

ZUKUNFTSGERICHTE TE DIGITALE DOKUMENTATION BEIM BELAGSEINBAU

Ueli Stalder
26. Januar 2024

WALO

AGENDA

1. Sanierung Piste 10/28 Flughafen Zürich
2. Flächenverdichtungskontrolle versus Bohrkernprüfung
3. Einbindung der Daten in ein BIM-Modell





SANIERUNG PISTE 10/28 FLUGHAFEN ZÜRICH



SANIERUNG PISTE 10/28 FLUGHAFEN ZÜRICH

Eckdaten Pistensanierung 10/28

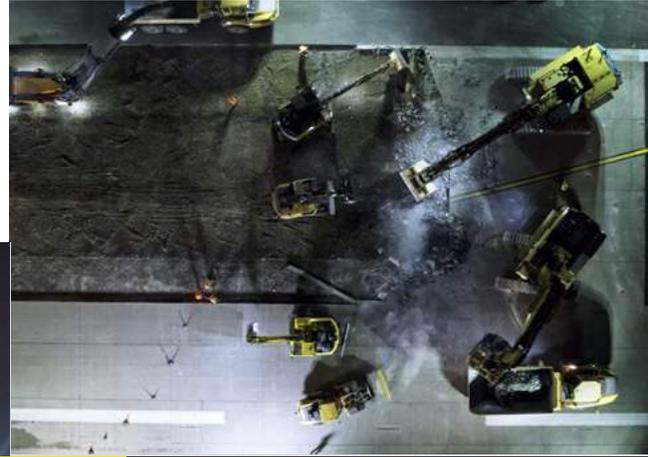
- Dauer: **April bis September 2022**
- Pistenlänge: **2'500 m**
- Sanierte Pistenfläche: **61'500 m²**
- Anzahl Etappen Pistenrückbau: **44**
- Durchschnittliche Pistenfläche pro Etappe: **1'400 m²**
- Einbau Asphaltbelag: **67'000 t**
- Anzahl Mitarbeitende pro Etappe: **rund 100**
- Anzahl Maschinen und Fahrzeuge pro Etappe: **rund 85**
- Anzahl Etappe Abfräsen und Einbau Deckbelag: **17**



SANIERUNG PISTE 10/28 FLUGHAFEN ZÜRICH



Nachtetappe
Piste 10/28
Flughafen
Zürich





FLÄCHENVERDICHT
UNGS- KONTROLLE

VERSUS

BOHRKERNPRÜFUN
G



FLÄCHENVERDICHTUNGSKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

Idee: Erhalt von relevanten Informationen während des Einbaus zu

- Temperatur des Asphaltes
- Walzendurchgängen bezogen auf die jeweiligen Flächen

Ziel

- Steigerung der Belagsqualität
- Transparente Angaben für alle Beteiligten
- Reduktion der herkömmlichen Prüfungen



FLÄCHENVERDICHTUNGS-KONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

Benötigte Ausrüstung für Fertiger

- **Temperaturmessung**
 - bei der Mulde (Entladevorgang)
 - hinter dem Fertiger (Temperaturflächensensor)
- **Hochpräzise GNSS Positionsdaten** (Global Navigation Satellite System)

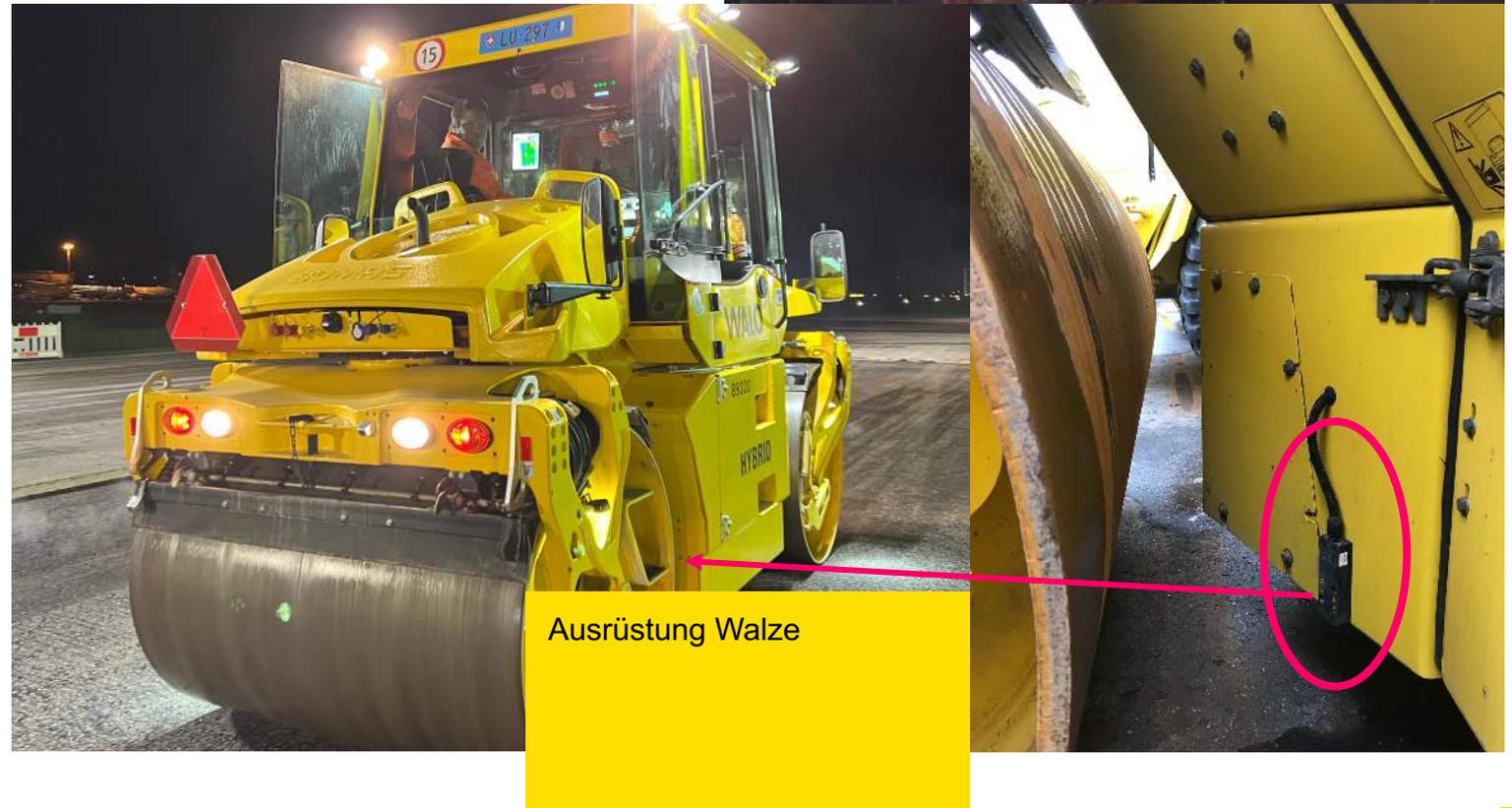


FLÄCHENVERDICHTUNGS KONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

Benötigte Ausrüstung für Walzen

- Asphaltmanager / Sensor
 - Verdichtungsmessung
 - Oberflächentemperatur
Belag
- Hochpräzise GNSS
Positionsdaten (Global
Navigation Satellite System)



