

# ECHTZEIT-RENDERING-TECHNIKEN FÜR 3D-PUNKTWOLKEN BASIEREND AUF SEMANTISCHEN UND TOPOLOGISCHEN ATTRIBUTEN

Sören Discher  
Hasso-Plattner-Institut, Deutschland

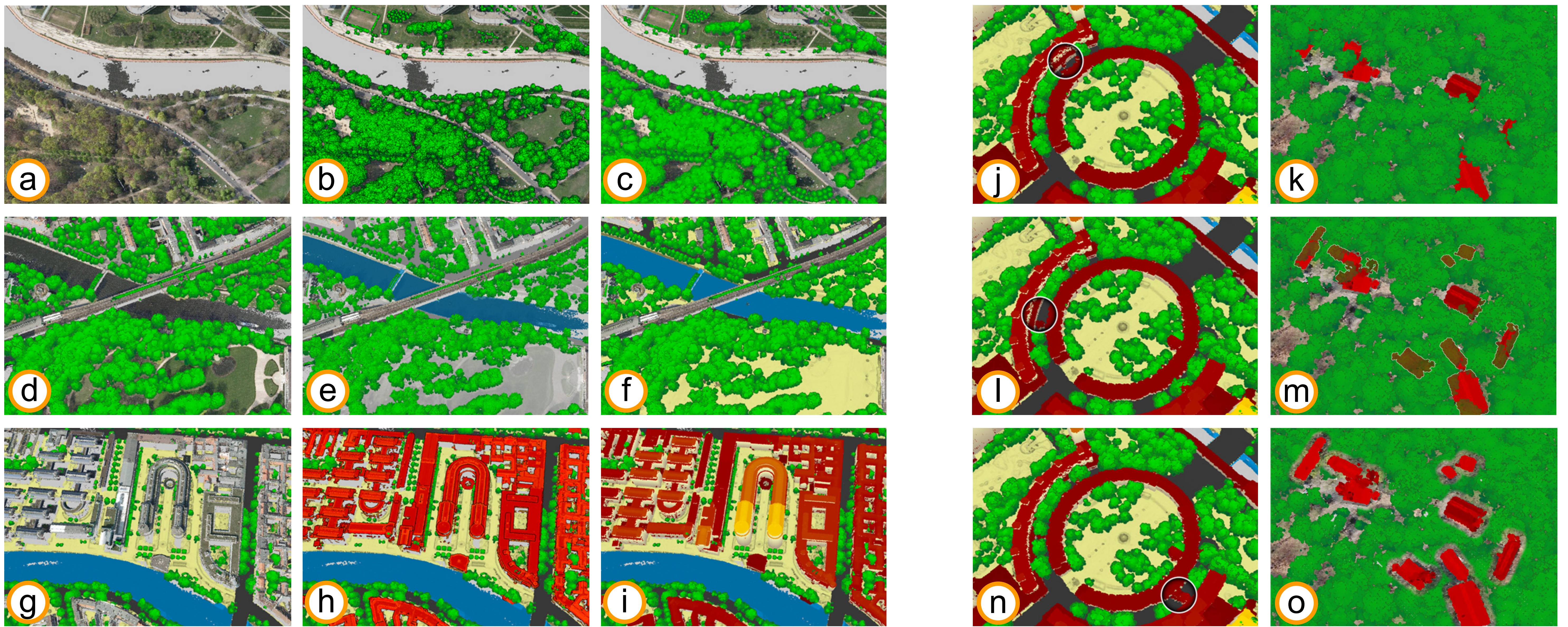


Abb. 1: Unterschiedlicher Darstellungsstile für verschiedene Oberflächenkategorien: (a-c) - Splatbasierte, volumenhafte und nicht-photorealistische Darstellung von Vegetationspunkten. (d-f) Einföhrung von Geländepunkten mit Luftbildfarben, anhand von topologischen Attributen oder durch Kombination von beiden Varianten. (g-i) - Splatbasierte, nicht-photorealistische und solide Darstellung von Gebäudepunkten. Techniken zur interaktiven (j,l,n) oder statischen (k,m,o) Fokus-&-Kontext-Visualisierung ermöglichen die gezielte Hervorhebung einzelner Strukturen.

