



netidee
PROJEKTE

Potree-Next

Endbericht | Call 18 | Projekt ID 6863

Lizenz CC BY-SA

Inhalt

Einleitung	3
Projektbeschreibung.....	4
Verlauf der Arbeitspakete	5
Liste Projektergebnisse	7
Verwertung der Projektergebnisse in der Praxis.....	7
Öffentlichkeitsarbeit/ Vernetzung	8
Geplante Aktivitäten nach netidee-Projektende	8
Anregungen für Weiterentwicklungen durch Dritte	9

Einleitung

Massive 3D Datensätze in Form von Punktwolken sind im Allgemeinen wenig bekannt und dennoch weltweit im großen Stil in Verwendung. Von 3D Aufnahmen ganzer Länder, über Gebäude bis hin zu kleinen Objekten. Punktwolkenscans bestechen im Vergleich zu ihren Alternativen durch ihre hohe Koordinatengenauigkeit, und werden deswegen gerne in der Vermessung und Planung verwendet.

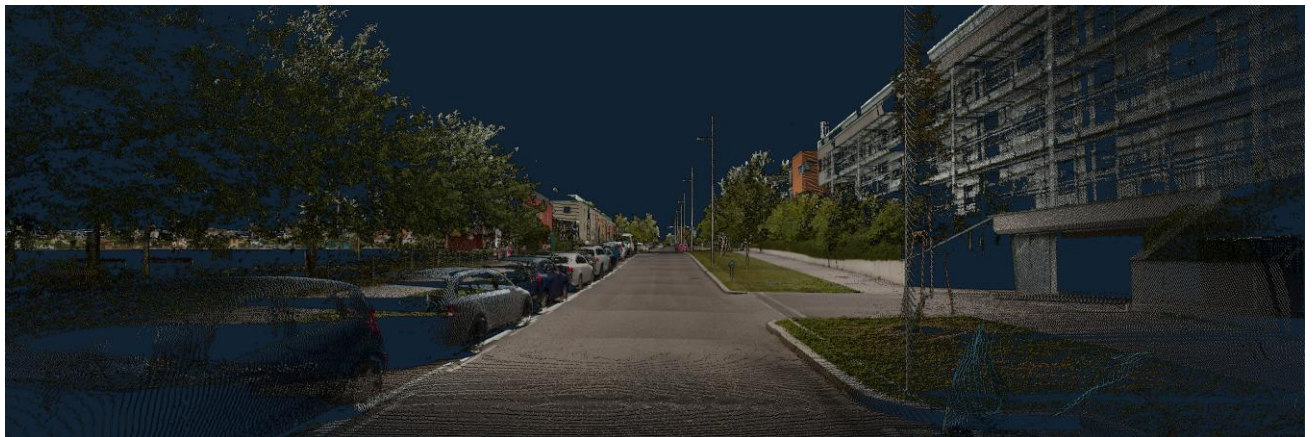
Einige Beispiele:

- Stadt Wien: Airborne Laserscanning (ALS) 2023
239 GB, Punktdichte ≥ 16 Punkte / m²



(Wien Hauptbahnhof)

- Stadt Wien Kappazunder
<https://digitales.wien.gv.at/projekt/kappazunder/>
Mobile Laser Scan + Bilder: >100TB



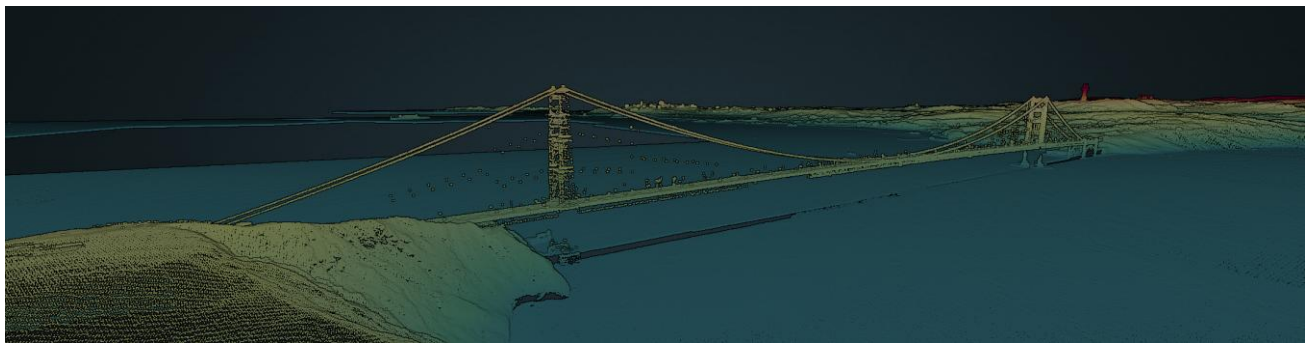
(Stadt Wien, Data Set: Los_06/data/pointclouds/20230810_61/zf4524)

