu der Fläche die mittels Kugelpackung bekommen wurde

Quelle: P. Bönitz „Freiformflächen in der rechnerunterstützten Karosseriekonstruktion und im Industriedesign“

Konzept 1. Ablauf



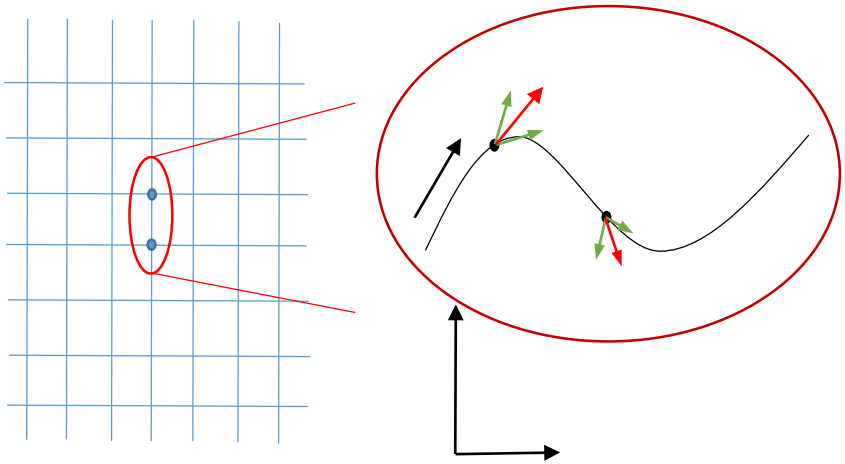
Konzept 1. Prinzip

Ziel:

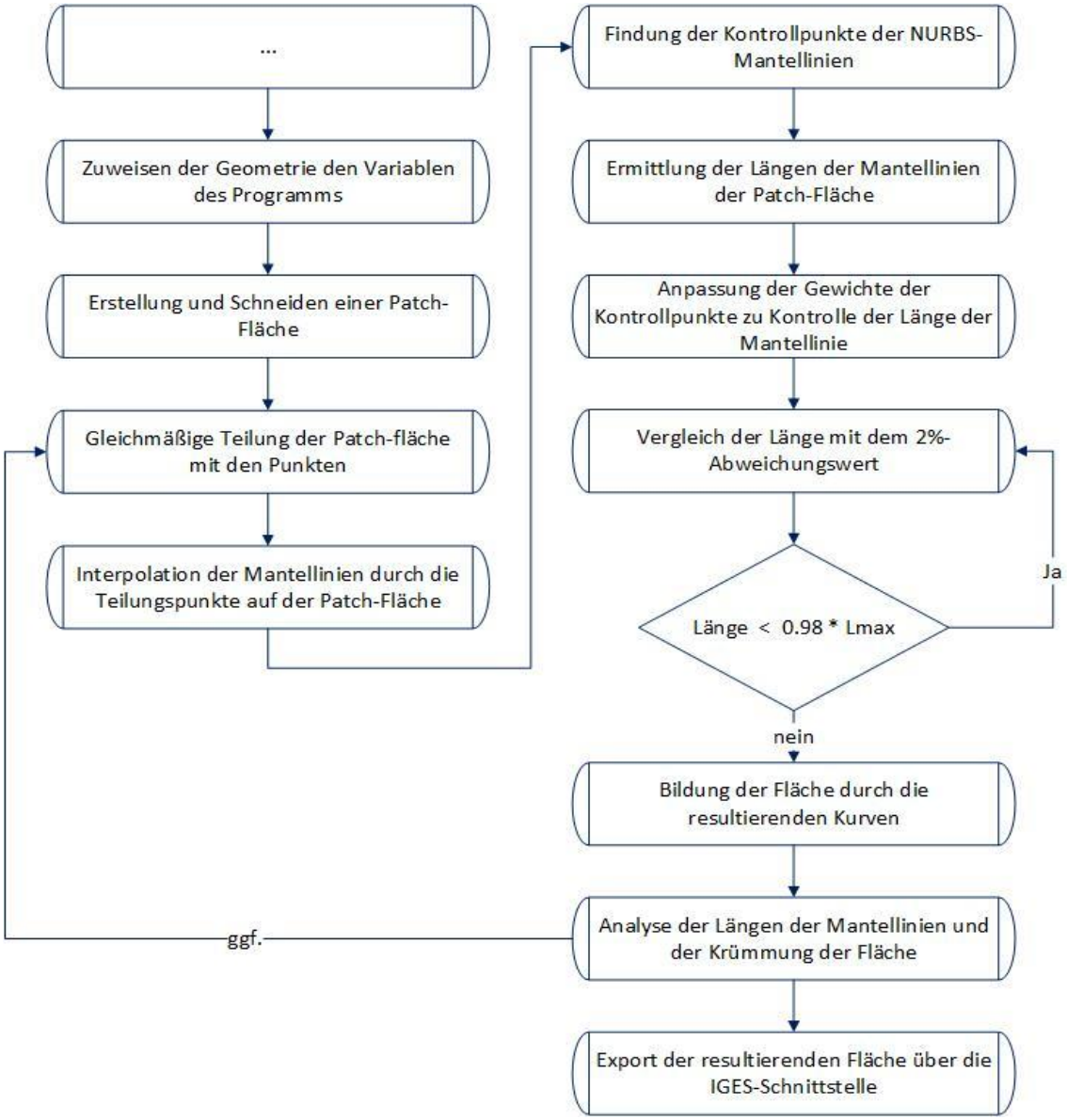
Vergrößerung der Längen der Mantellinien

