

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Winz, Alexander

Einsatz von Multikoptern in der Bauüberwachung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106970>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Winz, Alexander (2020): Einsatz von Multikoptern in der Bauüberwachung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Digitalisierung in der Geotechnik – Von der Entwicklung zur Anwendung eines digitalen Baugrundmodells. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 23-29.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Einsatz von Multikoptern in der Bauüberwachung

Alexander Winz M. Sc. (DB Engineering & Consulting GmbH, Berlin)

Einleitung

„Die digitale Baustelle ist ein virtuelles Abbild der realen Baustelle. Sie beinhaltet hochwertige 3D-Planungsdaten und ermöglicht, den Bauablauf zunächst detailliert zu planen, virtuell zu testen und später das tatsächliche Baugeschehen zu überwachen“ (Günthner, W.; Bohrmann A., 2011: 2].

Die zunehmende Etablierung von Building Information Modeling (BIM) in der Planung, Bau-durchführung und beim Betreiben von Infrastrukturen und der voranschreitende Einsatz von innovativen Technologien wie UAV (unmanned aerial vehicle), Datenübertragungsnetze (WLAN, 4G), Internet of Things (IoT), RFID-Technologien (Radio Frequency Identification), werden schrittweise zu einer hoch vernetzten und deutlich digitalisierten Baustelle führen.

Heute sieht das auf den Infrastrukturbaustellen noch anders aus. Pläne, Baudokumentationen, Abnahmen, Bauakten werden in ausgedruckter Form verarbeitet, Dateien werden nicht versioniert auf Netzlaufwerken gespeichert und der Baufortschritt muss aufwendig mit hohem Personaleinsatz und mit konventionellen (Mess-)Methoden dokumentiert werden.

Bildflüge mit Multikoptern (UAV), Künstliche Intelligenz (KI) und Cloud Computing können und werden als Teil der Digitalisierung einen wesentlichen Beitrag zur Erleichterung des Arbeitsalltags und zur Effizienzsteigerung auf der Baustelle leisten. Bei der DB Engineering & Consulting GmbH (DB E&C), das Ingenieur und Beratungsunternehmen der DB AG, wird aktuell in einem Proof of Concept (PoC) - Drones2BIM der Einsatz dieser Technologien getestet.

Einsatz von Multikoptern bis heute

Die Terminologien UAV und Drohnen sind bedingt durch den militärischen Einsatz sehr negativ besetzt und mittlerweile überholt. Deswegen wird im Folgenden vom Einsatz von Multikoptern gesprochen. Formell wird im europäischen Kontext der Begriff RPAS (remotly piloted aircraft system) genutzt, bei dem der zivile Fokus im Vordergrund steht (Blyenburgh, P., 2013).

In den vergangenen Jahren hat der Einsatz von Multikopter stetig zugenommen. Der Verband Unbemannte Luftfahrt (2019) geht von einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 19% bis 2030 im kommerziellen Markt für Multikopter aus. Die Gründe dafür liegen unter anderem in der Verbesserung der GNSS/INS (Global Navigation Satellite System / Inertial Navigation System), der Digitalkameras und der photogrammetrischen Auswertesoftware.

Ein großes Anwendungsfeld von Multikoptern im Bereich von Infrastrukturprojekten ist die Ingenieursvermessung. Produkte der Bildflüge sind Orthobilder, kurzum orthoreferenzierte Luftbilder, digitale Oberflächenmodelle und eine 3D-Punktwolke. Die Flugplanung und -

durchführung sowie die Auswertung solcher Daten obliegt aktuell oft dem Experten. Speziell ausgebildete Vermesser erstellen mittels terrestrischer Messmethoden die sogenannten Passpunkte im Untersuchungsgebiet, welche im weiteren Bearbeitungsprozess verwendet werden. Zusätzlich werden Hochleistungs-Desktoprechner zur Prozessierung benötigt, die für die Berechnung teilweise mehrere Tage benötigen.