- Actueel Hoogtebestand Nederlands (AHN): Ein Programm welches alle paar Jahre die gesamten Niederlande als 3D Datensatz im Zuge von Befliegungen aufnimmt. Die zweite Befliegung (AHN2) bestand aus 640 Milliarden Punkten (2.4TB komprimiert).



(Amsterdam City Center, Data Set AHN2)

- 3D Elevation Program (3DEP): Aerial Laserscans der gesamten USA. Derzeit stehen 2201 Einzeldatensätze mit insgesamt 71 Billionen Punkten auf <https://usgs.entwine.io/> zur Betrachtung zur Verfügung, unter anderem mit der WebGL-basierten Version von Potree.



(Golden Gate Bridge, Data Set „ARRA-CA_GoldenGate_2010“)

In Spielen oder anderen gängigen 3D Anwendungen werden üblicherweise Dreiecksmodelle verwendet, welche optisch besser aussehen und Details sparsamer durch Texturen simulieren. Gründe weshalb Punktwolken dennoch stark in Verwendung sind, sind z.B., dass Laserscanner direkt Punkte erzeugen und keine Dreiecke, und weil diese Punkte daher unverfälschte, genaue Aufnahmedaten für Vermessung darstellen. Für öffentlichkeitswirksame Präsentation und Distribution werden diese Aufnahmedaten dann allerdings oftmals 3D-Dreiecksmodellen umgewandelt, was Zeit kostet und die Genauigkeit beeinträchtigt, aber optisch Eindrucksvoller ist. Je nach Use-Case, z.B. Vermessung oder Präsentation, kommen daher unterschiedliche Datentypen zur Anwendung.

Projektbeschreibung

Potree-Next ist eine zeitgemäße Neuauflage von Potree, einem WebGL-basierten Viewer für massive Punktwolkendatensätze. WebGL ist in die Tage gekommen und seit einigen Jahren besteht von Browserherstellern das Bestreben es durch eine modernere Grafik-API abzulösen: WebGPU. Mit 2025 steht WebGPU nun erstmals offiziell in Firefox, Chrome, Edge und Safari auf Desktop-PCs in Windows und auf Mac zur Verfügung, und Unterstützung auf Linux sowie auf mobilen Geräten soll folgen.

Die WebGPU-basierte Neuauflage hat zum einen das Ziel auf eine moderne, zukunftsorientierte Grafik-API umzusteigen, und zum anderen neue gefragte Features zu unterstützen. Dazu zählen insbesondere eine neue Streaming-Datenstruktur für schnelleres Laden in besserer Qualität;

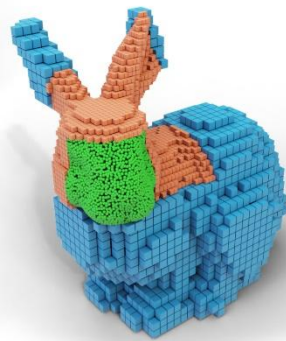
support für große Dreiecksmodelle zusätzlich zu Punktwolken; und support für beliebige Punktattribute. Zudem haben wir im Laufe des Projektes Gaussian Splatting als weiteres Arbeitspaket hinzugefügt, da dieses seit Projektbeginn einen enormen Hype erlebt.

Verlauf der Arbeitspakete

1.1 Arbeitspaket 1 - Detailplanung und Formales am Projektstart

Planung und resultierende Unterlagen wurden im Zuge der ersten Förderrate übermittelt.

