



Laserscanning als Methode zur Ebenheitsprüfung von Baustellenböden

Laser Scanning as a Method for Checking the Flatness of Construction Site Floors

Nikolaus Studnicka, Wien und Jacob Zurl, Graz

Kurzfassung

Die Ebenheitsprüfung von Böden auf Baustellen ist seit Jahrzehnten normiert. Die eingesetzten Methoden reichen von Richtlatten und Keilen über Laser-Nivelliersysteme bis hin zu Bodenprofilsystemen. Der Einsatz von Laserscannern war bislang eher unüblich.

Der *RIEGL VZ-600i* Laserscanner ermöglicht hochauflösende Scans von großen Flächen – bis zu einem Scan pro Minute. So können großer Flächen rasch erfasst und Baustellen damit effizient vermessen werden. Zudem bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur Weiterverarbeitung der Daten. Diese Methode eignet sich insbesondere zur präzisen Überprüfung der Ebenheit von Betonböden.

Dieser Artikel erläutert die einzelnen Schritte der Ebenheitsprüfung anhand eines konkreten Praxisbeispiels – von der Nutzung von Festpunkten und Referenzmessungen über die Datenerfassung bis hin zur Datenverarbeitung. Ziel ist es, zu zeigen, dass die erzielten Ergebnisse sowohl den normativen Anforderungen entsprechen als auch für den praktischen Einsatz geeignet sind.

Schlüsselwörter: Ebenheitsprüfung, Industrieboden, Laserscanner

Abstract

The flatness testing of floors on construction sites has been standardized for decades. The methods used range from straight edges and wedges to laser leveling systems and floor profile systems. Until now, the use of laser scanners has been rather uncommon.

The *RIEGL VZ-600i* laser scanner enables high-resolution scans of large areas – up to one scan per minute. This allows large areas to be quickly captured and construction sites to be measured efficiently. In addition, there are many possibilities for further processing the data. This method is particularly suitable for precisely checking the flatness of concrete floors.

This article explains the individual steps of the flatness test using a concrete practical example – from the use of fixed points and reference measurements to data acquisition and data processing. The aim is to show that the results obtained both meet the normative requirements and are suitable for practical use.

Keywords: Flatness testing, industrial flooring, laser scanner

1. Ausgangssituation

In der Ebenheitsvermessung treffen traditionelle Methoden und moderne Laserscanner-Technologien aufeinander. Einerseits wird die Ebenheitsabweichung von Böden seit Jahrzehnten mit etablierten Messmethoden und -geräten bestimmt, andererseits haben sich terrestrische Laserscanner in den letzten 20 Jahren rasant weiterentwickelt und als Standardwerkzeug für 3D-Messungen etabliert. Umso erstaunlicher ist es, dass in diesem Bereich weiterhin Missverständnisse bestehen.

Bis heute sind Laserscanner nicht explizit in die Norm zur Ebenheitsprüfung aufgenommen, es kann aber die etablierte Methode des Rasternivelllements herangezogen werden. Zudem herrscht oft eine falsche Vorstellung darüber, was ein Laserscanner tatsächlich misst: Viele Anwender gehen davon aus, dass ein „Oberflächenmodell“

eines Hallenbodens bereits die Ebenheitsabweichung des Bodens widerspiegelt – was jedoch nicht der Fall ist. Gleichzeitig suchen Auftraggeber in den technischen Daten eines terrestrischen Laserscanners vergeblich nach einer verlässlichen Angabe zur erreichbaren Genauigkeit bei der Ebenheitsprüfung.

Bevor ein modernes Messgerät also effizient eingesetzt werden kann, ist es essenziell, die Thematik aus zwei Perspektiven zu betrachten: einerseits aus der Sicht der Anwendung und andererseits aus der Sicht des verwendeten Messgeräts.