Die Datenmengen, die dabei für Infrastrukturprojekte entstehen, liegen im Bereich von Terabytes. Deshalb sind 3D-Punktwolken mit Millionen von Einzelpunkten nur aufwendig mit allen Prozessbeteiligten zu teilen und von ihnen zu nutzen. Auch große Orthobilder mit einer sehr hohen Auflösung können oft nur mit spezieller GIS-Software visualisiert werden. Die aus der Photogrammetrie stammenden Höhenmodelle bestehen im Gegensatz zu terrestrisch vermessenen Daten aus kontinuierlichen Daten, wodurch diese auf Grund ihrer Dateigröße mehr Leistung benötigen. Insgesamt dauert der Prozess von der Flugplanung bis zur Datenbereitstellung einige Tage.

Automatisierung mit der Cloud, KI und Servertechnologien im Projekt Drones2BIM

Ziel des PoCs ist es, den Einsatz, die Auswertung und die Datenanalyse von Befliegungsdaten effektiv und für alle Prozessbeteiligten im Projekt alltagstauglich zu gestalten. Es soll kein Spezialwissen für die Auswertung bzw. für die Analyse von Nöten sein, sodass der regelmäßige Einsatz auf Baustellen gewährleistet werden kann. Neben neuen Technologien wie Cloud Computing und Künstliche Intelligenz ist ein solcher Prozess nur durch eine hochgradige Automatisierung in der Cloud möglich. Es wurden zunächst verschiedene eigene Lösungen getestet, um die Grundsatzfragen von Genauigkeiten, Datenfluss, Datennutzbarkeit per Browser und Kollaboration im Prozess zu nähern (Bild 1).

