

Automatische Generierung und Bewertung von Würfelgitterobjekten für Rissleseübungen

Gasteiger Daniel

`daniel.gasteiger@choppster.org`

10. November 2016

1 Grundlagen

- Dreitafelprojektion
- Rissleseübungen
- Tschupik-Würfel
- Würfelgitterobjekte

2 Algorithmen

- Random Lattice Polytope
- Extrusionskörper
- Evolutionäre Algorithmen

3 Prototyp

- Technische Details
- Vorführung

Grundlagen

Dreitafelprojektion

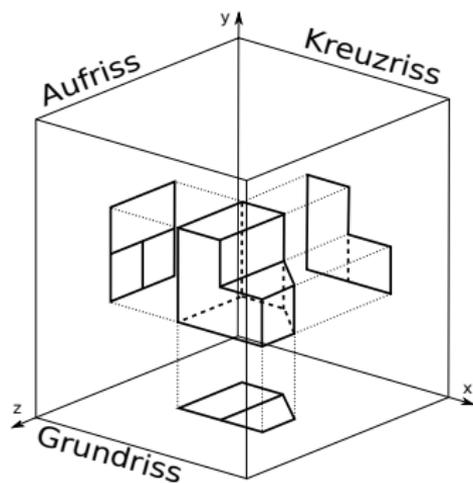


Abbildung: Veranschaulichung der Risse der Dreitafelprojektion

Rissleseübungen

- Zweck:
Verbesserung des Verständnisses der Dreitafelprojektion
- Startwerte:
Entweder das 3D-Objekt oder 2 bis 3 seiner Projektionen
- Aufgabe:
Vervollständigung der 3 Projektionen und der Objektskizze

Praktische Relevanz und Aufgabensammlungen

Unterrichtsziel aus dem Lehrplan für AHS: *„Lesen und Herstellen von Rissen räumlicher Gebilde“*.

Aufgabensammlungen:

- Bücher
- Online Sammlungen
- Programme

Tschupik-Würfel

Beispiele für geeignete Kategorien von Übungsobjekten:

- aus dem Alltag bekannte Objekte wie Zahnräder o.ä.
- Objekte die nur aus geraden Flächen bestehen
- Objekte mit runden Flächen
- Kombinationen von mehreren einfachen Körpern wie z.B. Würfeln, Zylindern usw.

Eine solche Kategorie sind die Tschupik-Würfel (benannt nach Univ. Prof. Dr Josef P. Tschupik), die wie folgt charakterisiert werden:

Aus einem massiven Würfel geschnittene, ebenflächig begrenzte Objekte.

Würfelgitterobjekte Teil 1

Charakterisierung von Würfelgitterobjekten:

- Würfelgitterobjekte bestehen aus einer Ansammlung von ebenen Dreiecksflächen, die die Hülle des Objektes bilden
- Jede Dreiecksfläche besteht aus drei Kanten, die sie begrenzen
- Jede Kante wird durch zwei Punkte begrenzt
- Jeder Punkt besitzt drei Koordinaten, die seine Position bzgl. eines kartesischen Koordinatensystems beschreiben

Würfelgitterobjekte Teil 2

- Dreiecksflächen berühren an jeder ihrer Kanten die Kante einer anderen Fläche, überlappen sich jedoch niemals
- Bilden zwei Dreiecksflächen mit gemeinsamer Kante eine ebene Fläche, so ist die Kante *unsichtbar*
- Ein *einfaches Würfelgitterobjekt* ist zusätzlich konvex und alle Koordinaten seiner Punkte sind ganze Zahlen
- Ein Würfelgitterobjekt besteht aus einer Kombination von einfachen Würfelgitterobjekten
- Kein absichtlicher Bezug zu bekannten, realen Objektformen

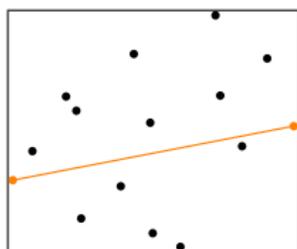
Algorithmen

Random Lattice Polytope (RLP)

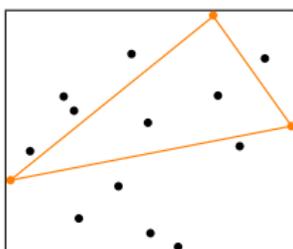
Grundidee der Generierung:

- Für jeden der Würfelgitterpunkte wird zufällig entschieden, ob er Teil des Objektes ist, oder nicht.
- Von den gesetzten Punkten wird die konvexe Hülle berechnet. Diese Hülle ist das generierte Random Lattice Polytope.

