



HAMBURGS NEUE UNIVERSITÄT
Europas erste Universität für die bebaute Umwelt

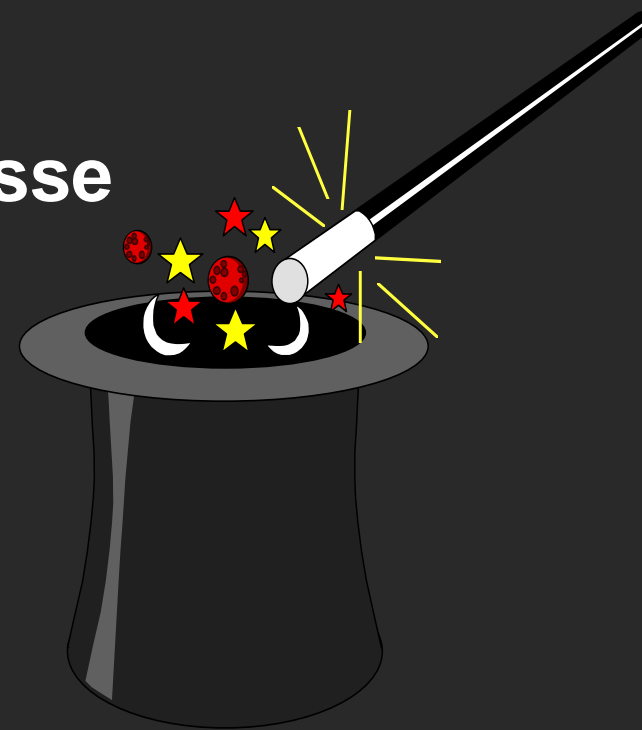
Foto: Height-Tech GmbH / Cubert GmbH

Felix Tschirschwitz, Klaus Mechelke, Hanne Jansch & Thomas Kersten

**Ein automatisches Monitoringsystem für Bühnen
an der Elbe durch TLS**

Inhalt der Präsentation

1. Einleitung
2. Messsystem
3. Auswertung & Ergebnisse
4. Fazit & Ausblick



1. Einleitung

- Landgewinnung
- Uferschutz

- Kanalisierung
- Renaturierung

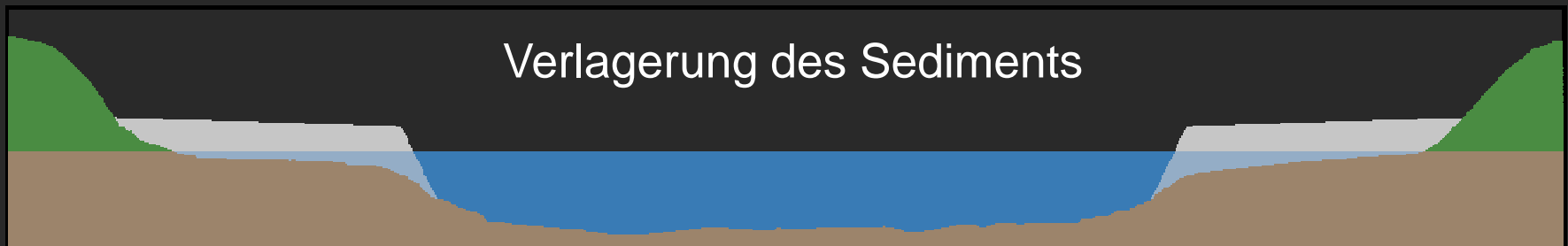
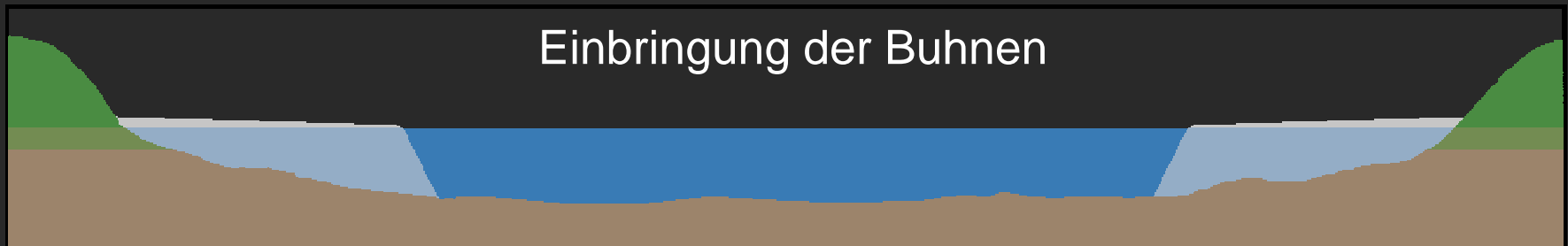
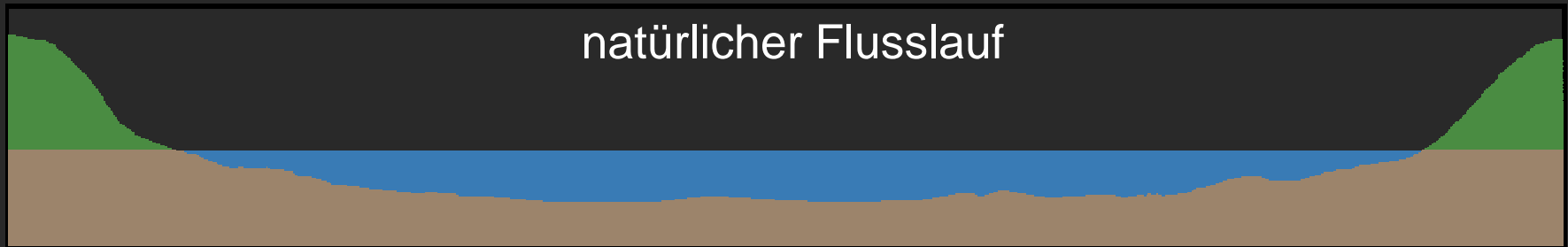