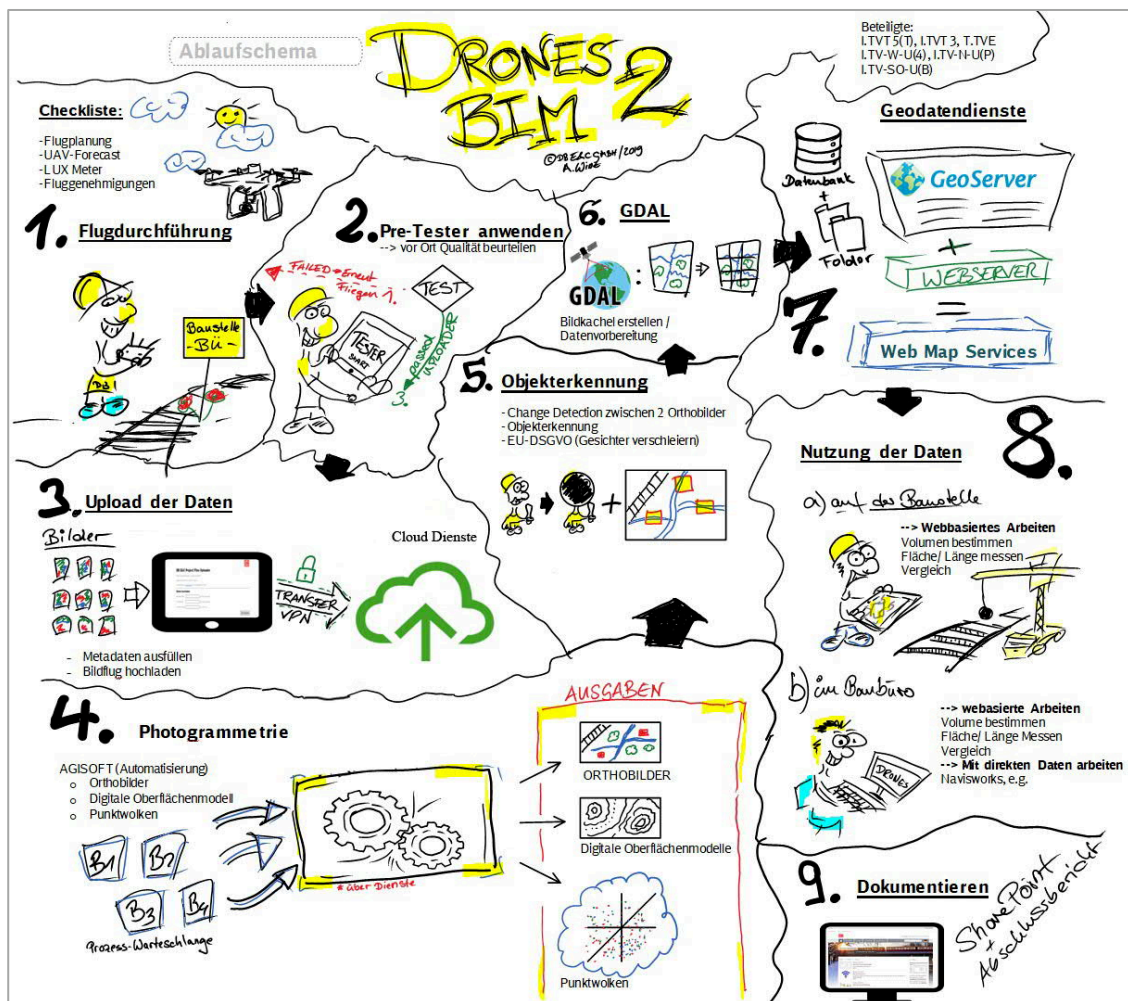


Bild 1: Prozessschema vom Flug bis zur Nutzung (Alexander Winz)

Für die Bildflüge (Schritt 1), welche im Durchschnitt aus 200-2000 Einzelbildern bestehen, werden handelsübliche DJI Phantom 4 RTK - Multikopter eingesetzt. Diese zeichnen sich insbesondere durch ihre intuitive Bedienung, einfache Flugplanung, sowie durch das integrierte RTK (real time kinematic)-Modul aus. Bei RTK,-Echtzeitkinematik handelt es sich um ein Verfahren zur hochpräzisen Bestimmung von Koordinaten. Durch den Einsatz dieser Technik, die in der terrestrischen Vermessung bereits standardisiert ist, werden nach Fazeli, H. et. al (2016) planimetrische Genauigkeiten von 1,2 cm, sowie vertikale Genauigkeiten von 2,7 cm erreicht, wodurch eine zusätzliche Bestimmung von Passpunkten je nach Genauigkeitsanforderung für den Anwendungsfall sehr häufig nicht mehr benötigt wird und somit keine arbeitsintensive Vorarbeit durch Vermesser notwendig ist. Eigene Tests mit dem Quasigeoid GCG2016 (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2017) zeigen eine relative Abweichung von bis zu 5 cm in der Z-Koordinate. Im Anschluss werden die einzelnen Bilder über einen Kantendetektions-Algorithmus (Laplace Filter) auf ihre Qualität getestet. Dadurch wird gewährleistet, dass nur Bildflüge mit hoher Qualität im Prozess weiterverarbeitet werden (Schritt 2).

Über einen Node.js werden die Bilder und Metadaten direkt in eine Cloud-Infrastruktur geladen. Metadaten werden in Datenbanken gespeichert. Cloud-Infrastrukturen, hier im speziellen

Microsoft Azure, ermöglichen einen hohen Grad an Parallelisierung mit HPC („high performance computing“). Das heißt, dass bei mehreren Bearbeitungen zur selben Zeit auch mehrere Instanzen (CPU & GPU) gestartet werden. Dadurch können die Ressourcen für die photogrammetrische Auswertung effektiv genutzt und eine Berechnung sowie aufbereitete Bereitstellung der Daten innerhalb von 24 Stunden sichergestellt werden. Als Ergebnis werden im aktuellen POC ein Orthobild mit einer Bodenauflösung von einem Zentimeter ausgegeben sowie ein Oberflächenmodell mit einer Bodenauflösung von 10 cm. Die Punktwolke enthält im Schnitt 300 Punkte/m² (Schritt 3/4).