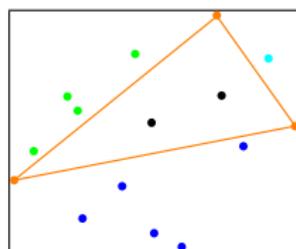
Quick Hull Algorithmus - 2D



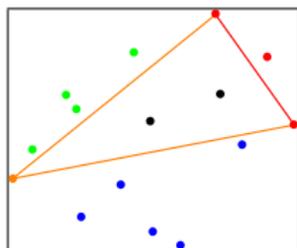
(a) Die zwei äußersten Punkte



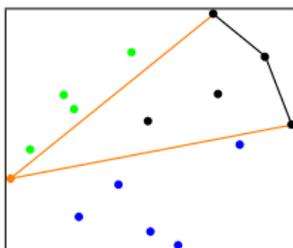
(b) Erste Hülle



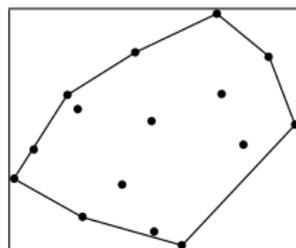
(c) Zuordnung der Punkte



(d) Erste Iteration



(e) 2 finale Kanten gefunden

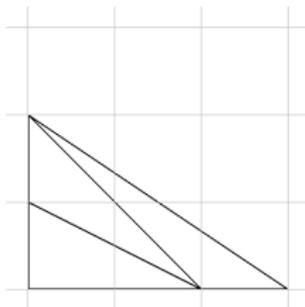


(f) Finale konvexe Hülle

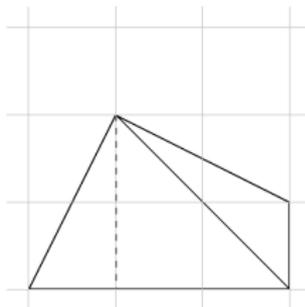
Abbildung: Quick Hull Algorithmus in 2D

Beispiel

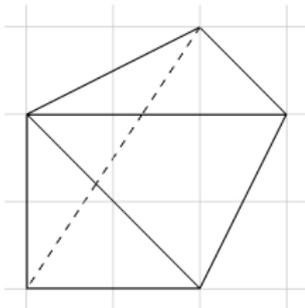
Aufriss



Kreuzriss



Grundriss



3D Ansicht

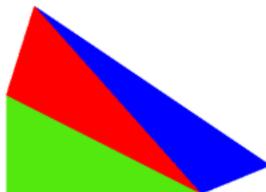


Abbildung: Beispiel für ein Random Lattice Polytope

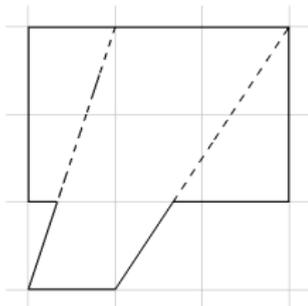
Extrusionskörper (EK)

Grundidee der Generierung:

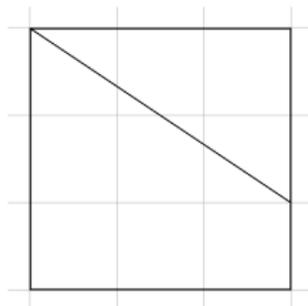
- 1 Für eine Seitenfläche der Würfels wird die konvexe Hülle zufällig gesetzter Punkte berechnet.
- 2 Das entstandene Polygon wird zur gegenüberliegenden Seitenfläche hin extrudiert.
- 3 Schritte 1 und 2 werden wiederholt, wobei eine noch nicht verwendete Seitenfläche als Start gewählt wird.
- 4 Die Vereinigung beider (oder mehr) generierter Objekte liefert den finalen Extrusionskörper.

Beispiel

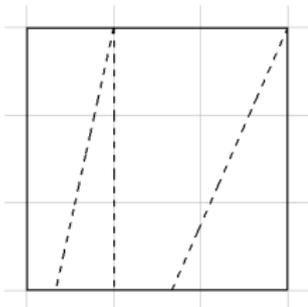
Aufriss



Kreuzriss



Grundriss



3D Ansicht



Abbildung: Beispiel für einen generierten Extrusionskörper

Evolutionäre Algorithmen

Grundidee der Generierung:

- 1 Generierung der Startpopulation mit RLP und EK
- 2 Die Fitness aller Objekte wird berechnet
- 3 Sortierung der Population in Relation zu gewählter Zielfitness
- 4 Kombinieren und Mutieren der Population zur Generierung neuer Objekte
- 5 Berechnung der Fitness der neuen Objekte
- 6 Zusammenführung mit alter Population und Entfernung der Objekte mit größter Fitnessabweichung
- 7 Wiederholung von Schritten 3-6 bis optimales Objekt (evtl. mit Toleranz) gefunden oder Iterationslimit erreicht wurde

Fitnessfunktion

$$\begin{aligned} \textit{Fitness} = & \textit{Punkte} + \textit{Kanten} + \textit{Flächen} + \textit{Nichtgitterpunkte} * 5 + \\ & + \textit{allgemeineKanten} * 3 + \textit{allgemeineFlächen} * 3 \end{aligned}$$

Kombination

- Auswahl von zwei zufälligen Objekten der Population
- Schnitt durch die X-Z-Ebene beider Objekte
- Vereinigung der oberen Hälfte vom ersten Objekt mit der unteren Hälfte des Zweiten.

