

Bodenanalyse-Algorithmus

Dokumentation zur Berechnung lokaler Höhenabweichungen

1. Zielsetzung

Bei der Verlegung von schwimmenden Böden (Laminat, Parkett) müssen lokale Unebenheiten ausgeglichen werden. Das Problem: Der Boden hat oft ein Gesamtgefälle zur Wand hin, das aber für die Verlegung irrelevant ist. Wichtig sind nur die **lokalen Buckel und Mulden**.

Dieser Algorithmus **rechnet das Gesamtgefälle heraus** und zeigt nur die tatsächlichen Unebenheiten relativ zur lokalen Umgebung an.

2. Eingangsdaten

Die Daten stammen aus einem 3D-Aufmaß mit FlexiJet/FlexiCAD:

Parameter	Wert	Bedeutung
Raster	100 mm	Abstand zwischen Messpunkten
Punkte	2151	Anzahl der Höhenpunkte
Format	DXF	POINT-Entities mit X, Y, Z
Einheit	mm	Alle Koordinaten in Millimeter

3. Algorithmus

3.1 Schritt 1: Nachbarsuche mit KD-Tree

Für jeden Messpunkt werden alle Nachbarn im Umkreis gesucht. Dafür wird ein **KD-Tree** verwendet – eine Datenstruktur, die räumliche Suchen sehr effizient macht.

```
Suchradius = 400 mm  
Mindestanzahl Nachbarn = 5
```

Bei einem 100mm-Raster befinden sich im 400mm-Radius etwa **50 Nachbarpunkte**. Das ergibt eine statistisch stabile Grundlage.

3.2 Schritt 2: Lokale Referenz berechnen

Für jeden Punkt wird der **Median** aller Nachbar-Höhenwerte berechnet. Dieser Median ist die "lokale Referenzebene" – also das Niveau, auf dem der Boden an dieser Stelle im Durchschnitt liegt.

```
Referenz_i = Median(Z_Nachbarn)
```

Warum Median statt Mittelwert?

Der Median ist **robust gegen Ausreißer**. Wenn ein einzelner Punkt extrem hoch oder tief ist (z.B. durch Messrauschen), verfälscht er nicht die Referenz. Der Median ignoriert extreme Werte und nimmt den "mittleren" Wert der sortierten Liste.

3.3 Schritt 3: Abweichung berechnen

Die Abweichung ist einfach die Differenz zwischen dem gemessenen Wert und der lokalen Referenz:

```
Abweichung_i = Z_ist_i - Referenz_i
```

Abweichung	Bedeutung	Aktion
+3 mm	Punkt liegt 3mm höher als Umgebung	Buckel → ABTRAGEN
-4 mm	Punkt liegt 4mm tiefer als Umgebung	Mulde → SPACHTELN
0 mm	Punkt liegt auf Niveau der Umgebung	OK → nichts tun

4. Parameter

4.1 Suchradius (400 mm)

Der Suchradius bestimmt, wie "lokal" die Referenz ist:

Radius	Effekt
klein (200mm)	Sehr lokal, reagiert auf kleine Wellen, evtl. zu empfindlich
mittel (400mm)	Guter Kompromiss, erfasst typische Unebenheiten
groß (800mm)	Großflächig, übersieht kleine lokale Probleme

4.2 Schwellwert

Ab welcher Abweichung wird eine Stelle als "Problem" markiert?

Schwelle	Anwendung
±1 mm	Sehr genau, für Parkett mit dünner Trittschalldämmung
±2 mm	Standard für schwimmende Böden (empfohlen)
±3 mm	Toleranter, für dickere Unterlagen oder Vinyl

5. Koordinatensystem

Das Raster ist auf die **Nordwand** als Bezug ausgerichtet:

Achse	Nullpunkt	Richtung
X	Nordost-Ecke	0 → Westen (nach links)
Y	Nordwand	0 → Süden (nach unten)

So kann mit der **Schlagschnur** einfach von der Nordwand aus eingemessen werden: 500mm, 1000mm, 1500mm usw. nach Süden und Westen.

6. Ausgabeformate

Format	Verwendung
PNG (300 DPI)	Hochauflösend für Druck und Bildschirm
PDF	Für Dokumentation und Archivierung
DXF	Für AutoCAD, mit separaten Layern pro Element

6.1 DXF-Layer

Layer	Farbe	Inhalt
GRUNDRISS	Weiß	Raumkontur
NORDWAND	Rot	Bezugskante und Nullpunkt
RASTER_500	Grau	50cm Hauptraster
RASTER_100	Hellgrau	10cm Feinraster
ABTRAGEN_MARKER	Rot	Kreise an Buckelstellen
ABTRAGEN_WERT	Rot	mm-Werte zum Abschleifen
SPACHTELN_MARKER	Blau	Quadrate an Muldenstellen
SPACHTELN_WERT	Blau	mm-Werte zum Auftragen

7. Zusammenfassung

Der Algorithmus funktioniert in drei einfachen Schritten:

1. Für jeden Punkt: Nachbarn im 400mm-Radius finden
2. Median der Nachbar-Höhen = lokale Referenz
3. Abweichung = Ist-Höhe – Referenz

Das Ergebnis zeigt präzise, wo der Boden **abgetragen** (Buckel) oder **gespachtelt** (Mulden) werden muss – unabhängig vom Gesamtgefälle des Raums.