1.1 Klassische Verfahren

Die Ebenheitsabweichung wird definiert als die Ist-Abweichung einer Fläche von einer idealen Ebene, angegeben als Stichmaß in Bezug auf einen bestimmten Messpunktabstand. Das älteste, am weitesten verbreitete Verfahren zur Bestimmung

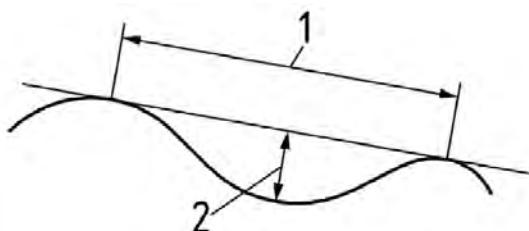


Abb. 1: Prinzip der Messung der Ebenheitsabweichung mittels Richtlatte (1) und Stichmaß (2)

dieser Abweichung ist die Messung mit einer „Richtlatte“ und einem „Messkeil“. Dabei wird die Richtlatte (1), wie in Abbildung 1 dargestellt, auf den Boden gelegt und das sogenannte Stichmaß (2) mithilfe des Messkeils bestimmt. Tabelle 1 zeigt die Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202.

Zum Beispiel legt die DIN-Norm 18202 Toleranzen für Ebenheitsabweichungen fest, indem sie Grenzwerte für Stichmaße – also Messpunkte über definierte Abstände – sowie für Richtlattenmessungen definiert. Die zulässigen Abweichungen sind je nach Nutzungsklasse des Bodens in Tabellen und Diagrammen dargestellt. Für flächenfertige Industrieböden gelten die Grenzwerte aus der weithin bekannten Tabelle für Ebenheitstoleranzen lt. DIN 18202 (Tabelle 1).

Wenn die Messlatte zum Beispiel eine Länge von einem Meter aufweist, kann man aus Tabelle 1 ablesen, dass das erlaubte Stichmaß für flächenfertige Böden (Zeile 3) 4 mm (Spalte 4) beträgt.

Zur normgerechten Auswertung einer großen Anzahl von Messpunkten bei der Ebenheitsmessung kann die sogenannte „Rasternivellement“-Methode eingesetzt werden. Dabei wird der Boden mit einem Raster, beispielsweise im 50-cm-Abstand, überzogen. An den Knotenpunkten dieses Rasters werden die Höhenknoten erfasst und ausgegeben, etwa mithilfe eines elektronischen Nivellements oder wie im Folgenden beschrieben mit einem 3D-Laserscanner.

Das Stichmaß wird an drei benachbarten Rasterpunkten berechnet, wie in Abbildung 2 zu sehen ist. Für den Messpunktabstand von $2L = 1\text{ m}$ wird die Bodenoberfläche mit einem einheitlichen Rasterabstand von $L = 50\text{ cm}$ überzogen. Das Stichmaß t_2 am Punkt P_2 wird rechnerisch über jeweils drei benachbarte Punkte P_1 , P_2 und P_3 ermittelt, die Höhenknoten h_1 , h_2 und h_3 an den jeweiligen Rasterpunkten berechnet. Es gelten wieder die Grenzwerte des Stichmaßes aus Tabelle 1.

