

<b>Zeitschrift:</b>	Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio
<b>Herausgeber:</b>	geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
<b>Band:</b>	107 (2009)
<b>Heft:</b>	9
<b>Artikel:</b>	Mobiles Laserscanning kombiniert mit Photogrammetrie und konventionellen Erfassungsmethoden : Projektgrundlagenbeschaffung A4 Küssnacht-Goldau
<b>Autor:</b>	Estermann, Hans
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-236630">https://doi.org/10.5169/seals-236630</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Mobiles Laserscanning kombiniert mit Photogrammetrie und konventionellen Erfassungsmethoden Projektgrundlagenbeschaffung A4 Küssnacht–Goldau

Im Rahmen der Unterhaltsarbeiten bei Autobahnen sind topografische Projektgrundlagen mit unterschiedlichen Anforderungen gefragt. Verkehrsbedingt geben sich Einschränkungen bei der Erfassung. Das Gelände im lang gezogenen Aufnahmeperimeter verfügt über einen heterogenen Charakter mit verschiedenen Hindernissen. Bei der Autobahn A4 Küssnacht–Goldau kamen entsprechend kombinierte Erfassungsmethoden zum Einsatz. Mobiles Laserscanning erwies sich dabei als schnelles und genaues Verfahren zur Vermessung der Fahrbahnoberfläche. Der vorliegende Erfahrungsbericht legt kurz die Anforderungen, Lösungsansätze und Ergebnisse dar. Die Erfahrungen zeigen, dass in Zukunft kombinierte Verfahren noch mehr an Bedeutung gewinnen werden.

*Dans le cadre des travaux d'entretien d'autoroutes on a besoin, pour l'établissement des projets de bases topographiques répondant à divers critères. Le trafic entrave les levés. A l'intérieur du périmètre étiré le caractère du terrain est hétérogène et présente plusieurs obstacles. Pour l'autoroute A4 Küssnacht–Goldau on a donc combiné plusieurs méthodes de levés. Le scannage laser mobile s'est révélé comme méthode rapide et précise pour la mensuration de la surface de la chaussée. Le présent rapport d'expérience décrit brièvement les exigences, les solutions possibles et les résultats. Les expériences montrent qu'à l'avenir les solutions combinées auront encore plus d'importance.*

Nel quadro delle opere di manutenzione della autostrade si richiedono delle basi progettuali tipografiche con diversi requisiti. Al momento del rilevamento intervengono delle limitazioni dovute al traffico. L'assetto del territorio nel perimetro delle riprese possiede un carattere eterogeneo con diversi ostacoli. Sull'autostrada A4 Küssnacht–Goldau si è ricorsi a metodi combinati di rilevamento. La scansione laser mobile è risultata essere il processo più rapido e preciso al momento della misurazione della superficie autostradale. Questo breve rapporto sulle esperienze illustra in breve le esigenze, gli spunti di soluzione e i risultati. Le esperienze dimostrano che in futuro gli approcci combinati assumeranno una valenza ancora maggiore.

---

H. Estermann

---

### Ausgangslage

Das Bundesamt für Strassen (ASTRA) ist für die Planung und Projektierung der Erhaltungsarbeiten sämtlicher Autobahnen in der Schweiz zuständig. Als Basis für die

Massnahmenkonzepte, Projektierungen und Bauausführungen in den verschiedenen Erhaltungsabschnitten sind ausführliche, genaue und zuverlässige topografische Projektgrundlagen unerlässlich. Unter der Federführung des ASTRA, Filiale Zofingen, wurden durch das Baudepartement Schwyz im Frühsommer 2008 die notwendigen Vermessungsarbeiten für

den 10 km langen Autobahnabschnitt N4/28 zwischen Küssnacht und Goldau in Auftrag gegeben.

Der Hauptauftragsteil umfasste die Erstellung eines Geländemodells (DTM) über den ganzen Projektperimeter. Dabei wurde ein Belags-DTM mit 2 cm, ein Bankett-DTM mit 5 cm und ein DTM des Umgeländes mit 15 cm Genauigkeit über eine Gesamtfläche von 63 ha gefordert. Bei der Erhebung des Belags-DTM musste den Gefällswechseln, Senken und Erhöhungen besonders Rechnung getragen werden. Neben den Geländedaten waren zusätzlich auch noch die Bodenbedeckung, Einzelobjekte, Entwässerung, Signale, Markierungen und Einrichtungen zu erfassen. Aufnahmen von Kunstbauten wie Stützmauern, Widerlagern, Pfeilern usw. hatten bereits vorgängig stattgefunden und waren in das DTM zu integrieren.