FLÄCHENVERDICHTUNG SKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

Montage benötigte Ausrüstung für Walzen und Fertiger vor dem Einbau

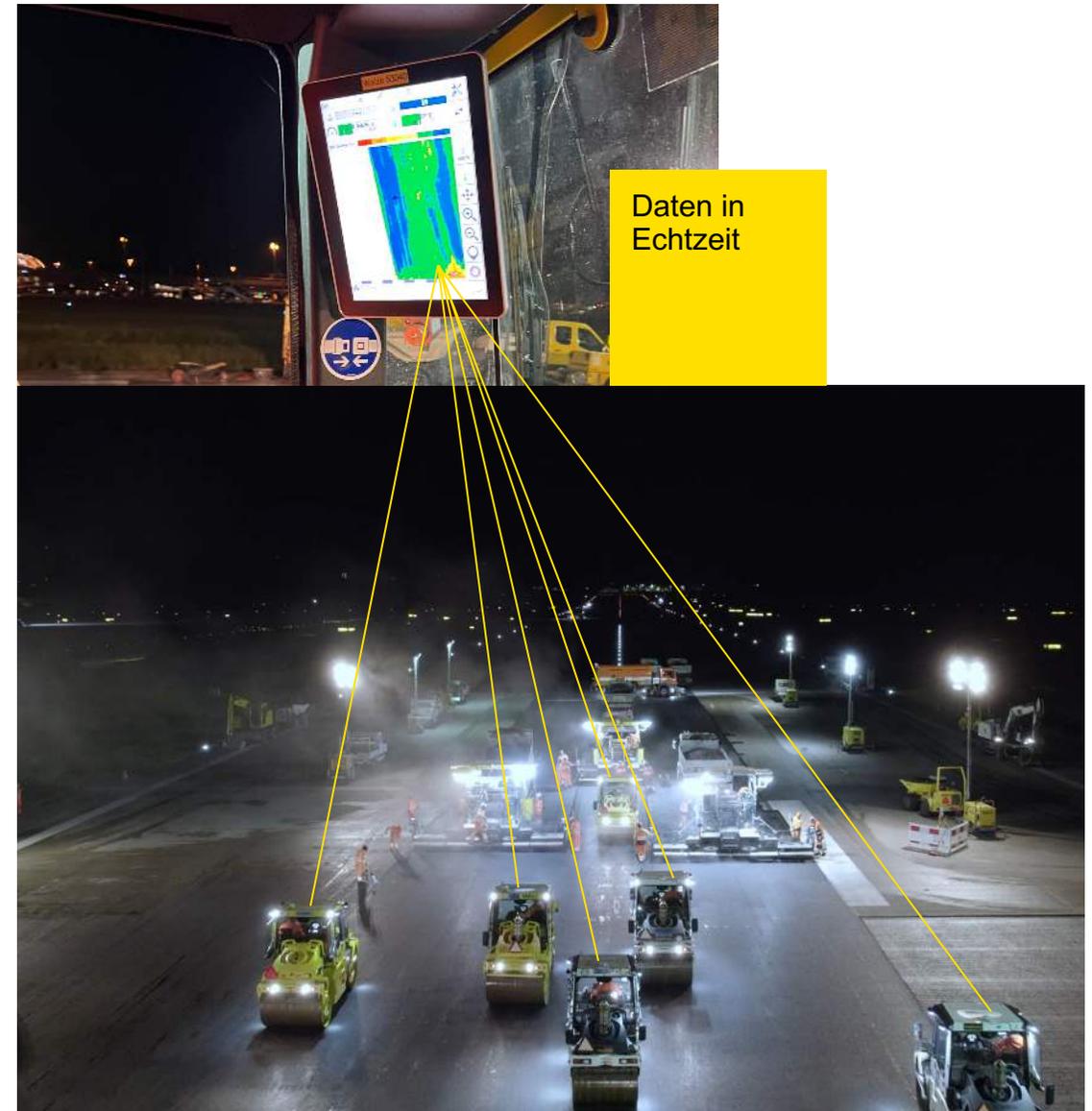
- Navigator-Display: Schnellwechsel-Einrichtung
- Der GNSS RTK-Empfänger mit LTE-Modem wird über leistungsstarke Magnete exakt und schnell platziert
- Für den Fertiger: Sensoren



FLÄCHENVERDICHTUNG S-KONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

- Walzenden in Echtzeit
- Vernetzung aller Maschinen
- Verdichtungsergebnis aller am Bau beteiligten Walzen wird angezeigt

