



Stadtbetriebe und Tiefbau
STADT HATTINGEN



Technische
Hochschule
Georg Agricola



3D-Vermessung des historischen Paasbachtunnels unter der Hattinger Henrichshütte

Geonetzwerk.mR meets Wissenschaft

Dipl.-Ing. Benjamin Haske, M.Eng.

Prof. Dr. Tobias Rudolph

Dr. Bodo Bernsdorf



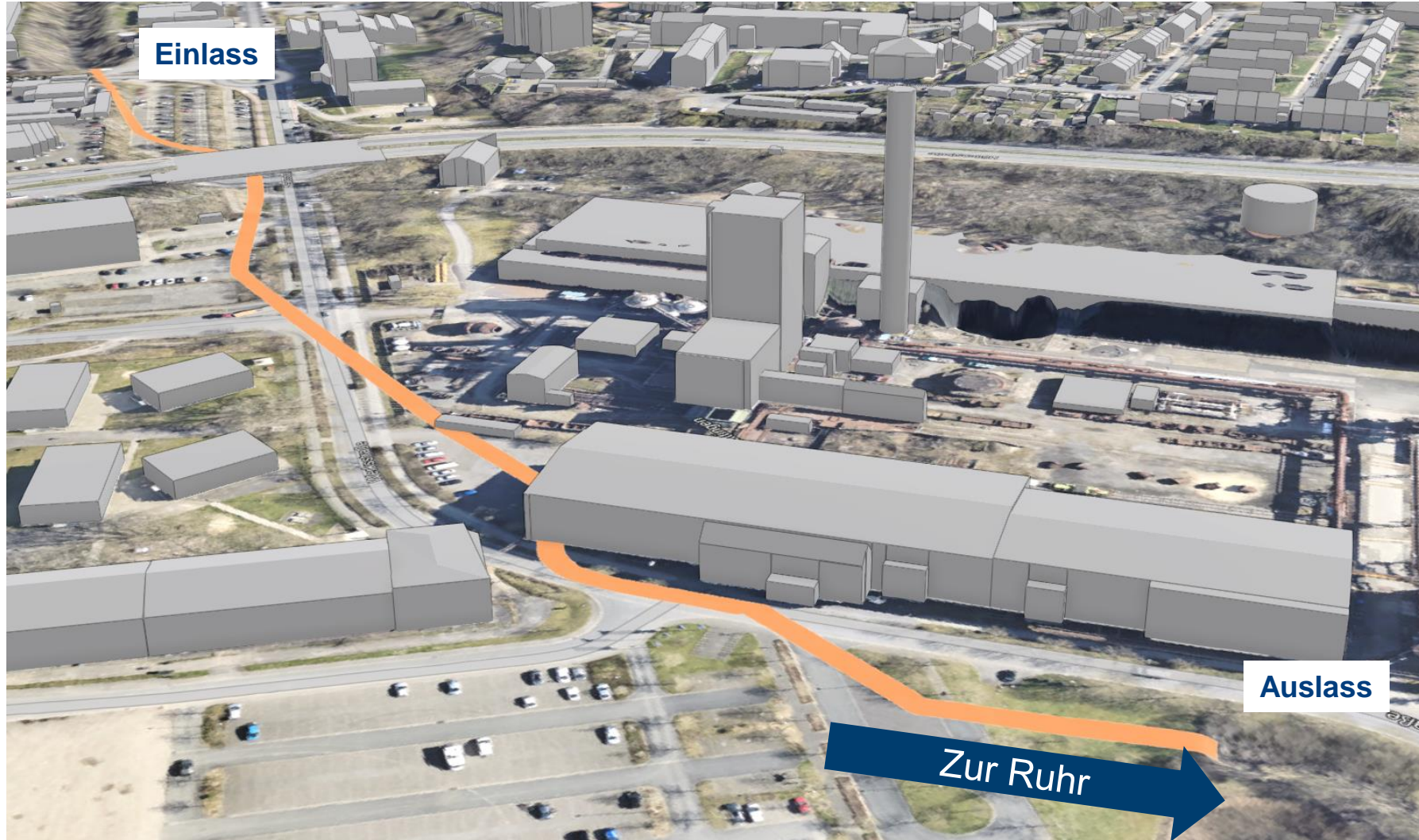
S 200

S 021

PO



Heutige Lage



Haske



Stadtbetriebe und Tiefbau
STADT HATTINGEN



Technische
Hochschule
Georg Agricola

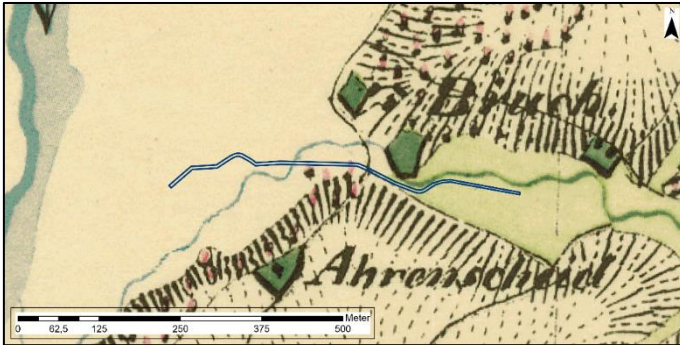
Wer es nicht erkennt... 😊



Bernsdorf

Historische Betrachtung der Paasbach-Verrohrung

1840



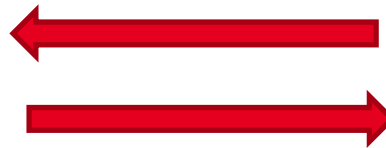
1868



1880

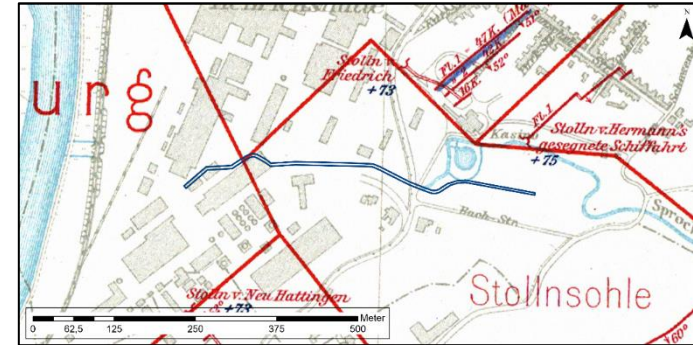


19. Jahrhundert:
Kanalisation und
Verrohrung des
natürlichen Verlaufs

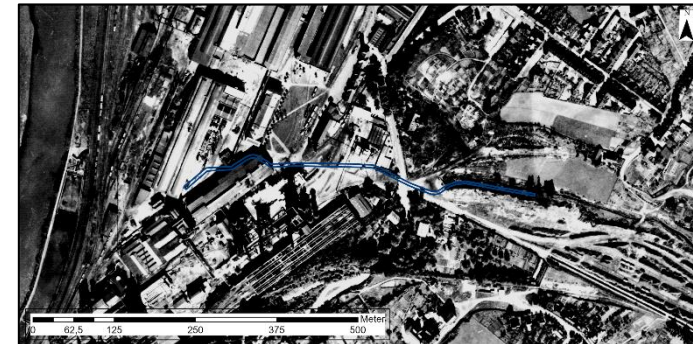


20. Jahrhundert:
Stetiger Um- und
Ausbau der
Verrohrung

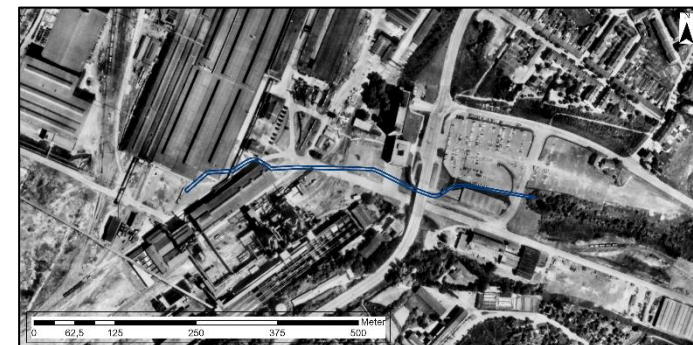
1912



1953



1969





Ausgangslage und Erfordernis der Vermessung

- **Ausgangslage**
 - Unter dem Gelände der ehemaligen Henrichshütte verläuft der Paasbach verrohrt
 - Unbekannter Verlauf mit Bauwerksschäden, verschlechtert durch Hochwasser 07/2021
 - Dringender Handlungsbedarf aufgrund ungenügenden Bauwerkszustands
 - **Erfordernis der untertägigen Vermessung**
 - Notwendig zur Gefahrenabschätzung für über- und untertägige Infrastruktur
 - Unterirdische Einmessung der Verrohrung durch die Vermesser der Stadt scheiterte
 - Alle an der Ausschreibung interessierten Ingenieurbüros haben nach vor-Ort-Besichtigung abgesagt
- **Forschungskooperation Stadt Hattingen / Forschungszentrum Nachbergbau der THGA**

Schärfung der Problemstellung durch diverse Vorbegehungen

- Ursprünglich geplante Drohnenbefliegung schnell verworfen
 - Vermessung mit klassischen Methoden und modernem Laserscan
- Umfangreiches Sicherheitskonzept und hoher Personalaufwand notwendig



Rudolph



Tomik



Rahmenbedingungen

- Variabler Wasserstand mit großem Einzugsgebiet
→ **Regen im Umland bedeutet sofortigen Abbruch**
- Regnerischer Sommer 2023
→ **Keine Planungssicherheit**
- Unerfahrenes und eingespieltes Team, ausgeliehene Messgeräte
→ **Viel Vorarbeit und Training notwendig**
- Keine feste Standfläche, Wandkonsolen dürfen nicht dauerhaft angebracht werden
→ **Keine einfache Fortsetzung der Messung bei Abbruch möglich**

Dank an die Kollegen des
Bachelorstudienganges
Vermessungswesen der THGA!

 **schwierig**

schwierig · **schwieriger**