1.2 Arbeitspaket 2 - Neue LOD Struktur

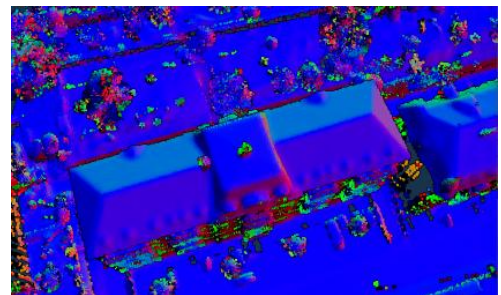


Die neue LOD Struktur wurde in Potree-Next integriert und bietet nun höhere Qualität bei niedrigeren Detailstufen, sowie eine höhere Ladegeschwindigkeit bei langsamen Internetverbindungen durch stärkere Kompression. Erstellt wird diese LOD Struktur mit PotreeConverter-Next, basierend auf Entwicklungen aus dem Paper „SimLOD: Simultaneous LOD Generation and Rendering for Point Clouds“. Zusätzlich haben wir auch Rückwärtskompatibilität für das Vorgängerformat aus PotreeConverter 2.x integriert, um den Umstieg für

Benutzer die dieses Bereits verwenden zu erleichtern.

1.3 Arbeitspaket 3 - Rendern beliebiger Attribute

Unterstützung für beliebige Punktattribute soll es Benutzern ermöglichen ihre Datensätze aus verschiedensten Anwendungen mit zahlreichen eigenen Attributen und Kodierungen in Potree visualisieren zu können. AP3 bietet Nutzern die neue Möglichkeit selber kleine Programmstücke zu schreiben welche die Bytes des Attributes decoden und zu Farben konvertieren. Diese



Funktionalität wurde oft gewünscht da diverse Anwendungen eine große Zahl verschiedenster Attribute in verschiedensten Kodierungen abspeichern. Für Oberflächennormalen gibt es beispielsweise 30+ Möglichkeiten ein und dieselbe Information auf verschiedenste Weise zu speichern, Anfangen von einfachen Richtungsvektoren in Form von drei 32-bit oder 64-bit floating-point Werten, bis hin zu Kodierungen über mehrere Winkel mit verschiedenen Quantisierungen die das Endergebnis mit 2 bis 12 Byte abspeichern.

Potree-Next erlaubt es nun auf sehr einfache Weise diese Programmstücke zu schreiben, wobei alle Standardattribute mit demselben System umgesetzt wurden sodass Nutzer Zahlreiche Vorlagen haben um ihre eigenen Attribute zu unterstützen.

Während das „Programmable-Custom-Attribute“ vollständig umgesetzt wurde, so wurde das nice-to-have Ziel eines rein GUI-basierten Systems mit dem derzeitigen Stand noch nicht erreicht.

Stattdessen haben wir uns darauf fokussiert das programmierbare System so einfach wie möglich zu gestalten.

1.4 Arbeitspaket 4 – Support für 3D-Tiles



3D-Tiles sind eines der Hauptaugenmerke von Potree-Next, da sie es erlauben zusätzlich zu beliebig großen Punktwolken nun auch sehr große Dreiecksdatensätze in einer Szene darzustellen. Von SITN haben wir hierfür einen 3D-Tiles Datensatz der Stadt Le Locle im Kanton Neuchâtel in der Schweiz erhalten, welchen wir nun zusammen mit Punktwolken des Kantons in einer Szene

zusammen darstellen können.

1.5 Arbeitspaket 5 – Gaussian Splatting

3D Gaussian Splatting (3DGS) ist eine neue und in kürzester Zeit populär gewordene Methode um reale Objekte mittels Photos zu scannen, 3D-Objekte daraus zu erzeugen, und am Computer darzustellen. Dieses Arbeitspaket wurde nachträglich hinzugefügt da 3DGS mitunter die optisch besten Ergebnisse liefert und eine signifikante Bereicherung für Potree-Next darstellt.



Splats stellen eine besondere Herausforderung dar da sie vergleichsweise viel Speicher benötigen und effizientere, komprimierte Strukturen oder LOD-Strukturen noch in Anfangsphasen stehen. Die derzeitige Unterstützung für 3DGS basiert auf den von INRIA generierten PLY Format. Potree-Next kann diese nun progressiv Laden, und die enthaltenen Splats zusammen mit großen Punktwolken und 3D-Tiles in einer Szene darstellen.

Neben den Herausforderungen bietet die Neuauflage von Potree in WebGPU allerdings auch besondere Vorteile gegenüber WebGL. Splats müssen aufgrund ihrer Transparenz in einer bestimmten Reihenfolge gerendert werden (front-to-back), was bedeutet, dass diese in jedem Frame basierend auf den Blickwinkel neu sortiert werden müssen. Für schnelles sortieren bieten sich compute-shader an welche diese Aufgabe schneller und direkt auf der GPU erledigen, diese gibt es allerdings erst seit WebGPU. WebGL-basierte Gaussian Splat renderer bedienen sich Workarounds die so funktionieren, dass man über mehrere Frames hinweg die Daten auf der CPU sortiert und das Ergebnis dann von CPU zu GPU Speicher überträgt. Das Problem dabei ist, dass die CPU wesentlich langsamer sortiert und die Übertragung von größeren Datenmengen von CPU-Speicher zu GPU-Speicher langsam ist, wodurch die Korrekte Sortierung in WebGL-basierten Renderer üblicherweise mehrere Frames hinterherhängt. Dank WebGPU können wir die Sortierung in jedem Frame schnell und direkt auf der GPU erledigen.

