Swiss LiDAR Day

SWISS LIDAR DAY 2026

Workshop 4: LiDAR und digitale Modelle

Fortgeschrittene Darstellungen und Visualisierungen mit Open-Source-Werkzeugen

LEITUNG
Corentin Junod (SITN) & Raphael Würgler (EPFL)
corentin.junod@ne.ch

DATUM
10.11.2026

Der Workshop in Kürze

LiDAR beschreibt unsere Umgebung mit bemerkenswerter Genauigkeit. **Wie lassen sich diese Daten nutzen?**

Ziele:

- **Open-Source**-Programme kennen, um Punktwolken und Raster anzuzeigen
- Visualisierungs- und Darstellungstechniken entdecken
- Auf Ihren Computern mit echten Daten üben
- Die passende Visualisierung wählen können

Programm

Einführung · Punktwolken · Theorie	15′
Teil 1 · Punktwolken · Praxis	45′
Teil 2 · Rastermodelle · Theorie	15′
Teil 2 · Rastermodelle · Praxis	45′

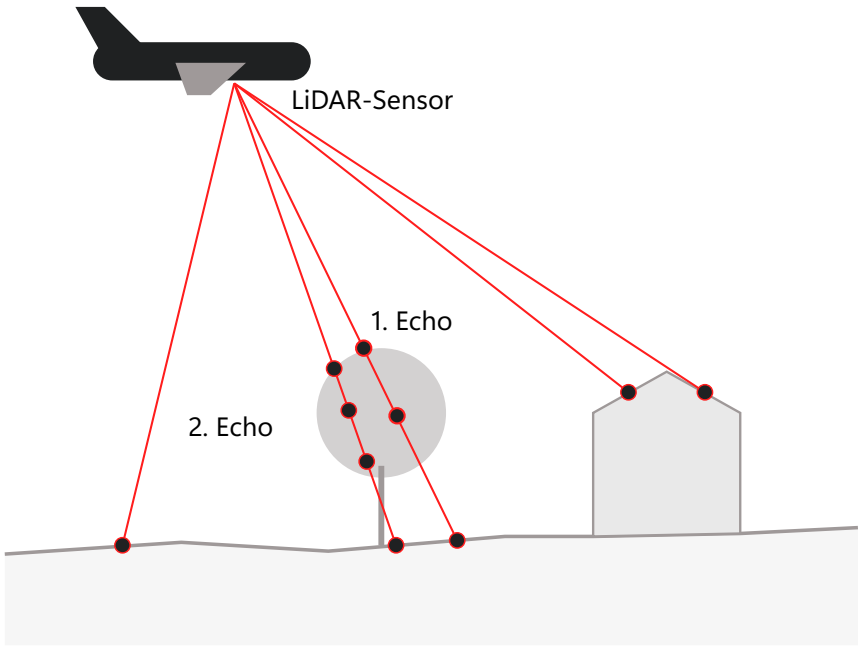
TEIL 1

Punktwolken

LiDAR-Grundlagen · 3D-Darstellungsmethoden

LiDAR in einer Minute

- Ein **Laserstrahl** tastet das Gelände in Pulsen ab
- Gemessen wird die **Laufzeit** jedes Pulses: eine Distanz
- Mit Position und Ausrichtung des Sensors wird jede Messung zu **einem 3D-Punkt**
- Ein Puls kann **mehrere Echos** erzeugen: Kronendach, Äste, Boden …
- Der Sensor kann auf einem Flugzeug oder einem Auto montiert, in der Hand getragen werden usw.



Was jeder Punkt enthält

X Y Z	Position
Intensität	Stärke des zurückkommenden Signals
Echonummer	1., 2., 3. Echo …

Durch spätere Verarbeitung hinzugefügt:

Klasse	Boden, Vegetation, Gebäude, Wasser …
RGB	Farbe, oft aus Luftbildern

Sowie weitere Attribute: Scanwinkel, GPS-Zeit usw.