1. Einleitung

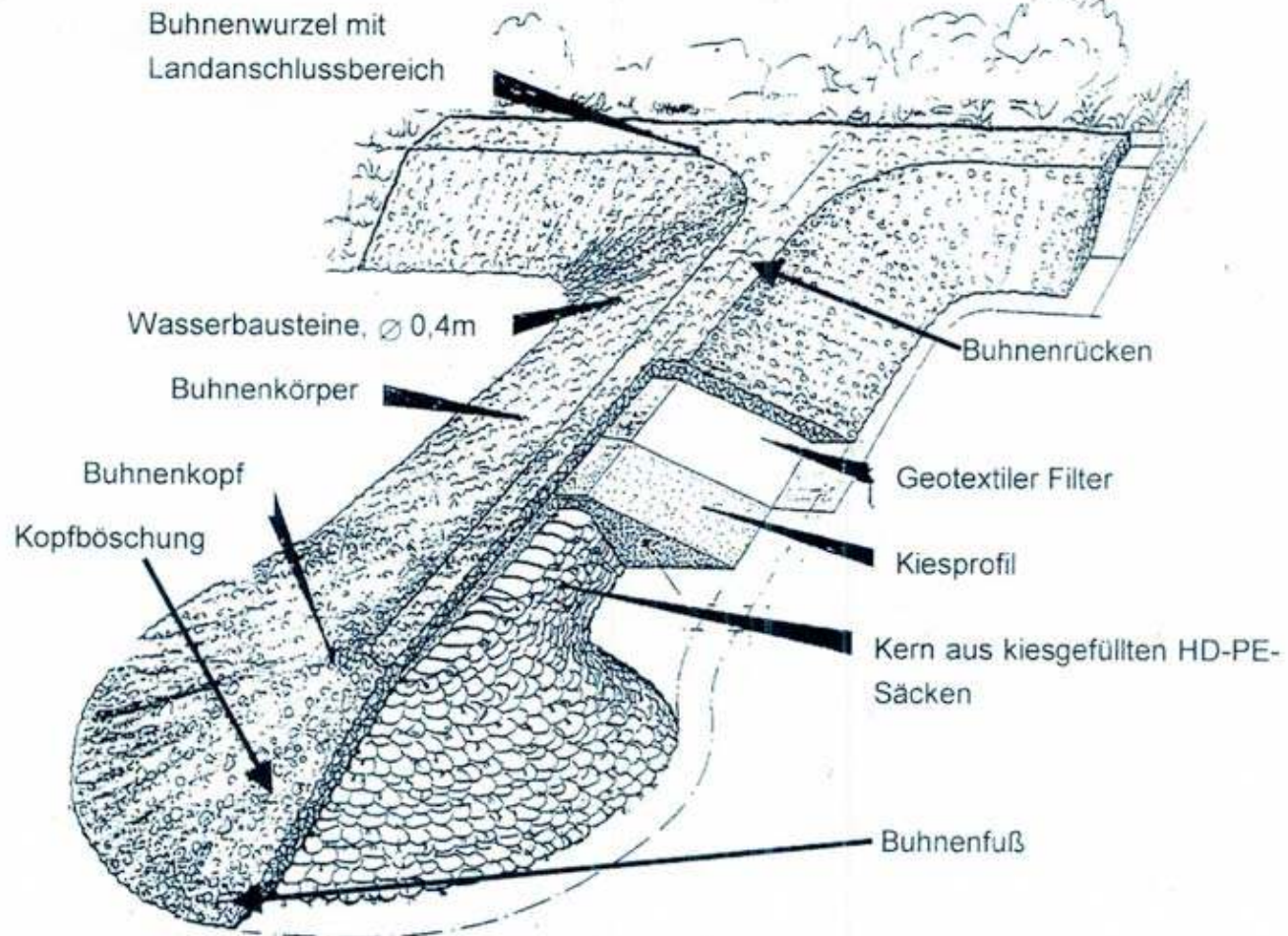


1. Einleitung



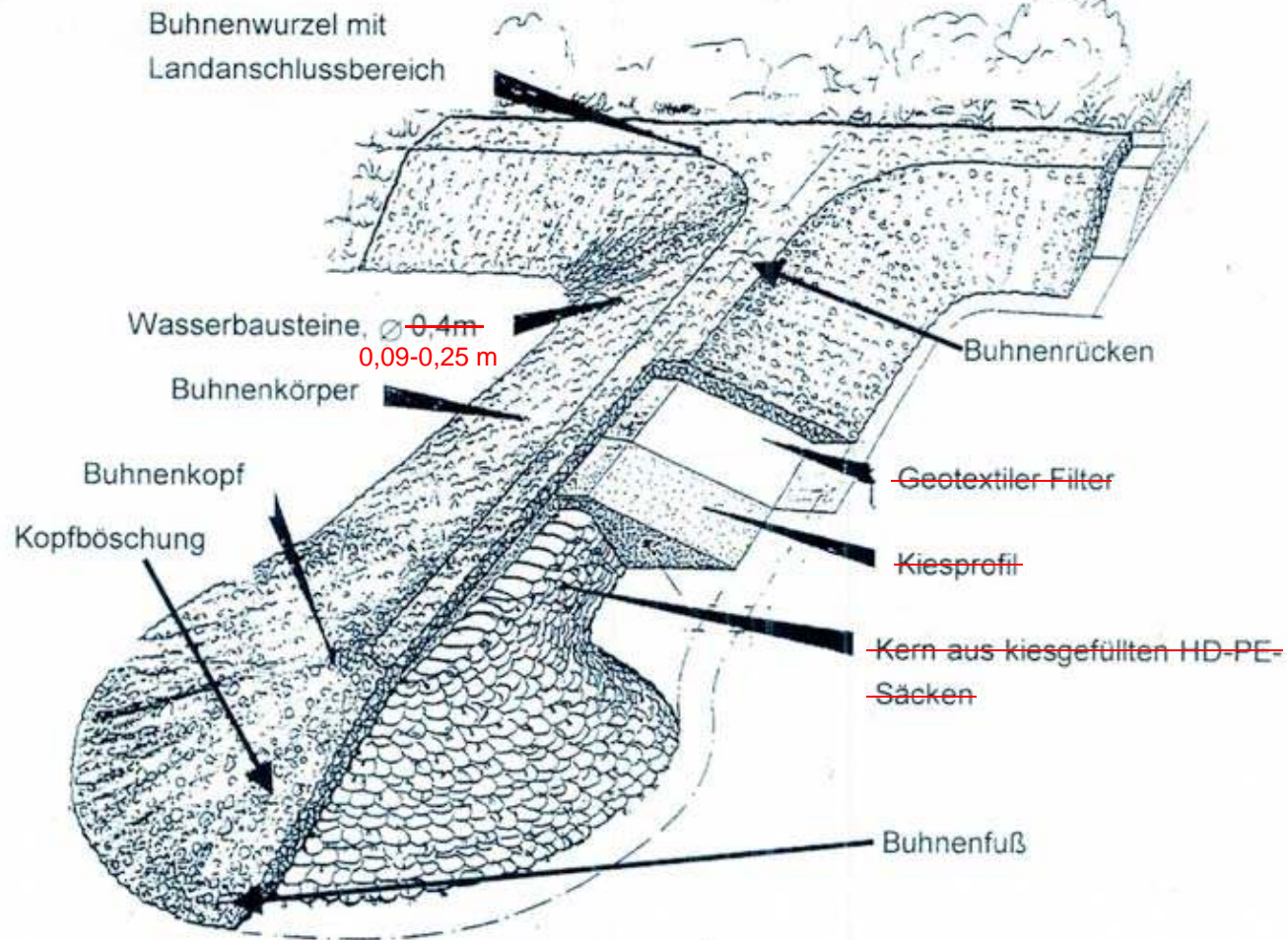
Quelle: Wikipedia (Von Lämpel - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0)

1. Einleitung



Quelle: WSA Magdeburg

1. Einleitung



Quelle: WSA Magdeburg



1. Einleitung





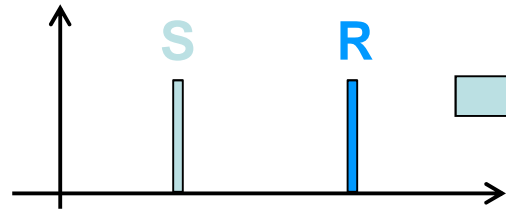
1. Einleitung

Video



1. Einleitung

1. Signifikante Werte



Bestimmung von

S und R als Funktion
signifikanter Werte für
Belastung und Widerstand

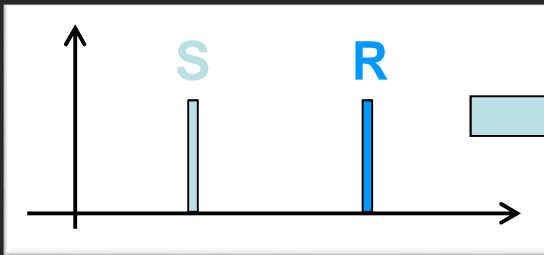
Versagen bei

$$R < S$$

$$P_f = 0 \text{ oder } 1$$

1. Einleitung

1. Signifikante Werte



Bestimmung von

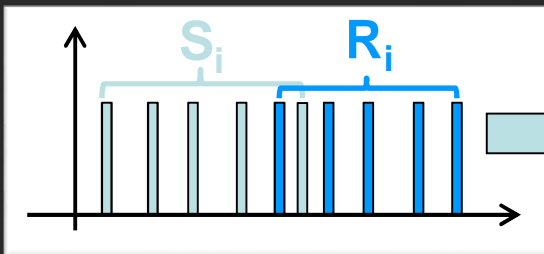
S und R als Funktion
signifikanter Werte für
Belastung und Widerstand