$$t_2 = h_2 - h_m \quad (1)$$

$$h_m = \frac{1}{2} (h_1 + h_3) \quad (2)$$

Spalte	1	Stichmaße als Grenzwerte in mm bei Meßpunktabständen in m													
		0,1 *	0,6	1 *	1,5	2	2,5	3	3,5	4 *	6	8	10 *	15 *	
1	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden	10	13	15	16	17	18	18	19	20	22	23	25	30	
2	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden mit erhöhten Anforderungen, z.B. zur Aufnahme von schwimmenden Estrichen, Industrieböden, Fliesen- und Plattenbelägen, Verbundestrichen, Fertige Oberflächen für untergeordnete Zwecke, z.B. in Lagerräumen, Kellern	5	7	8	9	9	10	11	12	12	13	14	15	20	
3	Flächenfertige Böden, z.B. Estriche als Nutzestrüche, Estriche zur Aufnahme von Bodenbelägen Bodenbeläge, Fliesenbeläge, gespachtelte und geklebte Beläge	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	15	
4	Wie Zeile 3, jedoch mit erhöhten Anforderungen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	
5	Nichtflächenfertige Wände und Unterseiten von Rohdecken	5	8	10	11	12	13	13	14	15	18	22	25	30	
6	Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken, z.B. geputzte Wände, Wandbekleidungen, untergehängte Decken	3	4	5	6	7	8	8	9	10	13	17	20	25	
7	Wie Zeile 6, jedoch mit erhöhten Anforderungen	2	2	3	4	5	6	6	7	8	10	13	15	20	

Tab. 1: Tabelle der Ebenheitstoleranzen [1]. Für diese mit * gekennzeichneten Messpunktabstände sind Werte von DIN 18202 enthalten. Die Werte für die anderen Abstände sind interpoliert. Quelle: Handbuch für das Estrich- und Belagsgewerbe, Zentralverband Deutsches Baugewerbe.

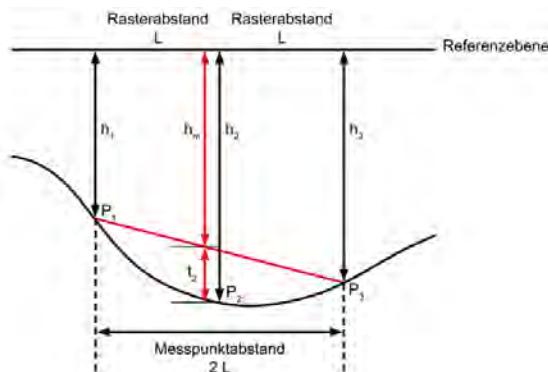


Abb. 2: „Rasternivellierung“-Methode

1.2 Vermessung mittels 3D-Laserscanner

Ein 3D-Laserscanner erfasst aus einer statischen Position auf einem Stativ die Umgebung einer Baustelle – durch das Aussenden und Abtasten von Laserimpulsen. Diese treffen auf die Oberflächen, werden diffus reflektiert, und die Laufzeit der Signale wird gemessen (alternativ kann das Phasenvergleichsprinzip verwendet werden). Auf Basis dieser Messdaten berechnet der Scanner präzise 3D-Koordinaten und erstellt eine Punktwolke, die die Geometrie des Raums detailliert digital abbildet. Diese Punktwolke dient als Grundlage für die Weiterverarbeitung, etwa zur Erstellung von 3D-Modellen oder technischen Analysen.

Bei der typischen Vermessung mit einem terrestrischen Laserscanner wird ein Panoramaskan nach dem anderen aufgenommen. Der hier eingesetzte augensichere RIEGL VZ-600i Laserscanner [2] ermöglicht die Erfassung von bis zu sechzig hochauflösenden Laserscans pro Stunde (Spezifikationen sind in Tabelle 2 angegeben).

Mit dem Standard-Scanmuster „Panorama 6mm“ lassen sich Scans erstellen, die in 10 Metern Entfernung eine Punktauflösung von 6 mm aufweisen. Wird das Scanner-Stativ beispielsweise in 10-Meter-Intervallen umgestellt, ist eine vollständige Vermessung von großen Baustellen rasch und vollständig möglich.

Der RIEGL VZ-600i Laserscanner ermöglicht die automatische Registrierung der Scanpositionen bereits während schon die nächsten Scans aufgenommen werden. Die Firmware des Scanners führt einen mehrstufigen Registrierungsprozess vollautomatisch und ohne Benutzereingriff durch [3]. Der Algorithmus funktioniert auch bei schlechten Lichtverhältnissen oder in Umgebungen mit wiederkehrenden Strukturen wie Säulen und Pfeilern.