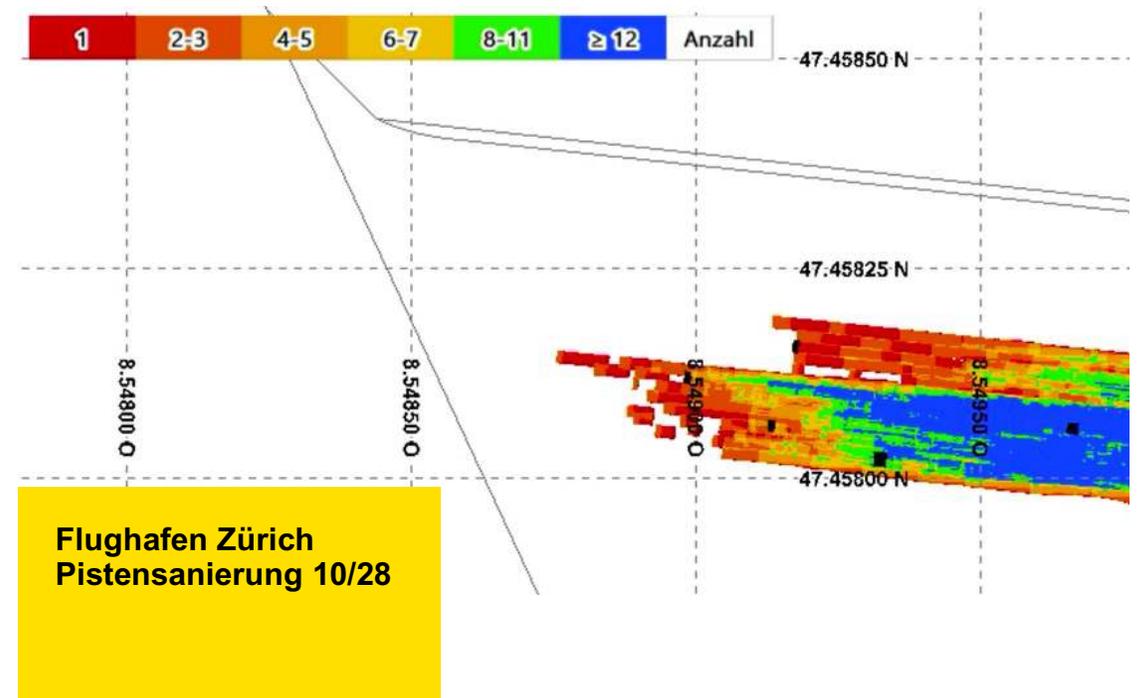


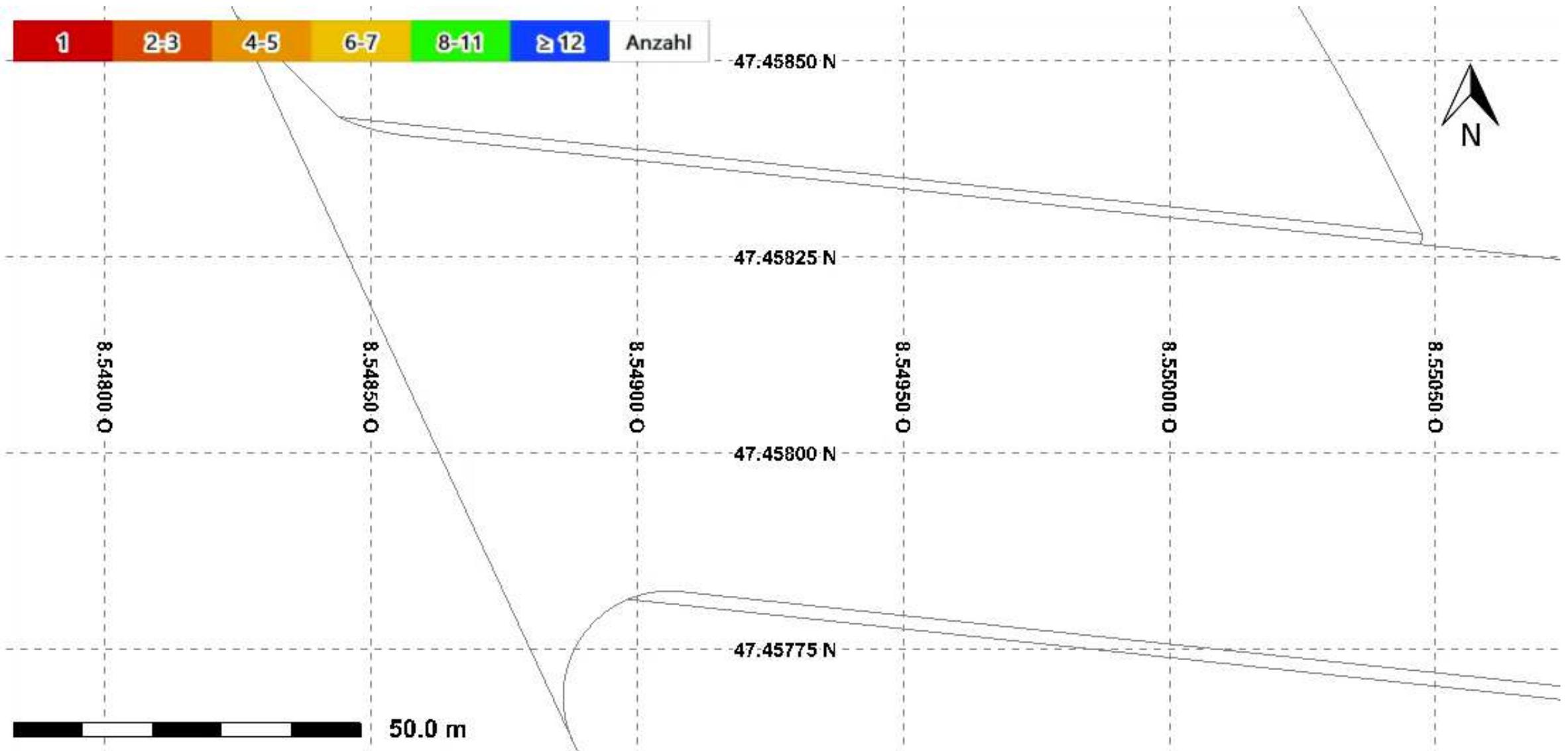
FLÄCHENVERDICHTUNGSKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

3 Filme

1. Anzahl Passen Piste 10/28
2. Oberflächentemperatur Asphalt Piste 10/28
3. Anzahl Passen Rollweg



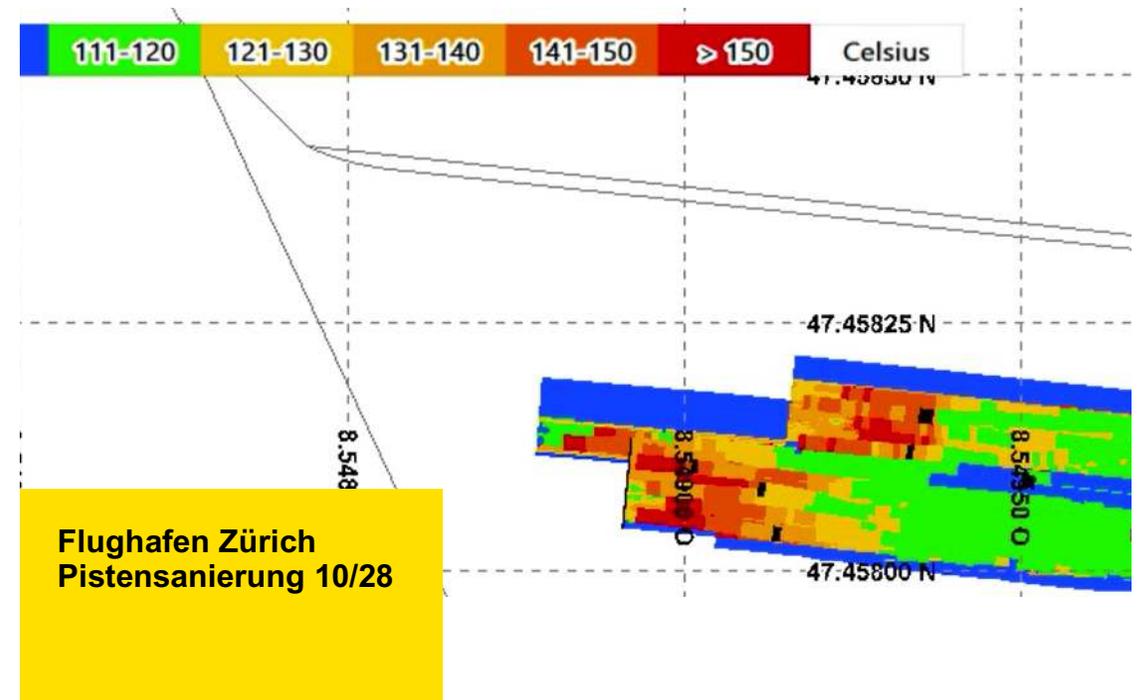


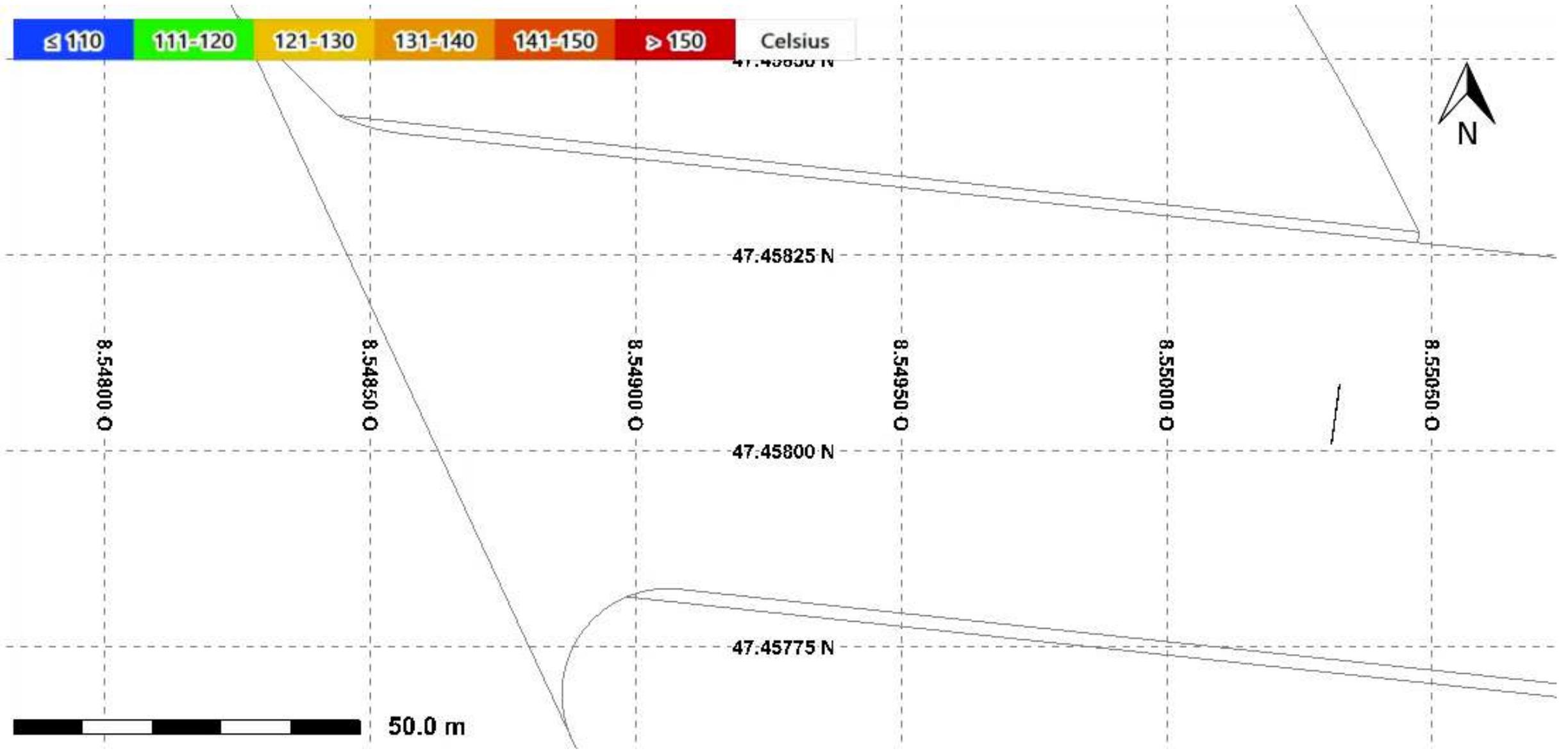
FLÄCHENVERDICHTUNGSKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