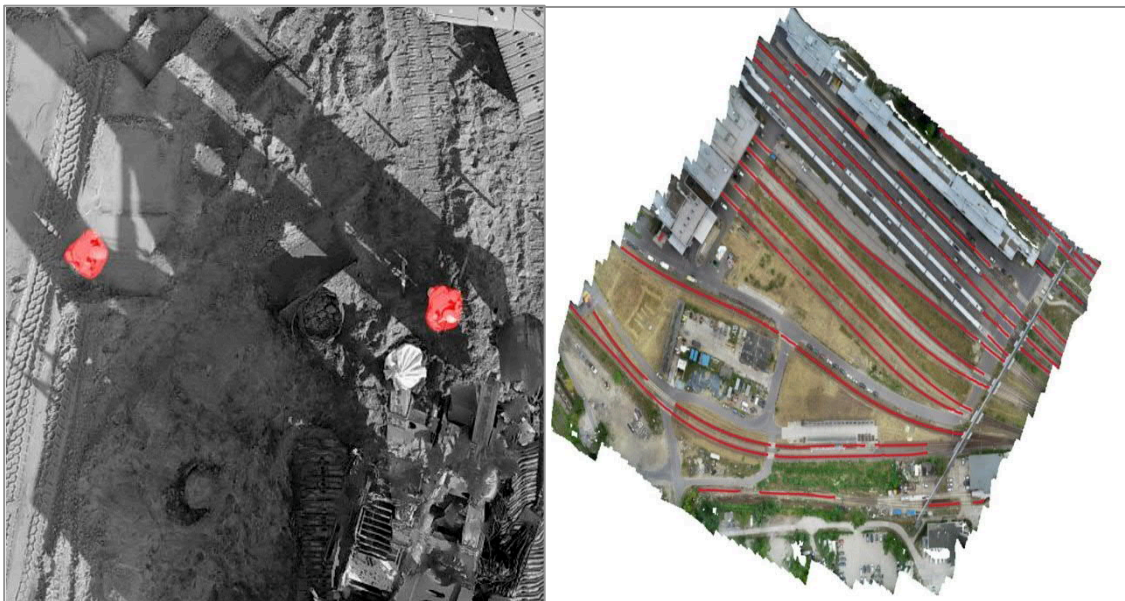


Bild 2: Objekterkennung durch KI (links: Personen, rechts Gleisachsen) (Alexander Winz)

Auf Grund der Datenschutzgrundverordnung des Europäischen Parlaments (Verordnung (EU) 2016/679) dürfen keine personenbezogenen Daten gespeichert werden. Bilder aus der Luft zeigen jedoch oft Mitarbeiter und andere Personen auf Baustellen. Um dieser Verordnung gerecht zu werden, werden Personen auf den Orthobildern mit einer Künstlichen Intelligenz, hier im Speziellen mit „deep learning Algorithmen“ detektiert und unkenntlich gemacht. Durch KI werden aber auch andere Objekte, wie Signale, Haufwerke und die Gleisachse erkannt (Schritt 5/6) (Bild 2).

Über Open-Source API's wie Geoserver, Openlayers oder Potree werden die Daten als Geowebdienste bereitgestellt. Dazu werden Schnittstellendefinitionen vom Open Geospatial Consortium (<https://www.opengeospatial.org/>) wie Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Processing Service (WPS) und Standards wie WebGL (Web Graphics Library) verwendet. Diese Standards erlauben es, die berechneten Daten direkt via Webbrowser oder in nativen Desktopanwendungen – unter anderem CAD und GIS Programme – zu visualisieren und zu analysieren. Es werden keine großen Datentransfers mehr benötigt. Gerade auf Baustellen in peripheren Räumen, welche nur über eine schwache Internetverbindung verfügen, ist ein direkter Download der Daten aus einer Common Data Environment (CDE) nur beschränkt möglich. Die Datengröße eines Bildflugs beläuft sich je nach Größe des Untersuchungsgebietes auf 5-20

GB,. Web Map Services erlauben es, Orthobilder zu teilen. Dabei werden nur die vom Nutzer angeforderten Ausschnitte übergeben und so der Datentransfer auf ein Minimum reduziert. Zur webbasierten Bereitstellung der Punktwolken über WebGL wird eine Octree Hierarchie genutzt (Wimmer, M., 2016). Zur Berechnung der Höhen, Einzelvolumen und multitemporalen Volumenunterschiede werden Web Processing Services eingesetzt. Dadurch können Nutzer im Browser Volumenberechnungen durchführen (Schritt 7/8). Die Integration von Ausführungsplänen als CAD-Daten erfolgt über WFS oder WMS.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird gegenwärtig ein prozessuales, technisches und systemisches Zielbild entwickelt, das eine flexible, sehr genaue, hoch automatisierte und in der breiten Fläche nutzbare Lösung bieten wird. Die vollständige Implementierung dieser technischen Lösung soll bereits in 2020 erfolgen.

