

Auscultation de revêtements routiers par photogrammétrie

Untersuchung von Strassenbelägen durch Fotogrammetrie

Die neuesten Entwicklungen in der automatisierten Fotogrammetrie ermöglichen es, einen Befund des Zustands von Strassenoberflächen zu erstellen. Ausgehend von einem Orthofoto und einem digitalen Modell der Oberfläche können Beschädigungen und Verformungen der Beläge sowie ihre Statistiken für Strassenabschnitte kostengünstig festgestellt werden. Die daraus resultierende breite Palette von Produkten mit Georeferenz macht daraus ein Werkzeug, das bei der Analyse und der Entscheidungsfindung mit mehreren geografischen und zeitlichen Massstäben hilft.

Bei den Methoden, die zurzeit für die Feststellung des Zustands von Belagoberflächen angewendet werden, handelt es sich entweder um visuelle Methoden oder um automatisierte Verfahren mit Einsatz von Fahrzeugen, die mit mehreren Sensoren ausgestattet sind. Der visuelle Zustandsbefund (SN 640 925b^{[1],[2]} und 640 926^[3]) zur Feststellung der Oberflächenzustandsverschlechterungen mit den Indexen I_0 und I_1 ergibt Beurteilungen, die sich je nach Erfahrung und Urteilsfähigkeit des Beobachters stark unterscheiden können. Dieser Subjektivitätspunkt macht den Vergleich zwischen unterschiedlichen Abschnitten desselben Netzes sowie zwischen Beobachtungen desselben Abschnittes zu unterschiedlichen Zeitpunkten schwierig. Es ist nun denkbar, dieses Problem mithilfe eines Bildes und des Reliefs des Belags, die durch Fotogrammetrie erstellt wurden, zu lösen.

Die modernen Werkzeuge bestehen aus einem Fahrzeug, das mit mehreren Sensoren (Laserscanner, Video) ausgestattet ist. Diese können mit GNSS-Empfängern (GPS und an-

Les développements récents en photogrammétrie automatisée permettent désormais d'établir un relevé de l'état de surface des chaussées. À partir d'une orthophoto et d'un modèle numérique de surface, il est possible d'extraire les dégradations et les déformations des revêtements ainsi que leurs statistiques par tronçon routier, le tout à un coût réduit. La large panoplie de produits géoréférencés qui en résulte en fait un outil d'aide à l'analyse et à la décision à échelles géographiques et temporelles multiples.

Les méthodes utilisées actuellement pour le relevé d'état de surface des revêtements sont soit visuelles, soit automatisées à partir des véhicules munis de

capteurs multiples.

Le relevé visuel d'état (SN 640 925b^{[1],[2]} et 640 926^[3]), destiné à qualifier les dégradations de surface avec les indices I_0 et I_1 , aboutit à des notations pouvant considérablement varier selon l'expérience et l'acuité

de l'observateur. Ce point de subjectivité rend difficile la comparaison entre différents tronçons d'un même réseau ainsi qu'entre des observations d'un même tronçon à diverses époques. Il est désormais pensable d'y remédier à l'aide d'une image et du relief du revêtement générés par photogrammétrie.

Les outils modernes composés d'un véhicule équipé de multiples capteurs (scanner laser, vidéo) géoréférencés (situés géographiquement) à l'aide de récepteurs GNSS (GPS et autres constellations de satellites de positionnement), systèmes inertiels (INS), odomètres, présentent l'avantage d'une acquisition de données à grande vitesse et une large automatisation de la détermination des indices de planéité longitudi-



PAR
GILDAS ALLAZ
Ingénieur HES en géomatique MSc,
Service géomatique de la Ville
de La Chaux-de-Fonds



PAR
MICHEL KASSER
Professeur de Géodésie
HEIG-VD, Institut de
Géomatique, Gestion de
l'environnement, Construction
et Surveillance d'ouvrages (G2C)



PAR
FRANCINE LAFERRIÈRE
D^r es sciences, ing. civil EPF-SIA,
Directrice du CCDR
(Centre de compétences du
domaine routier),
Heig-VD – Département EC+G

dere Konstellationen von Ortungssatelliten) geopositioniert (geografisch geortet) werden. Die Ausstattung umfasst zudem Trägheitssysteme (INS) und Wegstreckemesser. Alle diese modernen Werkzeuge bieten den Vorteil einer Datenerfassung mit hoher Geschwindigkeit sowie einer weitreichenden Automatisierung der Bestimmung der Indexe für Längsebenheit (I_2) und Querebenheit (I_3) gemäss der Norm SN 640 520a^[4]. Diese Methoden, die aufgrund der Vielfalt und der hoch entwickelten Technik der Bordgeräte kostenaufwendig sind, messen das Relief der Fahrbahn mithilfe von Querprofilen in Form einer Abtastung. Dank Fortschritten in jüngster Zeit können die Fotogrammetrie-Messtechniken diese Methoden durch eine kontinuierliche Messung ergänzen.