3 Filme

1. Anzahl Passen Piste 10/28
2. **Oberflächentemperatur Asphalt Piste 10/28**
3. Anzahl Passen Rollweg



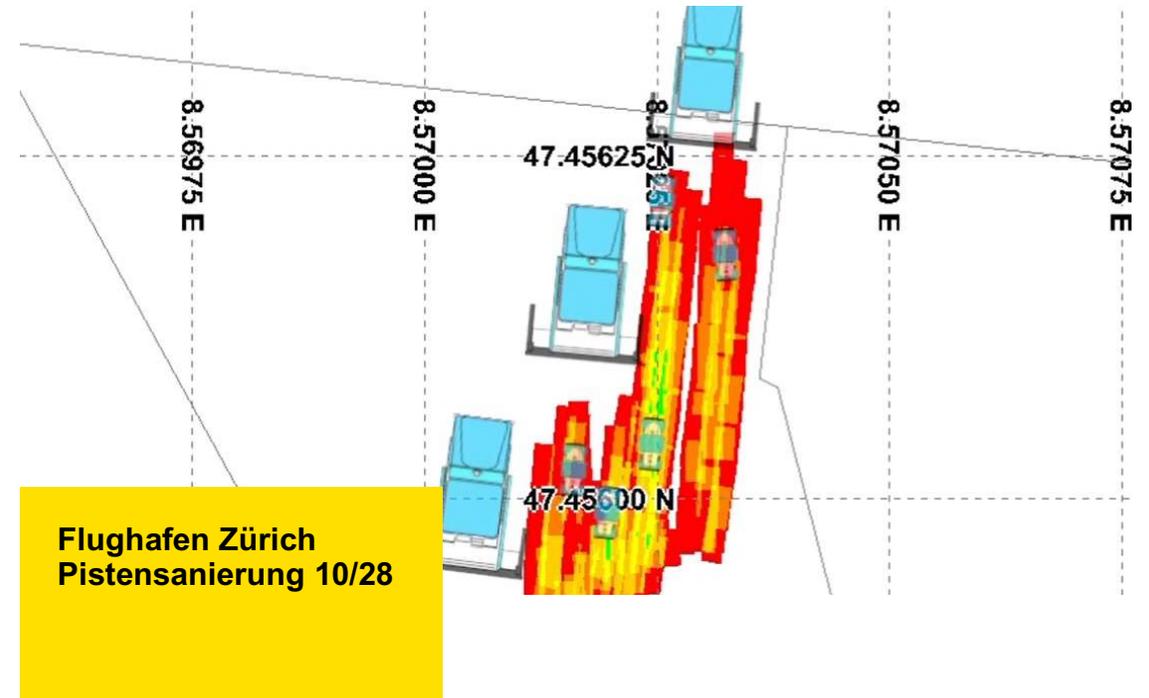


FLÄCHENVERDICHTUNGSKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

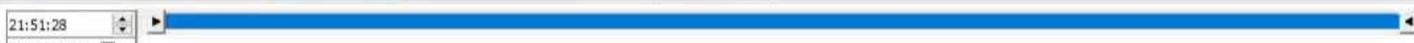
3 Filme

1. Anzahl Passen Piste 10/28
2. Oberflächentemperatur Asphalt Piste 10/28
3. Anzahl Passen Rollweg





Compaction Compaction Gain Dyn. Passes Stat. Passes Temperature Map



28.04.2022

29.04.2022



FLÄCHENVERDICHTUNG SKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Flächenverdichtungskontrolle

Dokumentation der Daten, abgestimmt auf die Wünsche des Bauherrn:

- dynamische u. statische Überfahrten
- Temperatur am Fertiger
- Temperatur an der Walze

Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



1. Detailsichten und Auswertung

1.1. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Dynamische Überfahrten

Walzen

Einbauzeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4iAM)

Fertiger

Einbauzeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

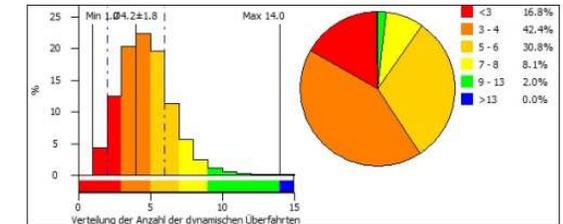
Einstellungen

Material:
 Einbaulage: Etappe D 12
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

Auswertung und Statistik

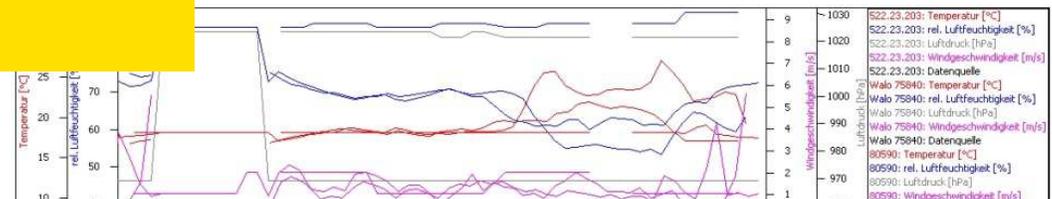
Bearbeitete Fläche: 4255.44 m²
 Unterschreitungsfläche: 2441.5 m² (98.0 %)
 Fläche (kumulativ): 10513.4 m²
 1 - 14
 4.2 ± 1.8
 9
 14

Verteilung



Auszug
 Dokumentation
 Belageeinbau

0.0 - 0.9 mm
 0.3 ± 0.1 mm
 Geschw. Walze Wertebereich: 0.8 - 8.5 km/h
 Geschw. Walze Mittelwert: 3.0 ± 0.5 km/h



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



1. Detailansichten und Auswertung

1.1. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Dynamische Überfahrten

Walzen

Einbauezeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4iAM)

Fertiger

Einbauezeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

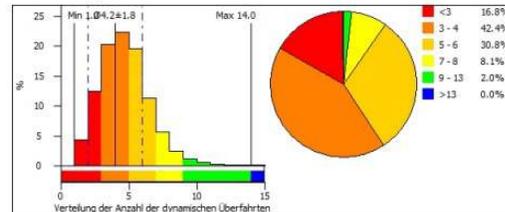
Einstellungen

Material:
 Einbaulage: Etappe D 12
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

Auswertung und Statistik

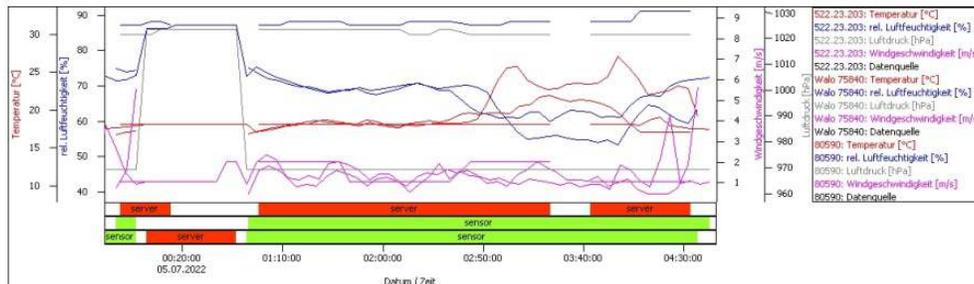
Bearbeitete Fläche: 4255.44 m²
 Unterschreitungsfläche: 2441.5 m² (98.0 %)
 Fläche (kumulativ): 10513.4 m²
 Wertebereich: 1 - 14
 Mittelwert/Std.-Abw.: 4.2 ± 1.8
 Sollwert Überfahrten: 9
 Max. Überfahrten: 14