am **schwierigsten**

Das interdisziplinäre Projektteam

Projektleitung: Prof. Dr. Tobias Rudolph (Geologe)

Fachliche Umsetzung

- Vermessung: Dipl.-Ing. Benjamin Haske, M.Eng. (Geodät)
- Sicherheit: Dr. Bodo Bernsdorf (Geograf, Brandoberinspektor)

Fachliche Unterstützung

- Prof. Dr. Peter Goerke-Mallet (Markscheider)
- Dipl.-Ing. Detlef Engel (Bergvermesser)
- Marcin Pawlik, M.Sc. (Vermessungsingenieur)
- Roland Joosten, M.Eng. (Nachbergbauingenieur)
- Marius Koppe, B.Eng. (Geoinformatiker)
- **Tiefbauamt Hattingen**



Weitere Unterstützung durch die **Feuerwehr Hattingen**, WiMis, StudHKs, Petit Imbiss 😊

Sicherheitskonzept

Identifizierte Gefahrenquellen:

- Kommunikation
- Beleuchtung
- Untergrund/Wegsamkeit
- Fließendes Wasser
- Hygienische Verhältnisse
- Atmosphäre/Wetter
- Temperatur
- Handwerkliche Arbeiten
- Lange Wegstrecken
- Zuwegungen
- Untertagearbeit



Ausmaß \ Wahrscheinlichkeit	Leicht	Mittel	Schwer
Sehr gering	1	1	2
Gering	1	2	2
Mittel	2	2	3
Hoch	2	3	3

Wahrscheinlichkeit	Schadensausmaß	Risiko
1 – fast ausgeschlossen	1 – gering	Werte aus Multiplikation: 1-5 Risiko gering: keine Maßnahmen erforderlich 6-10 Risiko vorhanden: Maßnahmen zu Risikominderung erforderlich 12-25 Risiko hoch: Maßnahmen der Risikominderung
2 – sehr unwahrscheinlich	2 – mittel	
3 – unwahrscheinlich	3 – hoch	
4 – wahrscheinlich	4 – sehr hoch	
5 – sehr wahrscheinlich	5 – katastrophal	

Bernsdorf

Maßnahmen zur Risikominimierung:

- Truppweises Vorgehen
- Persönliche Schutzausrüstung
- Funkkonzept
- Rettungskonzept
- Einbindung Grubenwehr/Feuerwehr
- Sicherung Fluchtwege
- Meteorologisches Monitoring



©THGAWiciok



Ablauf der Vermessungen

Vorarbeiten

- 09.06.2021: Erste Erkundung, Drohnenbefliegung zur Erstellung eines Orthofotos über Tage
- 15.03.2023: Vermarkung und GNSS-Vermessung von Anschluss- und Hilfspunkten über Tage

Hauptarbeiten

- 28.08.2023: Metrierung in Fließrichtung (Messband), Vermarkung von Fest- und Hilfspunkten; Nummerierung und Markierung von Schäden, Zuflüssen und Sonderpunkten
- 29.08.2023: Beidseitig angeschlossener Polygonzug; Vermessung von Fest-, Hilfs- und Sonderpunkten sowie Tunnelgeometrien
- 04.09.2023: Laserscans in vier überlappenden Tunnelabschnitten

Nacharbeiten

- 04.09.2023: Korrektur von Punktnummern nach Auswertung, Messung von Hilfsgrößen (z.B. Höhen)
- 20.09.2023: Durchführung zusätzlicher Laserscans im letzten Abschnitt (Betonröhren)