Anwendungsfälle in der Bauüberwachung

Die erwähnten Technologien ermöglichen es, Daten schnell und qualitätssicher zu prozessieren und zeitnah für den Anwender bereitzustellen. Es können regelmäßig Befliegungen einer Baustelle durchgeführt, der gesamte Baufortschritt dokumentiert und die Daten analysiert werden. Durch visuelle Inspektionen, beispielsweise mittels Orthobildern zwischen zwei unterschiedlichen Zeitständen sowie deren Vergleich mit der Ausführungsplanung, können einige Arbeitsschritte vereinfacht werden. So werden neben der Beweissicherung zugleich die Baudokumentation, das Mängelmanagement, der Soll-Ist-Vergleich sowie eine örtliche Leistungsfeststellung mit Hilfe von Browserlösungen / Viewern durchgeführt. Wie oben bereits erwähnt, ermöglichen Geodatendienste den einfachen Vergleich zwischen Soll- und Ist-Ständen, unter anderem kann die Ausführungsplanung mit dem zeitlichen Baufortschritt über einen Schieberegler visuell verglichen und Messungen (Strecke, Fläche) auf dieser Basis durchgeführt werden (Bild).

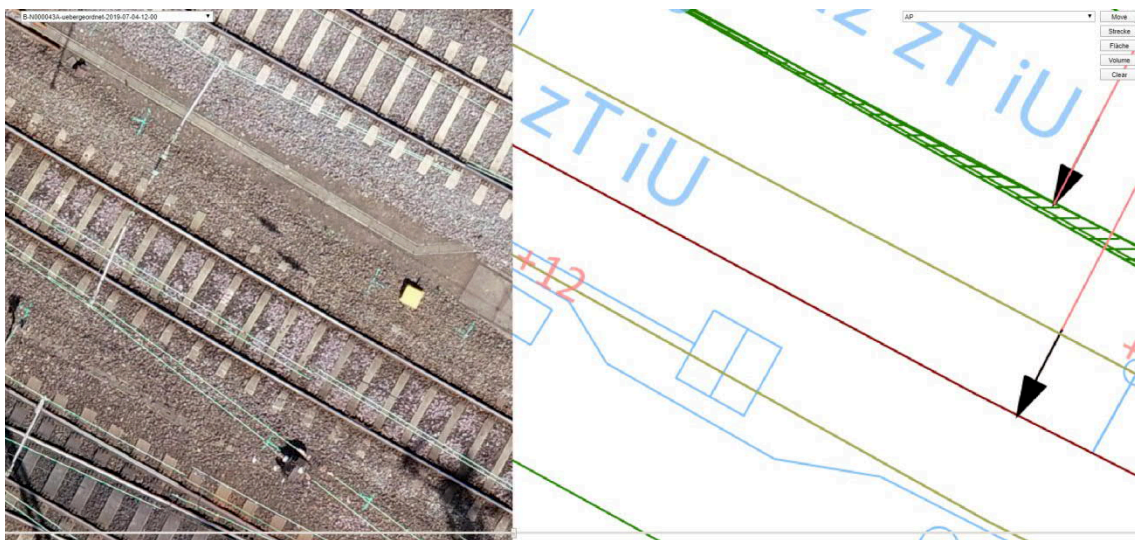


Bild 3: Ausführungsplanung im Onlineviewer (Alexander Winz)

Die Volumenberechnung erfolgt über einen pixelbasierten Ansatz. Es werden zwei Oberflächenmodelle in einem gewählten Bereich direkt miteinander oder aber auch das Volumen eines

einzelnen Haufwerks/Senke auf Basis der umliegenden Höhen ermittelt (Bild). Die Genauigkeit, der auf Basis der Befliegungen entstanden Volumenberechnung, wurde der Volumenberechnungen auf Basis von Laserscanning (explizit BLK-Scanner) gegenübergestellt. Im direkten Vergleich lagen die Unterschiede in einem Bereich von einem Prozent.