Die Intensität: Stärke des zurückgeworfenen Strahls

Sie hängt vom Material, vom Einfallswinkel, von der Distanz und von der Feuchtigkeit ab. Relativer Wert, manchmal normalisiert.

Wie stellt man eine Punktwolke dar?

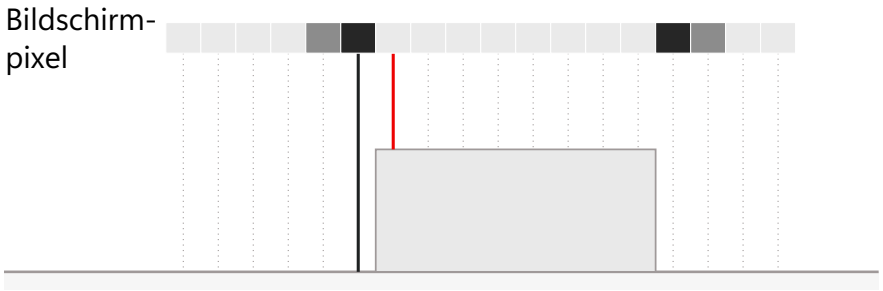
Ein Punkt hat **weder Fläche noch Ausrichtung**: Ohne Beleuchtung bleibt das Bild flach, und die Tiefe ist schwer wahrnehmbar.

Die Lösung: die Punkte einfärben und schattieren.

> **Zwei Familien von Schattierungen**
>
> **Bildraum**: arbeitet auf dem gerenderten Bild (Tiefenpuffer). Schnell.
> **Objektraum**: arbeitet auf der vollständigen 3D-Szene. Korrekt, aber aufwendig.

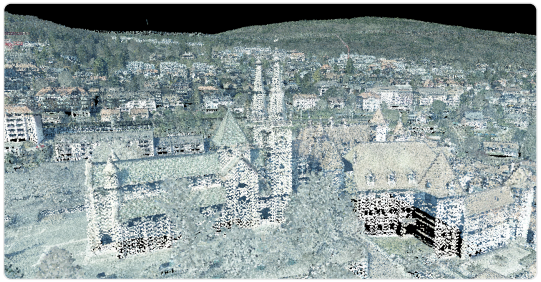
Eye-Dome Lighting (EDL)

Man vergleicht die **Tiefe** eines Pixels mit jener seiner **Nachbarn auf dem Bildschirm**. Liegen die Nachbarn näher an der Kamera, wird das Pixel abgedunkelt. Silhouetten und Tiefensprünge werden betont, wie mit einer Konturlinie.