Stadtbetriebe und Tiefbau
STADT HATTINGEN



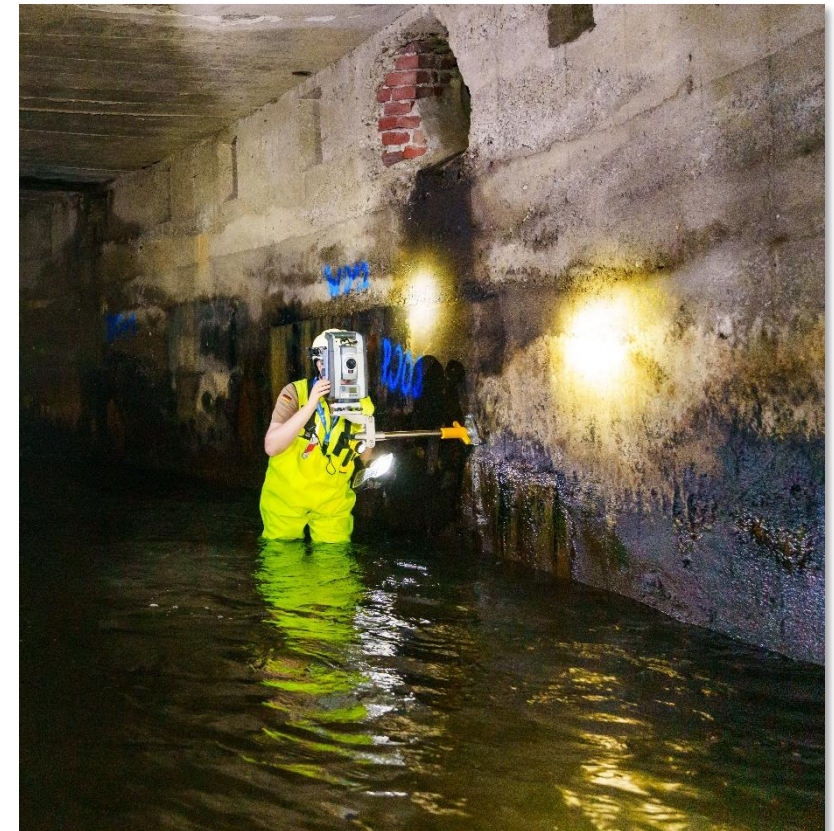
Technische
Hochschule
Georg Agricola



Datenerfassung

Erfasste Daten

- Ermittlung der Gesamtlänge (rechter Stoß): **574,57 m** (Mitte rechnerisch: 572,38 m)
- Vermarkung der Metrierung in Fließrichtung
- Polygonzug:
 - 25 Kontrollpunkte (Bolzen)
 - 10 Gerätestandpunkte (Trägerplatten mit Konsole)
 - 38 Sonderpunkte
 - 54 Schäden
 - 10 Wasserzuläufe
 - 60 Stoß-/First- und Sohlenpunkte
- Drohnenbefliegung über Tage: 266 Bilder
- 8 Laserscans mit über 5 GB Daten



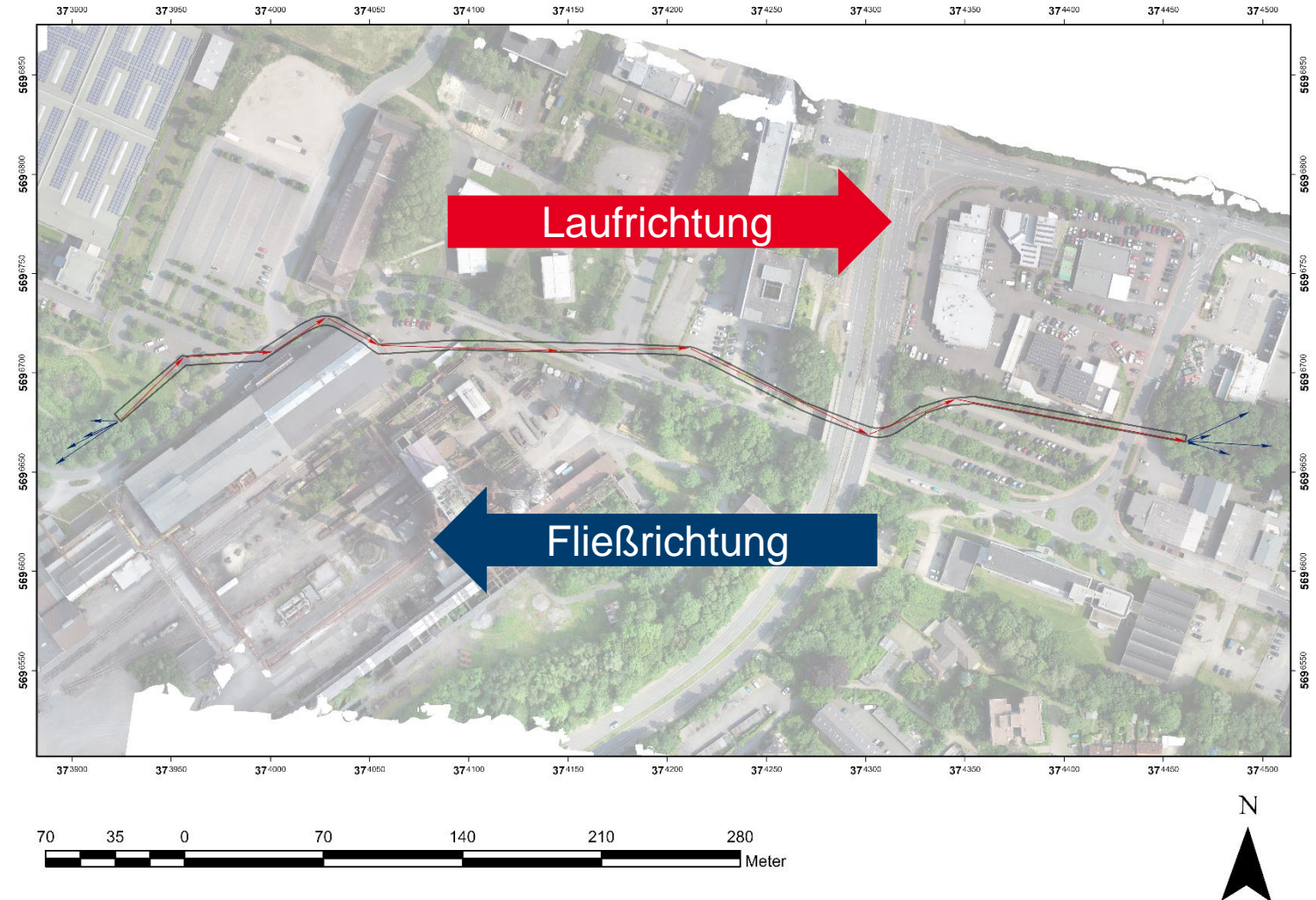


Vermarkung und Metrierung



Beidseitig angeschlossener Polygonzug

- Zwangszentrierung
- Mehrfache Messung mit Durchschlag
- Messung verschiedener Kontrollpunkte, Schäden, Tunnelgeometrien, ...



Laserscan

- Direkte Georeferenzierung über eingemessene Bolzen statt Targets
- Deutliche Schwierigkeiten aufgrund **externer Störfaktoren** (Tunnelgeometrie, Luftfeuchtigkeit, fließendes Wasser, Insekten, Spinnenweben, Lichtverhältnisse,...)