1.3 Laserscanning in der Praxis

Die beiden Autoren haben für die praktische Durchführung einer Ebenheitsprüfung ein Neubauprojekt in Grambach in Graz [4] gewählt. Hier

Laserscanner Modell	RIEGL VZ-600i
Scangeschwindigkeit (Standard Scanmuster)	60 Scanpositionen pro Stunde 2,2 MHz PRR, 420 Scanlinien/sec 6 mm Punktauflösung in 10 m Distanz/Scan
3D Genauigkeit	3 mm @ 50 m, 5 mm @ 100 m
Scanbereich: horizontal × vertikal	360° × 105° (-40° bis +65°)
Reichweite (2,2 MHz PRR)	0,5–220 m (90 % Reflexionsgrad) 0,5–100 m (20 % Reflexionsgrad)
Gewicht	< 6 kg
Kameraoptionen	interne Kameras, aufgesetzte Systemkamera (optional), aufgesetzte Panoramakamera (optional)
GNSS-Empfänger	intern (L1), optional aufgesetzter RIEGL RTK-GNSS Empfänger
Laserklasse	1 (augensicher)
Geräteschutzklasse	IP64, staub- und spritzwassergeschützt
Registrierung der Scanpositionen	während des Scanvorgangs in Echtzeit im Scanner und/oder mit RiSCAN PRO auf einem Laptop/PC

Tab. 2: Spezifikation eines RIEGL VZ-600i Laserscanners [2]

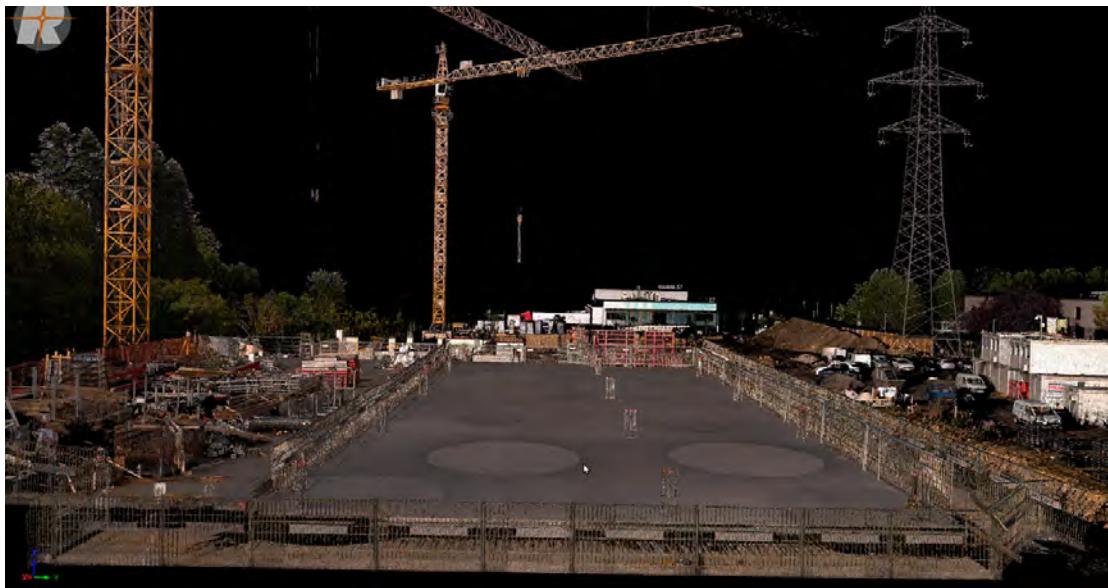


Abb. 3: Punktfolke aus 17 Panorama-6mm Scans, aufgenommen mit einem RIEGL VZ-600i Laserscanner

