TLS-basierte Deformationsanalyse

Betrachtet man die drei Aufgabenbereiche der Ingenieurgeodäsie – Aufnahme, Absteckung und Überwachung –, so fällt auf, dass sich die überwiegende Zahl der Anwendungen des terrestrischen Laserscannings (TLS) auf die Aufnahmevermessung konzentriert, wenige sind der Überwachung zuzuordnen, die Absteckung fehlt bisher vollständig.

Bei der Aufnahmevermessung ist das besondere Charakteristikum des TLS die hohe Punktdichte. Das heißt, das Objekt wird räumlich hoch aufgelöst durch die gemessene Punktwolke repräsentiert. Die Messungsdauer hat sich zwar in den letzten Jahren durch Fortschritte in der Instrumententechnik reduziert, je nach Anwendung liegen die Zeitbedarfe zwischen wenigen Minuten bis hin zu Stunden. Dazu kommt anschließend die Aufbereitung der Messwerte, wobei beim Laserscanning hier insbesondere die Grobfehlerelimination, Begrenzung der Punktwolke auf den interessierenden Objektbereich und ggf. die Modellierung der Oberflächen genannt werden müssen. Messungsdauer und Nachbearbeitung führen jedoch dazu, dass die für die Absteckung notwendige Echtzeitfähigkeit bisher kaum gegeben ist.

Von der messtechnischen Seite aus ist das TLS auch für Überwachungsmessungen geeignet: Zu mehreren Zeitpunkten wird die Objektgeometrie erfasst und Differenzen zwischen diesen Punktwolken können gebildet werden. Auch lassen sich diese gemessenen Informationen in den vier Deformationsmodellen (Kongruenzmodell, statisches, kinematisches und dynamisches Deformationsmodell) verarbeiten. Schwierigkeiten ergeben sich jedoch bei der Deformationsanalyse, da hierzu eine statistische Bewertung der ermittelten Differenzen notwendig ist. Zur Beantwortung der Frage, ob es sich bei den berechneten Differenzen tatsächlich um geometrische Veränderungen des Objekts oder vielmehr um Beobachtungsabweichungen handelt, ist das stochastische Modell der Punktwolken zwingend erforderlich. Dieses wäre beispielsweise durch eine voll besetzte Kovarianzmatrix der Punktwolke darstellbar, die jedoch kaum vorliegt. Dieses gilt für die Varianzen und noch mehr für die raumzeitlichen Korrelationen.

Bei Deformationsuntersuchungen sind häufig hohe Genauigkeitsanforderungen gegeben, da möglichst kleine Veränderungen detektiert werden sollen, um ggf. frühzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Kleine Messunsicherheiten setzen u. a. eine Kalibrierung der Messinstrumente voraus, um systematische Abweichungen klein zu halten. Diese Kalibrierung ist beim TLS heute nur in Ansätzen gelöst. Bekanntlich hat neben den Beobachtungsabweichungen die Messkonfiguration Einfluss auf das Ergebnis. Die seit Jahrzehnten etablierte Methodik zur Konfigurationsoptimierung bei Beobachtungen zu vermarkten Einzelpunkten lässt sich allerdings nicht unmittelbar auf die beim TLS vorliegende flächenhafte Abtastung der Objekte übertragen.

Die flächenhafte Abtastung durch eine große Anzahl von Punkten hat auch Auswirkungen auf die Auswertung. Früher erfolgte die räumliche Diskretisierung des Messobjekts durch wenige Punkte, die vor Ort ausgewählt wurden. Beim TLS ist bei der Ableitung der das Objekt beschreibenden geometrischen Elemente aus einer Punktwolke die Einführung von Modellannahmen notwendig. So wird beispielsweise für Objektteile angenommen, dass sie glatt sind oder es sich sogar um eine Ebene oder andere geometrische Primitive handelt. Weicht das Objekt von diesen Annahmen ab, hat dies Einfluss sowohl auf die Verbesserung der Beobachtungen als auch auf die Schätzung der Parameter.

Zu den genannten Themen der Korrelationen, der Kalibrierung und der Messkonfiguration findet sich jeweils ein Beitrag in diesem Heft. Im Laufe des Jahres ist ein weiteres Schwerpunktheft geplant, in dem dann die Aspekte der Oberflächenparametrisierung und Schätzverfahren, der Auswirkung der in die Auswertung eingeführten Modellannahmen und die Einordnung der bisher auf Einzelpunktbasis etablierten Deformationsanalyse auf die beim Laserscanning relevanten Oberflächen näher beleuchtet werden. Den Beiträgen in diesem und dem weiteren Heft ist gemein, dass sie nur einen Zwischenstand beschreiben, da der aktuelle Stand der Forschung die genannten Fragestellungen noch nicht in allen Aspekten beantwortet. Zur Steigerung der internationalen Sichtbarkeit dieser Zeitschrift sind die Beiträge in englischer Sprache verfasst.

Prof. Dr.-Ing. Heiner Kuhlmann
Institut für Geodäsie und Geoinformation
Universität Bonn