Die Anzeige der Genauigkeit der Niveaus zur Feststellung der Ebenheit der Strasse scheint nicht ausreichend genutzt zu werden. Das Nichtvorhandensein von EDV-Werkzeugen bei ihrer Festlegung in der Norm SN 640 520a im Jahr 1977 kann einer der Gründe für diesen Mangel sein. Mit den heutigen Messinstrumenten für Beläge und unseren EDV-Kapazitäten kann diese Anzeige aufgewertet und optimiert werden.

Im städtischen Umfeld wird der Einsatz von automatisierten Systemen, deren Positionierung von GNSS-Antennen abhängig ist, durch die Nichtverfügbarkeit von Satelliten, deren Signal oft durch Bauten blockiert wird, beeinträchtigt. Die Fotogrammetrie, die ohne diese Positionierinstrumente eingesetzt werden kann, gestattet die geografische Ortung der Messungen mithilfe von einigen Bezugspunkten am Boden (Einstellpunkte). Durch bessere Positionierung der Aufnahmen werden ihr Vergleich zwischen unterschiedlichen Zeitpunkten sowie ihre kartografische Überlagerung mit anderen topografischen Daten erleichtert.

Die Fotogrammetrie

Die Fotogrammetrie ist eine dreidimensionale Messtechnik auf der Basis von Fotografien^[5]. Sie wird seit der Erfindung der Fotografie im 19. Jahrhundert eingesetzt, insbesondere zur Erstellung von topografischen Karten. Heute ist sie der breiten Öffentlichkeit vor allem durch das sogenannte Orthofoto (korrigierte, montierte und geografisch geortete Luftaufnahmen) bekannt, das wir an allen unseren kartografischen Schaltern (Geoportale) einsehen können.

Dieses Verfahren war ursprünglich sehr kostenaufwendig. Es hat aber in den letzten Jahren dank der Entwicklung von qualitativ hochwertigen digitalen Fotoapparaten, Algorithmen und Software mit zunehmender Effizienz sowie der ständigen Weiterentwicklung von EDV-Leistungen weite Verbreitung gefunden. Technisch ausgedrückt muss das gemessene Objekt gleichzeitig in mehreren Bildern erscheinen. Das Berechnungsverfahren besteht darin, die Bilder durch automatische Erkennung von Elementen, die in mehreren Bildern sichtbar sind, zusammensetzen (wie Bilder auch zu einem Panorama zusammengesetzt werden können). Mithilfe von einigen Bezugspunkten, die in den Bildern sichtbar sind (Objekte, deren dreidimensionale Koordinaten bekannt sind, wie beispielsweise Deckel von Mannlöchern oder Kataster-Markierungspunkte), wird der gesamte Bilderblock geografisch in einem Koordinatensystem positioniert. Die sich daraus er-

nales (I_2) et transversales (I_3) selon la norme SN 640 520a^[4]. Ces méthodes, onéreuses en raison de la multiplicité et de la haute technologie des appareils embarqués, mesurent le relief de la chaussée à l'aide de profils en travers représentant un échantillonnage de celui-ci. Grâce à des progrès récents, les techniques de mesure par photogrammétrie peuvent venir compléter ces méthodes par une mesure en continu.

L'indicateur d'exactitude des niveaux, servant à qualifier la planéité de la route, semble ne pas être suffisamment exploité. L'absence d'outils informatiques lors de sa définition dans la norme SN 640 520a, en 1977, peut être une des raisons de cette négligence. Or, avec les instruments actuels de mesure des revêtements et nos capacités informatiques, cet indicateur pourrait être revalorisé et optimisé.

En milieu urbain, les systèmes automatisés, dont le positionnement est dépendant d'antennes GNSS, sont péjorés par le manque de disponibilité des satellites dont le signal est bien souvent obstrué par les constructions. La photogrammétrie, pouvant être utilisée sans ces instruments de positionnement, permet de référencer géographiquement les mesures à l'aide de quelques points de repère au sol (points de calage). En positionnant mieux les relevés, leur comparaison entre différentes époques, ainsi que leur superposition cartographique avec d'autres données du territoire, sont facilitées.

La photogrammétrie

La photogrammétrie est une technique de mesure tridimensionnelle à partir de photographies^[5]. Elle a été utilisée dès l'invention de la photographie au 19^e siècle, notamment pour l'établissement des cartes topographiques. De nos jours, son résultat le plus connu dans un large public est l'orthophoto (images aériennes rectifiées, assemblées et géolocalisées) que nous pouvons consulter dans tous nos guichets cartographiques (géoportails).