## 1 Zusammenfassung

3D-Punktwolken, die mittels LiDAR oder photogrammetrischen Verfahren effizient erzeugt werden können, stellen im Kontext von Geoinformationssystemen eine essentielle Kategorie von Geodaten dar [Discher et al., 2014; Nebiker et al., 2010]. Echtzeitfähige Rendering-Techniken für 3D-Punktwolken ermöglichen deren interaktive Darstellung und Erkundung. In der Regel wird dabei für alle Punkte ein einheitlicher Darstellungsstil verwendet: *Topologische Informationen*, die die Struktur bzw. Topologie einer 3D-Punktwolke beschreiben, werden ebenso ignoriert wie *semantische Informationen*, die eine Zuordnung der Punkte zu unterschiedlichen Oberflächenkategorien, wie Bebauung, Gelände und Vegetation ermöglichen. Diese Oberflächenkategorien weisen jedoch unterschiedliche strukturelle Eigenschaften (z.B. Dichte, Planarität) auf, sodass der durch einen einheitlichen Darstellungsstil erzielbare Informationsgewinn –bezogen auf die Differenzierung und Wahrnehmung von Strukturen und Objekten– häufig begrenzt ist. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie semantische mit topologischen Informationen kombiniert werden können, um das Erscheinungsbild von 3D-Punktwolken aufgaben- und anwendungsfallspezifisch zu optimieren. Das vorgestellte neuartige Renderingverfahren ermöglicht es, verschiedene Darstellungsstile für unterschiedliche Punktkategorien zur Laufzeit anzupassen. Das kategoriebasierte Rendering erleichtert die Hervorhebung und damit das Erkennen von einzelnen Strukturen und Objekten; sie wird mit Techniken zur Fokus-&-Kontext-Visualisierung dynamisch umgesetzt. Somit wird es Nutzern erleichtert, die Struktur, den Aufbau und den Gesamtkontext des durch eine 3D-Punktwolke repräsentierten Gebietes zu erfassen, zu analysieren und zu explorieren.



Abb. 2: Rendering einer 3D-Punktwolke mit einheitlichen Darstellungsstil (oben) und unter Berücksichtigung semantischer und topologischer Attribute (unten).

## 2 Renderingverfahren

Das vorgestellte Renderingverfahren ermöglicht es, semantische und topologische Attribute zu nutzen, um den Darstellungsstil jedes Punktes individuell anzupassen. So können kategorieabhängig verschiedene photorealistische und nicht-photorealistische Rendering-Techniken angewendet werden, die jeweils unterschiedliche Charakteristika hervorheben:

**Pixelbasierte Darstellung** – Punkte werden durch quadratische oder kreisförmige computergrafische Primitive dargestellt, die stets entlang der Blickrichtung ausgerichtet sind und eine konstante, in Bildschirmpixeln definierte Größe aufweisen. Je nach Betrachtungsposition überlagern sich benachbarte Punkte oder die 3D-Punktwolke erscheint lückenhaft.

**Splatbasierte Darstellung** – Splats [Botsch et al., 2005] sind kreisförmige Punktrepräsentationen, die entlang einer beliebigen Achse ausgerichtet sein können (z.B. der Oberflächennormalen) und deren Größe abhängig von der Betrachtungsposition perspektivisch korrekt skaliert wird. Folglich werden Überlagerungen oder das Auftreten von Lücken bei veränderter Betrachtungsposition minimiert.

**Nicht-photorealistische Darstellung** – Als Erweiterung der Splatbasierten Darstellung, können die Kontouren der Splats hervorgehoben werden [Xu et al., 2004]. Tiefenunterschiede zwischen benachbarten Splats werden betont, sodass beispielsweise feingranulare Strukturen auf Dächern leichter wahrgenommen werden können.

**Volumenhafte Darstellung** – Bei diesem Ansatz werden die Punkte in Form von Kugeln anstelle von flachen Kreisen repräsentiert. Diese dreidimensionale Darstellung eignet sich insbesondere für geometrisch komplexe Oberflächen wie Vegetationsobjekte.

**Solide Darstellung** – Dieser Ansatz wurde für die Darstellung von Gebäudefassaden entwickelt, die meist nur lückenhaft erfasst wurden, aber dennoch als geschlossene Oberflächen visualisiert werden sollen. Fassaden werden auf Basis der vorhandenen Dachpunkte approximiert [Richter et al., 2015].