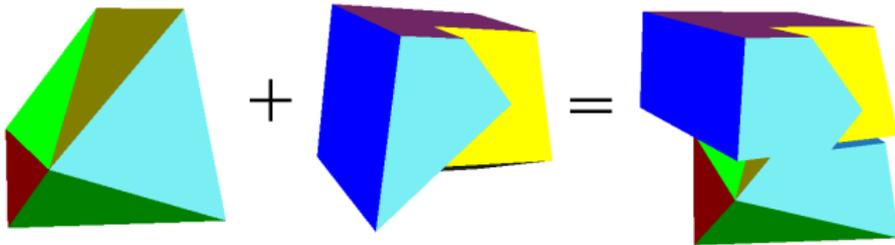


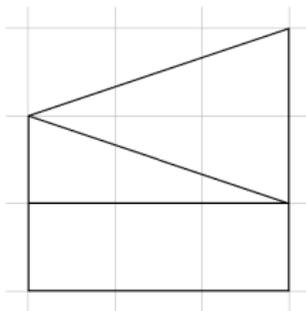
Abbildung: Beispiel für Kombination

Mutation

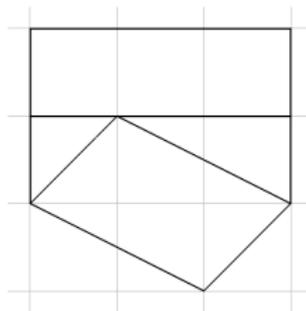
- Auswahl eines zufälligen Objektes der Population
- Verschiebung der Punkte innerhalb der Würfelgittergrenzen mit einer geringen Wahrscheinlichkeit um einen Gitterpunkt
- Durch Mutation können invalide Objekte entstehen → Validität muss überprüft werden

Beispiel

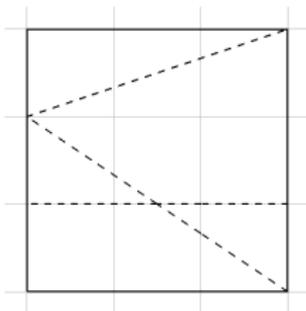
Aufriss



Kreuzriss



Grundriss



3D Ansicht

Fitness = 98



Abbildung: Beispiel mit Zielfitness 100 und Toleranz 5

Prototyp

Technische Details

Verwendete Technologien:

- Programmiersprache: Java
- 3D Visualisierung: Java3D
- Binäre Operationen: UnBBoolean
- Export (PDF JPG): iText
- XML-Bibliothek: XStream
- Logging Framework: Logback
- Testframework: JUnit

Vorführung

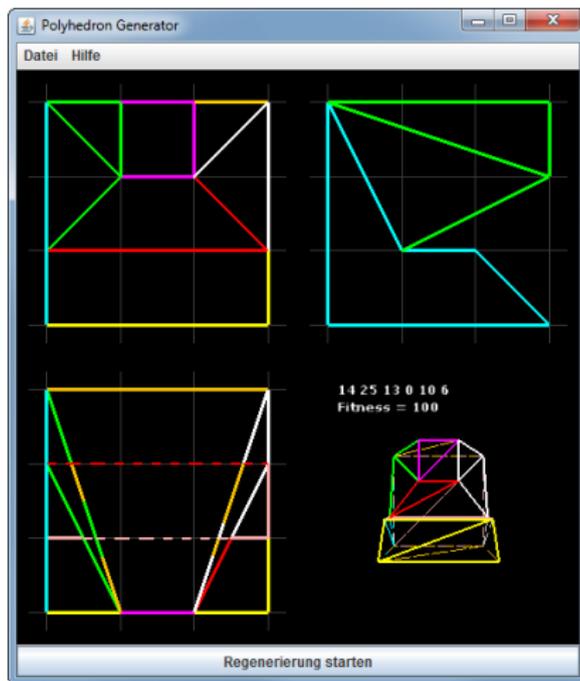


Abbildung: Programmfenster mit den drei Rissen und der 3D Ansicht

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!