Verteilung



Amplitude Wertebereich: 0.0 - 0.9 mm
 Amplitude Mittelwert: 0.3 ± 0.1 mm
 Geschw. Walze Wertebereich: 0.8 - 8.5 km/h
 Geschw. Walze Mittelwert: 3.0 ± 0.5 km/h

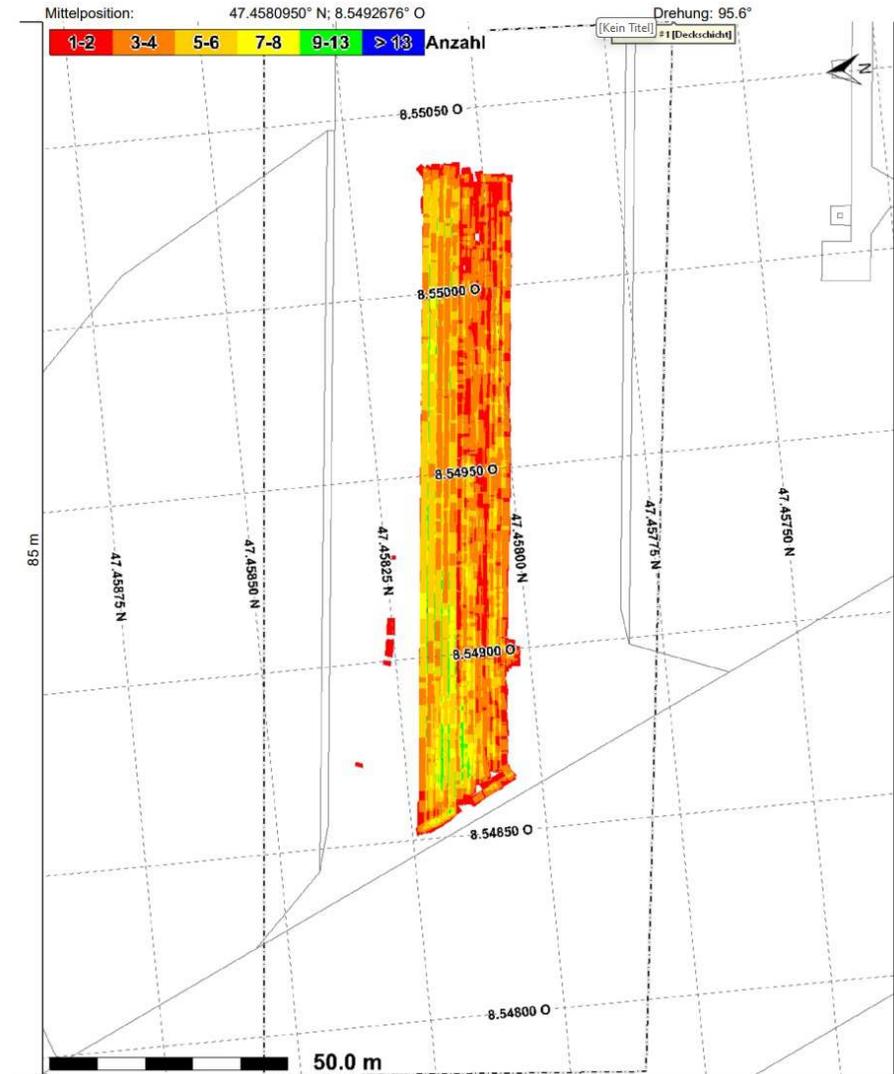
Wetterverlauf



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



Kartenansicht



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



1.2. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Statische Überfahrten

Walzen

Einbauzeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4IAM)

Fertiger

Einbauzeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

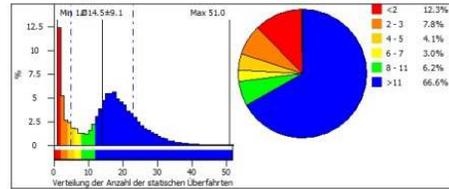
Einstellungen

Material:
 Einbaulage: Etappe D 12
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

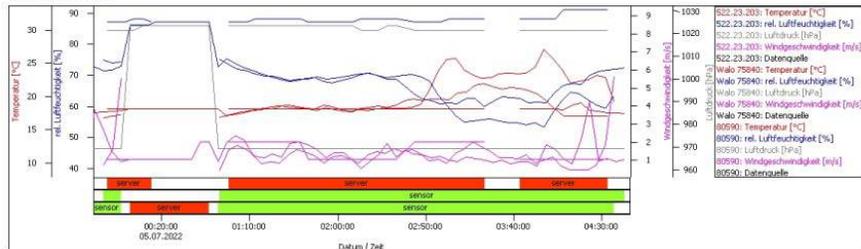
Auswertung und Statistik

Bearbeitete Fläche: 4255.44 m²
 Unterschreitungsfläche: 967.1 m² (27.3 %)
 Fläche (kumulativ): 51376.3 m²
 Wertebereich: 1 - 51
 Mittelwert/Std.-Abw.: 14.5 ± 9.1
 Sollwert Überfahrten: 8
 Max. Überfahrten: 12

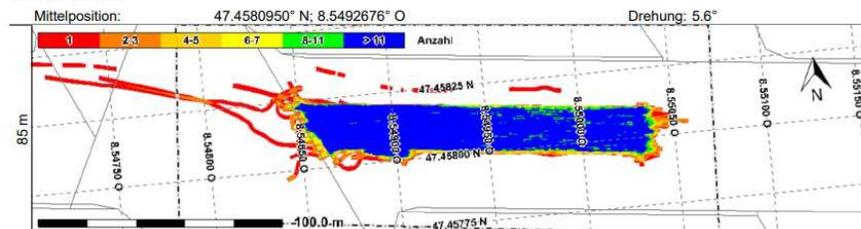
Verteilung



Wetterverlauf



Kartenansicht



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28.2. Teil



1.3. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Temperatur am Fertiger

Walzen

Einbauzeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4IAM)

Fertiger

Einbauzeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (Vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

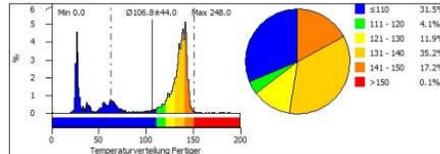
Einstellungen

Material: Etappe D 12
 Einbaulage: 1
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

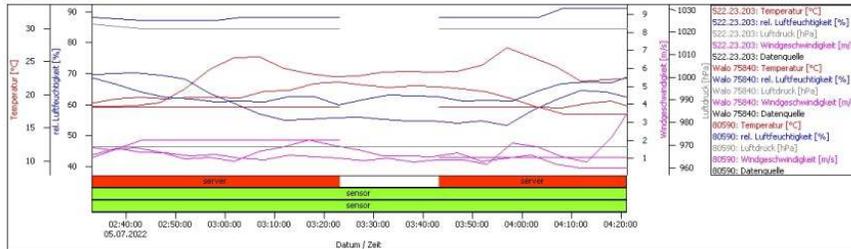
Auswertung und Statistik

Bearbeitete Fläche: 3508.3 m²
 Unterschreitungsfläche: 1104.4 m² (31.5 %)
 Wertebereich: 0.0 - 248.0 °C
 Mittelwert/Std.-Abw.: 106.8 ± 44.0 °C
 Temperatur (Min/Soil/Max): 110 / 120 / 150 °C