Ce procédé, à l'origine particulièrement coûteux, s'est très largement démocratisé durant les dernières années grâce au développement d'appareils photo numériques grand public de haute qualité, d'algorithmes et de logiciels de plus en plus efficaces et de capacités informatiques en constante évolution.

Techniquement parlant, l'objet mesuré doit apparaître sur plusieurs images à la fois. Le procédé de calcul consiste à assembler les images par reconnaissance automatique d'éléments visibles sur plusieurs images (au même titre qu'il est possible d'assembler des images pour en créer un panorama). À l'aide de quelques points de calage visibles dans les images (objets dont les coordonnées tridimensionnelles sont connues tels que des couvercles de chambre ou des repères cadastraux), tout le bloc d'images est positionné géographiquement dans un système de coordonnées. Les produits en résultant sont ainsi parfaitement géolocalisés et superposables à d'autres données.

Dès le moment où la position et l'orientation des images sont connues, il est possible de générer un modèle numérique de surface (MNS) par intersection spatiale entre les images. Ensuite, grâce au MNS, les images sont redressées en tenant compte de la forme du terrain pour, finalement, en tirer une orthophoto.

gebenden Produkte werden dadurch einwandfrei geografisch geortet und können anderen Daten überlagert werden.

Ab dem Zeitpunkt, zu dem die Position und die Ausrichtung der Bilder bekannt sind, kann durch räumliche Überschneidung zwischen den Bildern ein digitales Oberflächenmodell (DOM) erstellt werden. Dann werden anhand des DOM die Bilder unter Berücksichtigung der Geländeform justiert, um schliesslich daraus ein Orthofoto zu erstellen.

Anwendung für Strassenbeläge

Im vorliegenden Fall wurde das fotogrammetrische Verfahren für den Einsatz im Strassenbereich angepasst und wird für diese Anwendung optimiert. Dazu werden mehrere Massenmarkt-Spiegelreflexkameras am Heck eines Fahrzeugs befestigt (Abbildung 1), für die keine Präzisions-GNSS-Antennen erforderlich sind.

Eine erste Phase wurde im Jahr 2015 im Verlauf einer Masterarbeit HES-SO im Institut für Geomatik, Umweltmanagement, Bautechnik und Bautenüberwachung (G2C) der Hochschule für Ingenieurwesen und Management des Kantons Waadt (HEIG-VD)^{[6],[7]} in enger Zusammenarbeit mit der Stadt La Chaux-de-Fonds durchgeführt.

Die daraus resultierenden Produkte sind ein DOM und ein Orthofoto (Abbildung 2) des Belags der Fahrbahn und der Trottoirs mit einer millimetrischen dreidimensionalen Auflösung und einer geografischen Positionierung mit einer absoluten Genauigkeit von 2 bis 3 cm.

Erkennung von Zustandsverschlechterungen und andere Produkte

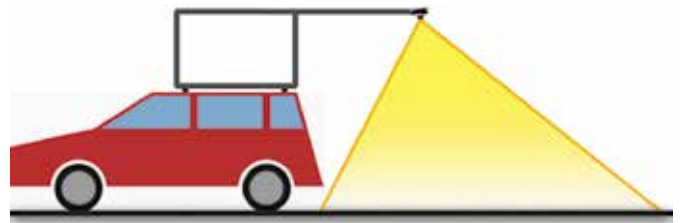
Sobald die millimetrische Modellierung des Reliefs des Belags vorliegt, wird diese verwendet, um die dreidimensionale Geometrie jeder Zustandsverschlechterung festzustellen (Oberfläche, Tiefe, Volumen). Mithilfe von klassischen Werkzeugen der mathematischen Morphologie, die bei der Bildverarbeitung (Fernerkennung) auf breiter Basis eingesetzt werden, wie beispielsweise Filter und Statistiken mit gleitenden Fenstern, werden die Unebenheiten des Belags erkannt und dann modelliert (Abbildung 3). Zustandsverschlechterungen mit kleinem räumlichem Ausmass (Ablösungen, Kornausbruch, Risse, Kahlstellenbildung usw.) werden unterschieden von Verformungen mit grossem räumlichem Ausmass (Spurrinnen, Wulste usw.), die alle automatisch einzeln kartografiert werden können (Abbildung 4 und Abbildung 5). Dann können Statistiken für jeden Strassenabschnitt mit be-

Application aux revêtements routiers

Dans le cas présent, le procédé photogrammétrique a été adapté et se trouve en cours d'optimisation pour s'appliquer au domaine routier. À cet effet, plusieurs appareils photo réflex grand public sont fixés à l'arrière d'une voiture (illustration 1), et ce, sans besoin d'être accompagnés d'antennes GNSS de précision.