Im Weiteren waren für die Vermessungsarbeiten die Vorgaben für die Verkehrsführung von entscheidender Bedeutung. Sperrungen einer ganzen Fahrbahn waren nicht zugelassen. Es durfte jeweils nur eine Fahrspur pro Richtung gesperrt werden. Die maximal nutzbare Breite einer gesperrten Fahrbahn beträgt nur 3.5 m. Zeitlich waren die Teilsperren verkehrsbedingt limitiert und während der Fussball-EM wurden gar keine Sperrungen zugelassen.

### Mobiles Laserscanning

Aufgrund der Auftragsspezifikationen und der einzuhaltenden Randbedingungen in der Verkehrsführung stand für die Aufnahme der Fahrbahnoberfläche ein möglichst rasches, berührungsloses Aufnahmeverfahren im Vordergrund. Mobiles Laserscanning wurde in der Schweiz bereits vielfach im Tunnelbau für die Profil- und Oberflächenkontrolle erfolgreich eingesetzt. Für ein sogenanntes *Mobile Mapping* waren bis vor wenigen Jahren meist nur Videokamera-basierende Systeme im Einsatz. Im 2005 kamen dann die ersten verfahrensrobusten und zuverlässigen mobile Mapping-Systeme mit La-

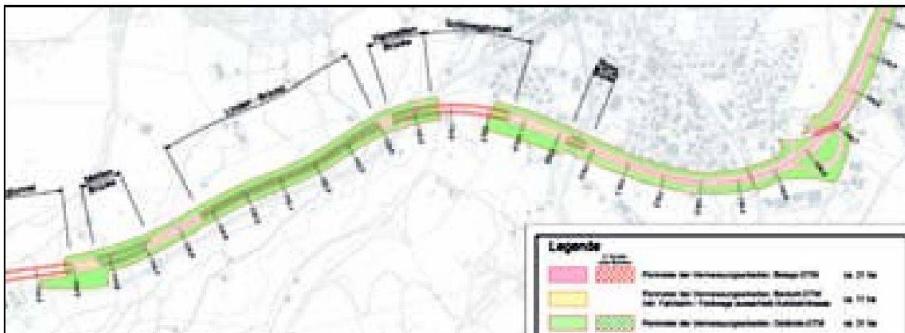


Abb. 1: Ausschnitt N4/28 Goldau aus Perimeterplan.



Abb. 2: Mobile Mapping Messfahrzeug und Kontrolleinheit.

serscannern auf den Markt. Dazu musste jedoch vorerst noch die genügend genaue Positionsbestimmung gelöst werden. Herkömmliche GPS- und Inertialnavigationssysteme (INS) aus fluggestützten Applikationen genügten wegen der teilweise eingeschränkten GPS-Verfügbarkeit den Anforderungen noch nicht. Die englische Firma *3D Laser Mapping Ltd.* entwickelte dazu das System *StreetMapper* mit dem Navigationssystem *TERRACONtrol* der deutschen Ingenieur-Gesellschaft

für Interfaces mbH (IGI) [1]. Damit kann die Genauigkeit des GPS/INS auch bei Hindernissen, wie Brücken oder Vegetation, innerhalb von 45 mm in der Höhe und 30 mm in der Lage erhalten bleiben. Mit dem StreetMapper werden mehrere seitens- und rückblickende Laser Scanners LMS-Q140 von Riegl betrieben. Bei Autobahnaufnahmen konnte der Nachweis erbracht werden, dass das System bei einer Geschwindigkeit von 45 km/h, bei mindestens sichtbaren acht Satelliten, Stützpunkten im 200 m Abstand und nachfolgender Einpassung eine absolute Genauigkeit von unter 15 mm erreicht [2]. Für den Einsatz beim Autobahnabschnitt N4/28 zwischen Küsnacht und Goldau wurde das Scanning ohne Strassensperzung nachts mit optimaler Abstimmung auf die GPS-Satellitenverfügbarkeit vorgenommen. Die Punktedichte wurde pro Durchgang auf ca. 100 Punkte pro Quadratmeter festgelegt. Mit einer Fahrgeschwindigkeit von rund 40 km/h wurden

