

Analyse der hydrogeologisch bedingten Horizontalverschiebungen im historischen Altstadtbereich Staufen im Breisgau mittels UAS gestützter Photogrammetrie und den Daten des Liegenschaftskatasters

Staufen im Breisgau ist eine Stadt südwestlich von Freiburg am Rand des Münstertals. Im Jahr 2006 und 2007 wurde das dortige Rathaus saniert. Bei den Sanierungsarbeiten wurde entschieden, das Rathaus zukünftig mit Erdwärmetechnologie (Geothermie) im Winter zu beheizen und im Sommer zu kühlen. Hierzu war es notwendig, sieben bis zu 140m tiefe Erdwärmesonden zu bohren. Wenige Wochen nach den Bohrungen wurden Risse in den Gebäuden festgestellt. Nach mehreren Untersuchungen und geodätischen Messungen konnte die Hebung sowie die Verschiebung des Untergrunds als Ursache für die Rissbildungen herausgestellt werden. Dies wurde durch die hydrogeologische Verbindung einer Erdschicht aus Anhydrit und unter Druck stehendem Grundwasser verursacht.

Die Altstadt Staufens besteht aus vielen altertümlichen Gebäuden, welche oft aneinandergebaut wurden. Hierdurch sind die Flurstücke im Liegenschaftskataster sehr klein und verlaufen unmittelbar an den Gebäudeseiten entlang oder zwischen aneinandergebauten Gebäuden hindurch. Da die Grenzen des Liegenschaftskatasters durch die Koordinaten fest sind und daher nicht von der Verschiebung betroffen sind, haben sich durch das Verschieben der Gebäude Defizite im Liegenschaftskataster ergeben. Diese müssen nach dem Stillstand der Verschiebungen behoben werden. Durch ein Bodenordnungsverfahren, wie zum Beispiel eine Umlegung, könnten diese Defizite wieder ausgeglichen werden. Da eine terrestrische Messung des Bestands einen sehr großen Arbeitsaufwand mit sich bringen würde, welcher viel Zeit und Ressourcen in Anspruch nehmen würde, werden vorab andere Möglichkeiten evaluiert.

So wurde im Rahmen dieser Arbeit die Vermessung mittels eines Unmanned Aircraft System (UAS), für dieses Vorhaben, genauer betrachtet. Im ersten Schritt sollte dazu ein Verfahren ausgearbeitet werden, wie Gebäudeeckpunkte über UAS-Vermessung bestimmt werden können. Von diesem Verfahren galt es im Anschluss die Genauigkeiten, im Vergleich zur terrestrischen Vermessung, zu bestimmen. Aber auch Genauigkeiten für eine zukünftige punktuelle Verschiebungsmessung sowie eine flächenmäßige Verschiebungsmessung sollten mittels der UAS-Vermessung evaluiert werden.