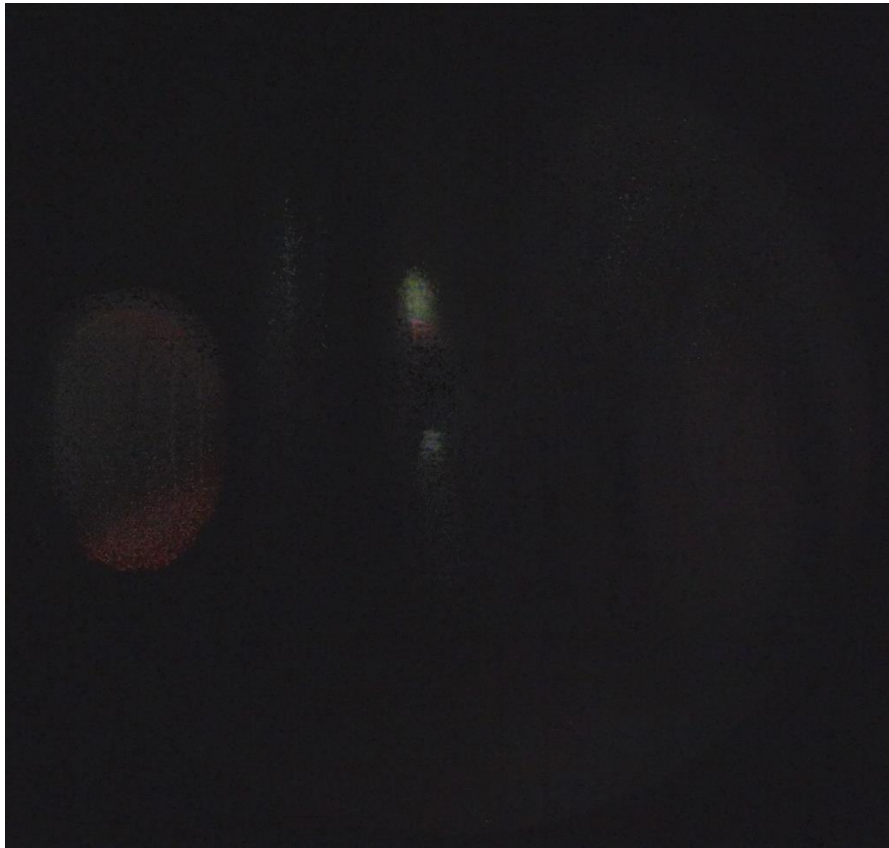
Haske



Bernsdorf

Punktwolkencolorierung

- Aufgrund der Überstrahlung der Panoramabilder durch die Lampen leider nicht erfolgreich