Une première étape a été réalisée en 2015 au cours d'un travail de master HES-SO mené à bien à l'Institut de Géomatique, Gestion de l'environnement, Construction et Surveillance d'ouvrages (G2C) de la Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-VD)^{[6],[7]}, en étroite collaboration avec la Ville de La Chaux-de-Fonds.

Les produits qui en résultent sont un MNS et une orthophoto (illustration 2) du revêtement de la chaussée et des trottoirs, à une résolution tridimensionnelle millimétrique et un positionnement géographique d'une précision absolue de 2 à 3 cm.



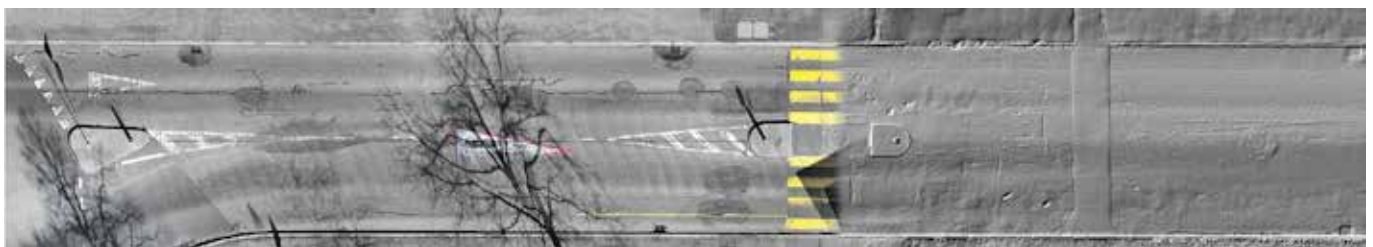
1 | Appareil photo fixé à l'arrière d'une voiture (photos: Gildas Allaz).
1 | Am Heck eines Fahrzeugs befestigter Fotoapparat (Fotos: Gildas Allaz).

Détection des dégradations et autres produits

Une fois obtenue la modélisation millimétrique du relief du revêtement, celle-ci est utilisée pour déterminer la géométrie tridimensionnelle de chaque dégradation (surface, profondeur, volume). À l'aide d'outils classiques de morphologie mathématique, largement utilisés en traitement d'images (télé-détection) comme des filtres et des statistiques par fenêtres glissantes, les aspérités du revêtement sont détectées puis modélisées (illustration 3).

Les dégradations de petites longueurs d'ondes spatiales (désenrobage, perte de gravillons, fissures, pelades, etc.) sont différenciées des déformations de grandes longueurs d'ondes spatiales (ornières, bourrelets, etc.), chacune d'elles pouvant être cartographiée individuellement (illustration 4 et illustration 5) de manière automatique.

Ensuite, des statistiques pour chaque tronçon routier d'une longueur à choix peuvent être extraites pour synthétiser les



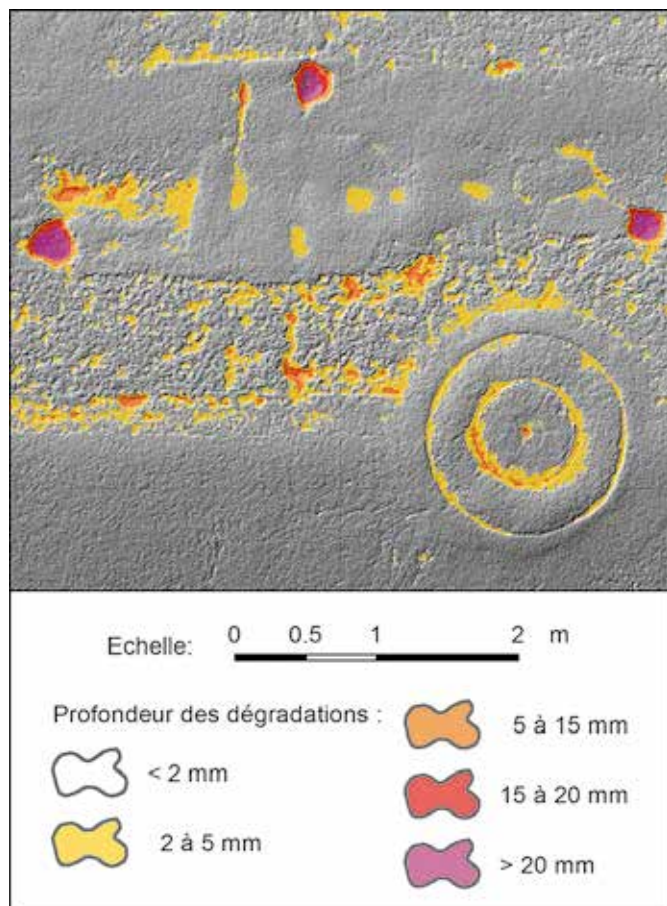
2 | Orthophoto et modèle numérique de surface [MNS] d'un tronçon d'env. 70 m à La Chaux-de-Fonds.
2 | Orthofoto und digitales Oberflächenmodell [DOM] eines Streckenabschnitts von etwa 70 m Länge in La Chaux-de-Fonds.