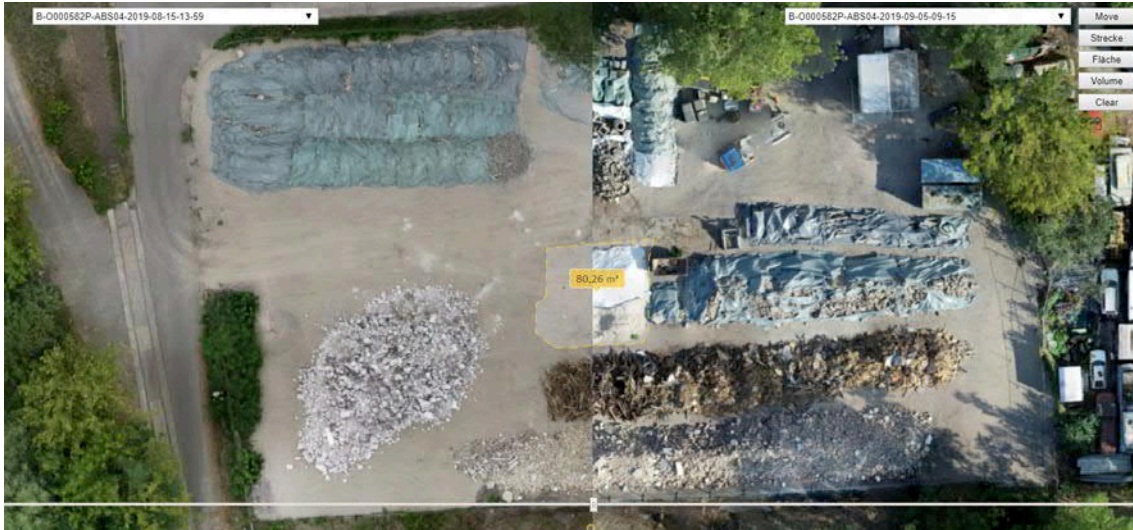


Bild 4: Volumendifferenz eines Haufwerks zwischen zwei Zeitabschnitten (Alexander Winz)

Durch den Abgleich der Höhenprofile des webbasierten Punktwolkenviewer (ca. 20 Milliarden Einzelpunkten) mit fünf multitemporalen Aufnahmen kann bereits eine Plausibilisierung des Baufortschritts ermittelt werden (Bild 5).



Bild 5: Profilvergleich zwischen multitemporalen Daten (Onlineviewer) (Alexander Winz)

Ein weitere großer Vorteil solcher Lösungen ist die Flexibilisierung von Arbeitszeit und Arbeitsort und damit einhergehend eine signifikant höhere Arbeitszufriedenheit (Stettes, O., 2016)

Ausblick

Multikopter mit verbesserten Kameras, Multispektralsensoren und auch Laserscansysteme werden in Zukunft einen großen Teil zur Digitalisierung von Baustellen beitragen. Die dadurch entstehenden großen Datenströme und Massendaten werden zukünftig mit Cloud Computing just-in-time bearbeitet werden. Künstliche Intelligenz wird sehr schnell eine weitaus wichtigere Rolle einnehmen. Fehler werden frühzeitig erkannt und die gesamte Bauüberwachung wesentlich effizienter. Betrachtet man den allgegenwärtigen Fachkräftemangel, dann führt diese Entwicklung nur zu einer Win-Win-Situation.

Quellen:

Blyenburgh, P. (2013): RPAS – The European Approach & The Way Forward, Photogrammetric Week '13, Wichmann/VDE Verlag, Belin & Offenbach

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2017): Quasigeoid der Bundesrepublik Deutschland Die Höhenbezugsfläche der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (Adv)

IN:https://www.bkg.bund.de/SharedDocs/Downloads/BKG/DE/Downloads-DE-Flyer/BKG-Quasigeoid-DE.pdf?__blob=publicationFile&v=10 (Zugriff: 02.01.2020)

Fazeli H.; Samadzadegan, F.; Dadrasjavan F. (2016): Evaluating the potential of RTK-UAV for automatic point cloud generation in 3D rapid mapping, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B6, 2016, Prague

Günthner, W. ., Borrmann, A. (2011): Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert, Springer, Heidelberg

Stettes, O. (2016) : Gute Arbeit: Höhere Arbeitszufriedenheit durch mobiles Arbeiten, IW-Kurzbericht, No. 76.2016, Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln

Verband Unbemannte Luftfahrt (VUL) (2019): Analyse des deutschen Drohnenmarktes, Berlin
IN:https://www.bdl.aero/wp-content/uploads/2019/02/VUL_Marktstudie_Deutsch_final.pdf
(Zugriff 02.01.2020)

Wimmer, M. (2016): Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers, Diplomarbeit Vienna University of Technology
IN:<https://www.cg.tuwien.ac.at/research/publications/2016/SCHUETZ-2016-POT/SCHUETZ-2016-POT-thesis.pdf> (Zugriff: 02.01.2020)