

# Erfassung von Siedlungsentwässerungsinfrastruktur mit unbemannten Luftfahrzeugen

Matthew Moy de Vitry<sup>1)\*</sup>, Konrad Schindler<sup>2)</sup>, Jörg Rieckermann<sup>1)</sup>, Andreas Scheidegger<sup>1)</sup>, Joao P. Leita<sup>1)</sup>

1) Abteilung für Siedlungswasserwirtschaft, Eawag, Dübendorf, Schweiz, 2) Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Schweiz, konrad.schindler@ethz.ch  
Email: matthew.moydevitry@eawag.ch

Bereits heute steht die Siedlungsentwässerung vor neuen Herausforderungen wie wachsende Städte, Klimawandel, alternde Infrastruktur und neue Umweltschadstoffe, die unter anderem im Regenablauf von Gebäudehüllen und Parzellen vorkommen (Walser et al., 2008). Um flexibel auf neuartige Belastungen reagieren zu können, werden in Zukunft dezentrale Systeme zur Regenwasserzwischen-speicherung und -behandlung an Bedeutung gewinnen. Neben der technologischen Entwicklung wird oft vergessen, dass solche dezentrale Infrastrukturen effizient betrieben und verwaltet werden müssen. Wie in vielen anderen Ländern sind auch in der Schweiz die Bestandsdatenbanken nicht perfekt und dezentrale Anlagen, wie beispielsweise Einlaufschächte und Versickerungs- oder Behandlungsanlagen sind teilweise nicht vollständig oder ungenau erfasst.

In diesem Beitrag stellen wir daher eine Methode zur effizienten Erfassung von dezentralen Infrastrukturen vor und wenden sie auf Einlaufschächte an. Dazu analysieren wir Luftbilder von unbemannten Luftfahrzeugen (Abbildung 1) und schätzen die dreidimensionale Lage von Einlaufschächten (Abbildung 2) mit Hilfe eines vollautomatischen Algorithmus zur selektiven Objekterkennung. Dabei wird durch zwei besondere Innovationen die Zuverlässigkeit der Erkennung verbessert und die Fehlerrate reduziert (s. unten).



Abbildung 1: Ebee-Drohne (Sensefly), die in der Arbeit verwendet wurde

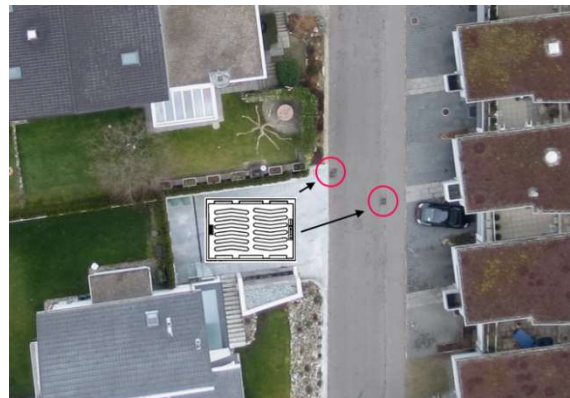


Abbildung 2: Beispiel eines typischen schweizerischen Einlaufschacht-Gitters (www.bgs.ch)

## Methoden

Der Erkennungsalgorithmus besteht aus drei Teilen: i) einem multi-view Klassifikationsalgorithmus, ii) einer Lage-Schätzung in einem globalen Koordinatensystem, und iii) einer statistischen binären Klassifikation in falsche und wahre Objekte. **Erstens werden die Bilder mit einem Viola-Jones Detektor prozessiert**, welcher sehr effizient für charakteristisch aussehende Objekte, wie z.B. Gesichter (Lienhart and Maydt, 2002; Viola and Jones, 2001). Dieser Detektor wird mit Beispielen von Einlaufschächten und Nicht-Schächten aus Adliswil, wie z.B. Flecken auf dem Fahrbahn, iterativ trainiert (Moy De Vitry et al., 2014). Besonders ist dabei die multi-view Detektion (Abbildung 5), wo der Detektor nicht auf das rekonstruierte Orthofoto angewendet wird, sondern auf jedes individuelles Luftbild. Weil Objektkandidaten so in verschiedenen Perspektiven und Zeitpunkten erkannt werden können, werden störende Einflüsse, wie z.B. partielle Abdeckung durch Bäume oder (fahrende) Fahrzeuge, minimiert.

**Zweitens werden die dreidimensionalen Koordinaten der Objektkandidaten aus den verschiedenen Bildern geschätzt**, sodass Objektkandidaten aus verschiedenen Bildern einer einzelnen Instanz zugeordnet werden können (Abbildung 3). Dazu wird die zuvor berechnete Lage der Bilder und ein digitales Geländemodell verwendet.

**Drittens müssen die validen Objektkandidaten von den falschen getrennt werden.** Dafür wurde ein statistisches Modell entwickelt, in dem neben der Erkennungsgüte des Viola-Jones Detektors auch topographische Eigenschaften wie Nähe und Nachbarschaft berücksichtigt werden (Abbildung 4).