wurde im laufenden Baustellenbetrieb eine 450 m^2 große ($30 \text{ m} \times 15 \text{ m}$) Geschoßebene geprüft. Im Sinn nachhaltigen Bauens soll hier später der Teppich ohne weitere Estrichschicht direkt auf den Boden geklebt werden. Die Ebenheitsprüfung ist für die ausführende Baufirma relevant, um Bereiche, die außerhalb der Norm liegen, direkt nachbearbeiten zu können. Bei der klassischen Arbeitsmethodik, bei der Flächen wie diese visuell und mithilfe einer Messlatte punktuell geprüft werden, werden jedoch häufig nicht alle nachzubearbeitenden Bereiche erkannt. Dies hat zur Konsequenz, dass die Abweichungen oft erst im späteren Bauprozess auffallen, was zu erheblichen Mehrkosten führen kann. Abbildung 3 zeigt eine Punktfolke, die aus einzelnen 17 Scans besteht. Sie wurden in 23 Minuten aufgenommen. Wichtig ist, dass vor der Vermessung mit einem Laserscanner die gesamte Bodenfläche beseinrein gesäubert wird.

Mithilfe der „Project Map“-App kann vor Ort der Fortschritt des Scanprojekts in Echtzeit auf einem mobilen Gerät verfolgt werden. Diese Applikation zeigt sowohl die registrierten Scanpositionen als auch eine ausgedünnte Punktfolke aus der Vogelperspektive.

Zur Geo-Referenzierung aller Scandaten wurden bereits vor der Vermessung in der unmittelbaren Umgebung der Baustelle retro-reflektierende Ziele angebracht und aus den verschiedenen Scanpositionen fein-gescannt. Sie dienen in der

weiteren Folge als Festpunkte. Diese Reflektoren werden auch mit einer Totalstation vermessen. Bei dieser Baustelle wurde das MGI/Austria GK East Koordinatensystem mit dem EPSG-Code 31256 verwendet.

Alle Scans und Passpunkte werden anschließend in einer Blockausgleichung verarbeitet, die in der proprietären Software RiSCAN PRO als „Multistation Adjustment“ bezeichnet wird. Das Ergebnis ist eine Minimierung der verbleibenden Restfehler. Die resultierende Standardabweichung der Restklaffungen der Residuen zwischen Laser-scan und Totalstation wird tabellarisch ausgegeben. Sie bewegt sich typischerweise im Bereich von wenigen Millimetern.

Die Scans können anschließend zu einer homogenen Punktfolke mit einem einheitlichen Punkt-abstand verarbeitet werden. Diese Punktfolke bildet die Oberfläche der Betonfläche ab und kann als digitales Oberflächenmodell des Bodens betrachtet werden (siehe Abbildung 4). Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass dies (noch) keine Prüfung der Ebenheitsabweichung darstellt! Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei einem anschließenden Regen die Wasseransammlungen exakt auf den blauen (also den tiefer liegenden Stellen des Bodens) aufgetreten sind. Man kann auch deutlich erkennen, wo Bewehrungsgitter für noch aufzustellende Pfeiler betoniert wurden. Diese Stellen werden naturgemäß von einer Ebenheitsprüfung ausgenommen.

