



Ingenieurbüro Bertels GmbH

Vermessung

Graphische
Datenverarbeitung

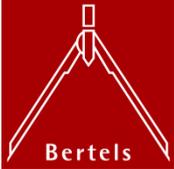
Geodatenmanagement



UAS - Bauvermessung mit unbemannten Flugsystemen B 525 – Neubau Ortsumgehung Nottuln

Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

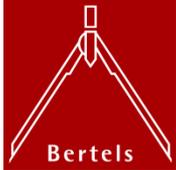
➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Durchgeführte Kontrollen**

➤ **Zusammenfassung**

Ingenieurbüro Bertels GmbH

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

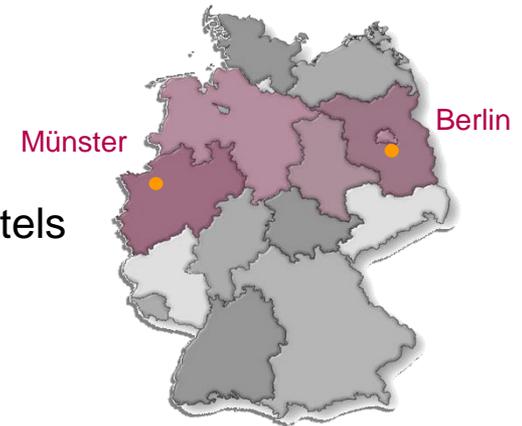
Wir über uns

- **01. Januar 1995 - Gründung**
 - Ingenieurbüro Udo Bertels in Dülmen (Westfalen)

- **01. April 1997 - Erweiterung und Standortwechsel**
 - Übernahme eines Vermessungsbüros und Bildung neuer Standorte

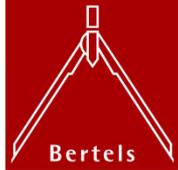
- **01. Januar 2007
Ingenieurbüro Bertels GmbH**
 - Überführung des Ingenieurbüro Udo Bertels in die Ingenieurbüro Bertels GmbH

- **Mitarbeiter**
 - 24 Angestellte



Unsere Leistungsbilder

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management



Ingenieurberatung

Projektbegleitend
Alle Leistungen aus einer Hand



Bau- und Ingenieurvermessung

Tiefbau: Verkehrswege- und Kanalbau
Hoch- und Ingenieurbau
Setzungs- und Deformationsmessungen
Mengenermittlung / Bauabrechnung
Baumaschinensteuerung



Bestandsdokumentation

Planungsbegleitende Vermessung
Bundes- und Landesliegenschaften
Abwasseranlagen – ISYBAU konform
Gebäude - Facility Management

Unsere Leistungsbilder

Ingenieurbüro

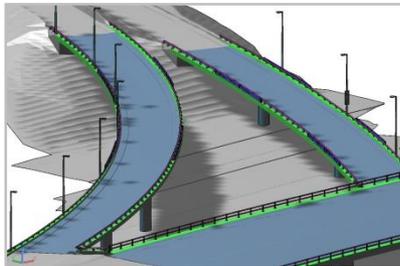


Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management



Befliegungen mit Multikoptern (Drohnen)

Bestandsvermessungen
Bauwerks- und Anlageninspektionen
Gebäude- und Anlagenthermographie
Multispektralaufnahmen und Dokumentationen



Building Information Modeling (BIM)

Bauwerksmodelle als 3D Volumenmodell
Bauwerksmodelle als 3D Drahtmodell
Digitale Geländemodelle (DGM)
3D Bestandslagepläne

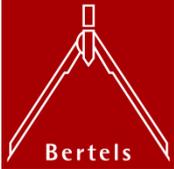


Geographische Informationssysteme

Geodatenmanagement
Prozessmanagement
Datenerhebung für GI-Systeme

Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

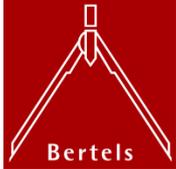
➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Durchgeführte Kontrollen**

➤ **Zusammenfassung**

Projektvorstellung - Ortsumgehung Nottuln

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Neubau der B 525 Ortsumgehung Nottuln

Grund für den Neubau:

- Entlastung der Ortsdurchfahrt um täglich ca. 7000 Fahrzeuge

Baubeginn

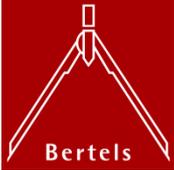
- April 2013, 6 Brückenbauwerke
- November 2015, Streckenlos: Bau-Km 0+000 - 4+930

Bauvolumen:

- Kosten: 21,4 Millionen EURO
- Bodenbewegung ca. 150.000 qm

Projektvorstellung - Ortsumgehung Nottuln

Ingenieurbüro

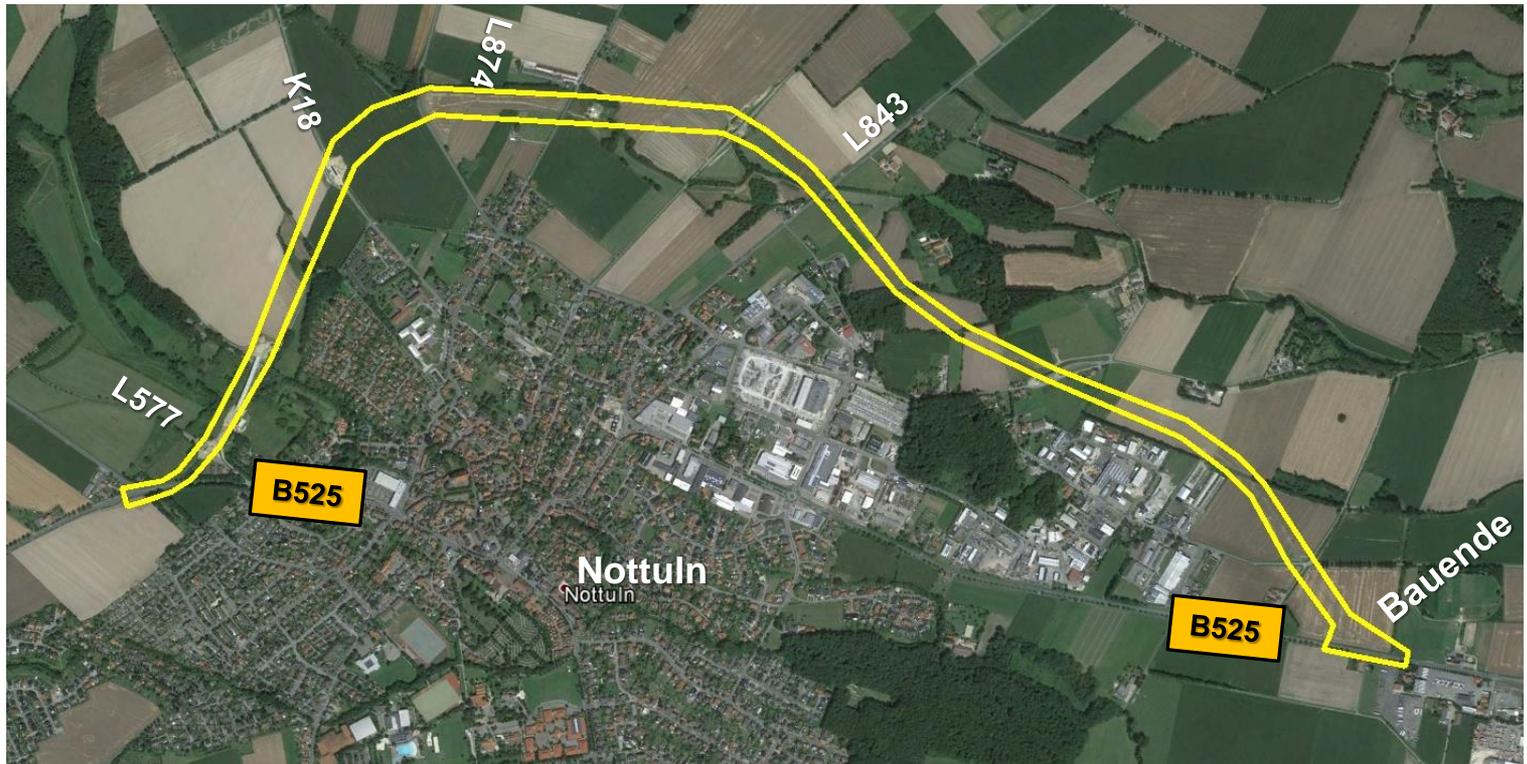


Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Verfahrensgebiet:

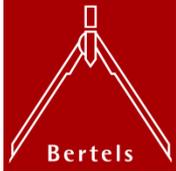
Bau-Km 0+000 - 4+930

► **Neubau von ca. 3 km kreuzende Straßen, Rad- und
Wirtschaftswege**



Projektvorstellung - Ortsumgehung Nottuln

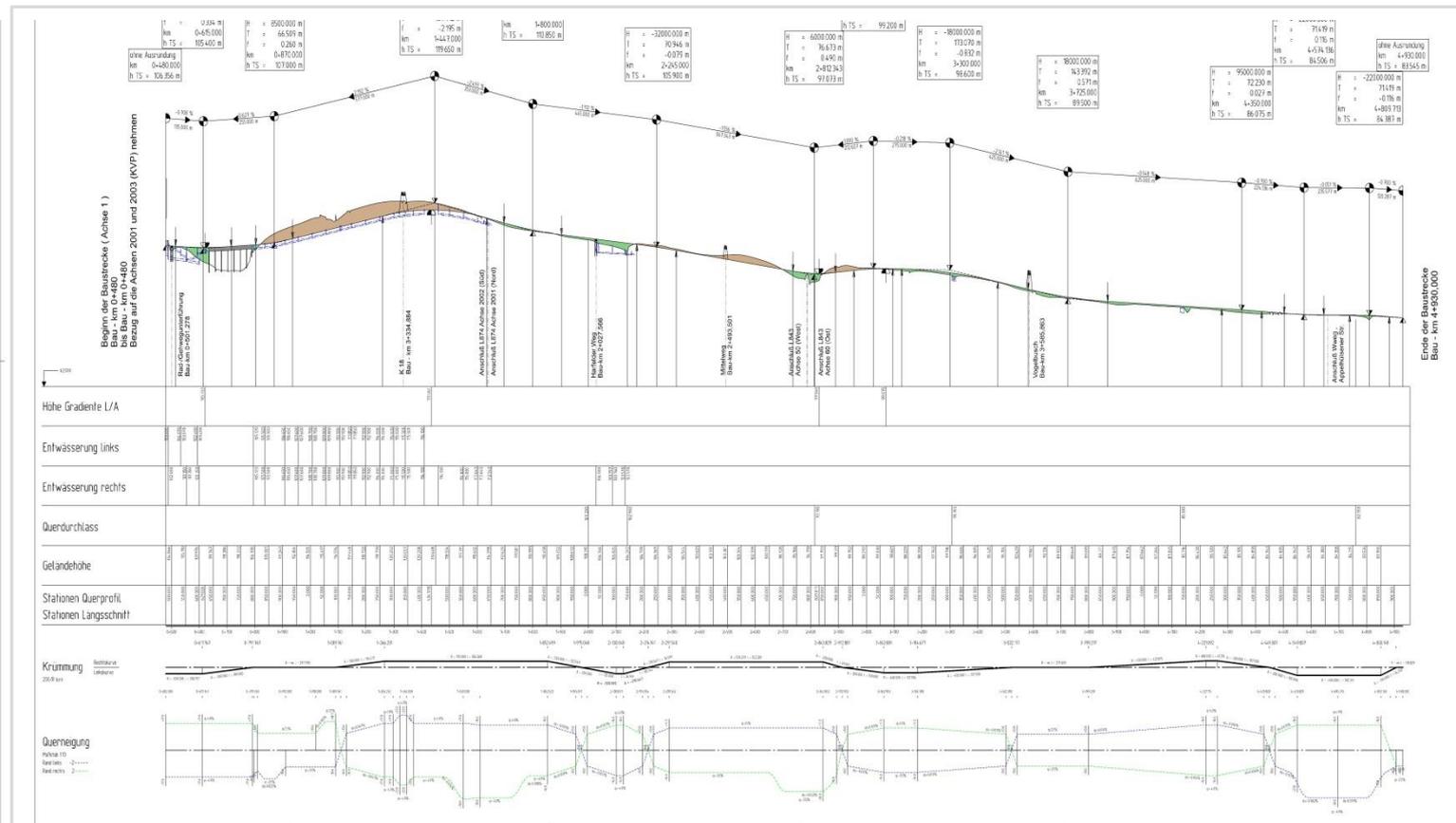
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

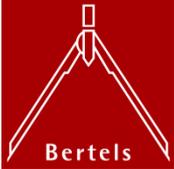
Übersichtshöhenplan

Bau-Km 0+000 - 4+930



Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

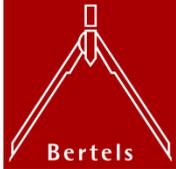
➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Durchgeführte Kontrollen**

➤ **Zusammenfassung**

Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS

Ingenieurbüro



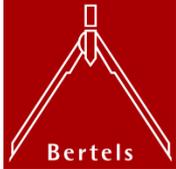
Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Befliegung mit einem UAS als Messverfahren

- **Ziel der Befliegung festlegen:**
 - **Bilder - 3D-Punktwolke - Orthophoto - 3D Modell der Oberfläche**
 - **Genauigkeitsanforderung an das Ergebnis**
- **Fluggenehmigungen einholen, Luftaufsicht – Eigentümer**
- **Festlegung der Parameter für die Flugplanung**
 - **Bodenauflösung – Digitalkamera – Flughöhe**
 - **Überlappung – Fluggeschwindigkeit – Intervall der Bildfolge**
- **Flugplanung erstellen**
- **Festlegung, Signalisierung und Einmessung der Passpunkte**
- **Befliegung in Abhängigkeit vom Wetter - Wind! – Licht!**

Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Auswertung der Befliegungsdaten von einem UAS

➤ Auswertung der Bilddaten

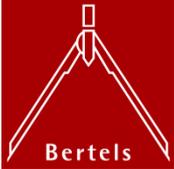
- Bildverband
- 3D-Punktwolke
- Orthophoto

➤ CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

- Ermittlung der Gelände- und Objektpunkte
- DGM - Urgeländehorizonts (Kennziffer 10 - REB)
- DGM - Planumshorizont
- Ausführungsplanung mit Urgeländehorizont
- Maschinensteuerung - DGM - Planumshorizont

Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

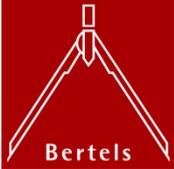
➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Durchgeführte Kontrollen**

➤ **Zusammenfassung**

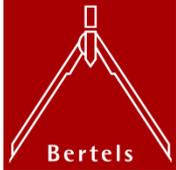
Planung der Befliegung



Bedingungen für einen Bildflug

- **Aufstiegserlaubnis – Personenbezogen - Luftfahrtbehörde**
 - **Allgemeine Aufstiegserlaubnis für Abfluggewicht > 5 kg**
 - **Kentnisnachweis (Drohnenführerschein) für jeden Piloten bei Abfluggewicht > 2 kg**
- **Gesonderte Haftpflichtversicherung für Luftfahrzeuge**
- **Einsatzorte**
 - **Zustimmung des Eigentümers - Startplatz**
 - **Information an das Ordnungsamt / Polizeileitstelle**
 - **Anmeldung an Flughäfen / Flugplätzen, Abstand < 1,5 km**
 - **Kein Flugbetrieb über Menschenansammlungen**
- **Abfluggewicht < 10 Kg - Maximale Flughöhe 100m**
- **Flugbetrieb nur in Sichtweite des Steuerers, ca. 400m**

Planung der Befliegung



Flugparameter und -system

➤ Multikopter

- Aibotix X6 – Flugsystem

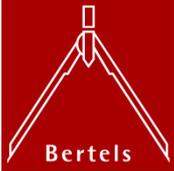
➤ Flugparameter

- Sensor: Sony a7R
- Flughöhe über Grund 75 m
- Fluggeschwindigkeit über Grund 5 m/s
- Überlappung der Bildfolge in Flugrichtung 80 %
- Seitliche Überlappung der Bildfolge 60 %
- GSD = (Ground Sample Distance) = Pixelgröße 1,6 cm
- Abstand der Flugstreifen 31 m
- Auslösegeschwindigkeit der Bildfolge 2,5 sec.



Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten

Ingenieurbüro



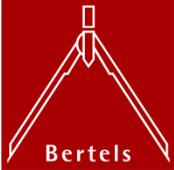
Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung

Flugplanung

► Übersicht der Flugplanung - ca. 20 Flüge



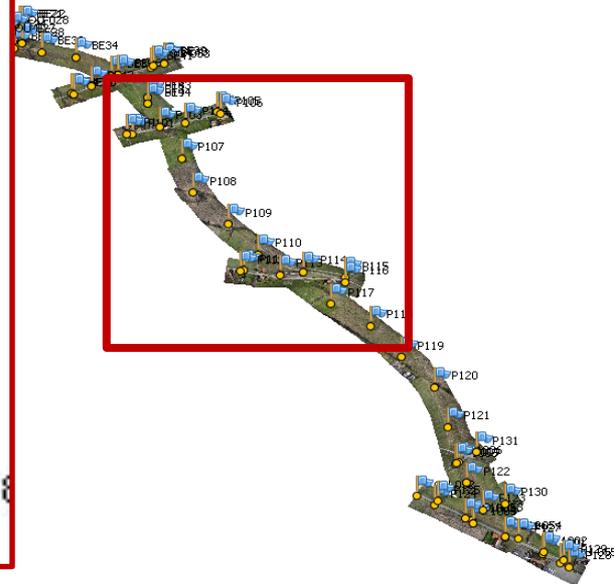
Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten