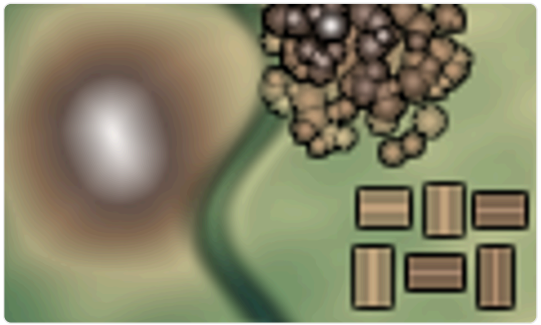


+ Echtzeit, auch bei grossen Wolken
+ Keine Normalen oder Flächen nötig

– Nicht physikalischer Effekt, dunkle Halos
– Abhängig von Zoom und Parametern



Ohne EDL



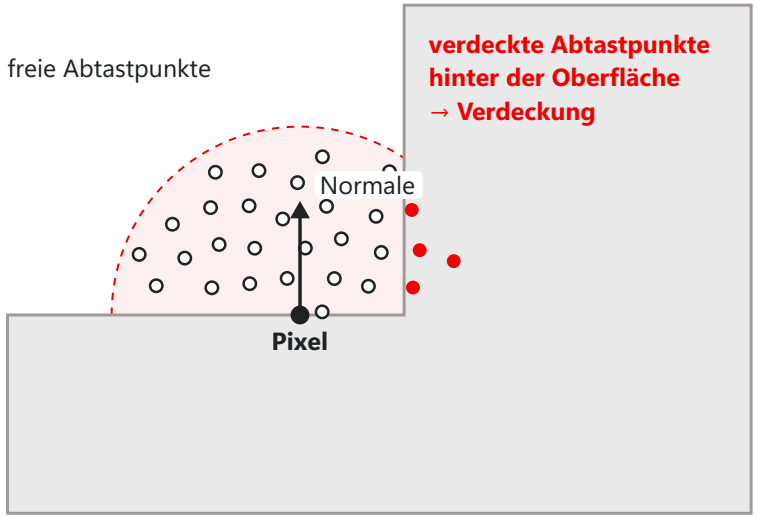
Mit EDL

Screen-Space Ambient Occlusion (SSAO)

Annäherung an die **Umgebungsverdeckung**: Ein Punkt am Grund einer Vertiefung erhält weniger Licht als ein freiliegender Punkt.

Um jedes Pixel werden **Abtastpunkte in einer Halbkugel** verteilt, und man zählt jene, die hinter der sichtbaren Oberfläche liegen.

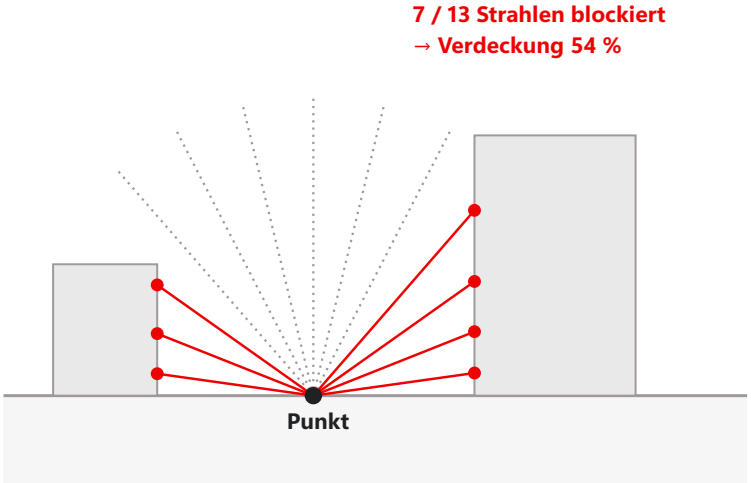
+ Vertiefungen und Kontaktstellen werden natürlich abgedunkelt
+ Echtzeit auf der Grafikkarte
– Sieht nur, was **auf dem Bildschirm** ist
– Fester Radius, Normalen müssen geschätzt werden



Ray-Traced Ambient Occlusion (RTAO)

Von jedem Punkt aus werden **Strahlen** in alle Richtungen des Himmels ausgesandt, durch die **vollständige 3D-Szene**. Der Anteil blockierter Strahlen ergibt die Verdeckung.

+ Physikalisch korrekt
+ Berücksichtigt auch, was ausserhalb des Bildschirms liegt
– Sehr rechenintensiv
– Fixes Ergebnis: bei Änderung der Szene neu zu berechnen



TEIL 1 · PRAXIS

Ab in die Praxis!