liebiger Länge erstellt werden, um die Zustandsverschlechterungen zu synthetisieren. Beispielsweise ist das Volumen der Zustandsverschlechterungen pro Flächeneinheit ein geometrisch genauer und objektiver Wert, der eine ergänzende Information zum Index I_0 (oder I_1) sein kann und vor allem nicht mehr von der visuellen Einschätzung eines Beobachters abhängig ist.

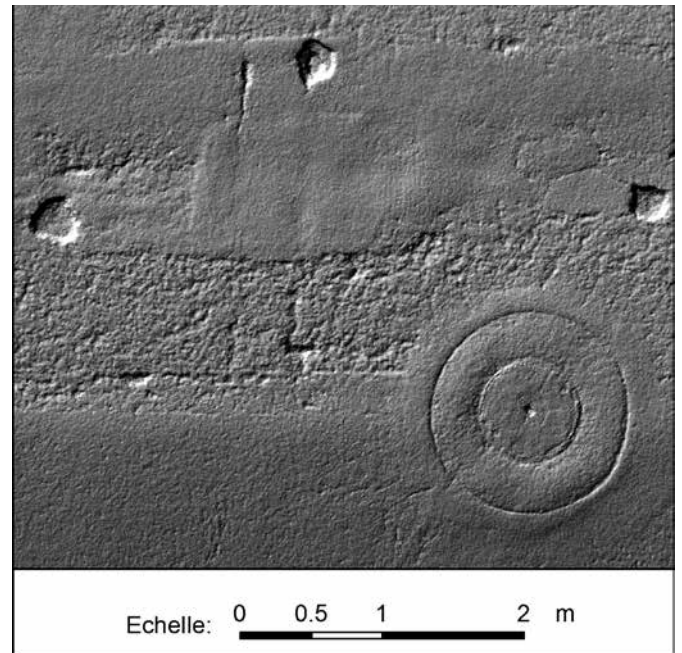
Die geometrischen Merkmale der Verformungen können ihrerseits zur Bestimmung des Index I_3 verwendet werden, indem die maximale Spurrinnentiefe für jeden Streckenabschnitt festgestellt wird (Abbildung 6). Da die Messung des Reliefs der Fahrbahn kontinuierlich erfolgt, bleibt keine Unebenheit bei der Berechnung unberücksichtigt.

Der Index I_2 für die Längsebenheit sowie die Genauigkeit der Niveaus können bestimmt werden, indem man die vektoriellen Geodaten und die Bilddaten, die man mit den oben genannten Verfahren erhält, mithilfe von Statistikwerkzeugen eines geografischen Informationssystems (GIS) kombiniert. Jeder dieser Werte, die von einer extrem feinen geometrischen Messung stammen und einwandfrei geografisch geortet sind, kann dann einen objektiven Vergleich zwischen verschiedenen Zeitabschnitten und folglich eine Beschreibung der Entwicklung eines Belags gestatten. Diese Indikatoren werden ergänzt durch die Darstellung von Niveaueurven mit kurzem gleichem Abstand (Abbildung 7) und die Erkennung der horizontalen Signalisierung (Abbildung 5) ausgehend vom Orthofoto.

Alle diese Daten, die in herkömmlichen digitalen Formaten



4 | Détection des aspérités et représentation de leur profondeur.
4 | Feststellung von Unebenheiten und Darstellung ihrer Tiefe.



3 | Extrait du modèle numérique de surface [MNS] : pelades, fissures de joint, désenrobage.

3 | Auszug aus dem digitalen Oberflächenmodell (DOM): Kahlstellenbildung, Fugenrisse, Ablösungen.

dégradations. Par exemple, le volume des dégradations par unité de surface est une valeur géométriquement exacte et objective pouvant représenter une information complémentaire à l'indice I_0 (ou I_1), et surtout ne dépendant plus de l'appréciation visuelle d'un observateur.

Les caractéristiques géométriques des déformations, quant à elles, peuvent servir à définir l'indice I_3 en détectant la profondeur maximale d'ornière pour chaque tronçon (illustration 6). La mesure du relief de la chaussée étant continue, aucune aspérité n'échappera au calcul.