Festlegung der Passpunktverteilung

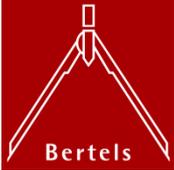


en von 86 Passpunkten
e hochpräzises GNSS / RTK



Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten

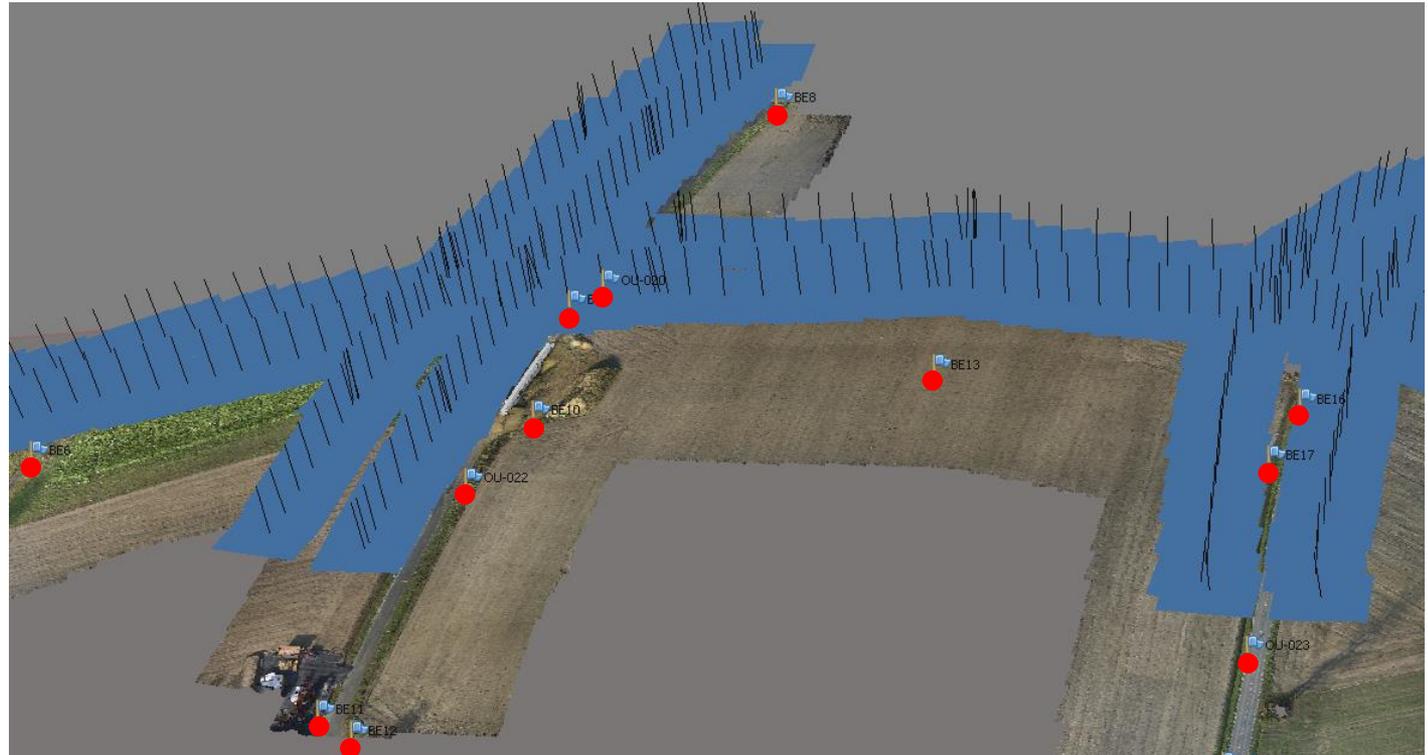
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Bildverband

► Bildorientierung - Ausschnitt: Kreuzung Hauptstrecke - K18



Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

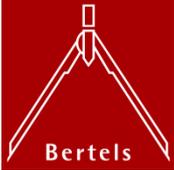
3D-Punktwolke

➤ 3D-Punktwolke über 5 km mit ca. 1 Mrd. Punkten



Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten

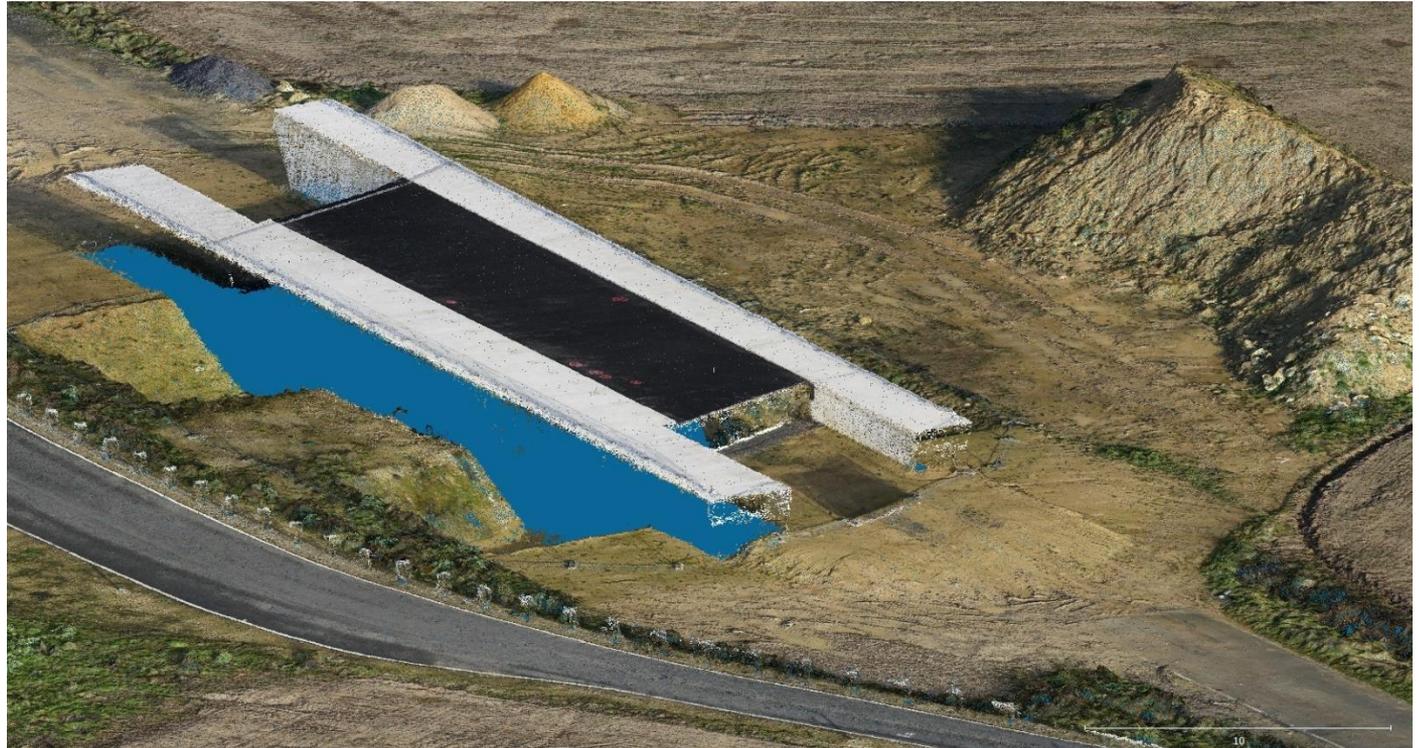
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

3D-Punktwolke

➤ 3D Punktwolke – Kreuzungsbauwerk: Hauptstrecke - K18



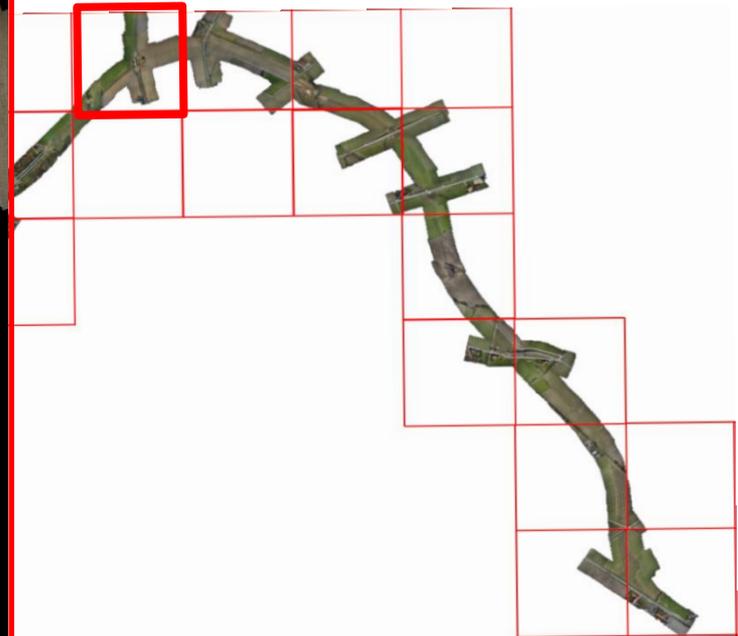
Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten

Ingenieurbüro



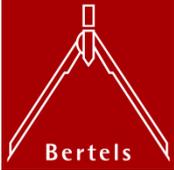
Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Orthophoto



Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

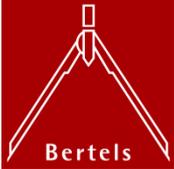
Orthophoto

► Orthophoto - Ausschnitt K18



Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

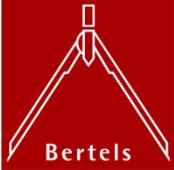
➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Durchgeführte Kontrollen**

➤ **Zusammenfassung**

CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

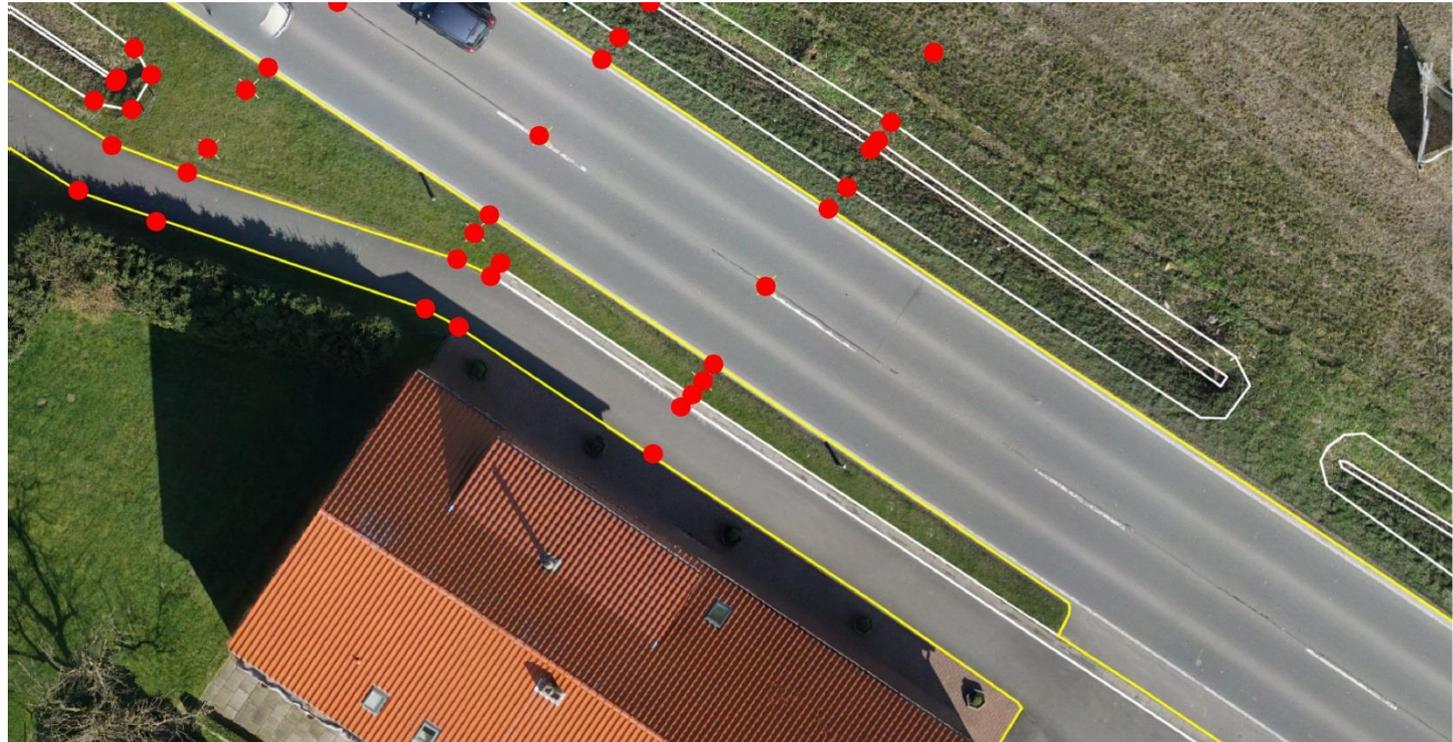
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

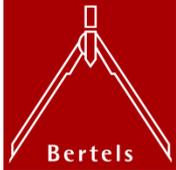
Ermittlung von Gelände – und Objektpunkte

► Digitalisierung auf dem Orthophoto und der 3D-Punktwolke



CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

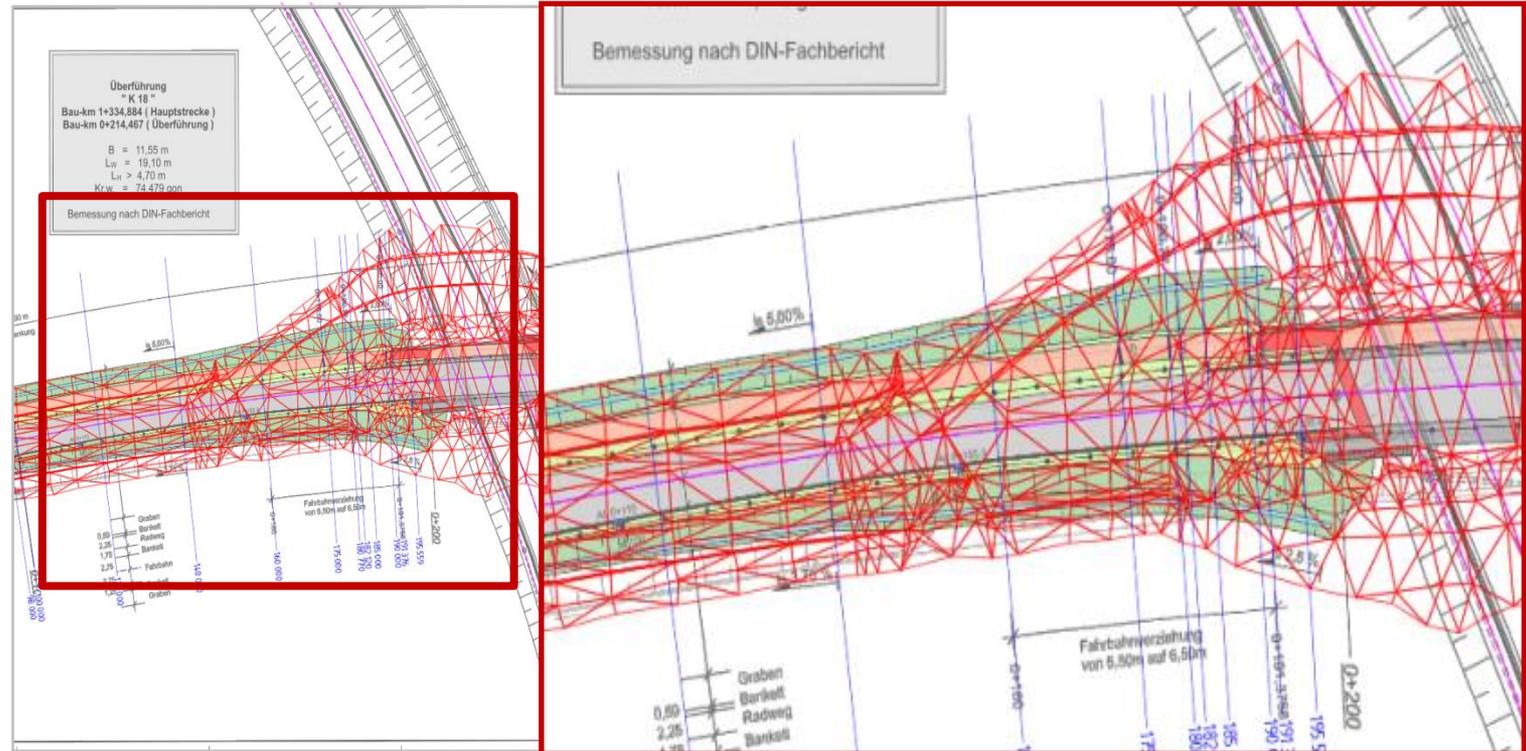
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