Ermittlung des Translationsvektors für jeden Punkt:

- Teilung der Oberfläche mit den Punkten
- Auslesen für jeden Punkt der 1. Ableitung nach allen 3 Koordinaten
- Zusammenstellung des Translationsvektors in Abhängigkeit von dem Vorzeichen der Ableitung
  (der Betrag jeder Vektorkoordinate bleibt immer konstant)



Konzept 2. Ablauf



Ziel:

Vergrößerung der Längen der Mantellinien

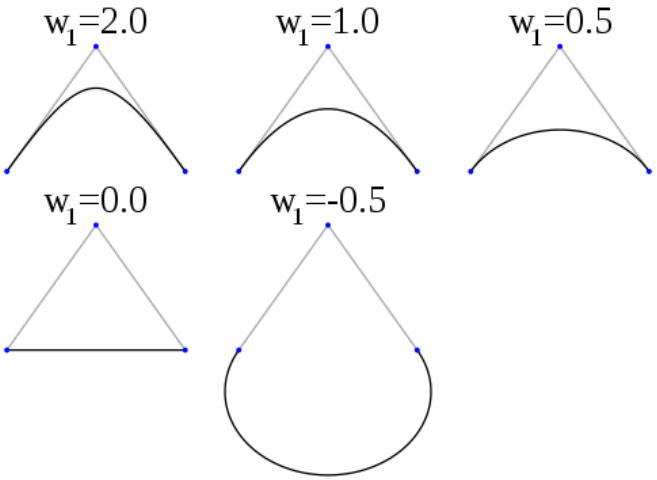
- Ermittlung der Kontrollpunkten der Patchfläche
- Ermittlung des Verhältnisses zwischen der aktuellen und der längsten Mantellinie
- Erhöhung der Gewichte der Kontrollpunkte der aktiven Mantellinie proportinal zu dem Längenverhältnis

Vorteil:

- Erhöhung der Flexibilität der Kurve

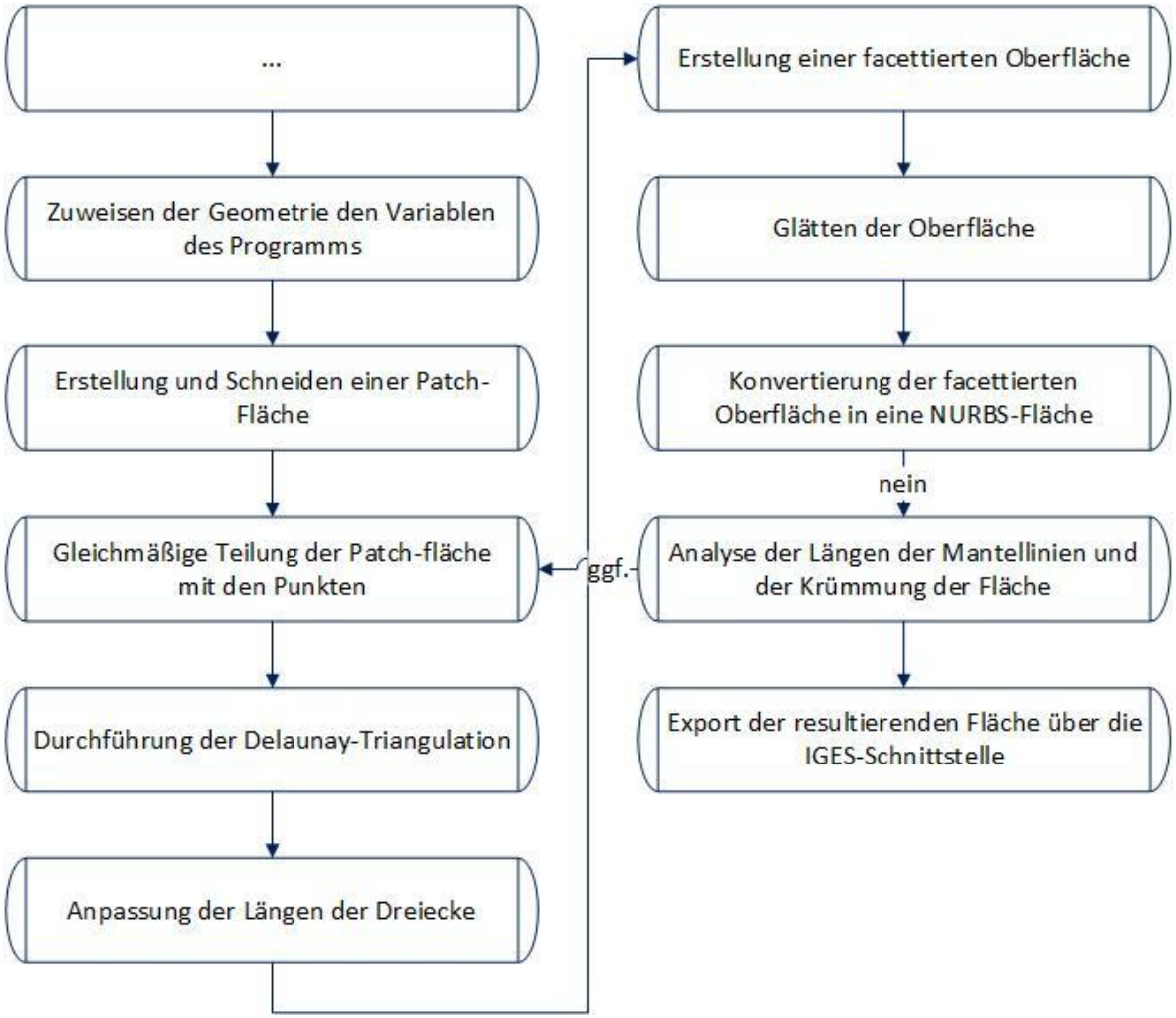
Nachteil:

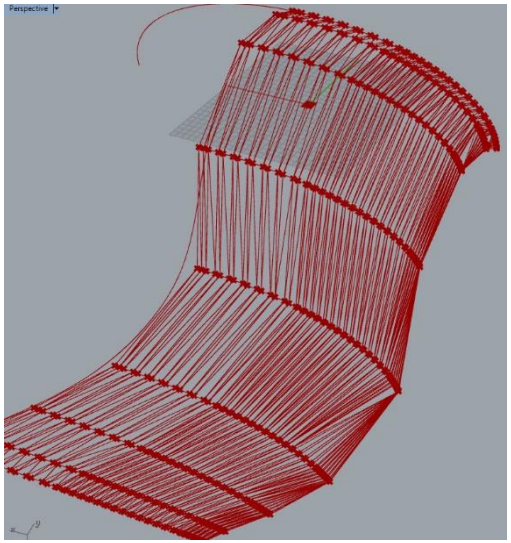
- Wesentliche Längenveränderung nur bei den steil verlaufenden Kurven möglich



Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9e/Rational_Bezier_curve-conic_sections.svg/500px-Rational_Bezier_curve-conic_sections.svg.png

Konzept 3. Ablauf





Gliederung

- Freiformflächen. Theoretische Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

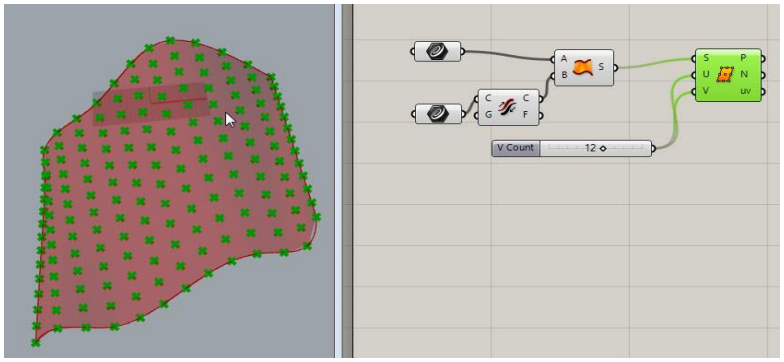
Benutzte Software: Rhinoceros 5.5, Grasshopper Add-On

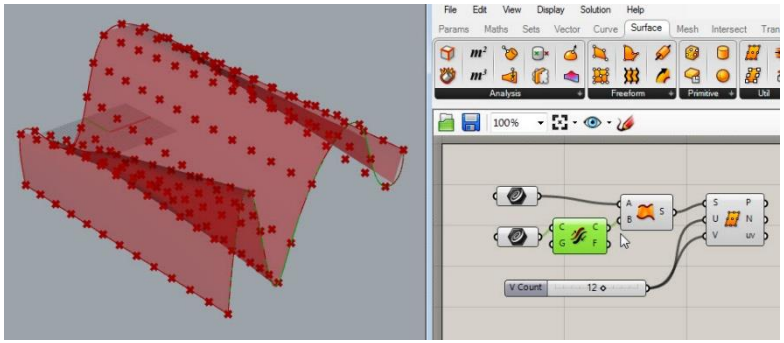
Vorteile:

- ausgelegt für Erstellung und Bearbeitung von Freiformflächen
- Unterstützung von IGES- und Programmierschnittstellen
- Schaltfläche als Programm

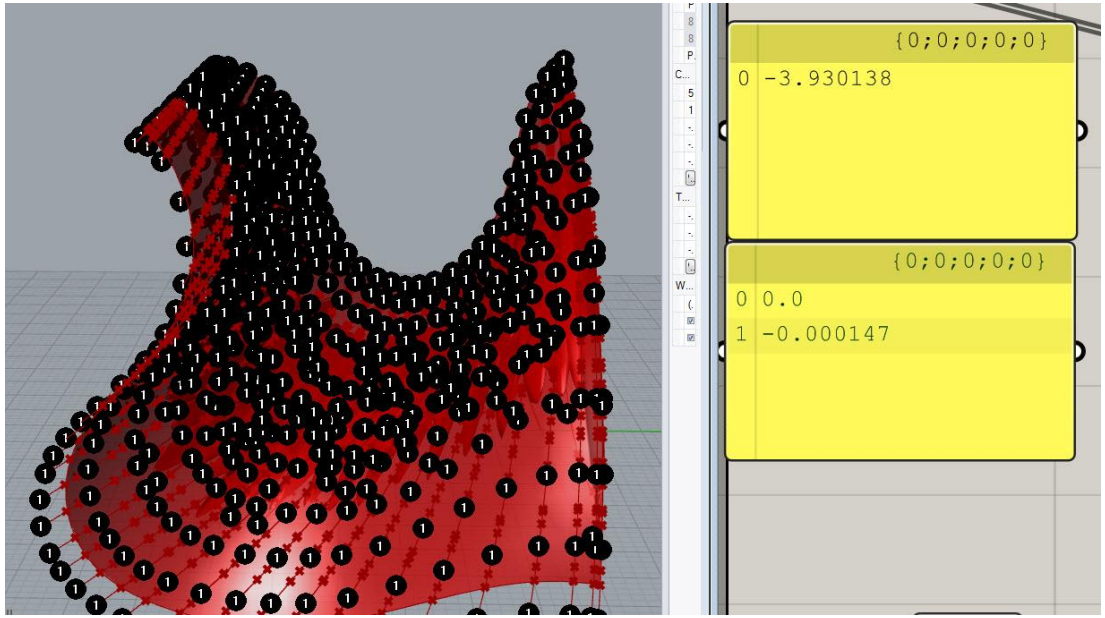
Nachteile:

- nur bedingte Nutzung von Iterationsschleifen möglich
- lange Berechnungszeiten





Ergebnisse. 1. Konzept



Krümmung	Längendifferenz
-0.00015…0	3.9%

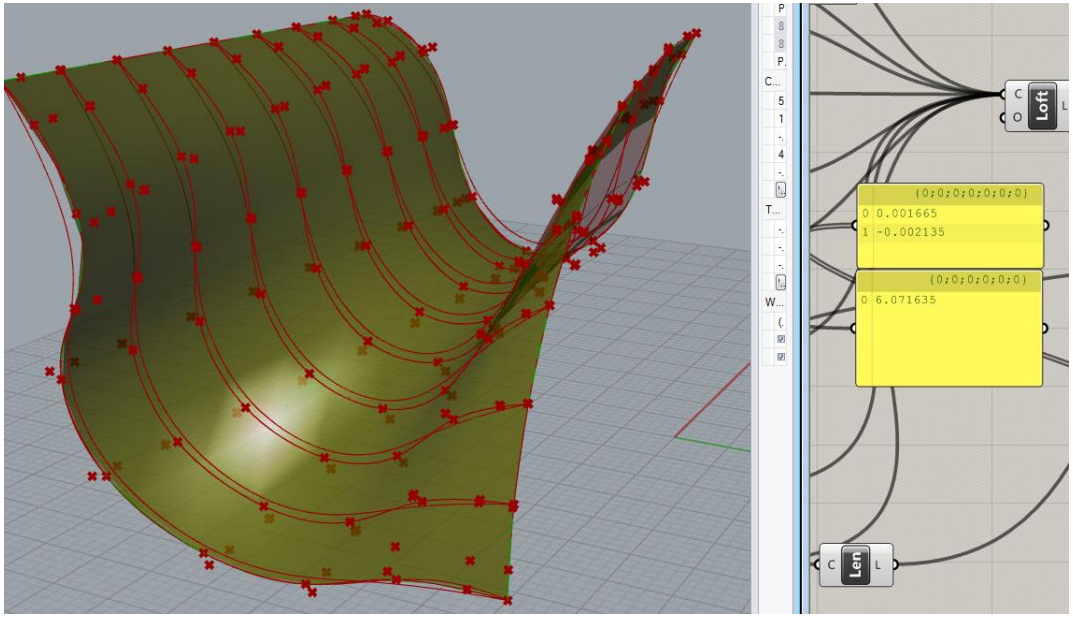
Vorteile:

- Gewünschte Krümmung erreicht
- Gewünschte Längendifferenz kann bei flach verlaufenden Leitkurven erreicht werden

Nachteile:

- Gewünschte Längendifferenz nicht erreicht
- Lange Berechnungsdauer
- Starke Beulung bei mehreren Iterationsschritten bei feiner Auflösung