L'indice I_2 de planéité longitudinale ainsi que l'exactitude des niveaux peuvent être déterminés en combinant judicieusement les géodonnées vectorielles et image issues des processus précédents à l'aide des outils statistiques d'un système d'information géographique (SIG).

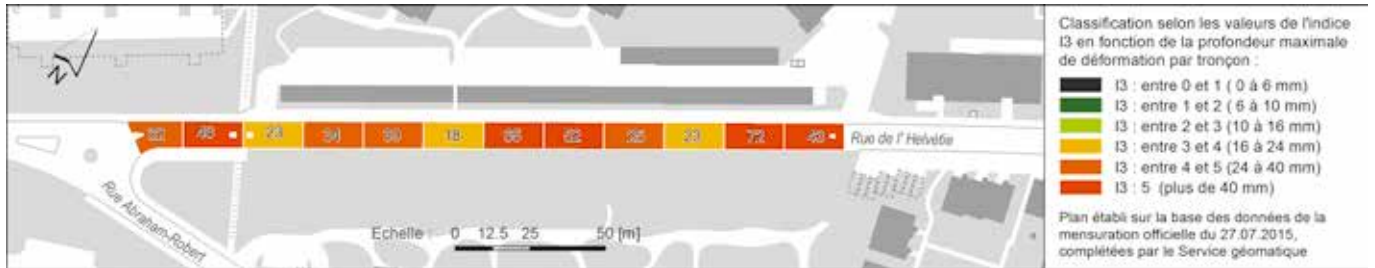
Chacune de ces valeurs, provenant d'une mesure géométrique extrêmement fine, parfaitement géolocalisée, pourront permettre ensuite une comparaison objective entre différentes époques et donc de décrire l'évolution d'un revêtement. A ces indicateurs, s'ajoutent la représentation de courbes de niveau à faible équidistance (illustration 7) et la détection de la signalisation horizontale (illustration 5) à partir de l'orthophoto.

Toutes ces données, enregistrées dans des formats numériques conventionnels, sont parfaitement intégrables dans tout logiciel de SIG du marché ou «Open Source». Elles peuvent être superposées librement à n'importe quelles géodonnées telles que les cadastres souterrains des conduites, la signalisation verticale, l'éclairage public, etc. et diffusées au travers des guichets cartographiques en accès restreint pour les spécialistes.

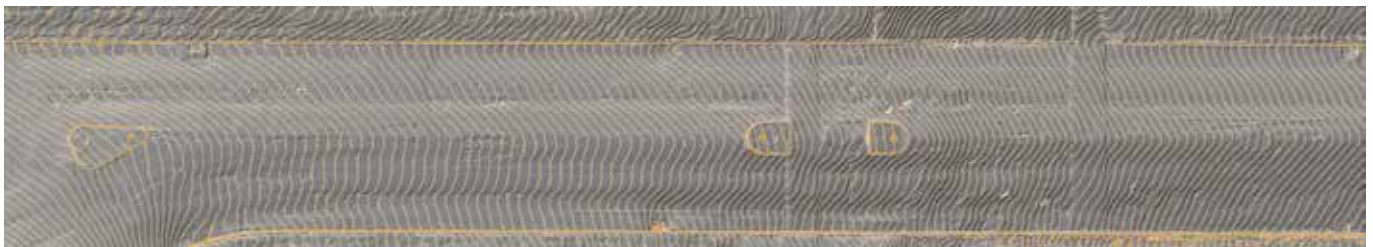
Chaque paramètre de calcul est adaptable selon les besoins des gestionnaires de réseaux routiers.



5 | Les déformations, la signalisation horizontale et les dégradations extraites par télédétection.
5 | Verformungen, horizontale Signalisation und durch Fernerkennung festgestellte Zustandsverschlechterungen.



6 | Synthèse des déformations selon la profondeur d'ornièrè maximale (indice I3).
6 | Synthese der Verformungen je nach der maximalen Spurrillentiefe (Index I3).



7 | Courbes de niveau à une équidistance de 2 cm [espace vertical séparant deux courbes successives].
7 | Niveaukurven mit einem einheitlichen Abstand von 2 cm (vertikaler Abstand trennt zwei aufeinanderfolgende Kurven).

gespeichert werden, können problemlos in jedes auf dem Markt angebotene oder «quelloffene» GIS-Programm integriert werden. Die Daten können jeden beliebigen Geodaten, wie beispielsweise unterirdischen Leitungskadastern, vertikaler Signalisierung, öffentlicher Beleuchtung usw. frei überlagert werden und an kartografischen Schaltern mit eingeschränktem Zugang für Fachleute verteilt werden. Jeder Berechnungsparameter kann an die Bedürfnisse der Verwalter von Strassennetzen angepasst werden.