1.6 Arbeitspaket 6 -Zwischenbericht

Mit Abgabe des Zwischenberichtes abgeschlossen.

1.7 Arbeitspaket 7 – Dokumentation und Formales am Projektende

Im Zuge von AP7 wurden eine kurz-und-bündige Entwickler und Benutzerdokumentation erstellt. Mit Potree haben wir in der Vergangenheit die Erfahrung gemacht, dass das wichtigste an dieser Art von Projekt ist, dass Nutzer es schnell und – den Umständen entsprechend – einfach aufsetzen können.

Für Benutzer ist es zudem wichtig eine Reihe von Beispielen zur Demonstration verschiedener Funktionalität zur Verfügung zu stellen. Diese können dann schnell und einfach auf eigene Bedürfnisse adaptiert werden. Im Zuge dessen haben wir separate Beispiele für einen normalen Punktwolkendatensatz, 3D-Tiles, Gaussian Splats, und extra Attribute erstellt.

Ein substantieller Teil der Arbeit von AP7 ist daher für die Aufbereitung von Beispielen aufgekommen. Als Wiener Entwickler haben wir zudem Wert darauf gelegt auch einen Datensatz von Wien, nämlich den ALS Flug von 2023, als Beispiel zur Verfügung zu Stellen.

Liste Projektendergebnisse

1	<i>Projektzwischenbericht</i>	CC BY-SA 4.0	https://www.netidee.at/potree-next
2	<i>Projektendbericht</i>	CC BY-SA 4.0	https://www.netidee.at/potree-next
3	<i>Entwickler_innen-DOKUMENTATION</i>	CC BY-SA 4.0	https://www.netidee.at/potree-next
4	<i>Anwender_innen-DOKUMENTATION</i>	CC BY-SA 4.0	https://www.netidee.at/potree-next
5	<i>Zusammenfassung</i>	CC BY-SA 4.0	https://www.netidee.at/potree-next
6	<i>Potree-Next WebGPU Viewer</i>	AGPL 3	https://github.com/m-schuetz/Potree-Next
7	<i>PotreeConverter Branch „v3“ generiert die neue Datenstruktur. Integration in main Branch ist in Entwicklung.</i>	BSD 2-Clause	https://github.com/potree/PotreeConverter
8	<i>Potree-Next Online Beispiele</i>	CC BY-SA 4.0	https://github.com/m-schuetz/Potree-Next

Verwertung der Projektergebnisse in der Praxis

Wir erwarten, dass der Umstieg von der derzeitigen Version von Potree 1.8 hin zu Potree-Next nach Veröffentlichung langsam aber stetig verlaufen wird. Potree 1.8 wird bereits von vielen Nutzern

weltweit verwendet, und auch in Wien z.B. von der MA41 zur Betrachtung und Demonstration der eigenen Daten, sowie in einer neu entwickelten Street-View ähnlichen Anwendung, welche Potree 1.8 zusätzlich integriert um die Daten auch in vollem 3D betrachten zu können. Sobald Potree-Next eine entsprechende Produktionsreife entwickelt, ist davon auszugehen, dass die Nutzer nach und nach darauf umsteigen werden.

Der offizielle Switch von Potree-Next von der Entwicklungsversion zur Standardversion erfolgt sobald WebGPU überall verfügbar ist (inkl. Linux und Smartphones), und die Produktionsreife von Potree-Next erreicht ist.

