

Maschinelles Lernen für die digitale Konstruktion von Trockenmauern

Der Bau von Trockenmauern ist ein jahrtausendaltes Handwerk. Zur Erstellung der Mauer gibt es klare Vorgaben an die Art der Steine und deren Positionierung. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie sich diese Vorgaben für eine simulierte Konstruktion genutzt werden kann. Dazu wurden simulierte Steine als Quader generiert. Kriterien aus dem traditionellen Handwerk wurden quantifiziert und zusätzliche Heuristiken wurden genutzt. Mit dem Firefly Algorithmus werden optimale Positionen für Bau- und Füllsteine gesucht und anschliessend wird der Stein platziert. Mit einer Physiksimulation werden die Positionen verifiziert.

Traditionelles Trockenmauerwerk

Die Erstellung von Trockenmauern ist ein aufwändiges Handwerk. Eine Mauer besteht aus unterschiedlichen Steinen. In Abb. 1 ist eine freistehende zweihöuptige Trockenmauer abgebildet. Die Mauer wird hauptsächlich mit Bausteinen gebaut. Im Mauerinneren wird mit Füllsteinen aufgefüllt. Für die Platzierung der Steine sind klare Richtlinien definiert.

- Ein Stein kann nicht beliebig platziert werden
- Seine schönste Seite soll nach Aussen zeigen
- Flache Platzierung

Ausserdem werden die Steine vor der Platzierung stark bearbeitet.

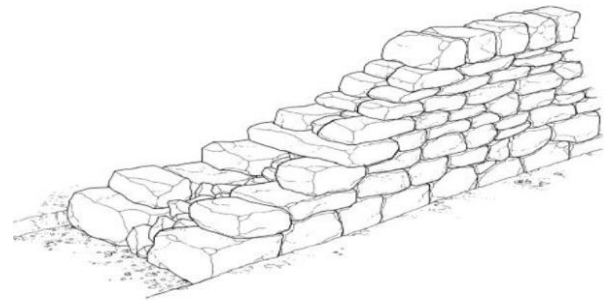


Abb. 1: Unterschiedliche Steinarten (Bätzig et al., 2015)

Übertragung in die digitale Simulation

1. Auswahl eines Steines
2. Suche nach einer geeigneten Position
 - a. Beurteilung mit Gütefunktion
 - b. Optimierung der Position
3. Verifikation durch Physiksimulation

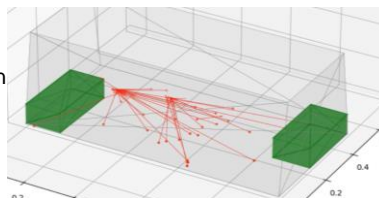


Abb. 2: Optimierung mit dem Firefly Algorithmus

Gütefunktion $f(\text{Stein}, \text{Mauer})$

- Keine Überschneidungen
- Wenig freies Volumen unterhalb des Steines
- Geringe Distanz zur Mauerbegrenzung
- Geringe Distanz zu benachbarten Steinen
- Bauen in Schichten

Optimierung: Firefly Algorithmus

- Schwarmbasierter Optimierungsalgorithmus
- Fireflies werden durch hellere Fliegen angezogen

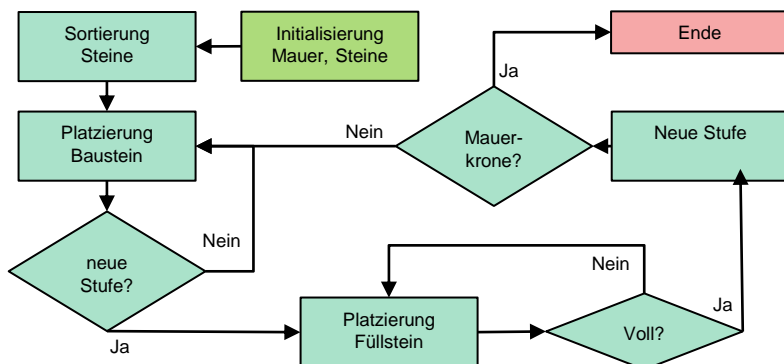


Abb. 3: Ablauf der Simulation

Ablauf der Simulation (Abb. 3)

1. Die verfügbaren Steine werden generiert und sortiert
2. Iterativ werden Steine ausgewählt, eine geeignete Position gesucht und der Stein wird platziert.
3. Wenn auf der aktuellen Stufe keine Bausteine mehr platziert werden können wird mit Füllsteinen aufgefüllt.
4. Eine neue Stufe wird erstellt und wiederum Bau- und Füllsteine platziert, bis die Mauerkrone erreicht ist.

Resultate

In Abb. 4 wird eine fehlerhafte Position gefunden (transparent). Die Lücke wird mit einem passenden Stein gefüllt.

Je höher die Mauer wird, desto öfter werden mit dem Firefly Algorithmus fehlerhafte Positionen gefunden. In Abb. 5 sind diese transparent dargestellt.

Der Algorithmus platziert Bausteine (grün) und Füllsteine (blau). Sie werden nach unterschiedlichen Kriterien platziert. Deshalb liegen in Abb. 6 die Bausteine an der Maueraussenseite und die Füllsteine im Mauerinneren.

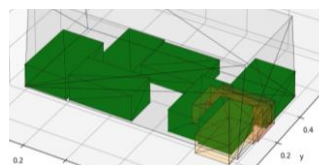


Abb. 4: Fehlerhafte Position

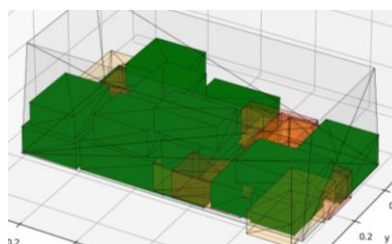


Abb. 5: Fehlerhafte Position

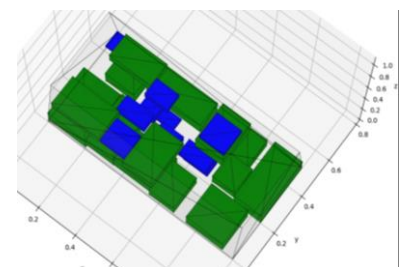


Abb. 6: Bau- und Füllsteine

Bätzig, W., Benedetti, S., Bieri, F. 2015, Trockenmauern: Grundlagen, Bauanleitung, Bedeutung, 2. Auflage. Ed..