die beiden richtungsgesonderten Fahrbahnen jeweils von der Normalspur und in einem zweiten Durchlauf von der Überholspur aus gescannt. Die Einsatzzeit auf der Autobahn für die Scanaufnahmen betrug für die beiden Fahrbahnen à je 10 km inklusive Ein- und Ausfahrten rund zwei Stunden. Insgesamt wurden rund 90 Millionen Fahrbahn- und Bankettpunkte gemessen. Zur Stützung der Punktewolken wurden alle 100 m Passpunkte auf dem Mittelstreifen in zwei GPS-Sessions eingemessen. Terrestrische Detailaufnahmen von Fahrbahnmarkierungen,

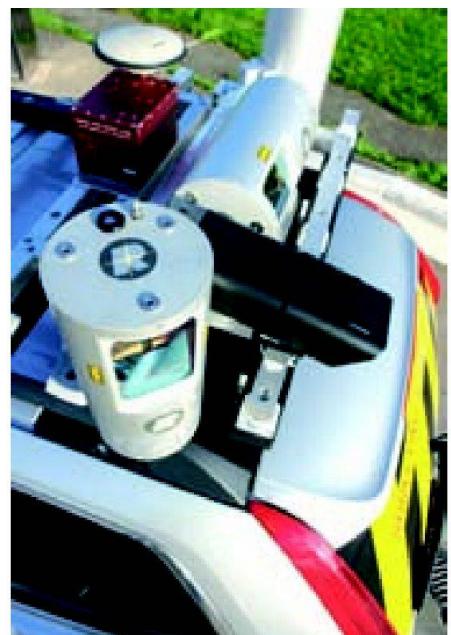


Abb. 3: Laserscanner, GPS, INS und Videosystem.



Abb. 4: Passpunktmessung mittels GPS.

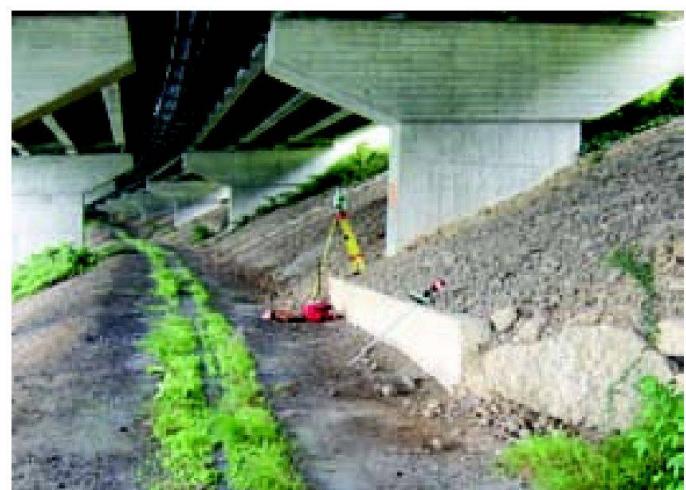


Abb. 5: Tachymetrische Lückenergänzung.