Workshop-Unterlagen, Teil 1: CloudCompare und Potree · 45 Minuten

UNTERLAGEN ZUM HERUNTERLADEN

sitn.ne.ch/web/sld2026

TEIL 2

Rastermodelle

Rasterisierung · digitale Modelle · Reliefschattierung

Von der Punktwolke zum Raster



Punktwolke
(unregelmässig, x y z)

Rasterisierung

Teilweise komplexer Prozess
Hier nicht behandelt

440	441.1	433.4	442	435.3
447.5	447.8	431.6	434.8	434.6
443.2	444.7	434.3	433.2	434.4
434.6	435.9	432	434	434.5

Raster
(regelmässiges Werteraster)

Ein regelmässiges Gitter

Jede Zelle (Pixel) trägt einen Wert: Höhe, Intensität, Dichte …

Eine Auflösung

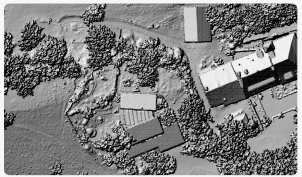
Die Zellgrösse (z. B. 50 cm) bestimmt den Detaillierungsgrad.

Welche Punkte? Welches Raster?

DOM — Oberfläche: Oberkante der Objekte
DTM — Terrain: nackter Boden

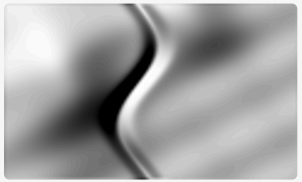


DOM · alle Punkte



Oberfläche: Gebäude, Vegetation und Boden

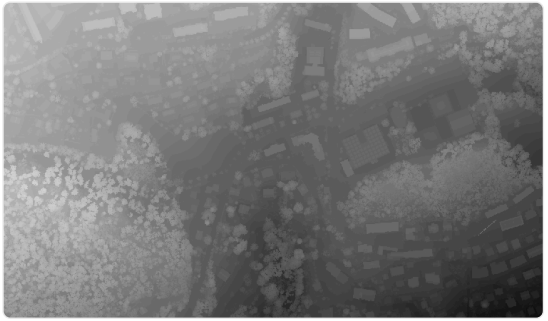
DTM · nur der Boden



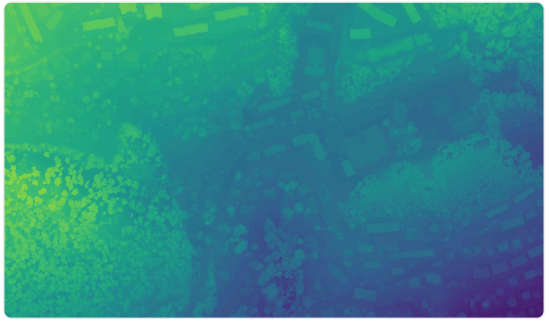
Terrain: der Boden «unter» den Objekten

Es gibt auch weitere Rastertypen.

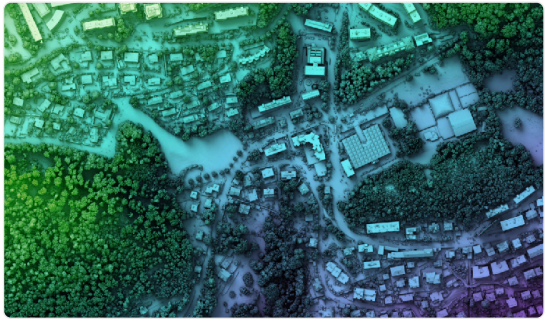
Das Relief lesbar machen



Höhe in Graustufen



Höhe in Farbe

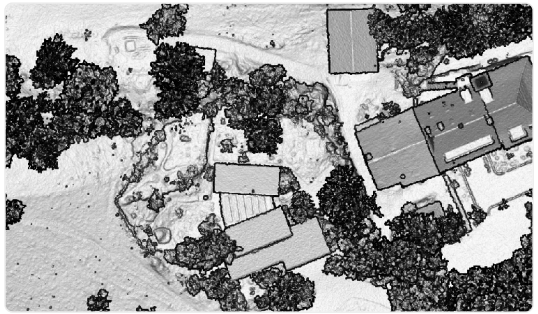


Höhe + Schummerung

Ein roh angezeigtes Höhenraster ist **schwer lesbar**: Lokale Variationen gehen in der Gesamtamplitude unter. Wie bei Punktwolken wendet man **Schattierungstechniken** an, diesmal in 2,5D.