Alle Rendering-Techniken können zur Laufzeit pro Oberflächenkategorie und entsprechend der Nutzeranforderungen hinsichtlich Größe, Farbgebung oder Ausrichtung der einzelnen Punkte konfiguriert werden. Dadurch ergeben sich weitere Freiheitsgrade für die aufgaben- oder anwendungsspezifische Visualisierung. Das Renderingverfahren ermöglicht zudem die dynamische Einbindung verschiedener Techniken zur Fokus-&-Kontext-Visualisierung, beispielsweise statischer oder interaktiver Linsen [Trapp et al., 2008]. Somit lassen sich je nach Anwendungsfall relevante Objekte oder Strukturen gezielt im Bild hervorheben, auch wenn diese verdeckt sind.

## 3 Ergebnisse

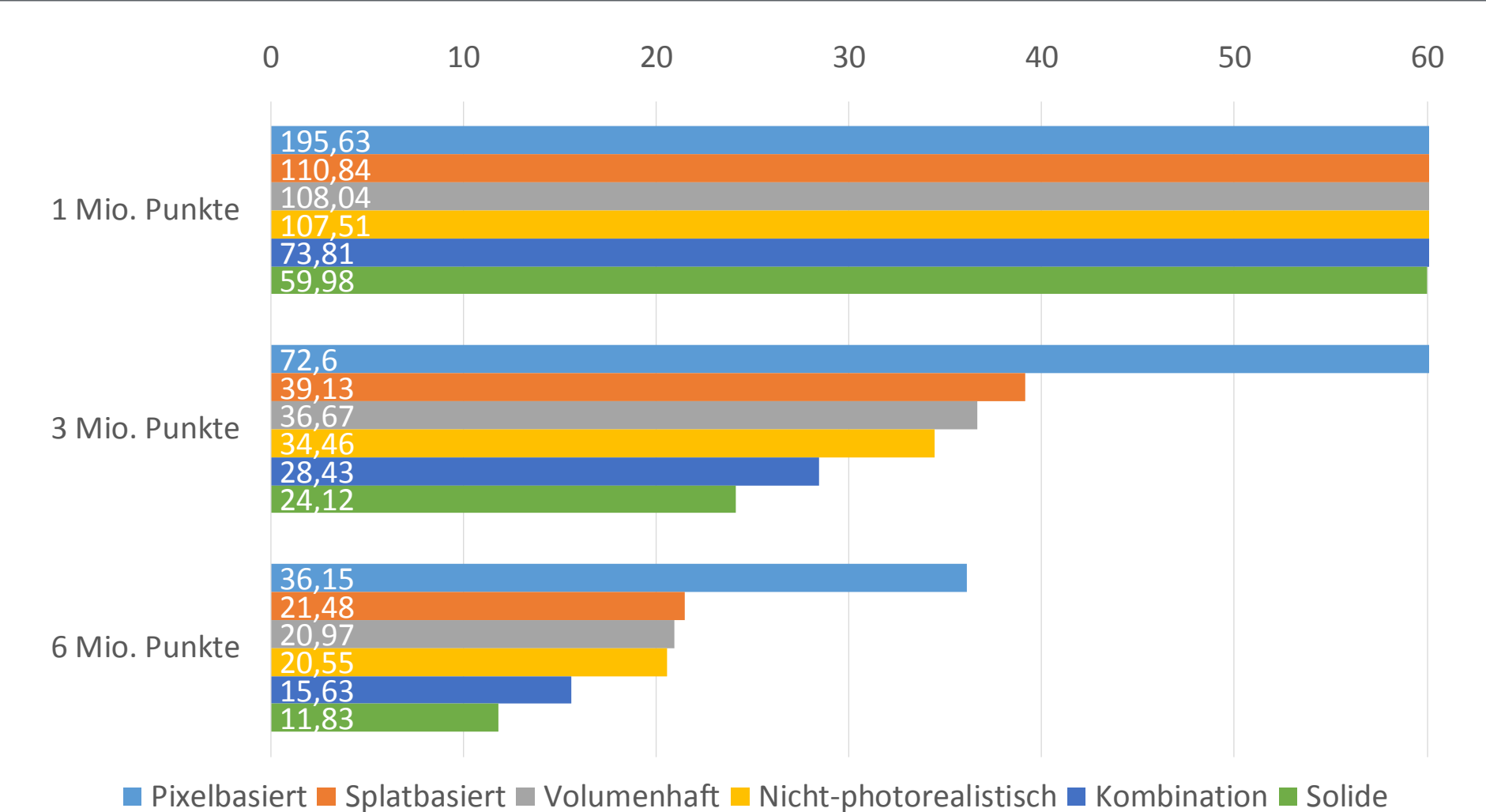
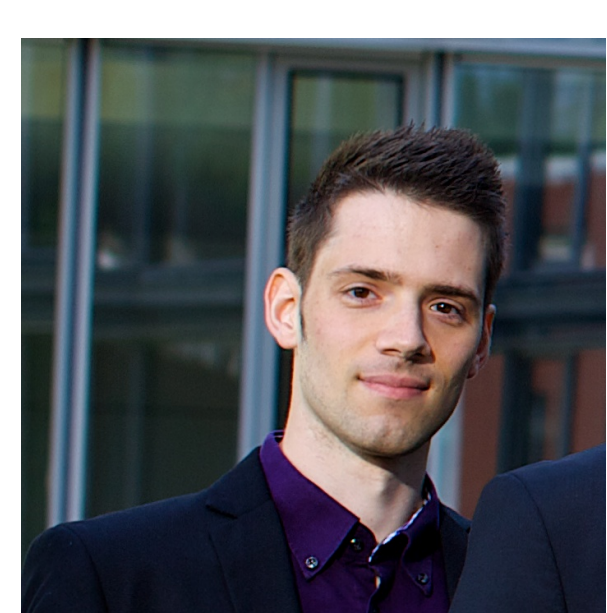