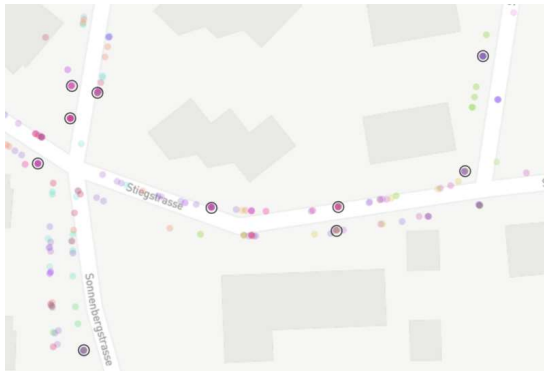


Abbildung 3: Objektkandidaten (gefüllte Kreise) und Objekte (schwarze Kreise)

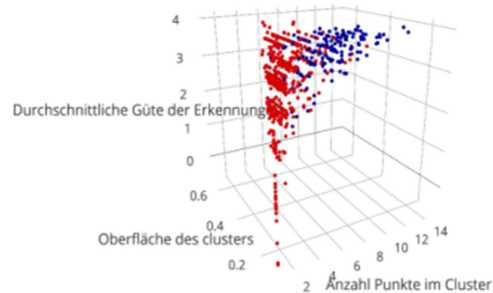


Abbildung 4: Eigenschaften der Objektkandidaten (rot=falsch, blau=richtig)

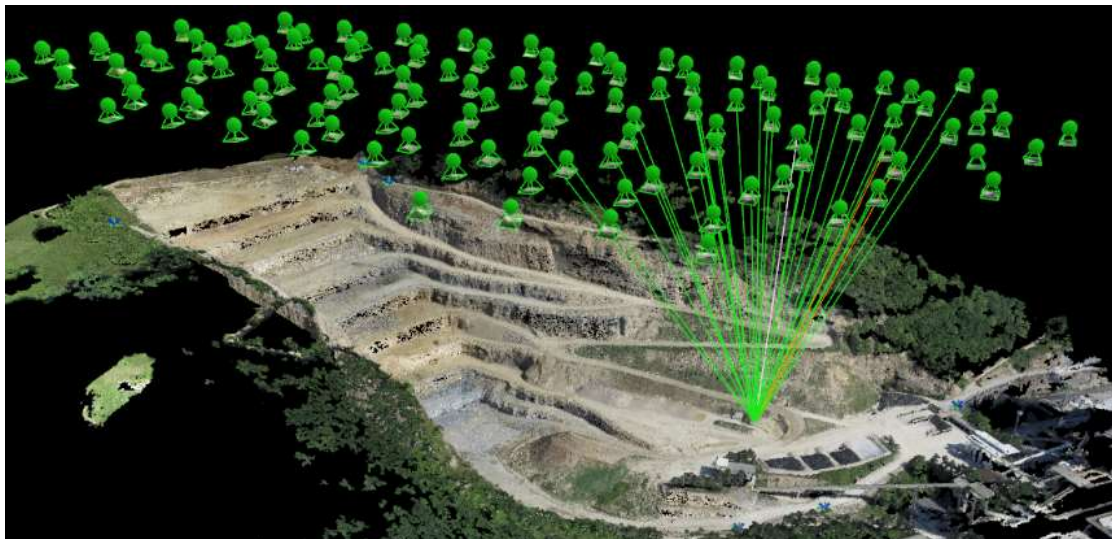


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Multi-view Objekterkennung. Die Verbesserung zu herkömmlichen Verfahren ergibt sich durch die Redundanz der Information durch die simultane Detektion in mehreren Bildern.

## Fallbeispiele und Resultate

Es wurden zwei Datensätze verwendet, die aus Luftbildern von den Gemeinden Adliswil, Zürich und Köniz, Bern bestehen. Die Bilder bedecken eine Fläche von 30 ha bzw. 40 ha mit einer Auflösung von 4 cm/Pixel. Der erste Datensatz (Adliswil) dient ausschliesslich dazu, den Algorithmus auf schweizerische Einlaufschacht-Gitter zu trainieren. Der zweite (Köniz) ermöglicht eine Prüfung der Leistung des Algorithmus, da die Gemeinde Köniz über sehr gute Daten ihres Entwässerungsnetzes verfügt.

Erste Resultate sehen sehr vielversprechend aus, so dass wir eine Erkennungsrate von bis zu 90% und nur 10% falsch positiven erwarten können. Erstaunlicherweise sind auch bei den als „gut“ eingestuft Datensätzen der Betreiber immer noch einige Einlaufschächte falsch in der Datenbank erfasst. Die finalen Resultate werden zurzeit noch berechnet und im finalen Manuskript vorgestellt.

In Bezug auf die Fernüberwachung von dezentralen Anlagen eines Entwässerungsnetzes scheint die (semi-) automatische Klassifikation anhand von Luftbildern auch für andere Systemelemente sehr vielversprechend. So können unbemannte Luftfahrzeuge beispielsweise auch mit Spektral- oder Wärmebildkameras ausgerüstet werden, die weitergehende Aussagen über die Vegetation oder Zustand, z.B. von Bodenfiltern erlauben können.

## Literatur

Lienhart, R. and Maydt, J.: An extended set of Haar-like features for rapid object detection, vol. 1, p. I-900-I-903 vol.1., 2002.

Moy De Vitry, M., Leitao, J. P., Tokarczyk, P. and Rieckermann, J.: Photogrammetrische Fernerkundung mit autonomen Mini-Drohnen in der Siedlungshydrologie, Aqua Urbanica, 2014.

Viola, P. and Jones, M.: Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, vol. 1, p. I-511-I-518 vol.1., 2001.

Walser, A., Burkhardt, M., Zuleeg, S. and Boller, M.: Gewässerbelastung durch Biozide aus Gebäudefassaden; ; GWA : Gas, Wasser, Abwasser : Organ des SVGW und des VSA : gaz, eaux, eaux usées : organe de la SSIGE et du VSA; ; GWA Gas, Wasser, Abwasser Organ des SVGW und des VSA gaz, eaux, eaux usées organe la SSIGE du VSA, 88(8), 639–647 [online] Available from: <http://e-citations.ethbib.ethz.ch/view/pub:21362> (Accessed 3 February 2017), 2008.