Ergebnisse. 2. Konzept



Krümmung	Längendifferenz
-0.002…+0.001	6.0%

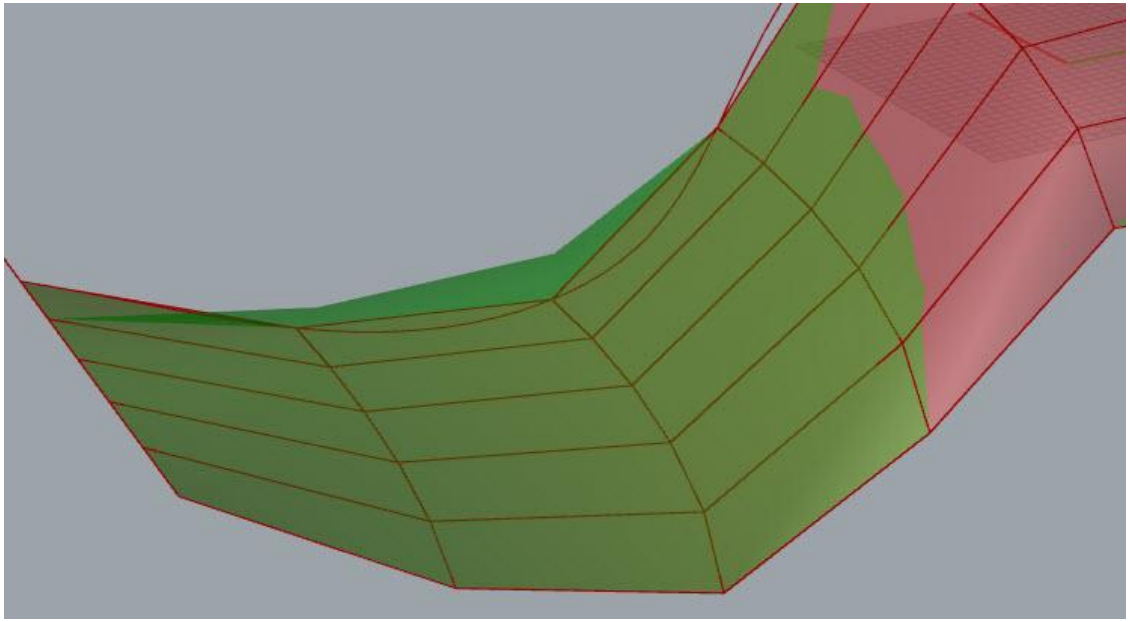
Vorteile:

- gewünschte Krümmung erreicht
- schnelle Berechnung

Nachteile:

- gewünschte Längendifferenz nicht erreicht
- schlechte Längenanpassung bei den flachen Verlaufskurven

Ergebnisse. 3. Konzept



- eine einzelne glatte Oberfläche konnte nicht erzeugt werden – nur mehrere kleinere Flächen
- Bearbeitung und Anpassung von Mesh nur bedingt möglich

Gliederung

- Freiformflächen. Theoretische Grundlagen
- Formfindungsmethoden
- Aufgabenstellung
- Frühere Lösungsmethoden
- Vorstellung neuer Konzepte
- Umsetzung und Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung:

Am Beispiel einer komplexen Geometrie wurde vorgestellt wie mit Hilfe von geometrischen Methoden und der Nutzung von Designersoftware die fehlenden Möglichkeiten zur Bearbeitung von Freiformflächen von den CAD-Systemen umgegangen werden können:

- wurden zwei neue Konzepte und eine existierende Methode der Formfindung aus Reverse Engineering-Verfahren für die gestellte Aufgabe vorgestellt und getestet
- ein Designersoftware-Paket wurde für die Lösung technischer Probleme eingesetzt
- mit Hilfe von 2 Konzepten wurden gute Krümmungswerte erhalten die gewünschten Längendifferenzen (unter 2-3%) konnten für die gestellte Aufgabe nicht erreicht werden
- die Bearbeitung von dem auf der Patchfläche basierenden Mesh hat keine einzelne Oberfläche geliefert
- Nachteil aller Konzepte: Abhängigkeit von der zuvor erstellten Patchfläche

Ausblick:

- Anpassung der Konzepte für die steiler bzw. flacher verlaufenden Kurven
- Umsetzung von den Konzepten im CAD-Software

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

INGENIEUR WISSENSCHAFTEN

Universität Duisburg-Essen
Institut für Produkt Engineering
Lehrstuhl für Rechnereinsatz in der Konstruktion
www.uni-due.de/cae

Lotharstr. 1
47057 Duisburg

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

>>>>

ipe

Institut für Produkt Engineering