Versagen bei

$$R < S$$

$$P_f = 0 \text{ oder } 1$$

2. Sensitivitätsanalyse



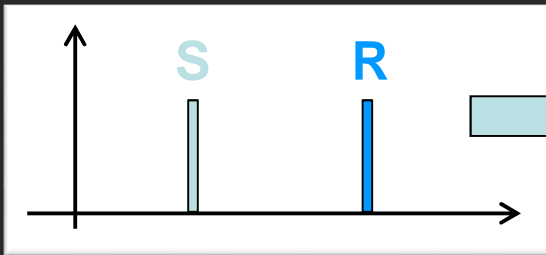
S_i und R_i als Funktion
signifikanter Werte und ihrer
Bandbreite für Belastung
und Widerstand

$$R_i < S_i$$

$$P_f = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (R_i < S_i)$$

1. Einleitung

1. Signifikante Werte



Bestimmung von

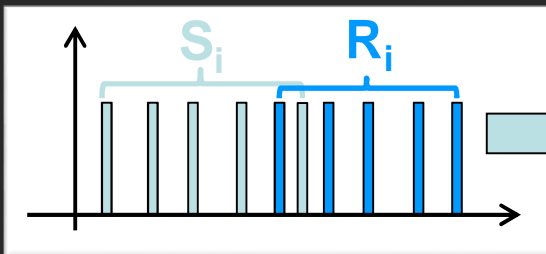
S und R als Funktion signifikanter Werte für Belastung und Widerstand

Versagen bei

$$R < S$$

$$P_f = 0 \text{ oder } 1$$

2. Sensitivitätsanalyse

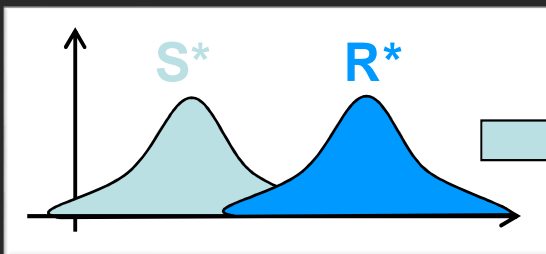


S_i und R_i als Funktion signifikanter Werte und ihrer Bandbreite für Belastung und Widerstand

$$R_i < S_i$$

$$P_f = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (R_i < S_i)$$

3. Probabilistische Bemessung



S^* und R^* als statistische Verteilung für Belastung und Widerstand

$$z = R^* - S^* < 0$$

$$P_f = \int (z < 0) dz$$

Quelle: Kortenhaus (2013)

2. Messsystem

1. Messpfeiler

- Je ein System pro Buhne
- Buhne fällt bei Niedrigwasser trocken
- Arbeiten im Naturschutzgebiet



2. Messsystem

2. Laserscanner

- Z+F IMAGER 5010
- Ext. Power-On
- Auflösung Extremely High
(9700 Profile in ca. 35 min)
- Dynamische Neigungs-
kompensation bis $0,007^\circ$ / Profil



2. Messsystem

2. Laserscanner

- Z+F IMAGER 5010
- Ext. Power-On
- Auflösung Extremely High (9700 Profile in ca. 35 min)
- Dynamische Neigungskompensation bis $0,007^\circ$ / Profil
- Bis jetzt 457 Epochen, Datenerfassung bei (jedem) Niedrigwasser



2. Messsystem

3. Stromversorgung

- Große Batterie zum Überbrücken von Kapazitätsengpässen
- Brennstoffzelle mit Methanol
- Windkraftgenerator
- Solarzellen
- Wartung alle 2-4 Wochen





2. Messsystem

3. Stromversorgung

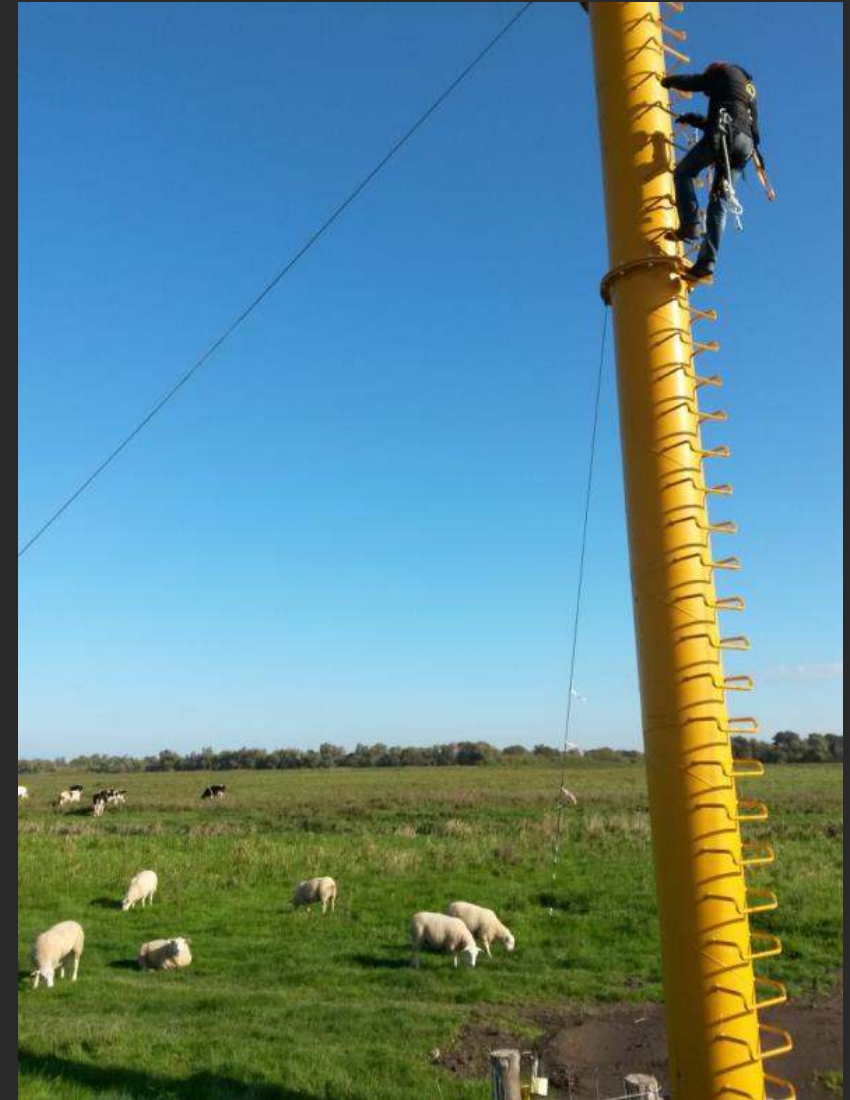
- Große Batterie zum Überbrücken von Kapazitätsengpässen
- Brennstoffzelle mit Methanol
- Windkraftgenerator
- Solarzellen
- Wartung alle 2-4 Wochen



2. Messsystem

3. Stromversorgung

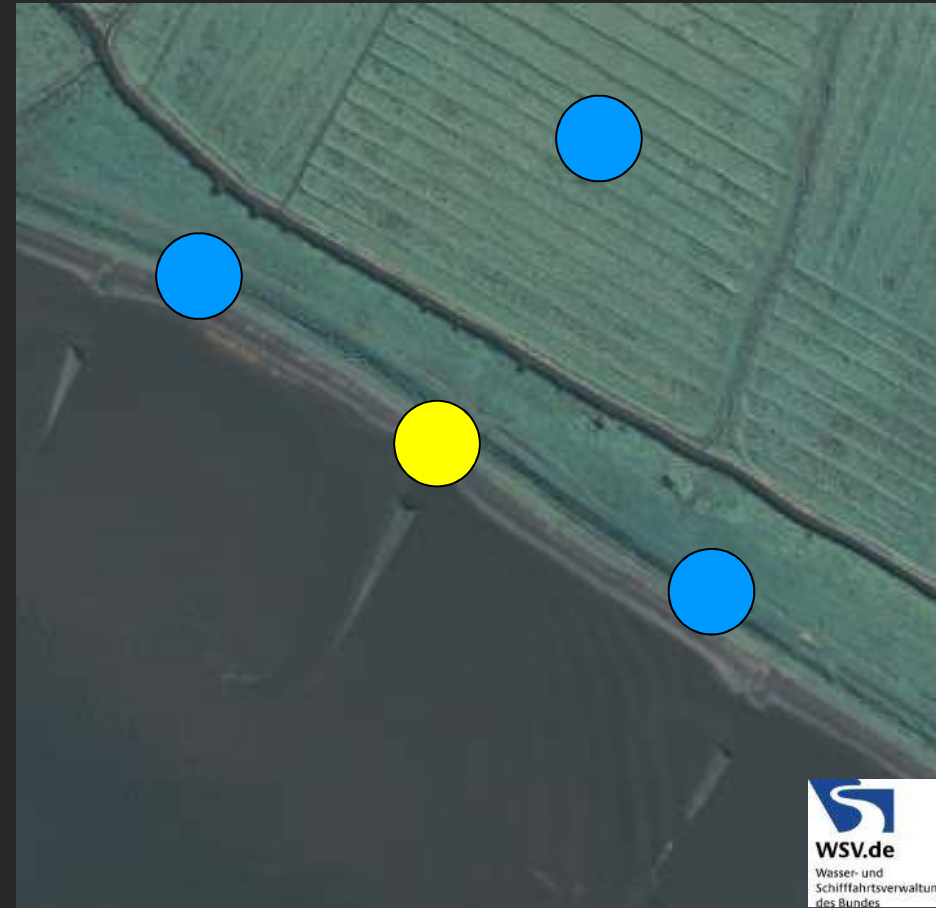
- Große Batterie zum Überbrücken von Kapazitätsengpässen
- Brennstoffzelle mit Methanol
- Windkraftgenerator
- Solarzellen
- Wartung alle 2-4 Wochen