Öffentlichkeitsarbeit/ Vernetzung

Potree-Next wird nach und nach das derzeitige, WebGL-basierte Potree 1.8 ablösen. Um den Umstieg zu gewährleisten stehen wir in Kontakt mit Benutzern die Potree seit Jahren verwenden. Dazu zählen z.B. SITN, MA41, Geodelta, Iconem, sowie diverse Nutzer im Bereich der Forschung. SITN ist die Geoinformationsabteilung des Kantons Neuchatel, die seit vielen Jahren Potree verwendet und dieses auch anderen staatlichen Vermessungsstellen empfohlen hat. SITN hat uns auch diverse Datensätze speziell für Potree-Next zur Verfügung gestellt, wie z.B. den 3D-Tiles Datensatz von Le Locle, Punktwolkendatensätze mit 360° Panoramas, sowie Punktwolken mit diversen extra Attributen. Die MA41 (Stadtvermessung) baut derzeit ein internes Vermessungstool auf welches unter anderem Potree verwendet um die 3D-Scans der Stadt Wien leicht zugänglich zu machen. Derzeit baut die MA41 noch auf Potree 1.8 auf, aber sobald eine gewisse Stabilität und Produktionsreife gegeben ist rechnen wir damit, dass diese in den kommenden Jahren auch auf Potree-Next umsteigen wird. Sowohl SITN und MA41, sowie weitere Nutzer haben uns zudem den Wunsch mitgeteilt, dass Potree auch das neue COPC Format unterstützen soll. Diesem Wunsch werden wir im weiteren Verlauf nachkommen.

- Ankündigung des Projektes auf Twitter: https://x.com/m_schuetz/status/1729890672474210321
- Post zu Projektergebnis bzw. weiterem Verlauf auf Twitter: https://x.com/m_schuetz/status/1976642418729517431
- Post zu Projektergebnis bzw. weiterem Verlauf auf Bluesky: <https://bsky.app/profile/m-schuetz.bsky.social/post/3m2ts25ajqs23>

Geplante Aktivitäten nach netidee-Projektende

Die Hauptaktivität im kurzfristigen Anschluss wird es sein das Projekt zur Produktionsreife zu polieren, mit dem Ziel, dass wir diese erreichen sobald auch WebGPU auf Linux und auf mobilen Geräten (Android Smartphones) weitgehend unterstützt wird.

Zusätzlich dazu haben sich eine Reihe weiterer Ziele und Wünsche von Nutzern abgezeichnet an denen wir arbeiten werden. Dazu gehören:

- Unterstützung vom COPC Punktwolkenformat, sowohl in Potree-Next, als auch im PotreeConverter. COPC ist ein Gegenstück zum Octree format das PotreeConverter generiert, hat aber einige attraktive Vorteile, allen voran dass es eine Standard „LAZ“ Datei ist. LAZ ist ein weit verbreitetes Format das in nahezu allen Punktwolkenanwendungen unterstützt wird, und COPC organisiert es in einer optionalen LOD Struktur die man verwenden kann, aber nicht muss. Wir werden in Zukunft PotreeConverter adaptieren sodass es ebenfalls COPC generiert.
- Große 360° Datensätze. Mobile 3D Scans wie z.B. von SITN oder der MA41 erstellen zusätzlich zu Punktwolken alle ~10 Meter ein 360° Foto. In Zukunft soll es möglich sein diese in Street-View ähnlicher Art zu betrachten. Ein erster Prototyp existiert, einige Bugfixes sind aber noch notwendig damit es Einsatzbereit ist.
- Level-of-Detail Gaussian Splats. Hier zeichnen sich erste Durchbrüche im State-of-the-Art ab, welche wir in Potree integrieren werden.
- Reimplementierung der Vermessungsfeatures aus Potree 1.8. Potree wird gerne zur Vermessung von 3D-Aufnahmen verwendet, und dies soll natürlich auch in Potree-Next weiterhin möglich sein.
- Aktualisierung von PotreeDesktop durch Potree-Next. PotreeDesktop verpackt Potree mittels Electron als Desktop Anwendung, wodurch Nutzer es auf dem lokalen PC verwenden können ohne vorher einen Webserver einrichten zu müssen.

Anregungen für Weiterentwicklungen durch Dritte

Zahlreiche Features in Potree 1.8 basieren auf Submissions durch Dritte, und wir hoffen dass dies auch in Potree-Next der Falls ein wird. Mögliche Features wären z.B.

- Unterstützung beim Portieren von Features von Potree 1.8 auf Potree-Next.
- Eine Sammlung an häufig vorkommenden Extra-Attributen. Diese können nun durch kleine, modulare Codestücke beigetragen werden.
- Internationalization/Übersetzungen in weitere Sprachen.

Zur einfachen Kollaboration hat es sich bisher bewährt ein Github Repository zu Hosten welches einfach zum Laufen zu bringen ist, mit einigen Beispielanwendungen um die verschiedenen Features in Isolation zu demonstrieren.