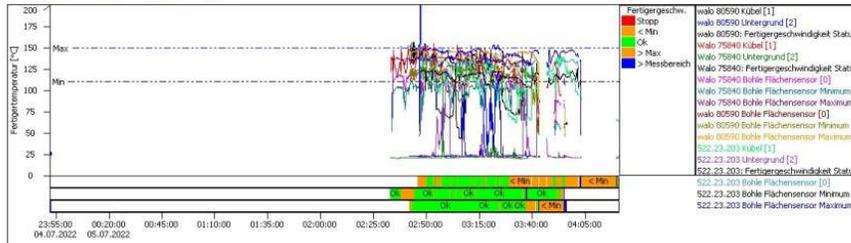
Verteilung



Wetterverlauf



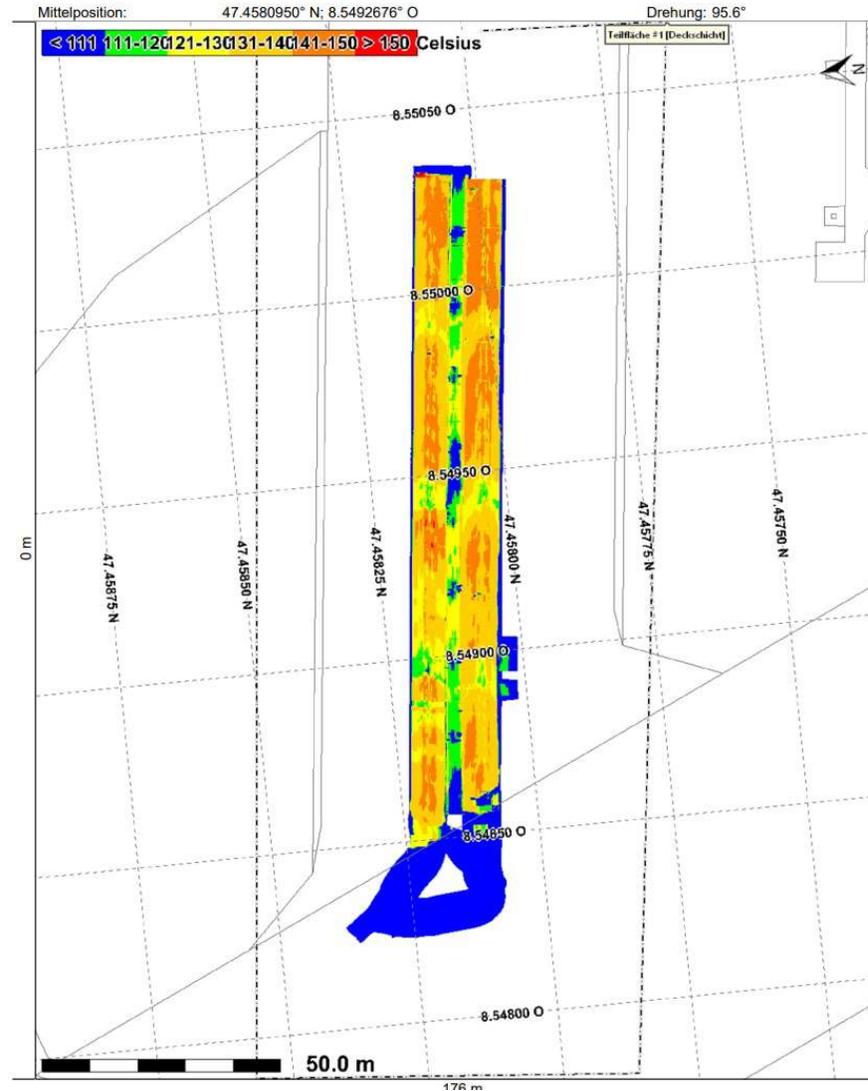
Temperatursensoren Fertiger



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28.2. Teil



Kartenansicht



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



1.4. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Max. Temperatur an der Walze

Walzen

Einbauzeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4iAM)

Fertiger

Einbauzeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

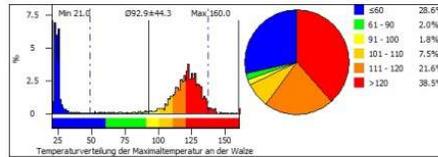
Einstellungen

Material:
 Einbaulage: Etappe D 12
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

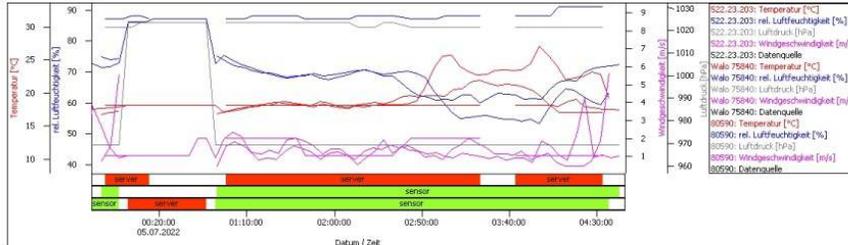
Auswertung und Statistik

Bearbeitete Fläche: 7129.4 m²
 Unterschreitungsfläche: 1018.1 m² (28.6 %)
 Wertebereich: 21.0 - 160.0 °C
 Mittelwert/Std.-Abw.: 92.9 ± 44.3 °C
 Temperatur (Min/Soll/Max): 60 / 90 / 120 °C

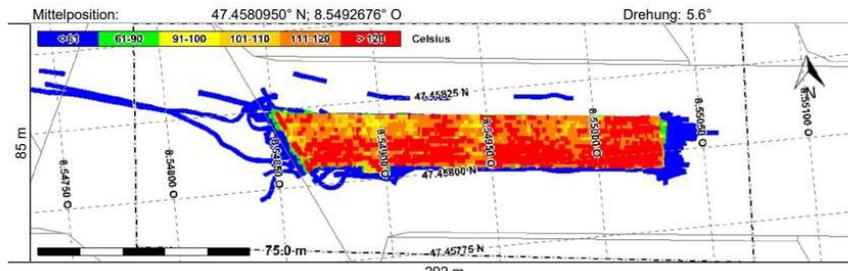
Verteilung



Wetterverlauf



Kartenansicht



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



1.5. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Temperatur der ersten dyn. Überfahrt

Walzen

Einbauzeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4iAM)

Fertiger

Einbauzeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

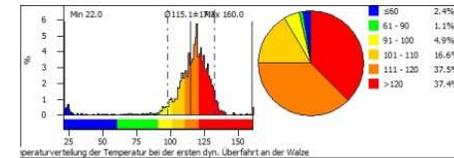
Einstellungen

Material:
 Einbaulage: Etappe D 12
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

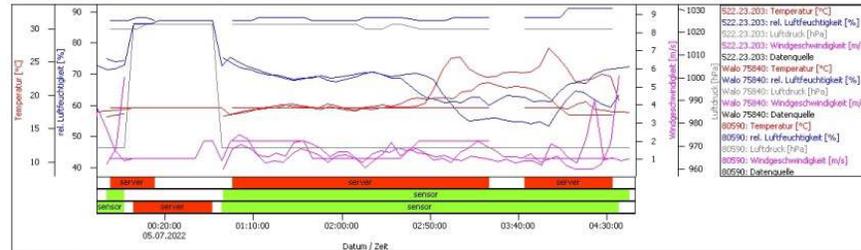
Auswertung und Statistik

Bearbeitete Fläche: 7129.4 m²
 Unterschreitungsfläche: 992.6 m² (39.8 %)
 Wertebereich: 22.0 - 160.0 °C
 Mittelwert/Std.-Abw.: 115.1 ± 17.3 °C
 Temperatur (Min/Soll/Max): 60 / 90 / 120 °C