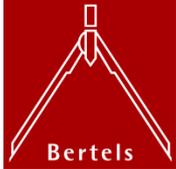
DGM - Urgeländehorizont

➤ Berechnung des DGM aus den digitalisierten Geländedaten



CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

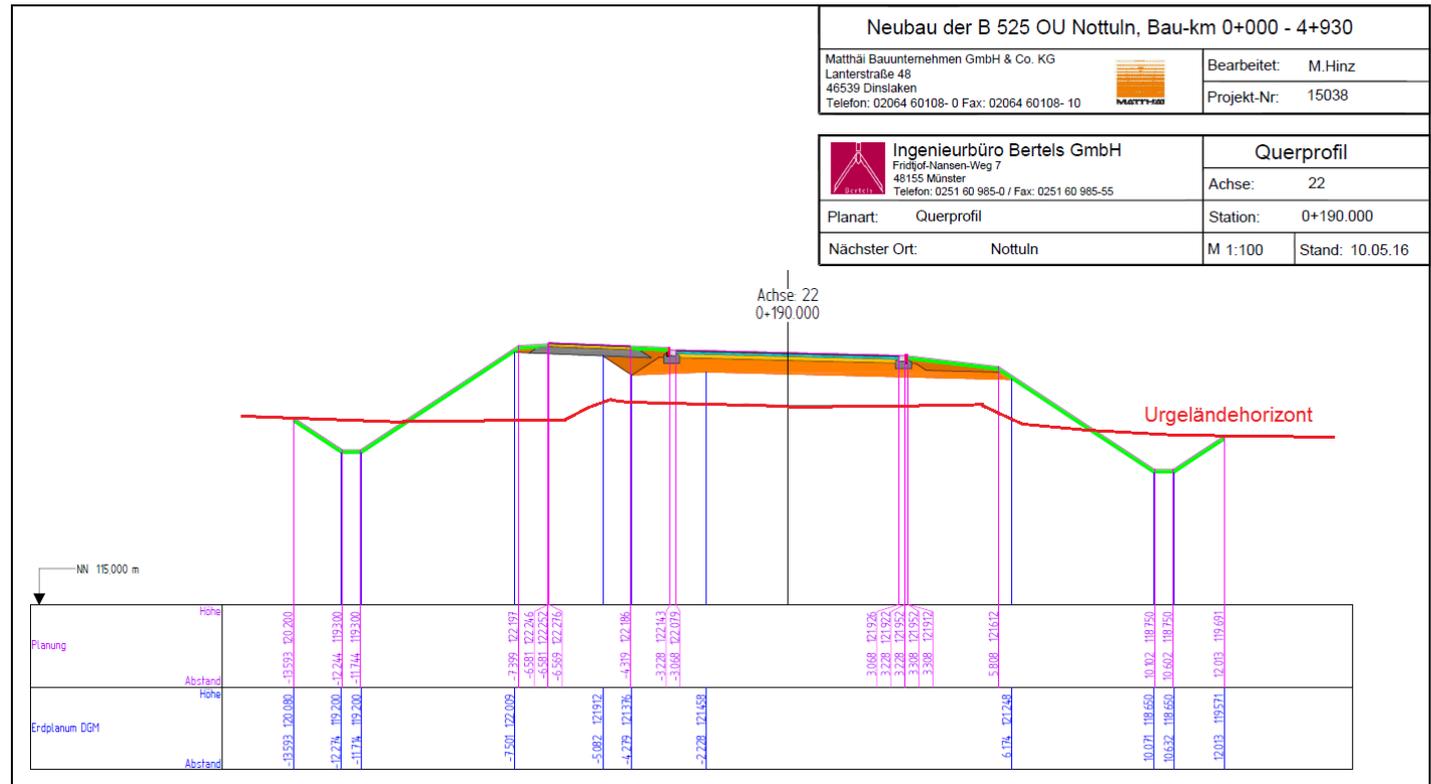
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

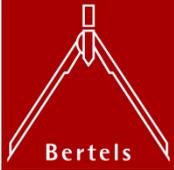
Ausführungsplanung mit Urgeländehorizont

► Kreuzende Nebenstrecke K 18 - Rampe zur Brücke



CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

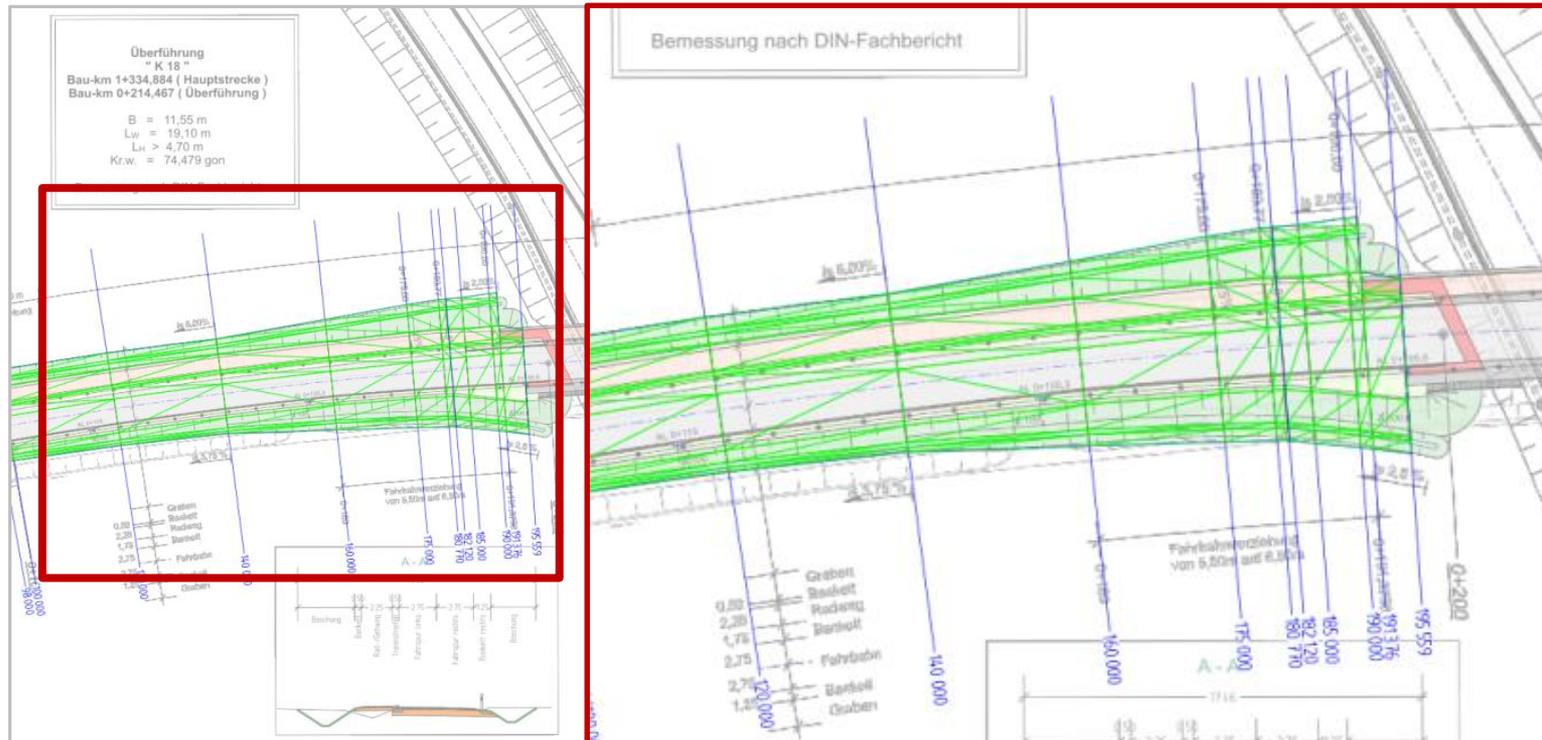
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

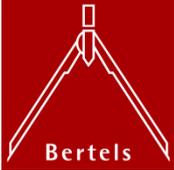
DGM – Planumshorizont

► Grundlage für die Maschinensteuerung



CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

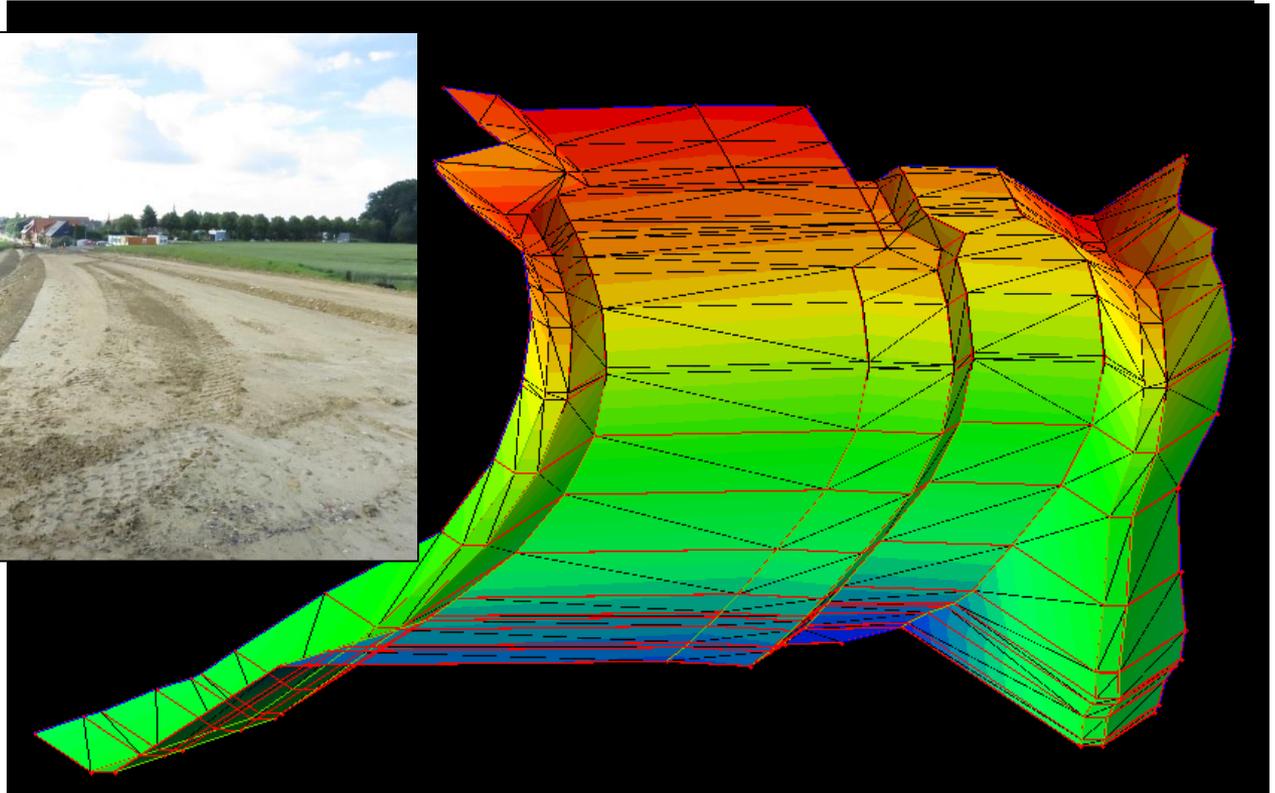
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