2. Messsystem

4. Referenzziele

- 3 Ziele (ca. 120 m entfernt)
- Diagonales SW-Muster
- 80×80 cm
- Ca. 2500 Scanpunkte



2. Messsystem

4. Referenzziele

- 3 Ziele (ca. 120 m entfernt)
- Diagonales SW-Muster
- 80×80 cm
- Ca. 2500 Scanpunkte



2. Messsystem

4. Referenzziele

- 3 Ziele (ca. 120 m entfernt)
- Diagonales SW-Muster
- 80×80 cm
- Ca. 2500 Scanpunkte



2. Messsystem

4. Referenzziele

- 3 Ziele (ca. 120 m entfernt)
- Diagonales SW-Muster
- 80×80 cm
- Ca. 2500 Scanpunkte
- Schutz gegen Tiere vom Land und aus der Luft



2. Messsystem

5. Gehäuse

- **Vollständige Kaspelung des Systems, Schutz gegen Wind, Wetter, Regen, Tiere etc.**
- **Aufbau aus zwei ineinanderstehenden Zylindern mit Aussparung als Messfenster**
- **Gedreht mit Servo, gesteuert mit Tinkerforge Boards**



2. Messsystem

6. Software

- Steuerungsrechner am Strommast Elbekreuzung 2





2. Messsystem

6. Software

- Steuerungsrechner am Strommast Elbekreuzung 2
- Richtfunkverbindung zum Messpfeiler



Fotos: Gutkuhn

2. Messsystem

6. Software

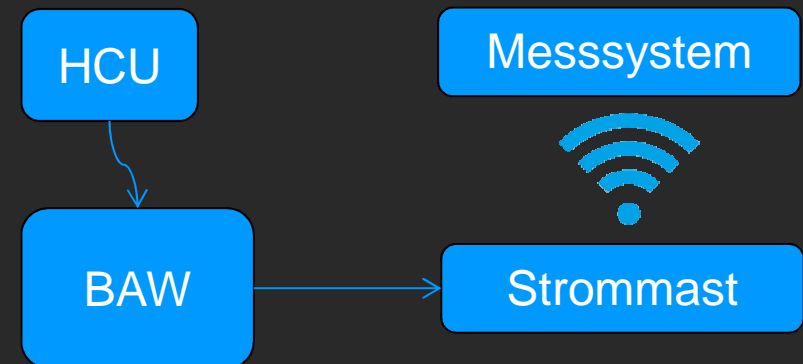
- Steuerungsrechner am Strommast Elbekreuzung 2
- Richtfunkverbindung zum Messpfeiler
- LAN-Anbindung an alle Komponenten



2. Messsystem

6. Software

- Steuerungsrechner am Strommast Elbekreuzung 2
- Richtfunkverbindung zum Messpfeiler
- LAN-Anbindung an alle Komponenten
- Fernwartung per Remotezugriff
- Steuerungssoftware für Gehäuse und Scanner in C++ mit div. SDKs (Z+F / Tinker etc.)
- Alarmierung per E-Mail bei irregulärem Betrieb
- Ständige Weiterentwicklung



3. Messablauf - Software

Gezeitentabelle

**Gehäusesteuerung – Gehäuse auf
Scannersteuerung – Scan 1 (Buhne)
Scan 1 herunterladen**

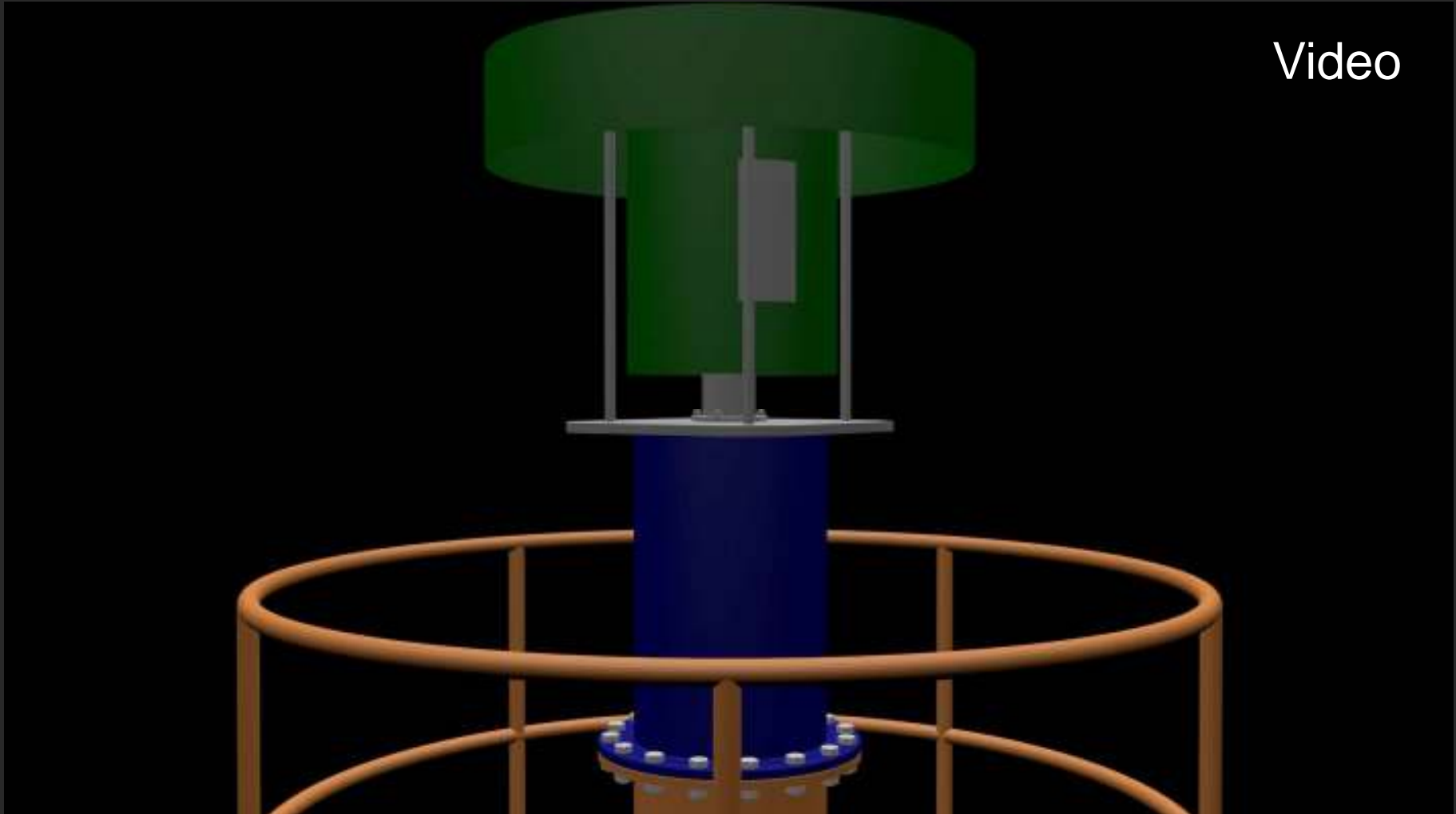
**Gehäusesteuerung – nächste Positionen
Scannersteuerung – Scan 2-4 (Referenz)
Scans herunterladen**