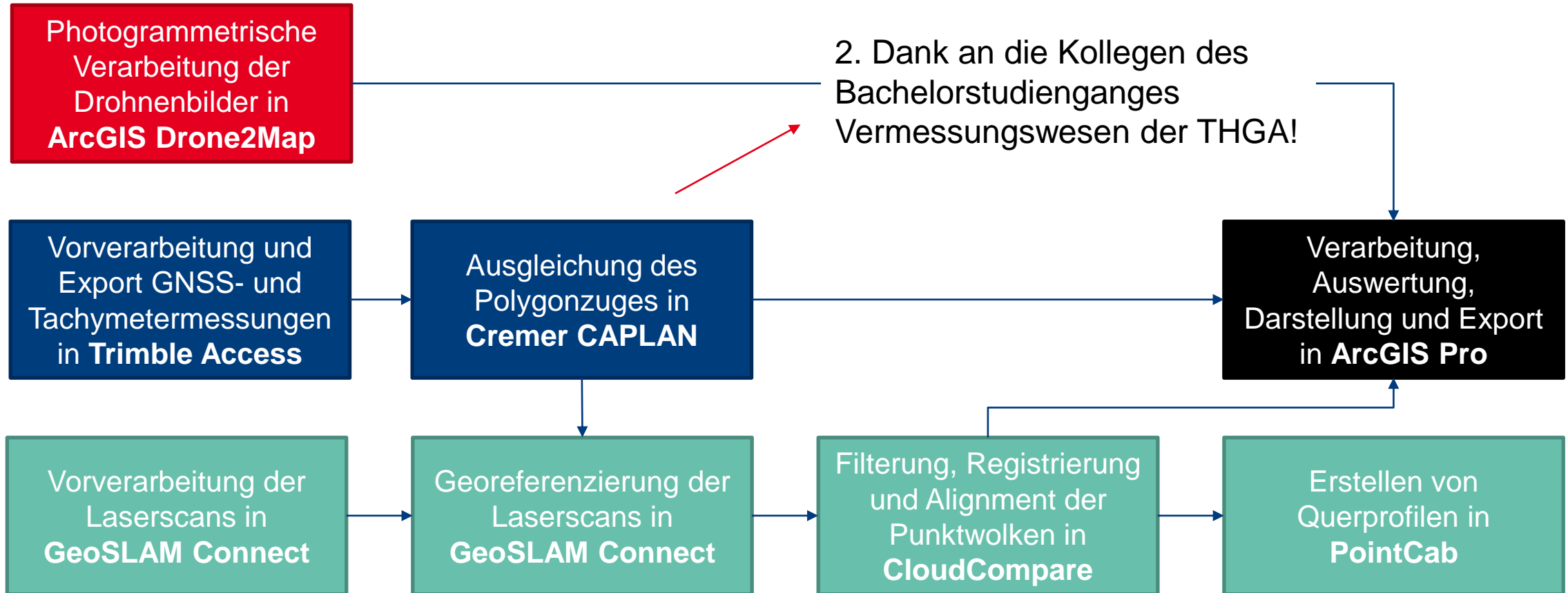
Vorblick



Rückblick

Haske

Datenverarbeitung





Stadtbetriebe und Tiefbau
STADT HATTINGEN



Technische
Hochschule
Georg Agricola



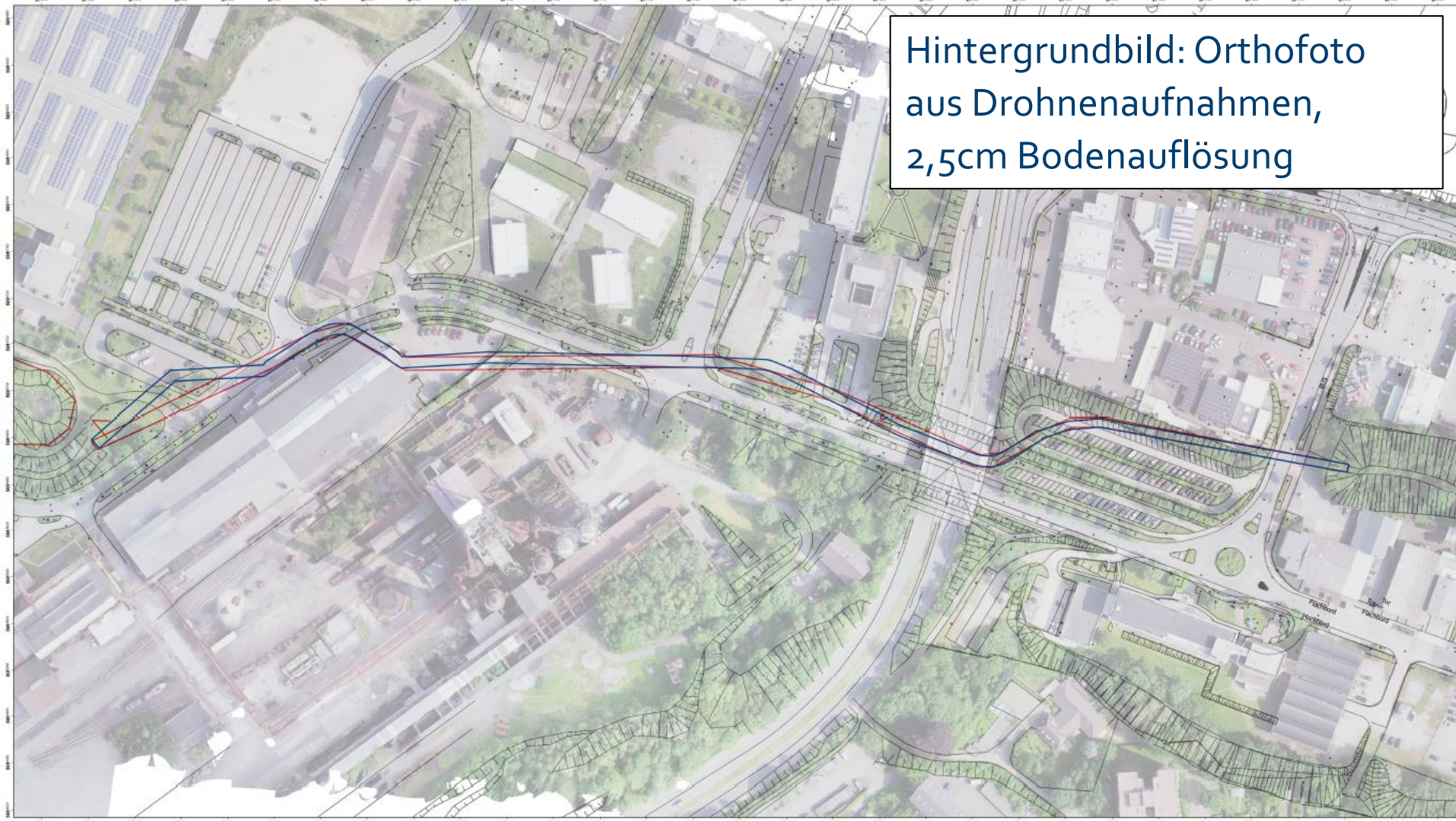
Ergebnisse



Alte und neue Lage



Hintergrundbild: Orthofoto
aus Drohnenaufnahmen,
2,5cm Bodenauflösung

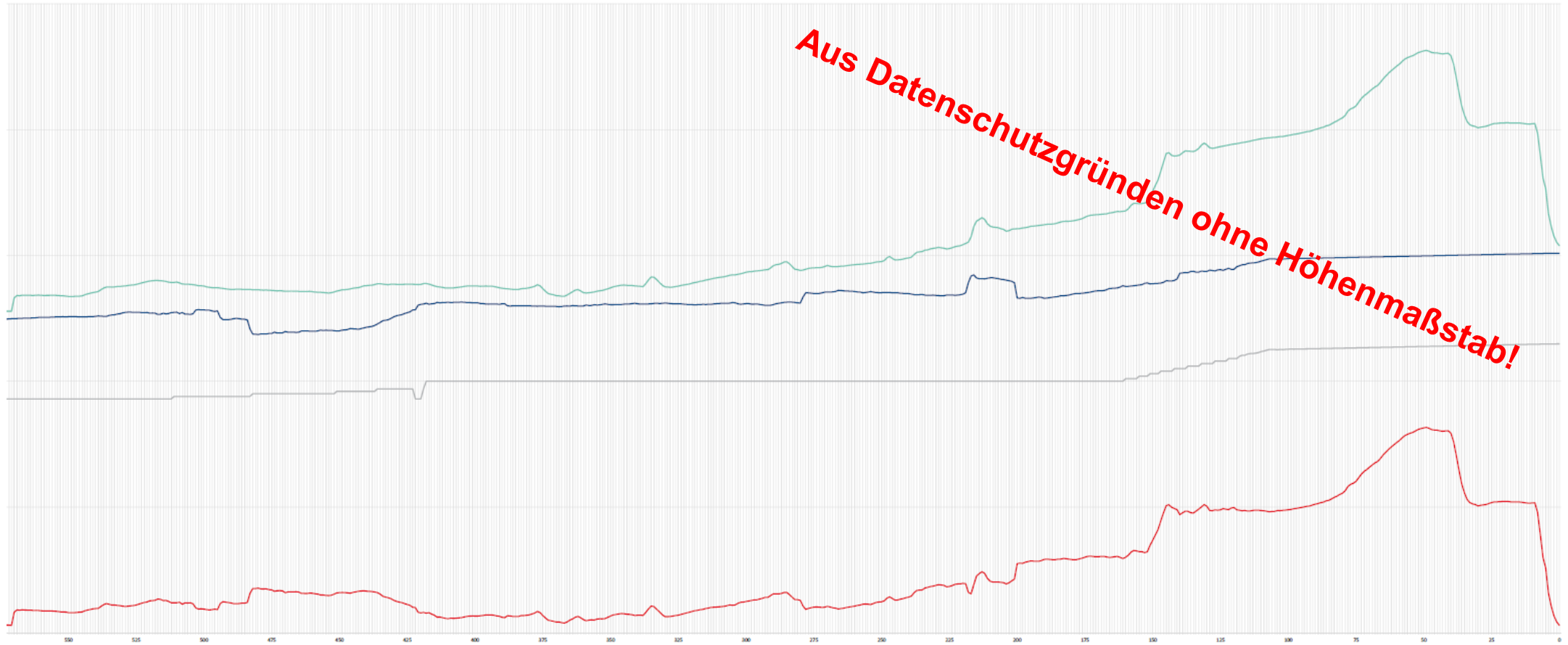




Gemessene Sonderpunkte und Schäden



Abstand Tunnel zum Gelände (Profil) – überhöht



Distanz entlang des Profilschnitts, Metrierung in Fließrichtung (O-W) [m], Maßstab 1:500