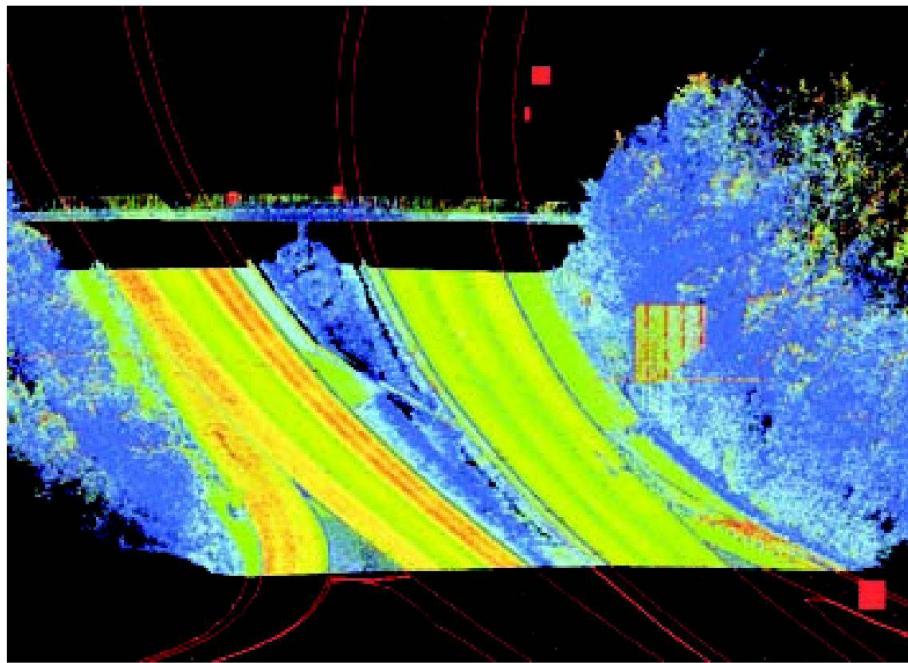


Abb. 6: Beispiel Punktwolkenausschnitt mit automatisch generierten Vektor-elementen.

Schächten usw. dienten als Kontrollpunkte für die Qualitätsprüfung.

## Weitere Erfassungsmethoden

Für die Erfassung des Geländemodells und weiterer Detailpunkte ausserhalb der Fahrbahnen bzw. der Bankette wurde die klassische Stereophotogrammetrie herangezogen. In einem analogen Bildflug mit zwei aneinander gehängten, leicht angewinkelten Fluglinien entlang der Autobahn im Bildmassstab von etwa 1:4000 konnte das Perimetergebiet umfassend abgedeckt werden. Die analytische Aerotriangulation mit 100 GPS-gemessenen Passpunkten erreichte eine Genauigkeit von 2 cm in der Lage und 3 cm in der Höhe. Die Lückenergänzung der durch die Vegetation oder Brücken abgedeckten Geländeabertien und die Aufnahme von Spezialobjekten wurden tachymetrisch vorgenommen.

## Auswertung

Mittels automatischen Auswertealgorithmen und manuellen Bearbeitungen konnten aus der Laserscanning-Punktewolke

die erforderlichen Informationen extrahiert und entsprechend strukturiert werden. Insbesondere konnten die Fahrbahnänder, die Konsolkopfkanten bei den Brücken, die markanten Gefällswechsel und Markierungen automatisch hergestellt werden. Über Ausdünnungsfilter konnten die Massenpunkte für das Belags-DTM und teilweise für das Bankett-DTM, je nach Anforderung in unterschiedlicher Dichte, generiert werden. Gleichzeitig mit der Laserscanning-Datenbearbeitung wurde auch die Auswertung des Umgeländes mittels analytischer Stereophotogrammetrie vorgenommen. Dabei wurden Massenpunkte, Bruchkanten, Einzelobjekte und Bodenbedeckungen erfasst. Ein wichtiger Bearbeitungsschritt bestand darin, die verschiedenen

Geländemodelle in ein Gesamtmodell zu integrieren. Bei der Bearbeitung der Übergänge zwischen den Geländemodellen verschiedener Herkunft konnte gleichzeitig eine Qualitätskontrolle vorgenommen werden, da doch ausgedehnte Überlappungsbereiche vorhanden waren. Zudem wurden im Fahrbahnbereich mit den erhöhten Genauigkeitsanforderungen die zusätzlich tachymetrisch eingemessenen Punkte zur Qualitätskontrolle beigezogen. Schliesslich wurden die Daten noch mit den weiteren Informationsebenen ergänzt und im INTERLIS- und DXF-Format bereitgestellt.

Die Ergebnisse umfassten folgende Produkte:

- digitales Geländemodell Fahrbahn mit Terrainpunkten im 1 m Raster und Bruchkanten
- digitales Geländemodell restlicher Perimeter neben und unter Fahrbahn
- flächendeckende Bodenbedeckung
- 3D-Informationen zu vorhandenen Signalen, Markierungen und Einrichtungen
- Leitungskataster Entwässerung, generiert aus Schachtaufnahmen und Daten von Kanalfernsehen.