**Verzögerung zur nächsten Epoche und
abschalten der Systemkomponenten**



3. Messablauf - visuell

Video





3. Auswertung - Nullmessung

- Nullmessung Juli 2015
- Direkt nach Abschluss der Ertüchtigung



3. Auswertung - Nullmessung

- Nullmessung Juli 2015
- Direkt nach Abschluss der Ertüchtigung
- Registrierung über Zielzeichen



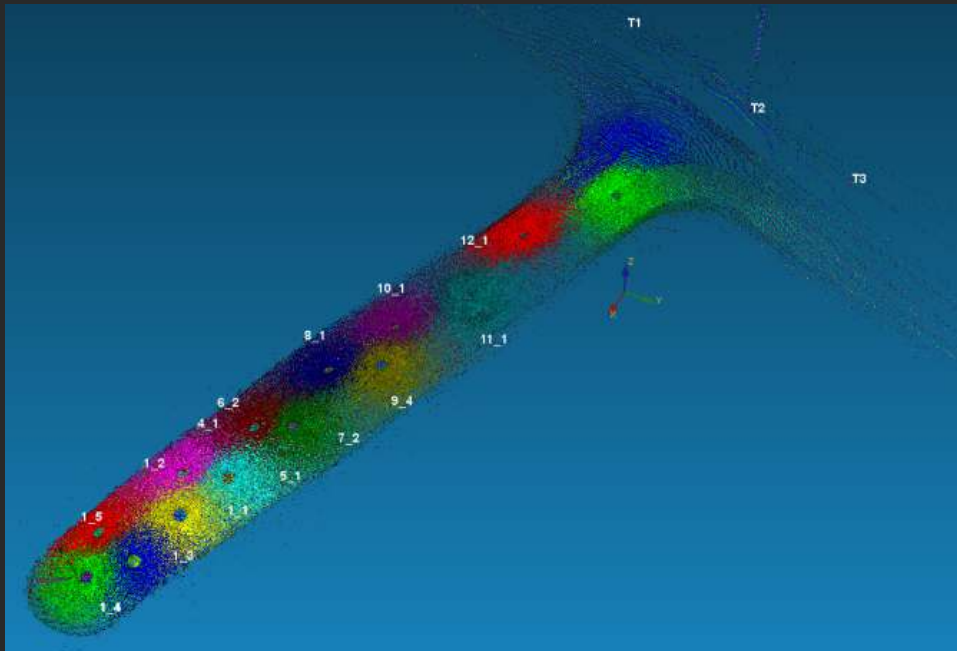
3. Auswertung - Nullmessung

- Nullmessung Juli 2015
- Direkt nach Abschluss der Ertüchtigung
- Registrierung über Zielzeichen
- Zeitkritisch bei auflaufend Wasser



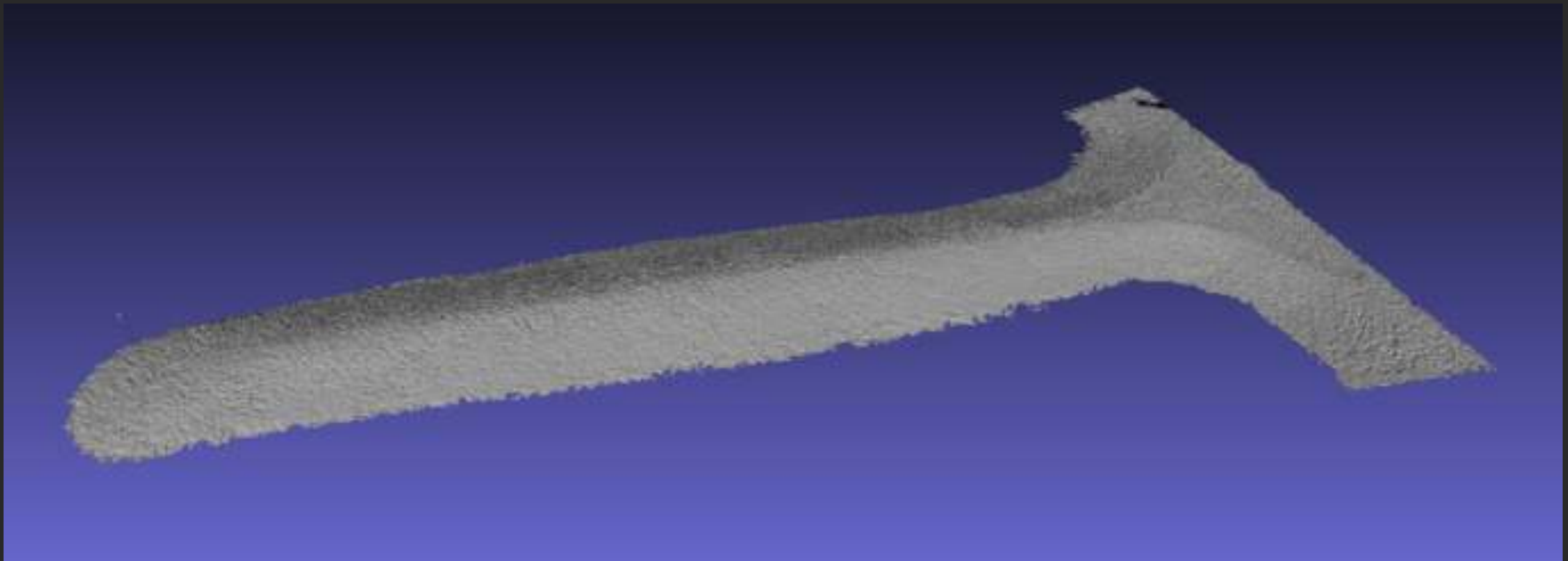
3. Auswertung - Nullmessung

- Nullmessung Juli 2015
- Direkt nach Abschluss der Ertüchtigung
- Registrierung über Zielzeichen
- Zeitkritisch bei auflaufend Wasser