Abb. 3: Durchschnittliche Renderingperformance in frames per second bei steigender Punktzahl.

Die Evaluation des vorgestellten Renderingverfahrens sowie der einzelnen Rendering-Techniken erfolgte anhand zwei unterschiedlich hoch aufgelöster 3D-Punktwolken des Berliner Stadtgebietes aus den Jahren 2008 bzw. 2013, die durch eine flugzeuggestützte Erfassung generiert wurde. Das Testsystem verfügte über eine Intel Xeon CPU mit 3.20 GHz, 12 Gigabyte Hauptspeicher und eine NVIDIA GeForce GTX 770 Grafikkarte mit 2 Gigabyte Grafikspeicher. Ein Out-of-Core-Rendering-Verfahren für 3D-Punktwolken [Richter et al., 2015] ermittelt die für die Bildsynthese notwendigen Punkte, die sich im Sichtfeld des Betrachters befinden. Die erforderliche Punktdichte wird adaptiv in Abhängigkeit zur Entfernung zwischen Betrachter und Oberfläche bestimmt. Abhängig von der Interaktion des Nutzers und der Kombination der Rendering-Techniken werden vom Out-of-Core-Rendering-Verfahren zwischen 2 und 4 Millionen Punkte pro Frame gerendert. Die durchgeführte Evaluierung mit den Testdatensätzen belegte somit, dass das Renderingverfahren die interaktive Visualisierung beliebig großer 3D-Punktwolken ermöglicht.

## Referenzen

- Botsch, M., Hornung, A., Zwicker, M., & Kobbelt, L. (2005). High-quality surface splatting on today's GPUs. In *Eurographics Symposium on Point-Based Graphics* (pp. 17–24).
- Discher, S., Richter, R., & Döllner, J. (2014). Konzepte für eine Service-basierte Systemarchitektur zur Integration, Prozessierung und Analyse von massiven 3D-Punktwolken. In *Tagungsbände der 34. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF*.
- Nebiker, S., Bleisch, S., & Christen, M. (2010). Rich point clouds in virtual globes – A new paradigm in city modeling? *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(6), 508–517.
- Richter, R., Discher, S., & Döllner, J. (2015). Out-of-Core Visualization of Classified 3D Point Clouds. In *3D Geoinformation Science: The Selected Papers of the 3D GeoInfo 2014* (pp. 227–244).
- Trapp, M., Glander, T., Buehholz, H., & Döllner, J. (2008). 3D Generalization Lenses for Interactive Focus + Context Visualization of Virtual City Models. In *12th International Conference on Information Visualisation* (pp. 356–361).
- Xu, H., Nguyen, M. X., Yuan, X., & Chen, B. (2004). Interactive Silhouette Rendering for Point-Based Models. *Eurographics Symposium on Point-Based Graphics*, (pp. 13–18).



Sören Discher, M.Sc.  
soeren.discher@hpi.de  
+49(0)331 5509 3905

Fachgebiet Computergrafische Systeme  
Hasso-Plattner-Institut  
www.hpi3d.de

Prof. Dr. Jürgen Döllner  
office-doellner@hpi.de

Hasso-Plattner-Institut  
Prof.-Dr.-Helmert-Str. 2–3  
14482 Potsdam, Deutschland



www.hpi3d.de



IT Systems Engineering | Universität Potsdam