## Erfahrungen und Ausblick

Die hohen Genauigkeits-, Qualitäts- und Zuverlässigenheitsanforderungen an Aufnahmen, im Speziellen im Fahrbahnbereich, die erschwerten Bedingungen für Aufnahmen unter Verkehr und der Umfang der Aufnahmen sowie die Form des Vermessungsperimeters habe gezeigt, dass eine Kombination mehrerer Erfassungsmethoden zur Erfüllung der gestell-

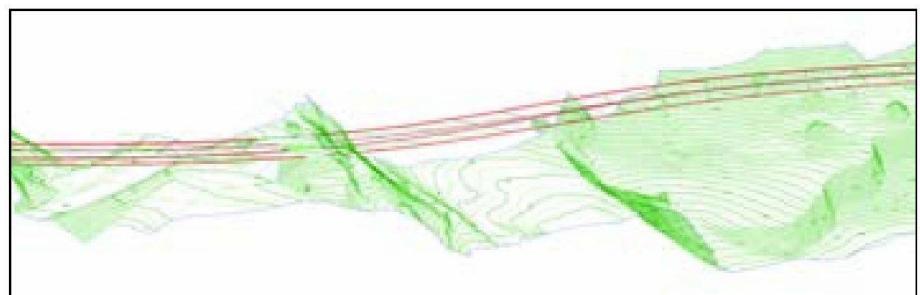


Abb. 7: Ausschnitt aus Geländemodellierung.



Abb. 8: Laserscanning mit StreetMapper 360 (360° Blickfeld), Grauwertdarstellung.

ten Aufgaben angezeigt war. Insbesondere das mobile Laserscanning konnte die Erfassung im Fahrbahnbereich sehr stark beschleunigen, obwohl noch die eine oder andere Schwierigkeit bei der Punkt-wolkenbearbeitung gemeistert werden musste. Generell kann darauf hingewiesen werden, dass die Entwicklung der Laserscanner-Hardware derjenigen der Software deutlich voraus ist. Inzwischen sind bereits wieder schnellere Laserscanner auf dem Markt, die *Mobile Mapping* mit noch höherer Geschwindigkeit und Dichte ermöglichen. Für die nachfolgende Datenverarbeitung sind dann jedoch auch sehr leistungsfähige Rechner und Software-

programme notwendig. Zusammen mit der (Video-)Bildbearbeitung eröffnen sich auch neue Perspektiven für die 3D-Modellierung und virtuellen Darstellung von Strassenräumen.

Abschliessend darf aber auch erwähnt sein, dass klassische Erhebungsmethoden nach wie vor ihre Berechtigung haben, insbesondere in Kombination mit den neusten Laserscanning-Verfahren. Hohem beschaffene Projektperimeter mit einfachen Erfassungsbedingungen sind selten anzutreffen. Demnach gewinnt die integrative Anwendung verschiedener Technologien in Zukunft noch mehr an Bedeutung.

## Dank

Wir danken dem ASTRA, Filiale Zofingen, und dem Baudepartement Schwyz für den Auftrag und das entgegengebrachte Vertrauen sowie der 3D Laser Mapping Ltd. für die Unterstützung im Projekt StreetMapping A4 Küsnacht–Goldau.

## Referenzen:

- [1] Hunter G., Cox C., Kremer J., 2006, Development of a Commercial Laser Scanning Mobile Mapping System – StreetMapper, Second International Workshop The Future of Remote Sensing, Antwerp.
- [2] 3D laser mapping, 2007, Case Study Danish Road Directorate.
- [3] 3D laser mapping, 2008, StreetMapper, Mobile Mapping using LiDAR Technology.

Hans Estermann  
Trigonet AG  
Vermessung Photogrammetrie Raum-information  
Spannortstrasse 5  
CH-6003 Luzern  
hans.estermann@trigonet.ch

## ABONNEMENTS

## BESTELLUNGEN unter folgender Adresse

Jahresabonnement 1 Jahr:  
Inland sFr. 96.-, Ausland sFr. 120.-

## SIGmedia AG

Pfaffacherweg 189, Postfach 19  
CH-5246 Scherz  
Telefon 056 619 52 52  
Telefax 056 619 52 50