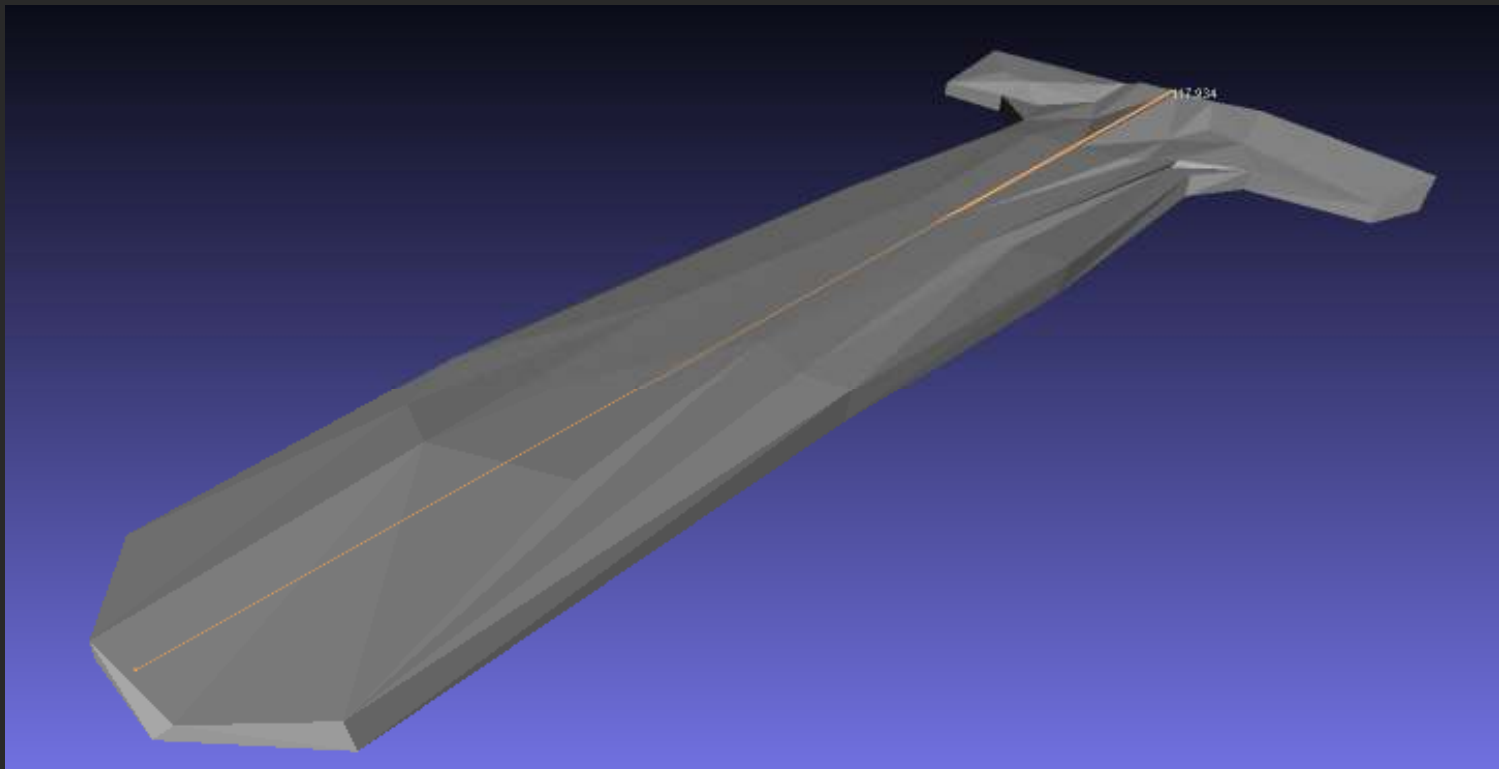
3. Auswertung - Vermaschung

- Filterung mit Z+F LaserControl
- Datenreduktion auf 5 mm Punktabstand
- Manuelle Filterung von Ausreißern, Zielzeichen / Seezeichen
- Finale Vermaschung (2,5D) mit 4,2 Millionen Dreiecken (20 mm)