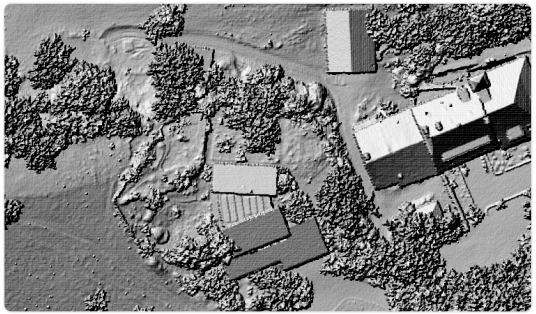
Gerichtetes Licht → **Schummerung**
Umgebungsverdeckung → **Sky-View Factor**
Form, Konvexität → **Openness**

Neigung und Schummerung



Neigung: hell = flach, dunkel = steil

Neigung: Höhenänderung zu den Nachbarpixeln.
Lokales Mass, ohne Richtung.



Schummerung · Azimut 315°, Höhenlage 45°

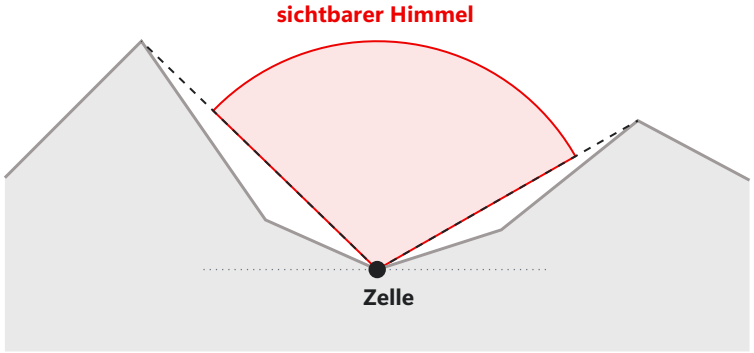
Schummerung: lokale Beleuchtung durch eine simulierte Sonne.
Ignoriert die Umgebung.

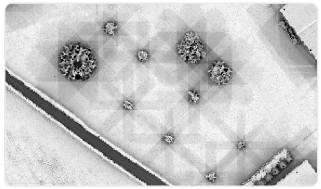
+ Einfach, sehr schnell, universell
+ Intuitiv lesbares Relief
– Strukturen parallel zum Licht **verschwinden**
– Hänge im Schatten versinken im Schwarz

> Die **Schummerung aus mehreren Richtungen** löst einen Teil der Probleme mit Licht aus mehreren Richtungen.

Sky-View Factor · Raster-Umgebungsverdeckung

Berechnet den **sichtbaren Himmelsanteil** von jedem Pixel aus:
1 = Himmel vollständig frei
0 = Grund eines Lochs (kein Himmel sichtbar)
Keine bevorzugte Lichtrichtung.





Angenäherter SVF: 8 Richtungen. Die Sternmuster sind Artefakte.

Methode 1: Annäherung

Berechnung entlang **n fester Richtungen** bis zu einer **Distanz R**. Schnell, aber **Artefakte**: Sternmuster, Relief jenseits von R wird ignoriert.

Methode 2: Raytracing

Viele Strahlen in die ganze Halbkugel, ohne künstliche Grenze: genauer, aber **viel länger** zu berechnen.

Openness

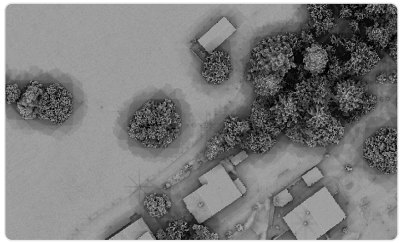
Mittlerer **Öffnungswinkel** um jede Zelle, gemessen in n Richtungen bis zu einer Distanz R.