Abstände verschlossener Schächte zum Gelände noch geringer



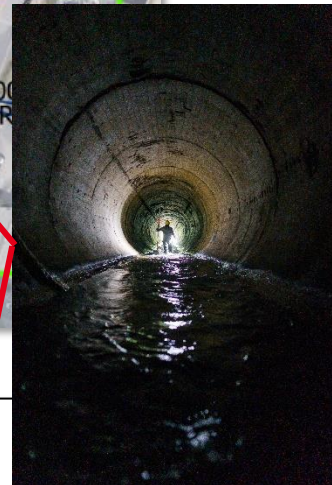
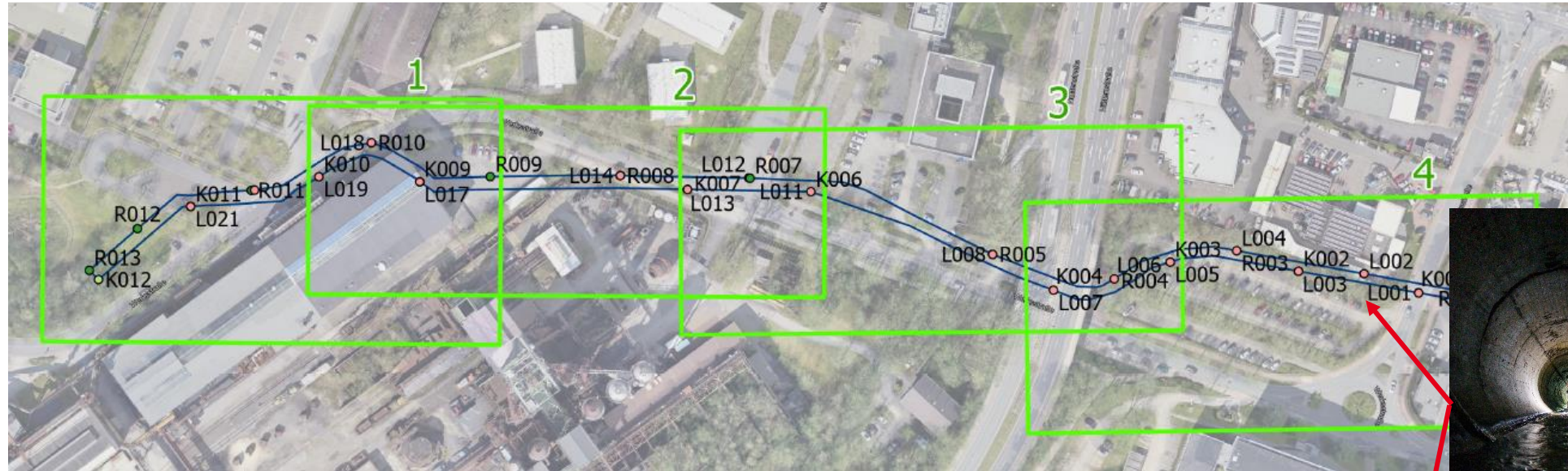


Zuläufe und querende Leitungen



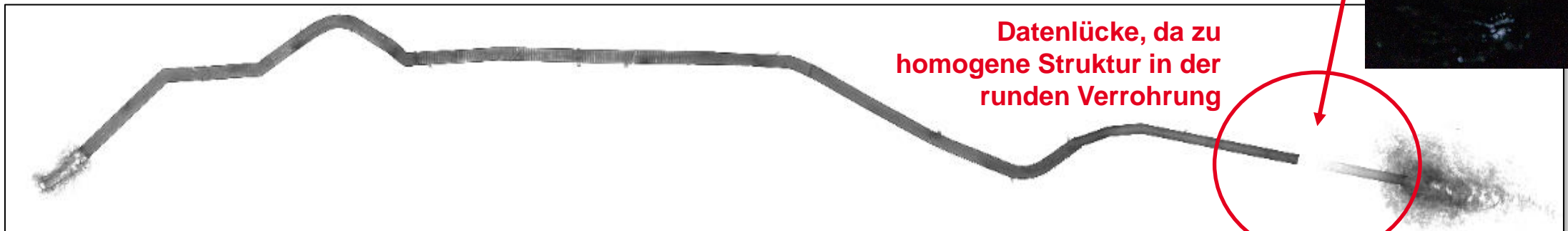
Einbinden der Laserscans

Planung



Ergebnis

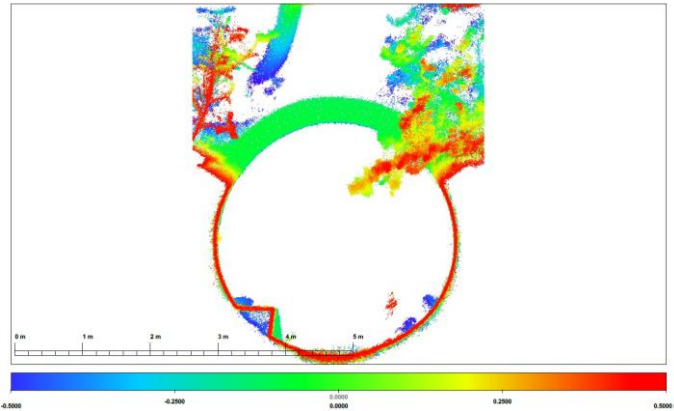
Datenlücke, da zu
homogene Struktur in der
runden Verrohrung



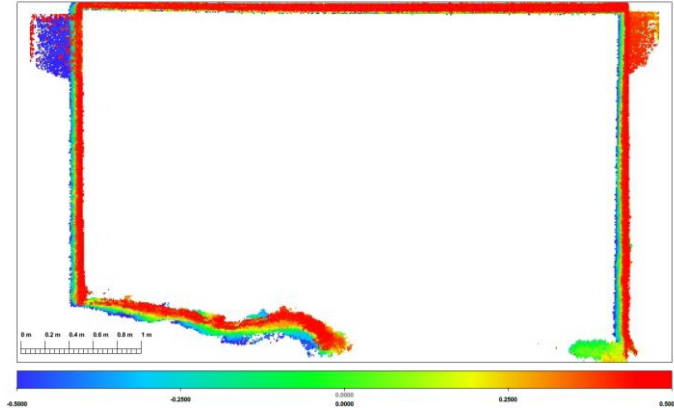


Querprofile alle 10 m & an allen Schächten (- 50cm bis +50cm, Maßstab variabel)