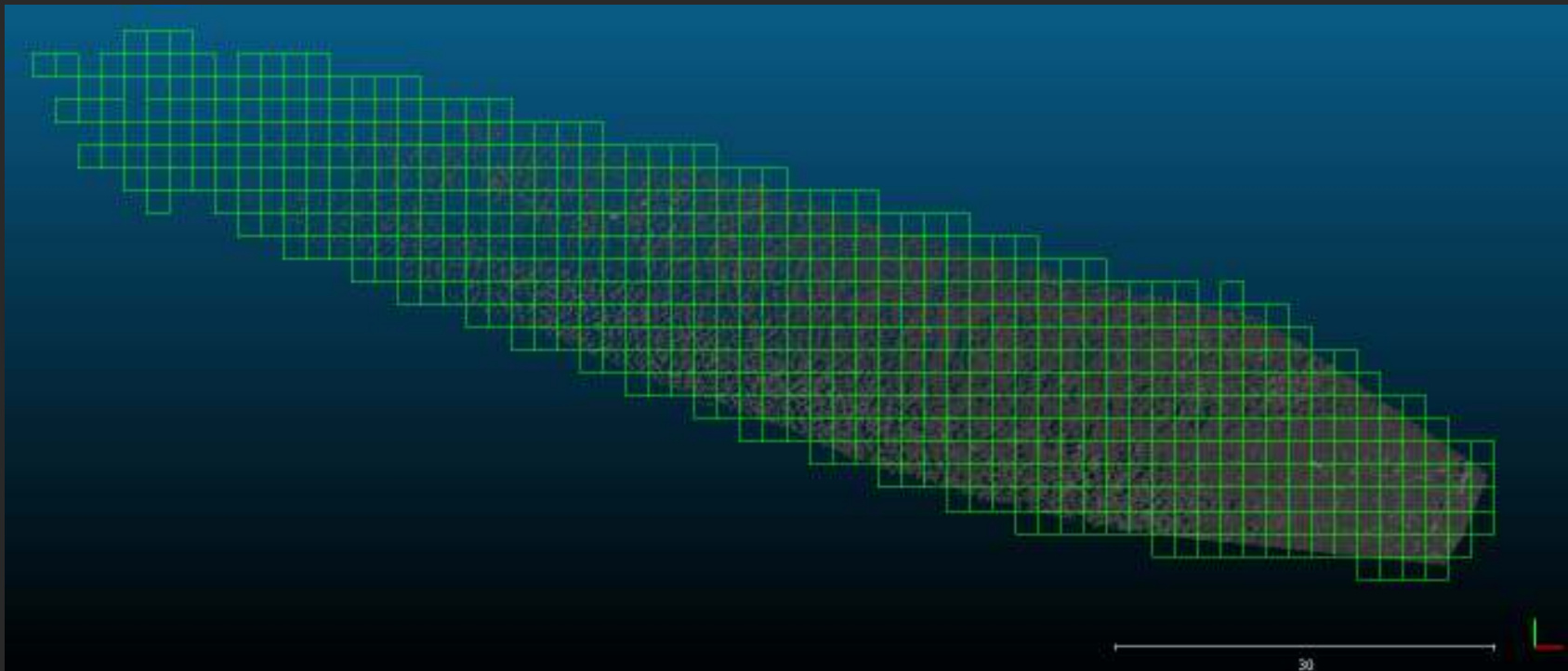
3. Auswertung – Automatische Filterung

- Prozessierung mit ZFS SDK / PointcloudLibrary (PCL)
- CropHull



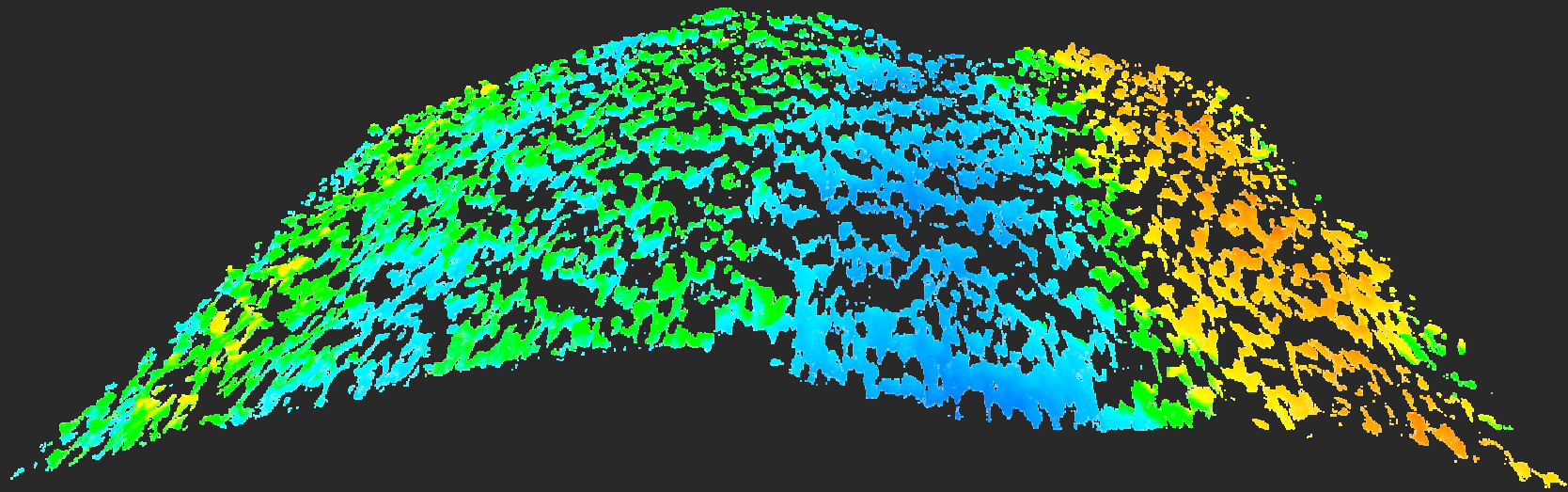
3. Auswertung – Automatische Filterung

- Prozessierung mit ZFS SDK / PointcloudLibrary (PCL)
- CropHull
- VoxelGrid



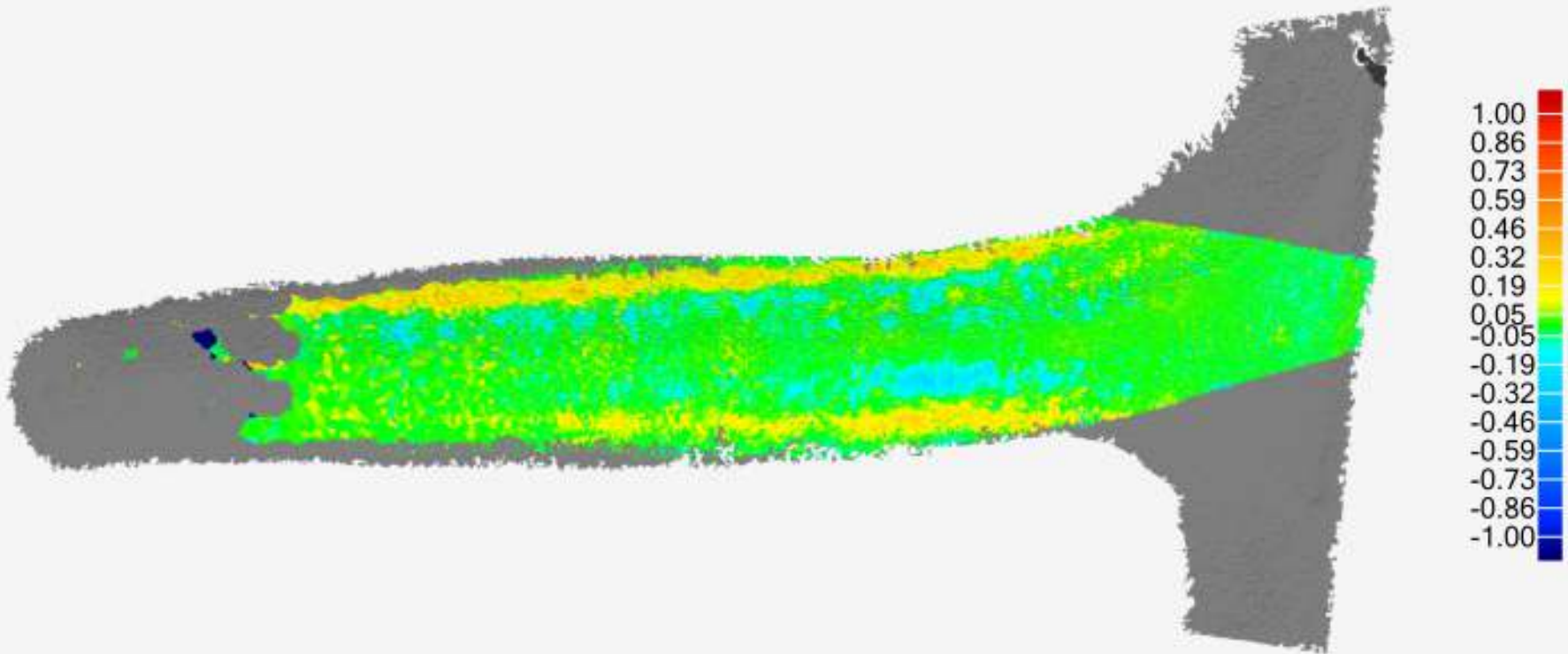
3. Auswertung – 3D-Vergleich

- Vergleich Soll – Ist in Z-Koordinate



3. Auswertung – 3D-Vergleich

- Vergleich Soll – Ist in Z-Koordinate

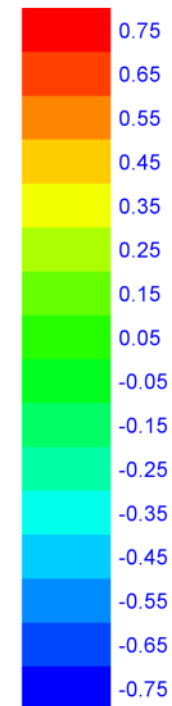
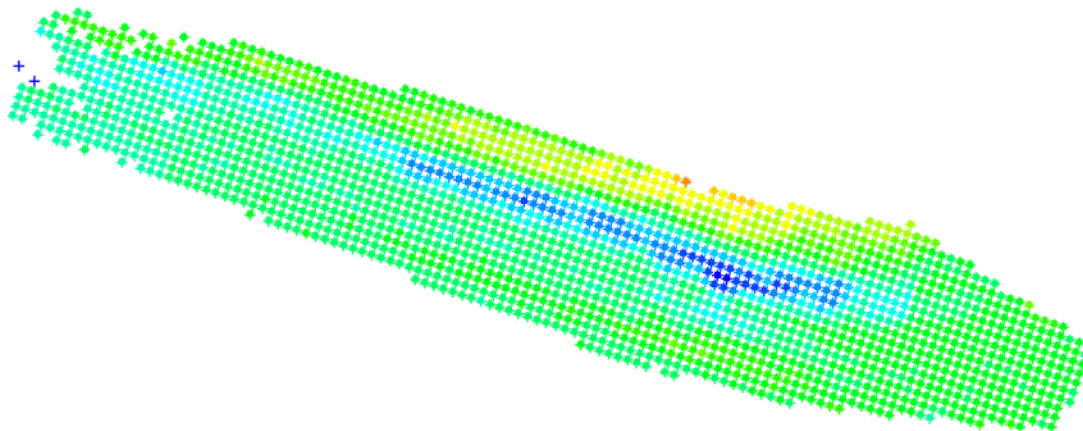