- **Positiv**: zum Himmel hin, **Grate und Kanten** treten hervor
- **Negativ**: zum Untergrund hin, **Senken, Gräben und Mulden** treten hervor

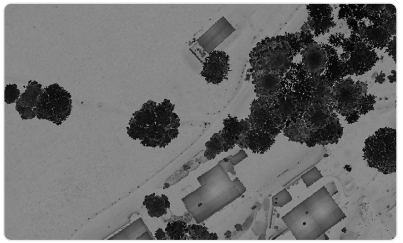
\+ Unabhängig vom Licht: keine Struktur wird verdeckt

\+ Feine Formen: Archäologie, Geomorphologie

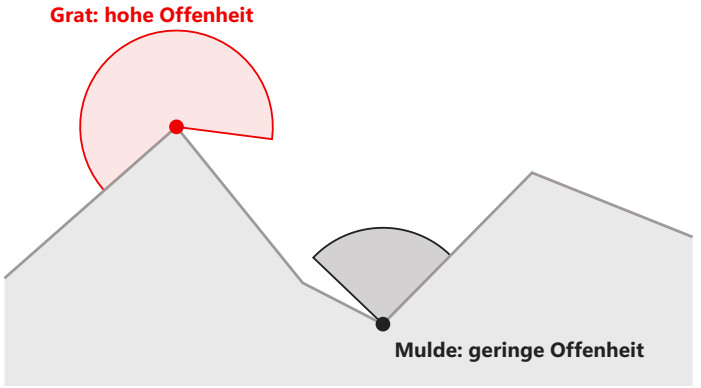
– Weniger intuitiv als eine Schummerung; empfindlich auf die Wahl von R



Positive Openness



Negative Openness (invertiert)



TEIL 2 · PRAXIS

Ab in die Praxis!

Workshop-Unterlagen, Teil 2: QGIS und RVT · 45 Minuten

UNTERLAGEN ZUM HERUNTERLADEN

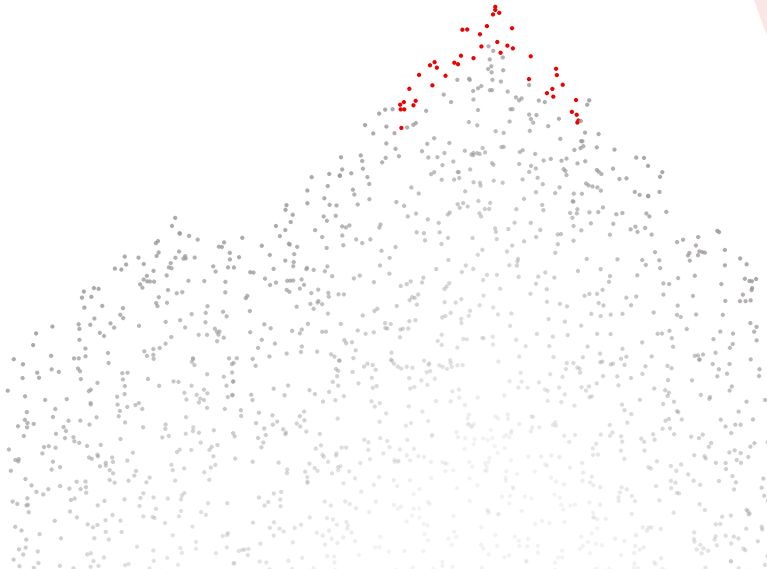
sitn.ne.ch/web/sld2026

Swiss LiDAR Day

Danke!

Zögern Sie nicht, uns Ihre Fragen, Bemerkungen und Erfahrungen mitzuteilen.

Swiss Lidar Day 2026 · swisslidarday.ch



LEITUNG

Corentin Junod (SITN) & Raphael Würgler (EPFL)

corentin.junod@ne.ch

DATUM

10.11.2026