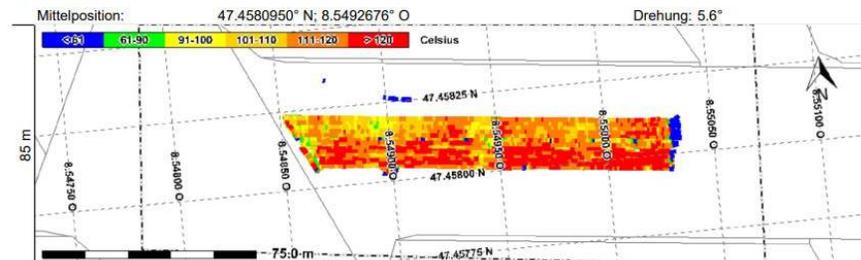
Verteilung



Wetterverlauf



Kartenansicht



Auftraggeber: Flughafen Zürich AG
 Auftragnehmer: ARGE Midnightforce
 Baustelle: Sanierung Piste 10_28 2. Teil



1.6. Teilfläche Teilfläche #1 [Deckschicht] (S_FEE01854_630DA888): Temperatur der letzten dyn. Überfahrt

Walzen

Einbauzeitraum Walzen: 04.07.2022 23:41:06 - 05.07.2022 04:46:09
 Walze(n): 365.54.209 (Bomag BW 174 AP), walo 89320 (Bomag BW174AP-4VAM), 364.51.898 (Bomag BW 154 AP), walo 53680 (Bomag BW174AP), 364.54.208 (Bomag BW 174 AP4), Walo 57290 (Bomag BW174 AP), Boskalis OTW-013 (Hamm HD 120 V), 364.54.211 (Bomag BW 174 AP-4IAM)

Fertiger

Einbauzeitraum Fertiger: 05.07.2022 02:33:04 - 05.07.2022 04:21:12
 Fertiger: walo 80590 (Voegele 1800-3i), Walo 75840 (Vögele Super 1800-3i), 522.23.203 (vögele Super 1800-3)
 Mindestzeit für Fertigerstopps: 60 s

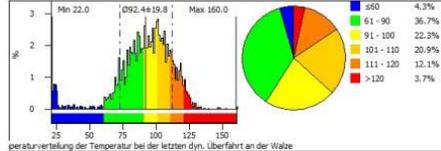
Einstellungen

Material:
 Einbaulage: Etappe D 12
 Schichtdicke: 1
 Witterung:

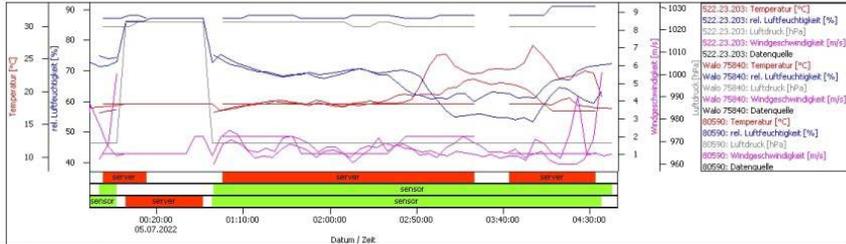
Auswertung und Statistik

Bearbeitete Fläche: 7129.4 m²
 Unterschreitungsfäche: 199.5 m² (8.0 %)
 Wertebereich: 22.0 - 160.0 °C
 Mittelwert/Std.-Abw.: 92.4 ± 19.8 °C
 Temperatur (Min/Soll/Max): 60 / 90 / 120 °C

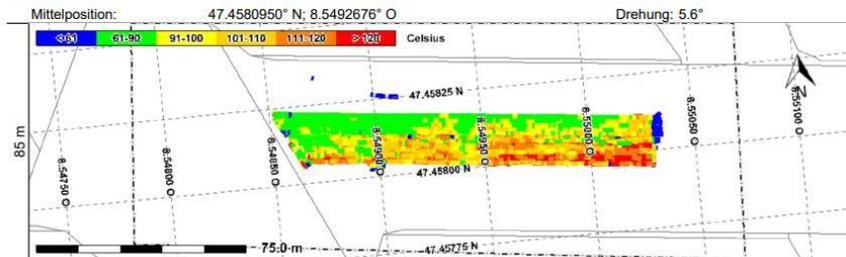
Verteilung



Wetterverlauf



Kartensicht



FLÄCHENVERDICHTUNG S-KONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Bohrkernprüfung

- Invasive Prüfung → potentielle Schwachstelle
 - Beispiel Pistensanierung 10/28
- | Ausgeschrieben | Ausgeführt |
|----------------|------------|
| 170 | 34 |
- Massive Reduktion Bohrkerne und der damit verbundenen Prüfungen



Bohrkern-
entnahme

FLÄCHENVERDICHTUNGSKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Beurteilung Daten