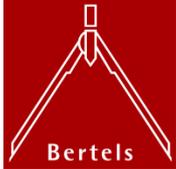
Maschinensteuerung - DGM - Planumshorizont

► Kreuzende Nebenstrecke K 18 - Rampe zur Brücke



CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

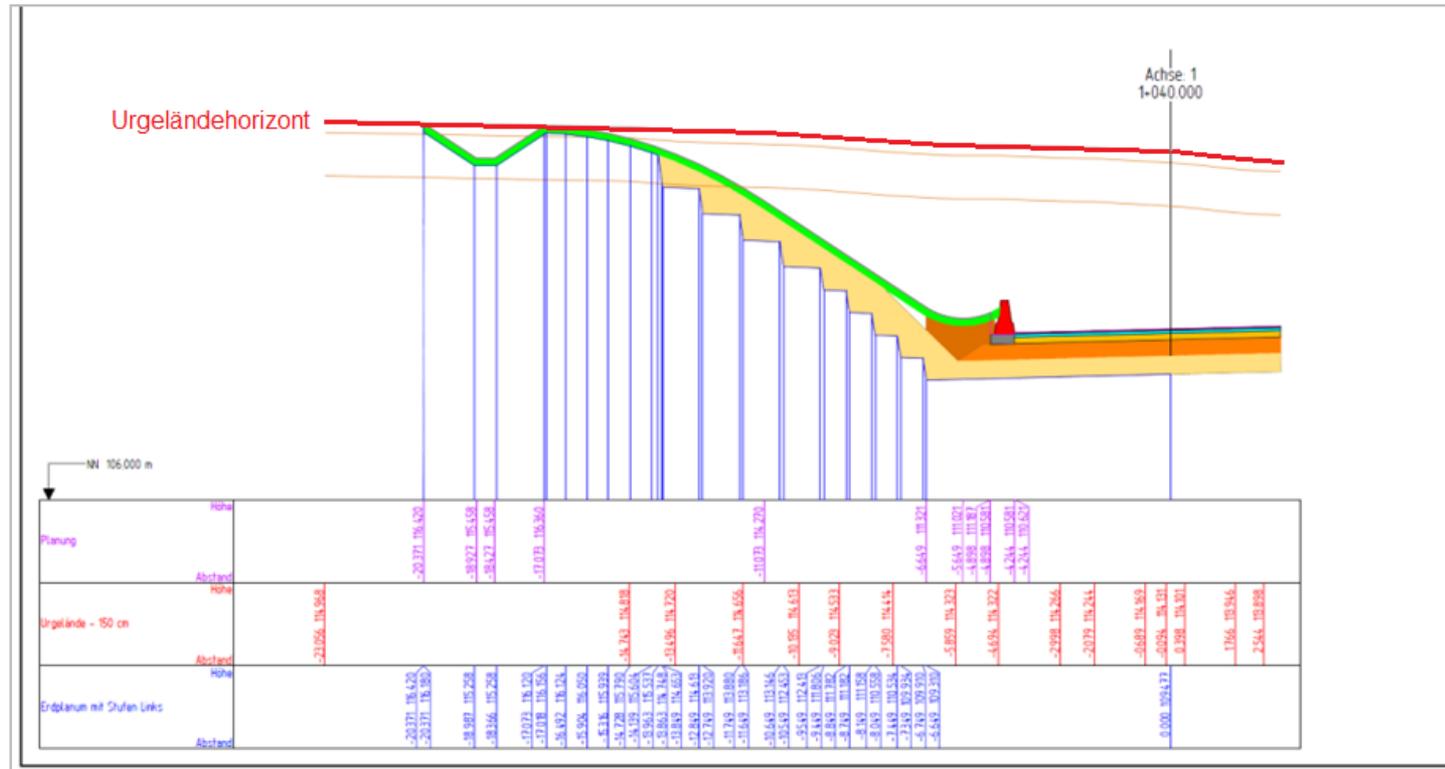
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

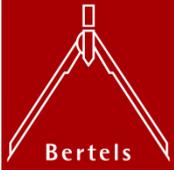
Ausführungsplanung mit Urgeländehorizont

➤ Hauptstrecke – Einschnitt mit Stufenplanung



CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung

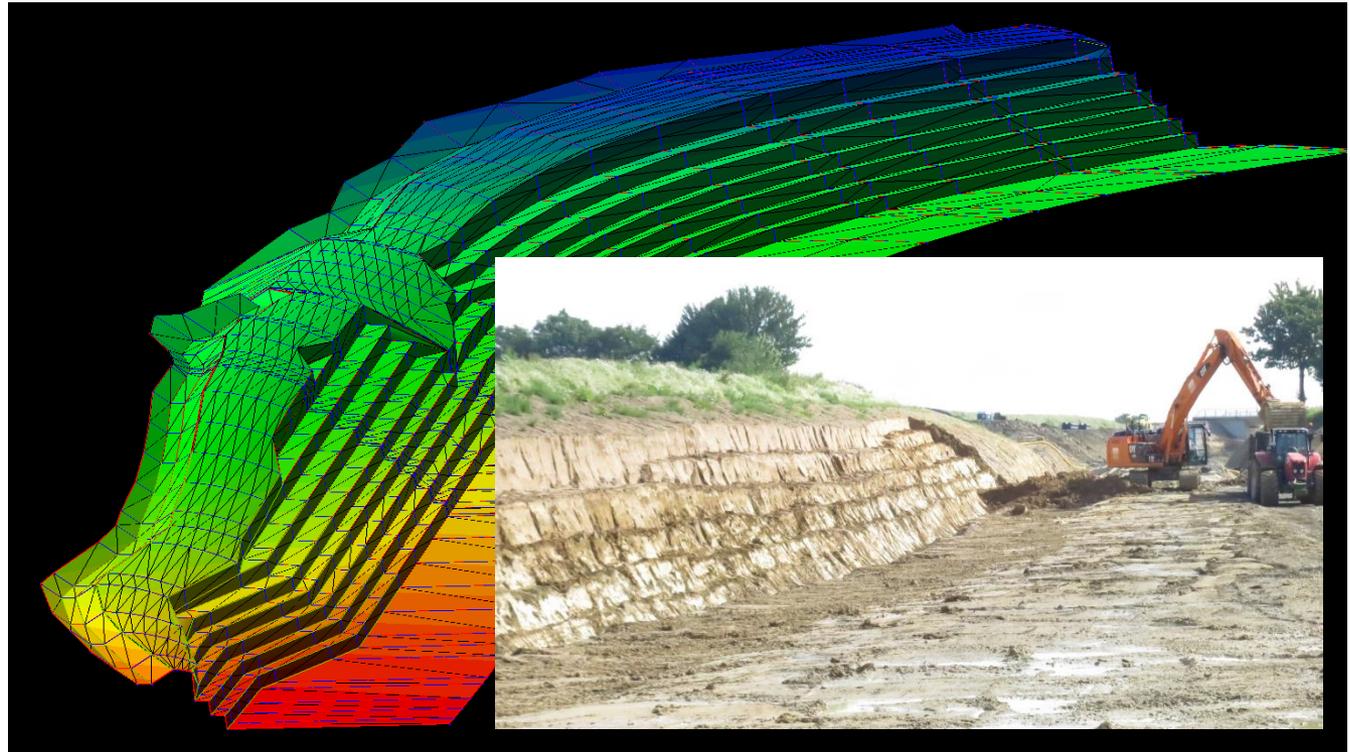
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

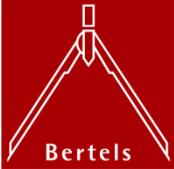
Maschinensteuerung - DGM - Planumshorizont

► Hauptstrecke – Einschnitt mit Stufenplanung



Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS**

➤ **Zusammenfassung**

Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Kontrollvermessungen

➤ Passpunkte

- **Kontrollierte Punktbestimmung durch doppelte GPS Messung mit Anbindung an das Festpunktfeld der Baustelle**
- **Genauigkeiten**