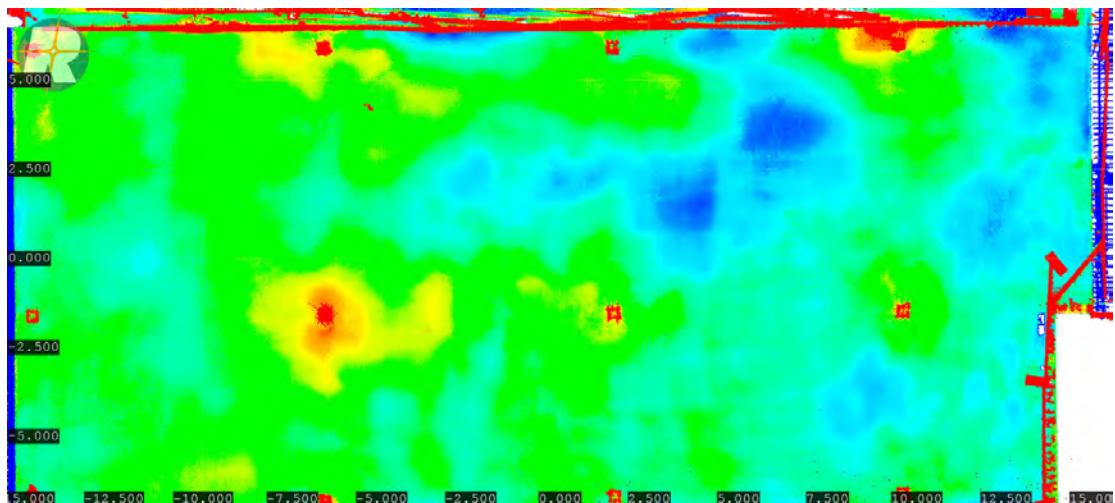


Abb. 4: Höhenmodell einer Geschoßebene als Punktfolge. Blau entspricht -10 mm, Rot entspricht +10 mm

1.4 Ergebnisse und Diskussion

In einem weiteren Verarbeitungsschritt gilt es mithilfe der ausgeglichenen Scans eine Prüfung der Ebenheitsabweichung analog zur Rasternivelllement-Methode durchzuführen. Dafür ist es notwendig ein Rechteck zu definieren, das in Lage und Höhe dem gefertigten Boden entspricht. Anschließend wird – ausgehend von einem Eckpunkt des Rechtecks – ein Raster mit einer typischen Rasterbreite von 50 cm über die Punktfolge des Industriebodens gelegt. An den Rasterpunkten lassen sich anschließend die jeweiligen Höhenkoten bestimmen.

Da ein horizontaler Boden eine stetige Fläche bildet, kann die Höhe eines Rasterpunkts durch Mittelung der umliegenden, aus allen Scans vereinten Scanpunkte ermittelt werden. Dieser Ansatz reduziert das Messrauschen der gemittelten Punkte auf unter einen Millimeter und erhöht so die Genauigkeit der Höhenbestimmung. Eine präzise Erfassung der Höhenkoten ist entscheidend, da sie die Grundlage zur Bestimmung des Stichmaßes und damit der Ebenheitsabweichung bildet.

Die Genauigkeit der Höhenkoten wird von mehreren Faktoren beeinflusst, darunter das Messrauschen des Scanners, die Registrierung der Scanpositionen, die Blockausgleichung aller Scans sowie die Mittelung der Punktswerte an den Rasterpunkten. Aus diesem Grund findet man die Genauigkeit der Höhenkoten nicht im Datenblatt eines terrestrischen Laserscanners. Zur Validierung der Ergebnisse kann eine Vergleichs-

messung mit einem elektronischen Nivelllement durchgeführt werden, da dieses eine Höhengenauigkeit von 0,2–0,3 mm erreicht und somit als verlässliche Referenz dient. In früheren Versuchsmessungen [5] wurde gezeigt, dass bei einer korrekten Vermessung die Abweichung zwischen den Methoden innerhalb von ± 1 mm liegen kann.

Im Folgenden wird die numerische Auswertung der Ebenheitsabweichung nach der oben beschriebenen „Rasternivelllement“-Methode durchgeführt. Es werden immer drei 50 cm nebeneinander liegende Höhenkoten herangezogen um ein Stichmaß zu bestimmen. Die Länge der Messlatte beträgt also 1 m und ein maximales Stichmaß von 4 mm ist laut Tabelle 1 erlaubt. Alle Zellen mit einem größeren Stichmaß sind in der folgenden Abbildung (Abbildung 5) rosa eingefärbt. Die Prüfung erfolgt aus zwei verschiedenen Richtungen: Die virtuelle Messlatte wird einmal in x-Richtung (horizontal in der Abbildung) und einmal in der y-Richtung (vertikal in der Abbildung) angelegt. Es zeigen sich zwei unterschiedliche Ergebnisse.