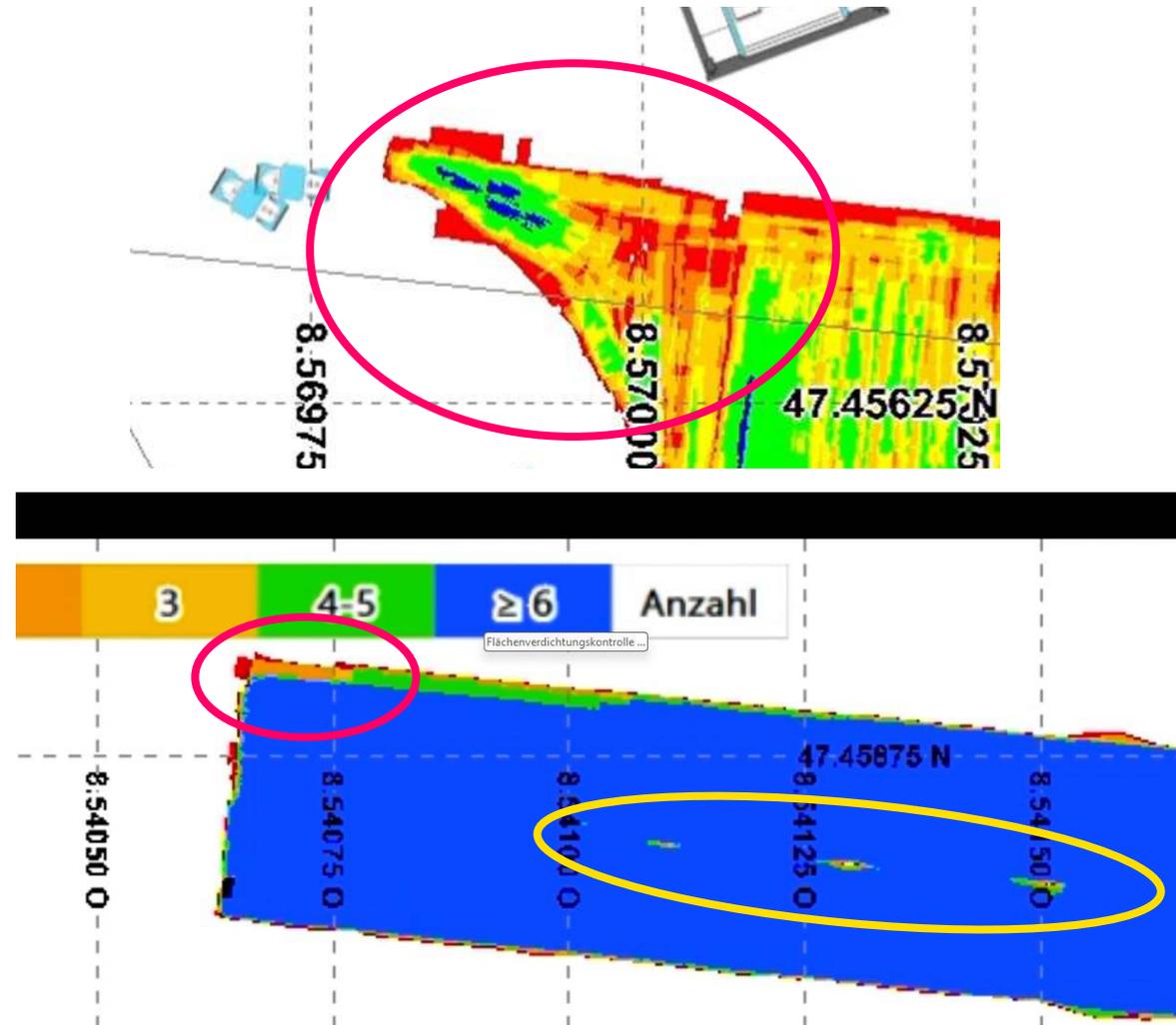
Randbereich

- tiefe Passenzahl in begrenztem Bereich

Feuer

- tiefe Passenzahl im Bereich der Feuer

→ pragmatische Beurteilung



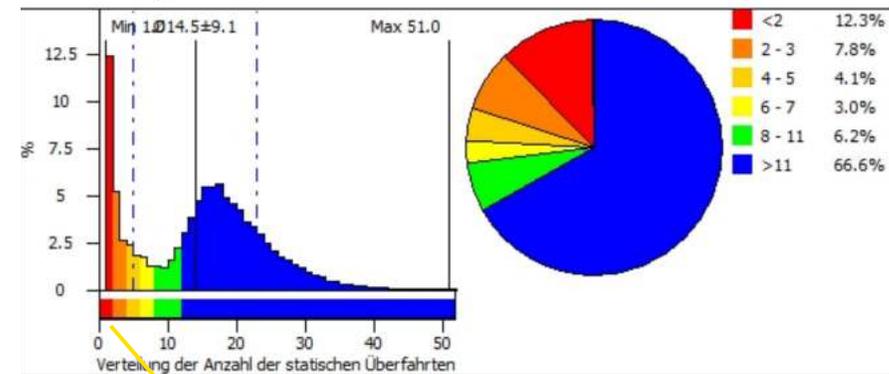
FLÄCHENVERDICHTUNGSKONTROLLE VERSUS BOHRKERNPRÜFUNG

Beurteilung Daten

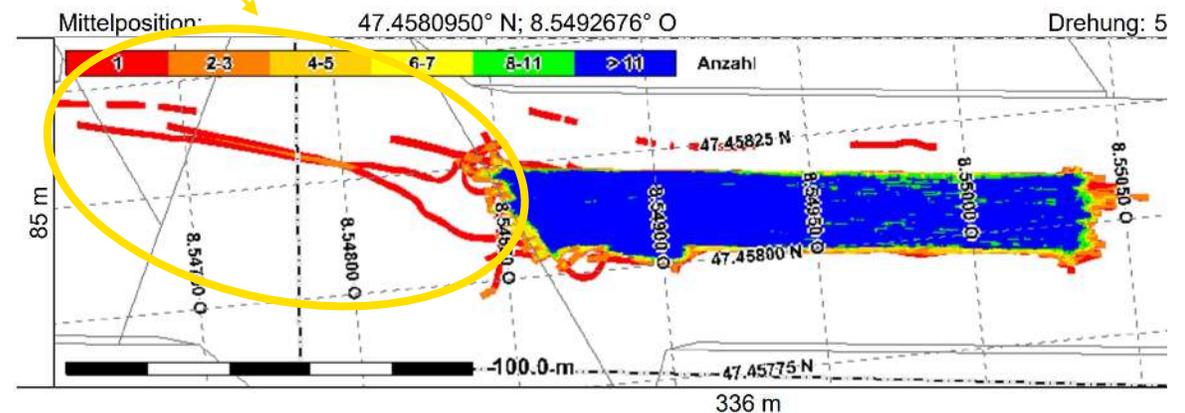
Auszug aus der Dokumentation:

- Beispiel: Statische Überfahrten
- Beurteilung im Gesamtkontext

Verteilung



Kartenansicht



EINBINDUNG DER DATEN IN EIN BIM-MODELL



EINBINDUNG DER DATEN IN EIN BIM-MODELL

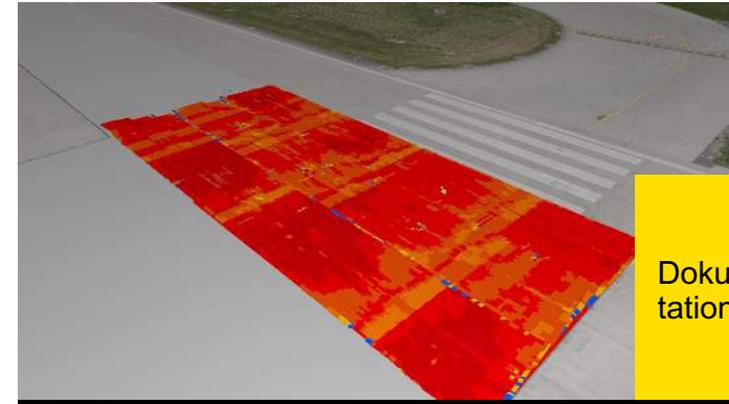
- BIM-Modell = digitaler Zwilling
- georeferenzierte Einbindung von Bohrkernanalysen im Modell
- georeferenzierte Einbindung von Auswertung der erhobenen Daten von Fertiger und Walzen im Modell



EINBINDUNG DER DATEN IN EIN BIM-MODELL

Zeit / Entwicklungspotential

- Qualitätssicherung
- Georeferenzierte Zuordnung der Lieferscheine, Prüfungen, etc.
- Schulung Personal
- Pragmatischer Umgang mit der „Gläsernen Baustelle“
- Paradigmenwechsel



Dokumentation

WALO

Prüfbericht

Probe-Nr.: 22-0893 Auftraggeber: ARGE Midnightforce
 Probeneingang: 19.05.2022 Auftrags-Nr.: 22-8595
 Baustelle: * Flughafen Piste 10/28

Mischgutart: * SMA 11 Probenahme durch: * Auftraggeber
 Mischgut-Code: * 62 90 Entnahme Datum/Zeit: * 19.05.2022 03:40
 Mischwerk: * Asfaltap AG Hardwaid Entnahmest.: * Piste 10/28, Deckbelag 04
 RIC - Anteil: * Lieferschein: * 85-049236
 * Angegeben Drücker Mischguttemperatur: * 171 °C

Bindemittel

Art / Sorte: * Pen-B 25/55-45 Rückgewinnung: 88.81% (43.6 kg)
 Anteil: 6.33 Masse-% Penetration: 45 10-1 mm
 in Koll. Ring und Kugel: 70.8 °C
 in 1st: Penetrationsindex PI: +2.7
 elast. Rückstellung: 90 %
 Zusätze: * Kalkhydrat in 100g

Korngrößenverteilung Bestimme EN 12957-2 Sollwert * Sollwert *
 Durchgang [Masse-%] Durchgang [Masse-%] Durchgang [Masse-%] Durchgang [Masse-%]

Profilmaß [mm]	Durchgang [Masse-%]	Sollwert * [Masse-%]	Sollwert * [Masse-%]
45.0			
31.5			
22.4			
16.0	100.0	100.0	
11.2	95.0	95.0	
8.0	62.5	62.0	
5.6	45.3	45.0	
4.0	33.5	33.0	
2.0	24.7	24.0	
1.0	18.4	19.0	
0.5	15.1	16.0	
0.25	13.1	14.0	
0.125	11.5	12.0	
0.083	10.3	9.0	

Marshall - Versuch EN 12957-6:40-20-34 Erweichungstemperatur: gemäss 5h EN 12657-30
 Dichte Bindemittel: 1.525 g/cm³ Dichte Mineral: 2.678 g/cm³
 Raumdicke: 2.345 g/cm³ Stabilität S: EN 12657-34 Sollwert * 12.5 kN
 EN 12957-6: Sollwert * 2.332 g/cm³ Fließwert F: 4.2 mm
 Röhrdichte: 2) 2.430 g/cm³ EN 12957-34 Sollwert * mm
 EN 12957-6: Sollwert * 2.417 g/cm³

**VIELEN DANK
FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT.**

Ueli Stalder

T +41 44 745 23 67

M +41 79 777 99 73

ueli.stalder@walo.ch

walo.ch