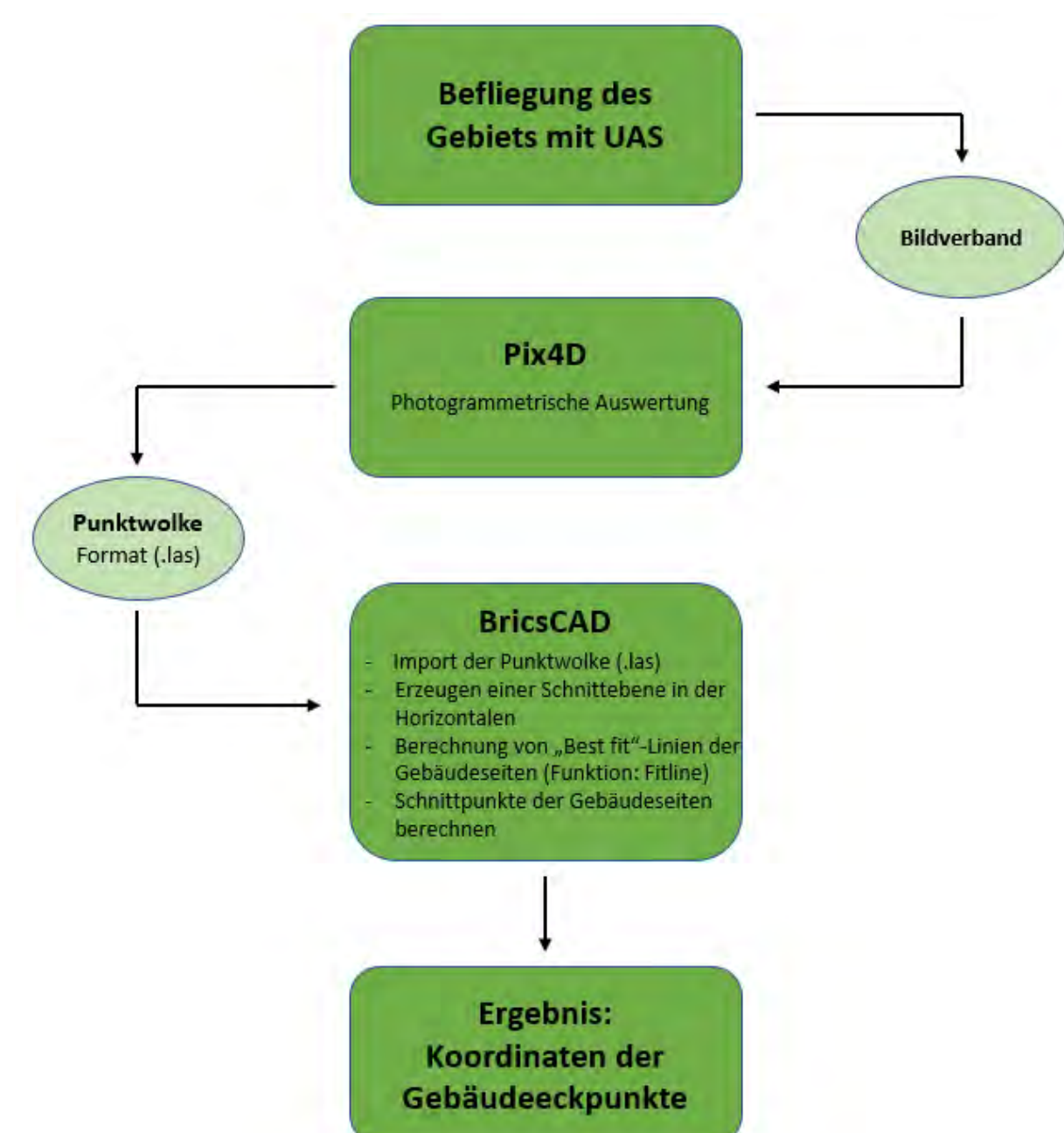


Abbildung 1: Workflow zur Bestimmung von Gebäudeecken über UAS-Vermessung.

Um das Ziel der Arbeit zu erreichen, wurde die Altstadt von Staufen mittels der DJI Mavic 3E beflogen. Der daraus generierte Bildverband wurde mithilfe des Programms „Pix4D Mapper“ photogrammetrisch ausgewertet. Zur Bestimmung der Gebäudeecken über die UAS-Vermessung bzw. aus der Punktwolke, wurde im weiteren Schritt ein Workflow entwickelt, welcher in der Abbildung 1 genauer dargestellt wird. Zur Ableitung von Genauigkeiten wurden 30 Gebäudeeckpunkte terrestrisch vermessen und mit den bestimmten Gebäudeeckpunkten aus dem Workflow verglichen. Dabei konnte eine mittlere Abweichung von 3cm mit einer Standardabweichung von 2cm erzielt werden.

Um eine Aussage über die zukünftige Verschiebungsmessung über UAS-Vermessung treffen zu können, wurde eine Genauigkeit zur punktuellen Bestimmung von Verschiebungspunkten abgeleitet. Hierzu wurden die Koordinaten der Verschiebungspunkte mithilfe von PIX4Dmapper bestimmt und mit den Koordinaten der Deformationsmessung aus dem Jahr 2023 verglichen. Eine mittlere Abweichung von 6 mm mit einer Standardabweichung von 2 mm konnte erzielt werden. Zur flächenmäßigen Bestimmung der Verschiebung sollten die Gebäudeecken aus dem Workflow mit den Gebäudeecken aus dem Liegenschaftskataster verglichen werden. Aufgrund von digitalisierten Koordinaten im Liegenschaftskataster konnte kein Ergebnis erzielt werden. In Zukunft wäre eine flächendeckende Verschiebungsmessung über den Vergleich der Punktwolken anzudenken.