Anwendungsbeispiele

Dieses Verfahren kann genutzt werden, um einen Befund für einen bestimmten Sektor oder für ein komplettes Netz zu erstellen. Dies ist jedoch bei Weitem nicht seine einzige mögliche Anwendung. Die Erfassungsgeschwindigkeit (15 bis 20 km/h), die auf der aktuellen Leistungsfähigkeit von auf dem Markt angebotenen Fotoapparaten basiert, ist zwar noch gering. Doch dank seiner identischen Quer- und Längsaufösung und seiner Unabhängigkeit von einer genauen GNSS-Positionierung eignet sich dieses System zurzeit insbesondere für städtische Milieus, wo lokale Schwankungen der Belagqualität sehr häufig sind.

Exemples d'applications

Ce procédé peut être exploité pour établir un relevé d'état d'un secteur défini ou d'un réseau complet, mais ce n'est de loin pas sa seule utilisation possible.

En raison de sa vitesse d'acquisition encore réduite (15 à 20 km/h), uniquement liée aux capacités actuelles des appareils photo du marché, mais grâce à sa résolution latérale et longitudinale identique et à son indépendance d'un positionnement GNSS précis, ce système est, pour l'heure, particulièrement approprié aux milieux urbains où les variations locales de qualité de revêtement sont très fréquentes.

Il est par exemple applicable à un tronçon devant être réaménagé, servant d'outil de communication interne aux planificateurs en leur évitant de multiples visites sur place et en ciblant plus facilement les analyses à réaliser. Il peut également servir de moyen de communication externe envers des décideurs politiques et des riverains.

Lors d'un chantier, ce système pourrait servir à définir un état 0, puis un comparatif avant la fin du délai de garantie pour mettre en évidence d'éventuels défauts de construction.

Dans le même ordre d'idées, un suivi par relevés à intervalles

Beispielsweise eignet sich dieses System für einen Streckenabschnitt, der neu hergerichtet werden soll, wobei es von den Planern als internes Kommunikationswerkzeug verwendet wird, ihnen mehrere Baustellenbesuche erspart und die durchzuführenden Untersuchungen erleichtert. Das System kann auch als Mittel für die externe Kommunikation mit politischen Entscheidungsträgern und Anrainern verwendet werden.

Bei einer Baustelle kann dieses System zur Festlegung eines Zustands 0 und zur Durchführung eines Vergleichs vor dem Ablauf der Garantiefrist dienen, um eventuelle bauliche Mängel festzustellen.

Bei einem Versuchsfeld können Aufnahmen eines neuen Belags in regelmässigen Intervallen zur Kartografierung des Verschleisses und dessen Entwicklung im Laufe der Zeit dienen.

Bei einer privaten Baustelle an einer öffentlichen Strasse wird manchmal im Hinblick auf etwaige Beschwerden eine Feststellung von vorhandenen Schäden der Fahrbahn verlangt. Dieses Verfahren kann sich in diesen Situationen als ideales Werkzeug erweisen.

In Anbetracht des Potenzials seiner zahlreichen Anwendungen wird dieses System in der Stadt La Chaux-de-Fonds durch

réguliers d'une planche d'essai sert à cartographier l'usure d'un nouveau revêtement et son évolution temporelle.

Lors d'un chantier privé aux abords d'une route publique, un relevé des dégradations préexistantes de la chaussée est parfois demandé en guise de preuve à futur en prévision d'éventuelles plaintes. Ce procédé peut s'avérer l'outil idéal dans ces situations.

Au vu du potentiel de ses nombreuses applications, ce système est en cours d'implémentation à la Ville de La Chaux-de-Fonds au travers d'une étroite collaboration entre ses Services techniques et son Service géomatique.

Conclusion

À partir d'une seule acquisition de données, avec un équipement simple et peu onéreux, la surface des revêtements routiers peut être auscultée par un modèle numérique de surface (MNS) et une orthophoto à une résolution 3D millimétrique, positionnée géographiquement à une précision centimétrique. À partir de ces données de base, les dégradations et les déformations de la chaussée peuvent être quantifiées tridimensionnellement puis synthétisées statistiquement par tronçon routier. Grâce à la précision et à l'objectivité des

Anzeige

VILLABIT PmB HiMA

Wir liefern ihnen die neue Generation von polymermodifizierten Bindemitteln



Generationenwechsel

SCHUMACHER
Transporte + Bitumen AG
www.schumacher-bitumen.ch

Haselgasse 25
CH-3902 Brig-Glis
079 439 48 08

enge Zusammenarbeit zwischen ihren technischen Diensten und ihres Geomatikdienstes schrittweise eingeführt.