Der Boden ist nun als farbcodierte Punktfolge mit einer Punktauflösung von 50 cm orthogonal von oben dargestellt. Die Punkte, in denen das Stichmaß bei einem Messpunktabstand von einem Meter die zulässigen 4 mm überschreitet, sind rosa markiert.

Nur beim Anlegen der virtuellen Messlatte in x-Richtung zeigt sich, dass an zwei Stellen der Grenzwert des Stichmaßes überschritten wird, diese Punkte werden mit Punkt A und Punkt B bezeichnet. Alle anderen rosa Punkte sind entweder

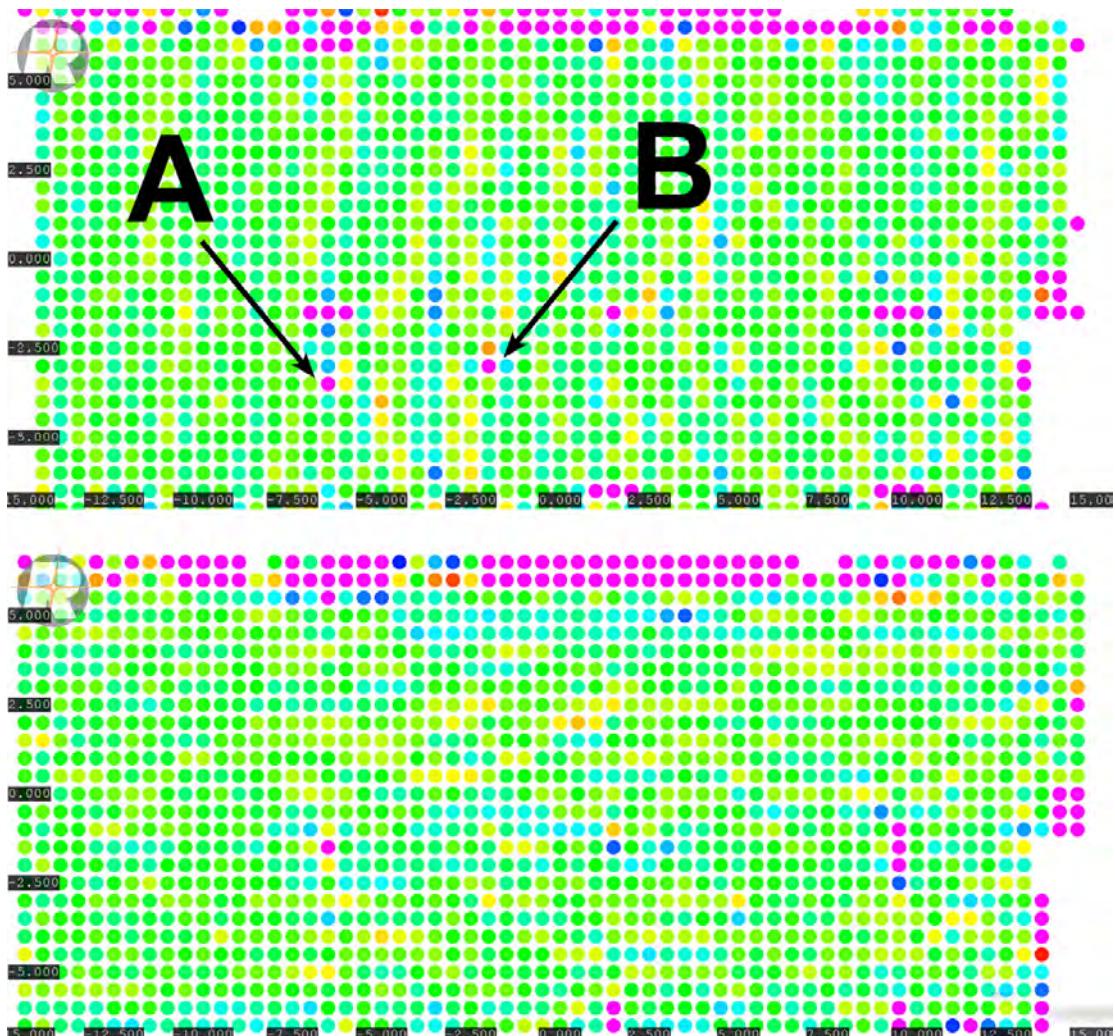


Abb. 5: Numerische Auswertung der Ebenheitsabweichung nach der oben beschriebenen „Rasternivellement“-Methode (1 m Messlatte). Rosa Punkte zeigen ein Stichmaß, das den Grenzwert von 4 mm übersteigt. Oben: Messlatte in x-Richtung angelegt. Unten: Messlatte in y-Richtung angelegt.

der Bauzaun oder die Bewehrung für die Säulen. Bei einer nachfolgenden Begehung wurde festgestellt, dass Punkt A ein Hochpunkt und Punkt B ein Tiefpunkt sind (siehe Abbildung 6). Die exakte Position konnte mithilfe einer Robotic-Totalstation schnell gefunden werden, da die Koordinaten in RISCAN PRO exakt ausgegeben wurden. Man könnte leicht die Auflösung der Abbildungen erhöhen, dies würde jedoch nicht den vorgegebenen Anforderungen an ein Rasternivellement entsprechen.

Zusammenfassung

Mit dem RIEGL VZ-600i Laserscanner konnte eine 450 m² große Bodenfläche in nur 23 Minuten lückenlos erfasst werden – deutlich schneller als mit klassischen Nivellements.