➤ Bildverband - Bündelblockausgleichung

- **Vergleich der Passpunkte – Bildverband zur GPS Messung**
- **Maximaler Punktfehler**

➤ Kontrollvermessungen in der Örtlichkeit

- **Tachymetrische Geländeaufnahme**
- **Genauigkeiten**

Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS



Passpunkte

► Lage- + Höhenqualität der GPS-Messung - Auszug

Punkt Nr.	Punktklasse	Datum/Uhrzeit	Rechtswert	Hochwert	Ellip. Höhe	Lage + Höh...
<input checked="" type="checkbox"/> OU-022	Gemessen	12/03/2015 09:37:36	2593137.3842	5756822.9126	162.8964	0.0165
<input checked="" type="checkbox"/> OU-007	Gemessen	12/03/2015 12:36:34	2592525.0865	5756321.3054	150.6205	0.0152
<input checked="" type="checkbox"/> OU-015	Gemittelt	12/03/2015 08:35:00	2592919.2190	5756606.7651	156.5876	0.0139
<input checked="" type="checkbox"/> BE5	Gemittelt	12/03/2015 12:54:03	2592916.2113	5756651.7988	158.2296	0.0127
<input checked="" type="checkbox"/> BE8	Gemittelt	12/03/2015 13:07:21	2593126.0204	5757098.7327	167.0623	0.0113
<input checked="" type="checkbox"/> BE27	Gemittelt	12/03/2015 14:17:48	2593808.2444	5756737.7831	150.7924	0.0113
<input checked="" type="checkbox"/> BE19	Gemittelt	12/03/2015 13:49:36	2593420.1908	5756790.6145	157.7367	0.0109
<input checked="" type="checkbox"/> BE18	Gemittelt	12/03/2015 13:47:11	2593413.7008	5756789.8355	157.7509	0.0107
<input checked="" type="checkbox"/> P132	Gemittelt	04/01/2016 10:27:42	2592013.3221	5756293.0436	153.3341	0.0103
<input checked="" type="checkbox"/> P143	Gemittelt	04/01/2016 10:57:35	2592315.1912	5756198.3819	153.5298	0.0101
<input checked="" type="checkbox"/> 901	Gemittelt	12/03/2015 14:15:39	2593787.6630	5756756.9526	151.1513	0.0100
<input checked="" type="checkbox"/> BE17	Gemittelt	12/03/2015 13:42:13	2593390.8501	5756925.5839	159.6847	0.0094
<input checked="" type="checkbox"/> OU-027	Gemittelt	12/03/2015 14:28:56	2593748.7857	5756785.7992	151.9756	0.0094
<input checked="" type="checkbox"/> BE10	Gemittelt	12/03/2015 13:18:33	2593140.5079	5756863.7446	163.9535	0.0092
<input checked="" type="checkbox"/> BE11	Gemittelt	12/03/2015 13:21:34	2593152.8006	5756712.8649	158.9987	0.0091
<input checked="" type="checkbox"/> BE39	Gemittelt	03/01/2016 11:50:01	2594332.4527	5756643.5598	147.1394	0.0087
<input checked="" type="checkbox"/> BE9	Gemittelt	12/03/2015 13:16:10	2593117.2929	5756929.6999	165.4036	0.0086
<input checked="" type="checkbox"/> BE7	Gemittelt	12/03/2015 13:05:27	2593100.9152	5757106.8414	167.4396	0.0084
<input checked="" type="checkbox"/> BE3	Gemittelt	12/03/2015 12:46:35	2592707.1711	5756509.8912	146.4012	0.0084

Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS



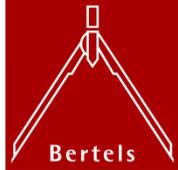
Passpunkte

- **Kontrolle der Lagerung der GPS-Messung durch einen Vergleich mit den durch Straßen NRW übergebenen Festpunkten - Auszug**

Punktnummer	Rechtswert (GPS)	Hochwert (GPS)	Höhe (GPS)	Rechtswert (Soll)	Hochwert (Soll)	Höhe (Soll)	Differenz 2D	Differenz 3D
OU-007	2592525,09	5756321,31	106,44	2592525,10	5756321,30	106,43	0,011	0,018
OU-015	2592919,22	5756606,77	112,41	2592919,21	5756606,76	112,40	0,012	0,018
OU-020	2593123,02	5756946,09	121,26	2593123,02	5756946,10	121,24	0,009	0,019
OU-022	2593137,38	5756822,91	118,72	2593137,37	5756822,89	118,71	0,022	0,026
OU-024	2593446,38	5757052,00	116,03	2593446,38	5757051,99	116,00	0,009	0,030
OU-027	2593748,79	5756785,80	107,80	2593748,78	5756785,81	107,79	0,010	0,011
OU-028	2593800,19	5756827,35	106,40	2593800,18	5756827,35	106,38	0,005	0,014

Angabe in Meter

Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS



Bildverband - Bündelblockausgleichung

- **Maximaler Passpunktfehler von unter 2 cm nach der Bündelblockausgleichung - Auswertesoftware Agisoft PhotoScan**

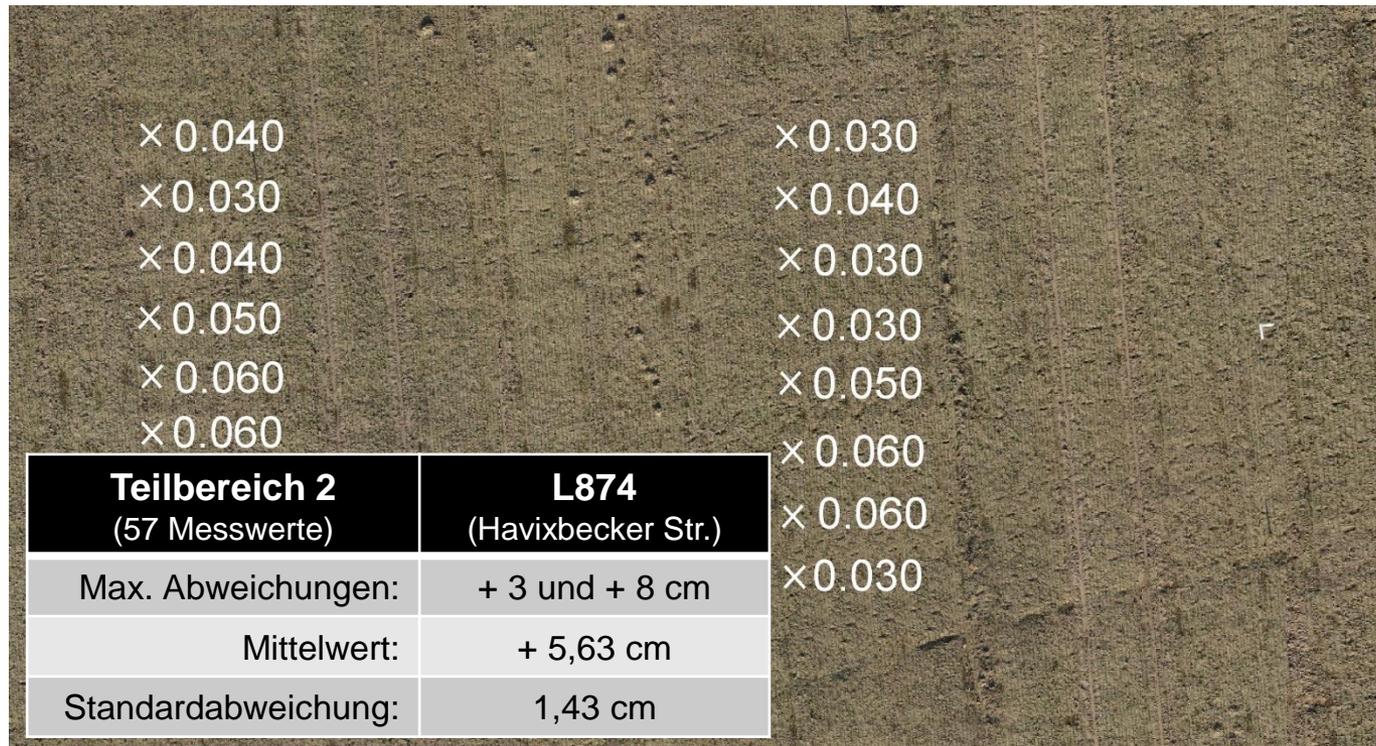
Markierungen	Rechtswert (m)	Hochwert (m)	Höhe (m)	Fehler (m)
<input checked="" type="checkbox"/>  BE12	2593168.186000	5756709.060000	114.602000	0.015407
<input checked="" type="checkbox"/>  BE20	2593574.167000	5756908.583000	111.056000	0.016189
<input checked="" type="checkbox"/>  BE27	2593808.244000	5756737.783000	106.616000	0.016249
<input checked="" type="checkbox"/>  OU-020	2593123.023000	5756946.096000	121.244000	0.016508
<input checked="" type="checkbox"/>  OU-033	2594291.949000	5756628.323000	103.525000	0.016590
<input checked="" type="checkbox"/>  P137	2592297.854000	5756299.228000	107.528000	0.016707
<input checked="" type="checkbox"/>  BE25	2593673.038000	5756729.797000	109.099000	0.016995
<input checked="" type="checkbox"/>  BE24	2593769.870000	5756807.923000	107.344000	0.018722
<input checked="" type="checkbox"/>  BE9	2593117.293000	5756929.700000	121.231000	0.019167
<input checked="" type="checkbox"/>  BE28	2593834.299000	5756762.712000	105.072000	0.019311
<input checked="" type="checkbox"/>  BE36	2594167.940000	5756581.628000	106.422000	0.019632
<input checked="" type="checkbox"/>  BE41	2594283.438000	5756618.121000	103.847000	0.019724
<input checked="" type="checkbox"/>  BE34	2594023.191000	5756679.826000	105.405000	0.019764
Gesamtfehler				0.009841

Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS



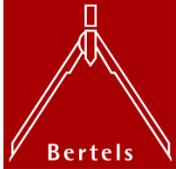
Kontrollmessungen

► Tachymetrische Geländeaufnahmen - Ackerfläche



Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS

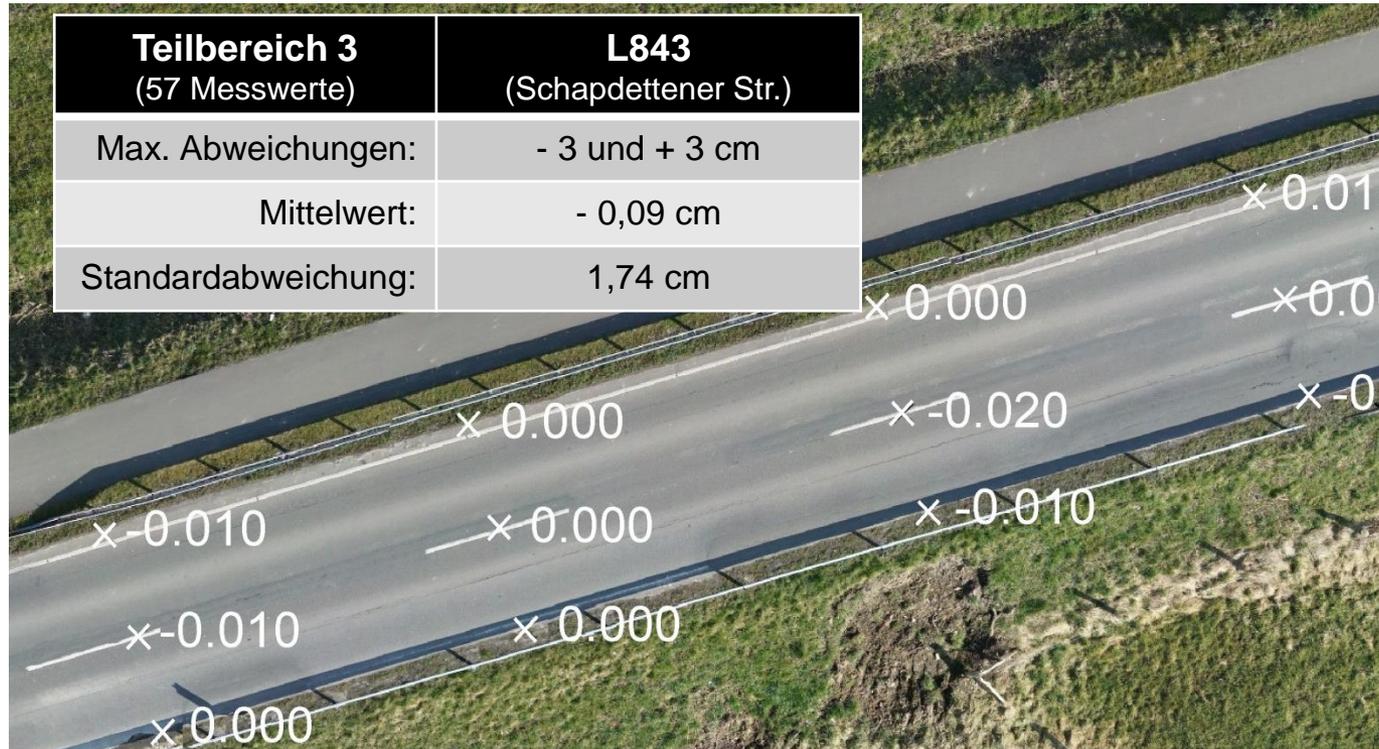
Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

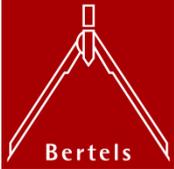
Kontrollmessungen

► Tachymetrische Geländeaufnahmen - Straße



Agenda

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

➤ **Wir über uns**

➤ **Projektvorstellung**

➤ **Bauvermessung - Urgeländeaufnahme mit einem UAS**

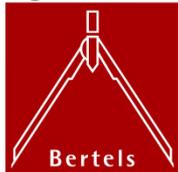
➤ **Befliegung mit einem UAS - Auswertung der Bilddaten**

➤ **CAD - Bearbeitung der Ergebnisse der Befliegung**

➤ **Kontrolle der Bearbeitungsergebnisse aus dem UAS**

➤ **Zusammenfassung**

Zusammenfassung



Bestandsaufnahme – B 525n Ortsumgehung Nottuln

» Genauigkeiten

- **GSD = (Ground Sample Distance) = Pixelgröße** **1,6 cm**
- **Passpunktgenauigkeit**
 - **Lage und Höhe** **< ± 2,0 cm**

» Differenzen aus Kontrollvermessungen

- **Lage und Höhe** **± 2 bis 3 cm**

» Ergebnis für die Planung und Bauausführung

- **Orthophoto**
- **3D – Punktwolke**
- **Digitales Geländemodell**
- **Digitaler Bestandsplan für die Entwurfsplanung**

Vermessungsleistungen aus der Luft

Ingenieurbüro



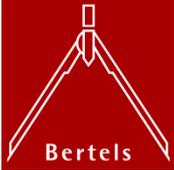
Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Impressionen – kurz vor der Verkehrsfreigabe – Mai 2018



Vermessungsleistungen aus der Luft

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Impressionen – kurz vor der Verkehrsfreigabe – Mai 2018



Vermessungsleistungen aus der Luft

Ingenieurbüro



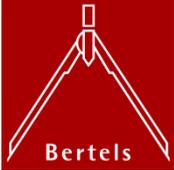
Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Impressionen – kurz vor der Verkehrsfreigabe – Mai 2018



Vermessungsleistungen aus der Luft

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Impressionen – kurz vor der Verkehrsfreigabe – Mai 2018



Vermessungsleistungen aus der Luft

Ingenieurbüro



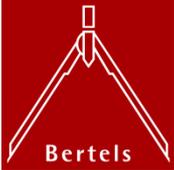
Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

Impressionen – kurz vor der Verkehrsfreigabe – Mai 2018



Ingenieurbüro Bertels GmbH

Ingenieurbüro



Vermessung
Graphische
Datenverarbeitung
Geodaten-
management

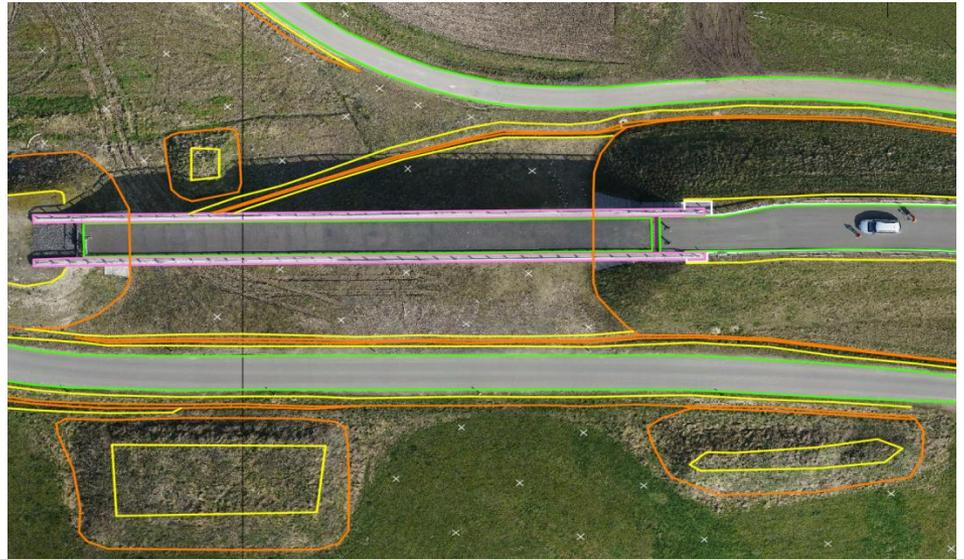
Vom Messen zum Wissen

Ingenieurbüro Bertels

Vermessung

**Graphische
Datenverarbeitung**

Geodatenmanagement



Vielen Dank!