Fazit

Ausgehend von einer einzigen Datenerfassung mit einer einfachen und kostengünstigen Ausrüstung kann die Oberfläche von Strassenbelägen mit einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) und einem Orthofoto mit einer 3D-Millimetrauflösung untersucht werden, das mit Zentimetergenauigkeit geografisch geortet wird. Ausgehend von diesen Basisdaten können die Zustandsverschlechterungen und die Verformungen der Fahrbahn dreidimensional quantifiziert und dann für Strassenabschnitte statistisch synthetisiert werden. Dank der Genauigkeit und der Objektivität der Daten sind Vergleiche zwischen verschiedenen Zeitabschnitten möglich.

Ausgehend von diesen informationsreichen Daten kann dieses System sich durch Individualisierung jeder Art von Zustandsverschlechterung (Unterscheidung zwischen Kornausbruch, Rissbildung, Ablösung usw.) weiterentwickeln. Indem über die geometrischen Merkmale der Unebenheiten hinausgegangen wird, kann jede Art von Zustandsverschlechterung je nach ihrer Schwere unterschiedlich klassifiziert und erfasst werden. So erhält man eine vollständige, objektive und vor allem reproduzierbare digitale Alternative zur optischen Feststellung. Diese Entwicklung wird den Begriff Oberflächenbeschaffenheit (Textur) umfassen, die dank einheitlicher Daten in Längsrichtung und Querrichtung eine Kartografierung der lokalen Variationen der Oberfläche einer Strasse ermöglichen wird.

Die vielen möglichen Anwendungen und die Weiterentwicklungsfähigkeit dieses Systems sind ein wichtiger Beitrag der Geomatik für das Strassenwesen, indem ein Werkzeug zur Hilfe bei der Analyse und der Entscheidungsfindung mit mehreren geografischen und zeitlichen Massstäben bereitgestellt wird.

données, des comparaisons entre différentes époques sont possibles.

À partir de ces données riches en informations, ce système pourra continuer à se développer en individualisant chaque type de dégradation (différentiation entre perte de gravillon, fissure, désenrobage, etc.). En allant encore plus loin que des caractéristiques géométriques des aspérités, chaque type de dégradation pourra être classé et noté différemment en fonction de sa gravité, offrant ainsi une alternative numérique intégrale, objective et surtout reproductible au relevé visuel. Ce développement intégrera la notion de caractéristiques de surface (texture) qui, grâce à des données uniformes longitudinalement et latéralement, permettra de cartographier les variations locales de la surface d'une chaussée.

La multitude des applications possibles et la force d'évolution de ce système sont un apport majeur de la géomatique au domaine routier en lui mettant à disposition un outil d'aide à l'analyse et à la décision à échelles géographiques et temporelles multiples.

Bibliographie

- [1] VSS, SN 640 925b «Gestion de l'entretien des chaussées (GEC) Relevé d'état et appréciation en valeur d'indice», 2003.
- [2] VSS, SN 640 925b (annexe) «Gestion de l'entretien des chaussées (GEC) Mode opératoire pour le relevé visuel d'état avec le catalogue des dégradations», 2003.
- [3] VSS, SN 640 926 «Gestion de l'entretien des chaussées (GEC) Relevé d'état visuel: indices individuels», 2005.
- [4] VSS, SN 640 520a «Planéité, contrôle de la géométrie», 1977.
- [5] Kasser, M., Egels, Y., «Photogrammétrie numérique», Lavoisier, 2001.
- [6] Allaz, G., Kasser, M., «Auscultation de l'état de surface de revêtements routiers par photogrammétrie automatisée», Géomatique Suisse, janvier 2016.
- [7] Allaz, G., Kasser, M., «Auscultation de l'état de surface de revêtements routiers par photogrammétrie automatisée», XYZ Association Française de Topographie, mars 2016.

Anzeige

FUSS- UND RADVERKEHR

WEITERBILDUNG AN DER HSR



CAS Fuss- und Radverkehr

Erfahren Sie, was es braucht, um Fuss- und Radverkehrsanlagen erfolgreich zu planen: Im Kurs lernen Sie das Konzept der Netz- und Routenplanung mit Querungen und Knotenlösungen kennen und binden auch Veloparkierung und Veloverleihsysteme in Ihre Planung mit ein.

Beginn	27. Oktober 2016
Studienort	HSR Hochschule für Technik Rapperswil und Zürich
Studiendauer	18 Kurstage von Oktober 2016 bis Februar 2017
Anmeldeschluss	31. August 2016
Auskünfte	T+41 (0)55 222 47 56 raumentwicklung@hsr.ch
Infoabend	15. August 2016 in Rapperswil Weitere Informationen und Anmeldung www.hsr.ch/fuss-radverkehr