Die Ergebnisse zeigen, dass das terrestrische Laserscanning nicht nur den normativen Anforderungen entspricht, sondern auch erhebliche Effizienzgewinne bringt. Damit eröffnet sich eine zukunftsweisende Alternative zur klassischen Ebenheitsprüfung, insbesondere bei großflächigen Industrieböden.



Abb. 6: Oben: Punkt A in der realen Natur (Hochpunkt). Unten: Punkt B (Tiefpunkt). An der Messlatte kann man deutlich die Ebenheitsabweichungen erkennen.

Referenzen

- [1] Fichtner Estriche (2025): Auszug aus DIN 18202 „Toleranzen im Hochbau“. https://www.fichtnerestriche.de/fileadmin/media/downloads/Ebenheitstoleranzen_DIN18202.pdf, letzter Zugriff 09/2025.
- [2] RIEGL (2025): Datenblatt RIEGL VZ-600i. www.riegl.com/uploads/ttx_pxpriegldownloads/RIEGL_VZ-600i_Datasheet_2025-01-24-2025.pdf, letzter Zugriff 09/2025.
- [3] Ullrich, A. & Fürst, Ch. (2017): Vollautomatischer Ansatz für die Onboard-Datenregistrierung im terrestrischen Laserscanning. Beiträge zum 165. DVW-Seminar 11./12. Dezember 2017 in Fulda.
- [4] Grambach (2025): <https://www.technopark-raaba.com/property/wohnen/neubauprojekt-grambach/> letzter Zugriff 09/2025
- [5] Studnicka, N. (2025): Ebenheitsprüfung von Industrieböden mit dem RIEGL VZ-600i Laserscanner. Beitrag zu den Oldenburger 3D Tage 2025
- [6] Allgemeiner Deutscher Industriebodenverein e.V. (2025): www.adiv.info, letzter Zugriff 09/2025.

Anschrift der Autoren

Dipl. Ing. Nikolaus Studnicka, RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, Riedenburgstraße 38, 3580 Horn, Österreich.
E-Mail: nstudnicka@riegl.com

Jacob Zurl, STRABAG AG - Hoch- Ingenieur- und Verkehrswegebau, Wiener Straße 15, 8644 Kindberg-Mürzhofen, Österreich.

E-Mail: jacob.zurl@strabag.com