3. Auswertung – Raster

Name: 20151001_131903_Scan_1_Grid

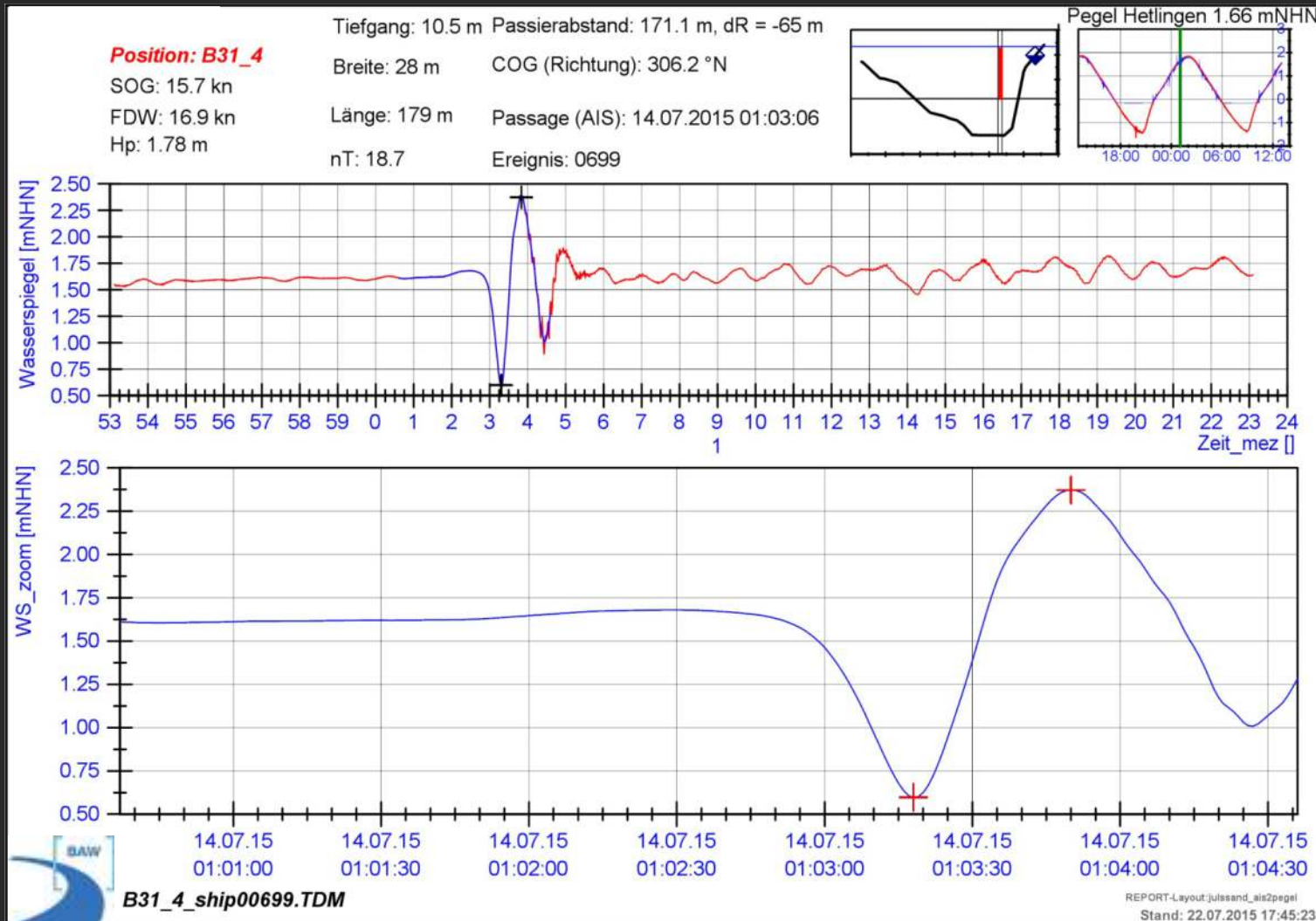
Datum: 01.10.2015

Beginn des Scanns: 13:19:03



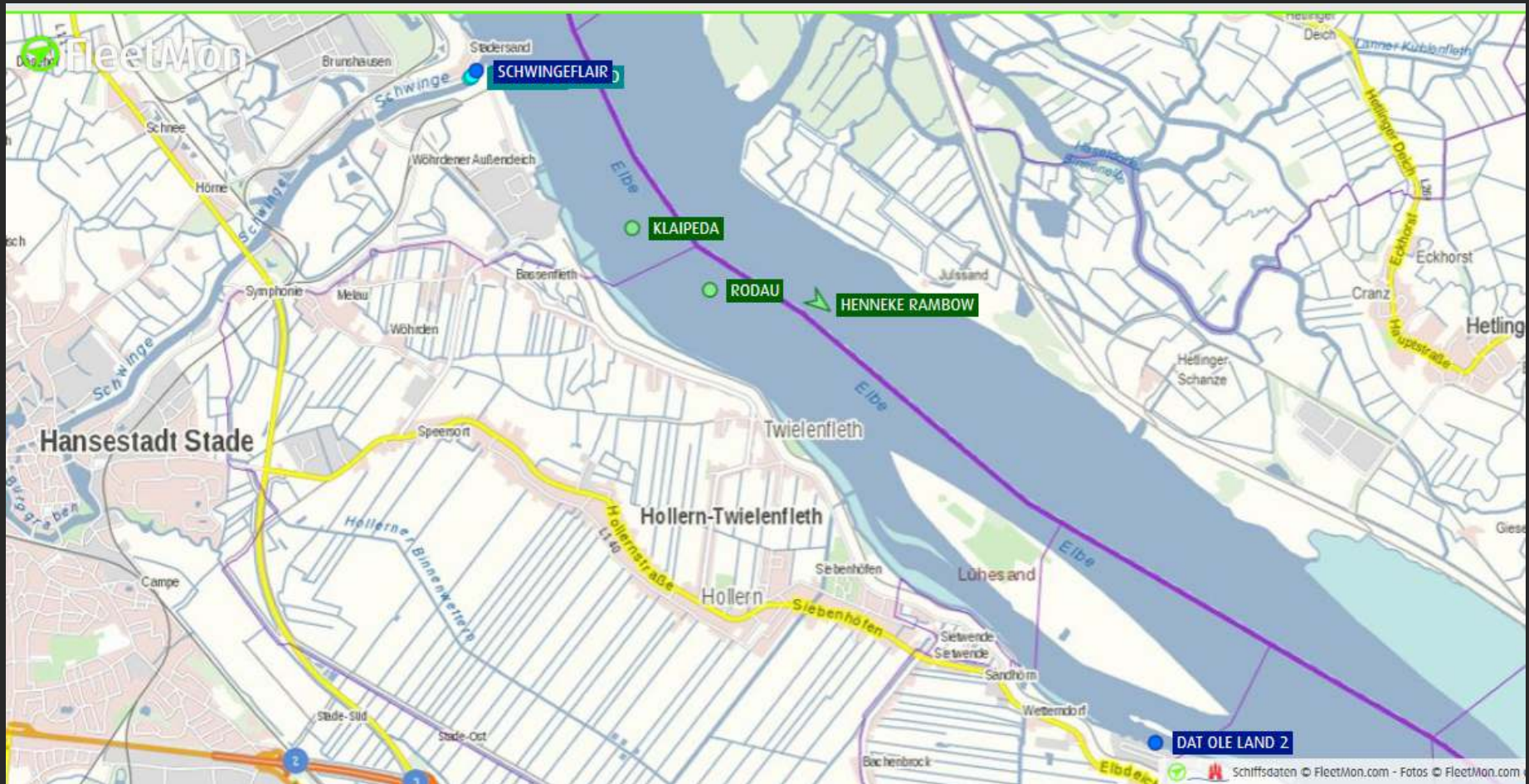
Scann: 161

3. Auswertung – Weiteres Vorgehen



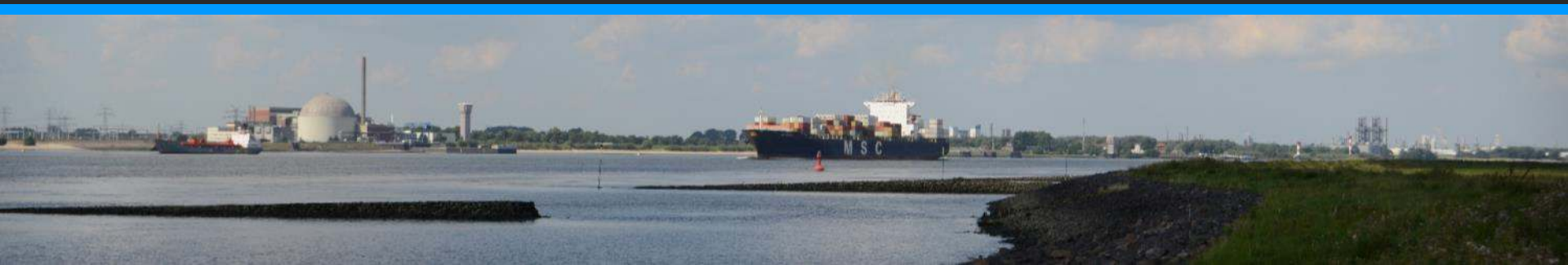


3. Auswertung – Weiteres Vorgehen



4. Fazit & Ausblick

- **Messsystem zur automatischen Datenerfassung entwickelt ...
... und wird weiterentwickelt**
- **Das Messverfahren ist für die geforderte Aufgabe angemessen**
- **Auswertung der Ergebnisse vielversprechend**
- **Optimierungsbedarf bei Datenfilterung**
- **Probabilistische Bemessung benötigt statistische Information...
... Untersuchung zur Einzelpunktgenauigkeit von TLS**
- **System übertragbar auf andere Aufgaben?**





**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**