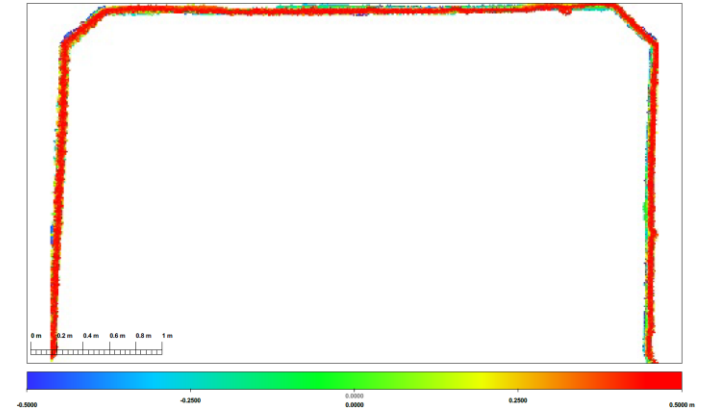
0 m



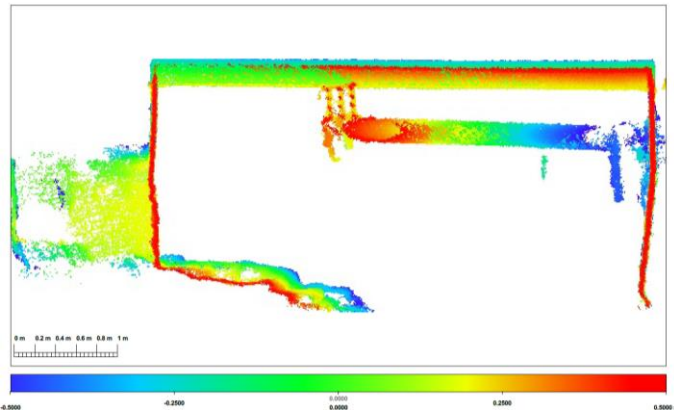
150 m



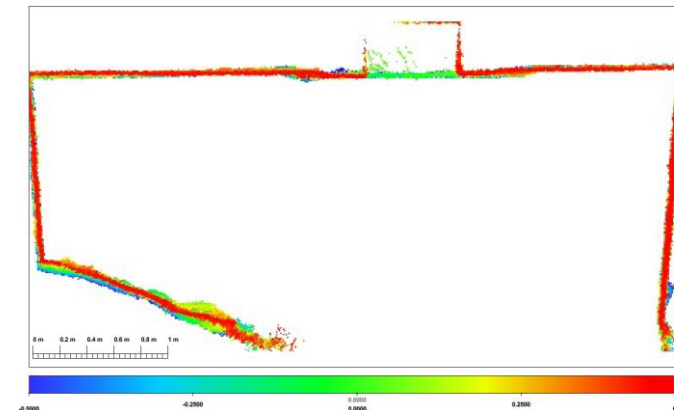
230 m



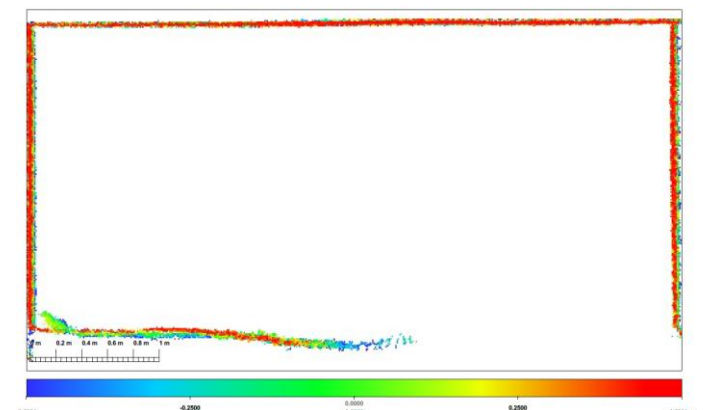
350 m



430 m

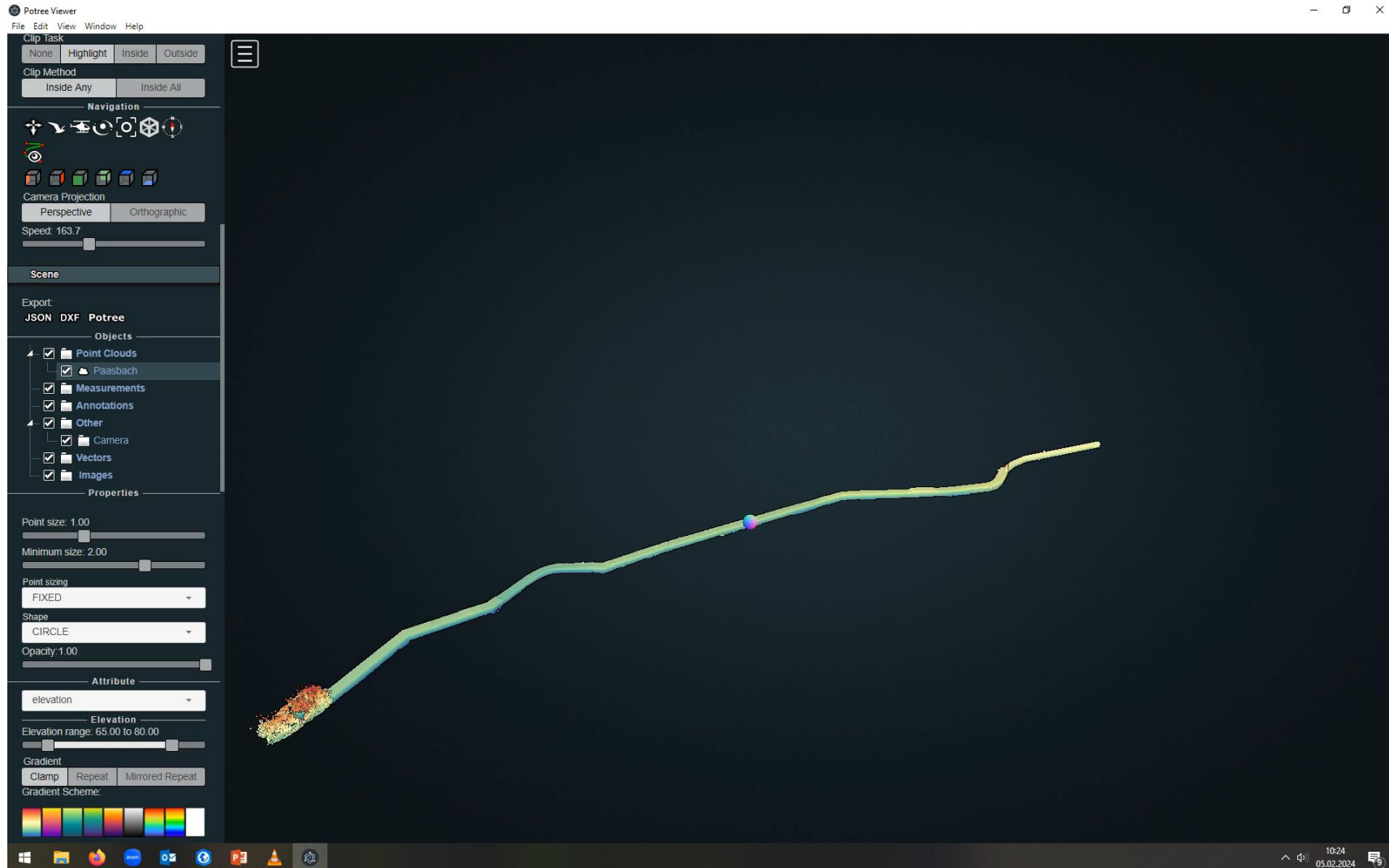


540 m





3D-Punktwolke als interaktive Anwendung (144 Millionen Punkte)



Abschluss

Übergabe von CAD- und GIS-fähigen Datensätzen an das Tiefbauamt

Hattingen zur weiteren ingenieurtechnischen Auswertung:

- Alle Messpunkte mit Fotodokumentation
- Genauigkeitsklassen OGL2 & OGH2 für Messpunkte größtenteils erreicht (nicht gefordert!), Laserscan in Teilen OGL1 & OGHo/1
- Identifikation kritischer Überdeckungen
- Orthofoto aus Drohnenbildern
- Konsolidierte Laserpunktswolke mit interaktivem Messtool
- Quer- und Längsprofile
- Verschiedene Kartendarstellungen
- Roh- und Metadaten

Zusätzlich:

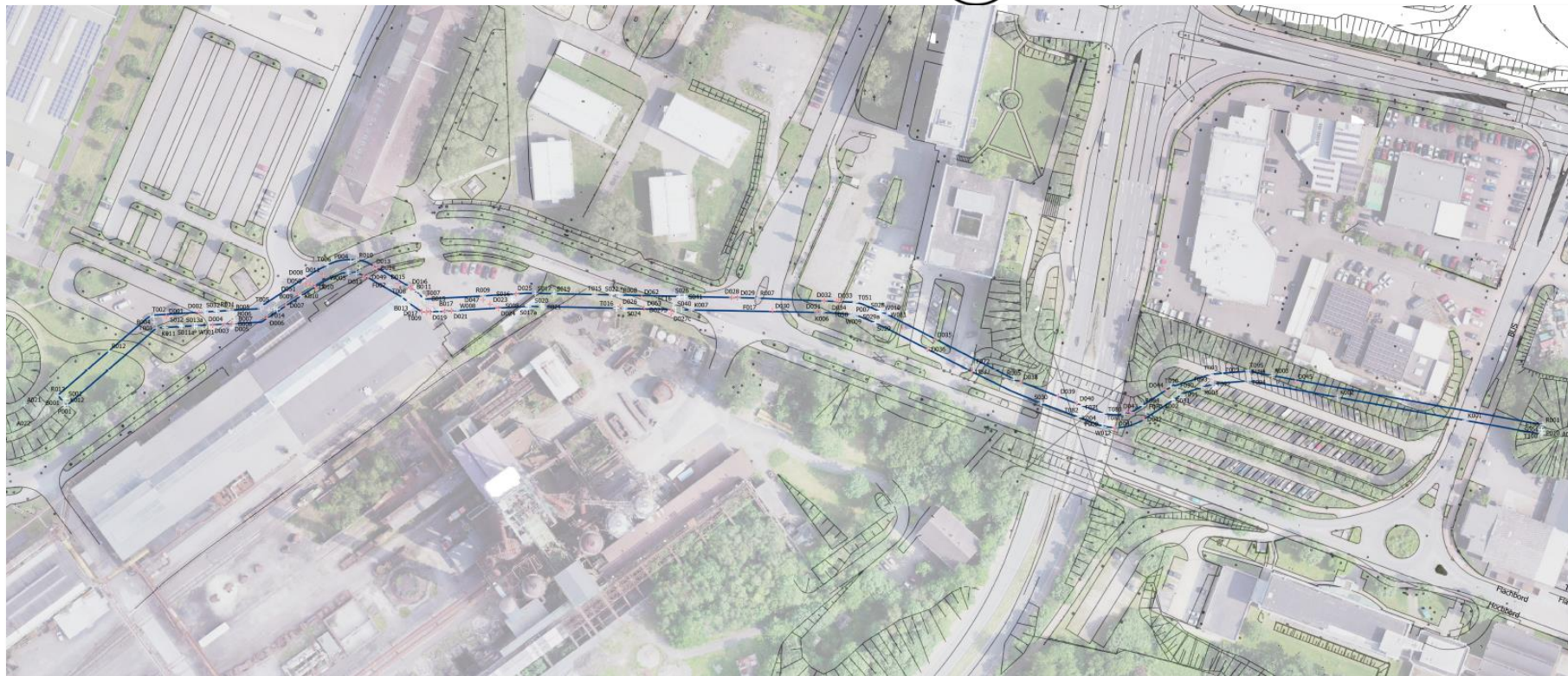
- Erstellung eines tragfähigen Sicherheitskonzeptes
- Dauerhafte Vermarkung von Messpunkte für weitere Arbeiten





Zusammenfassendes Ergebnis der Forschungskooperation

Forschungsfragen der Kooperation (3-D-Lokalisierung von Schadstellen, Zuflüssen und Querungen, Überdeckung, Querprofile, Deformationen) konnten **gemeinsam** durch das **Tiefbauamt Hattingen** und das **Forschungszentrum Nachbergbau** beantwortet werden ✓





Impressionen



©THGAWiciok



Impressionen



©THGAWiciok



Impressionen



©THGAWiciok



Impressionen



©THGAWiciok



Impressionen



©THGAWiciok

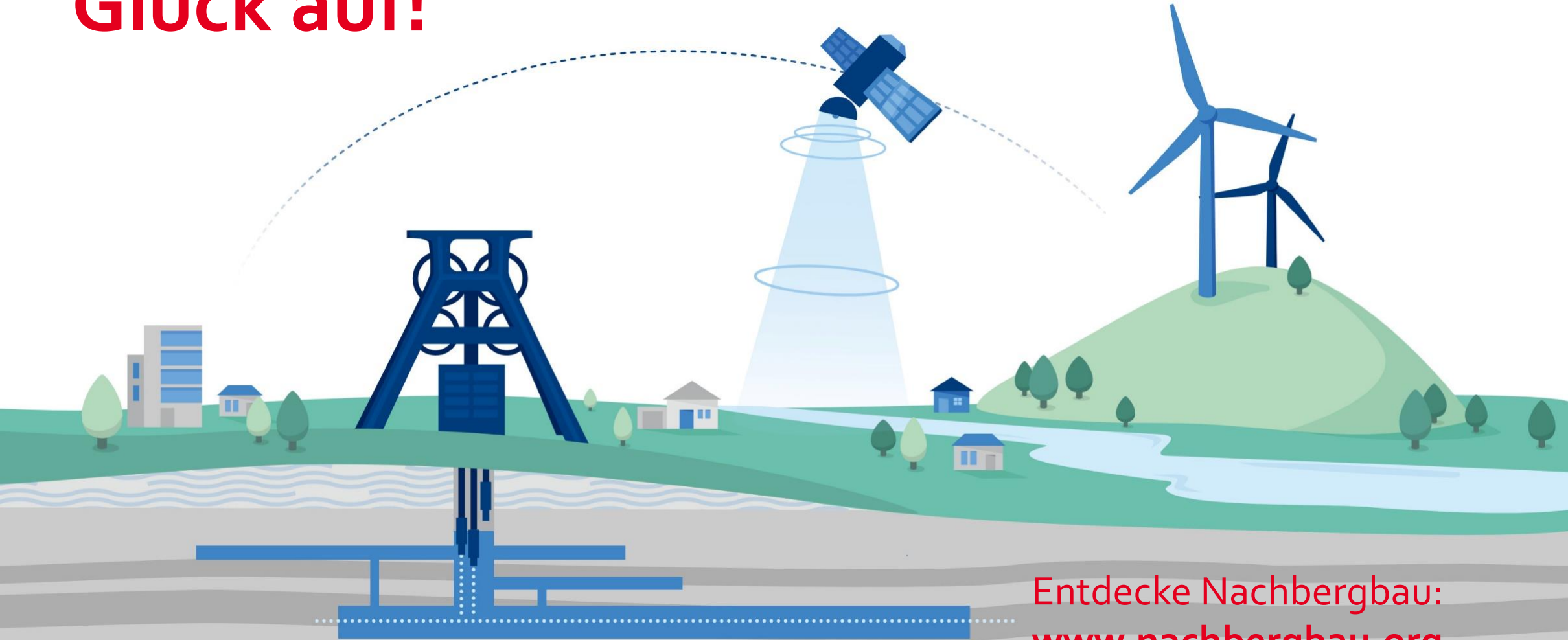


Stadtbetriebe und Tiefbau
STADT HATTINGEN



Technische
Hochschule
Georg Agricola

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.
Glück auf!



Entdecke Nachbergbau:
www.nachbergbau.org

Bonus: „Hochglanz“-Video 😊

