

UAS-Anwendungsmöglichkeiten zur effektiven Vermessung im Insel- und Küstenschutz



Dipl.-Ing. Holger Dirks

Aufgabenbereich Vermessung

NLWKN-Forschungsstelle Küste, An der Mühle 5, 26548 Norderney

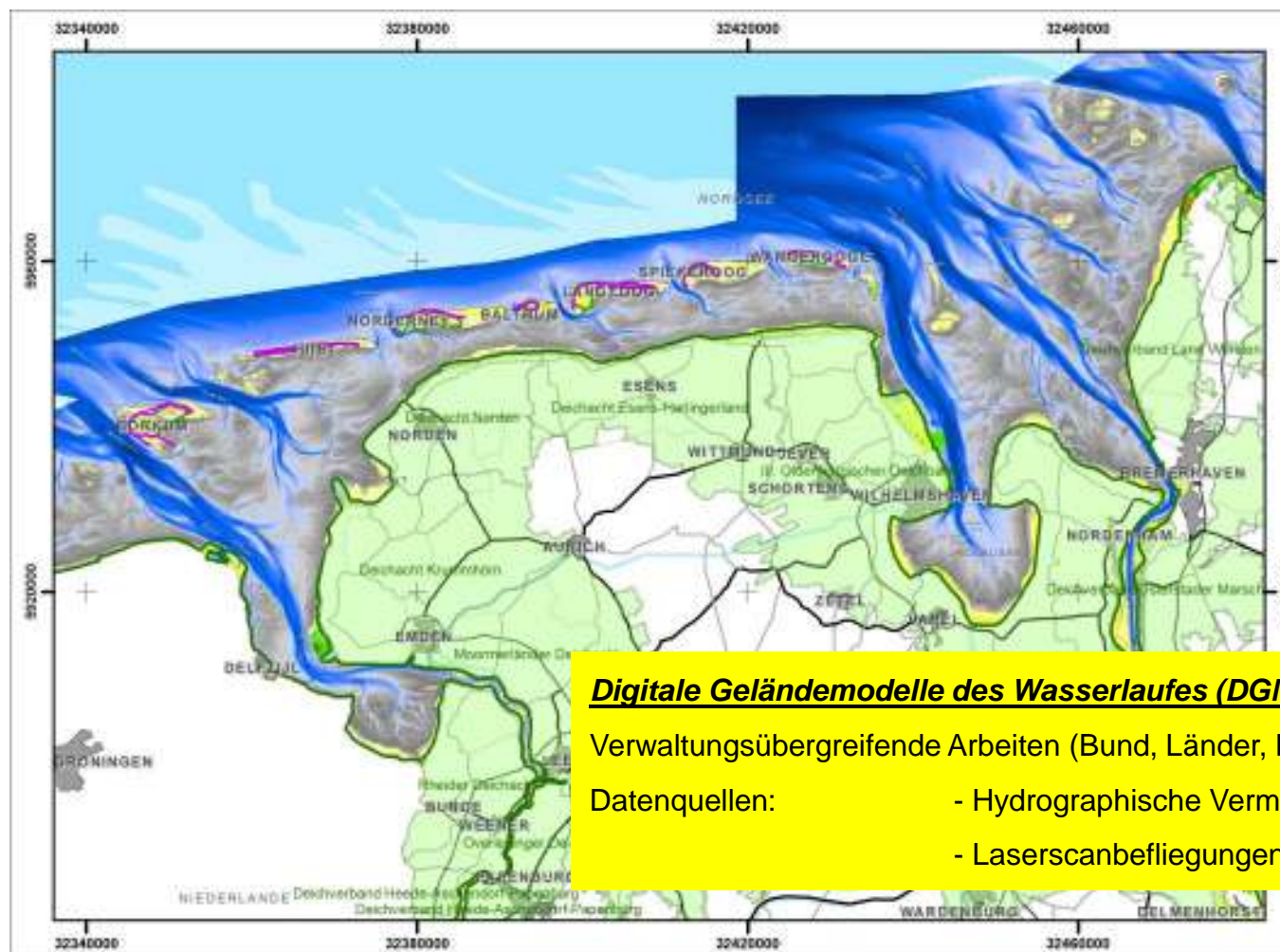
Forschungsstelle Küste

Aufgabenbereich Vermessung

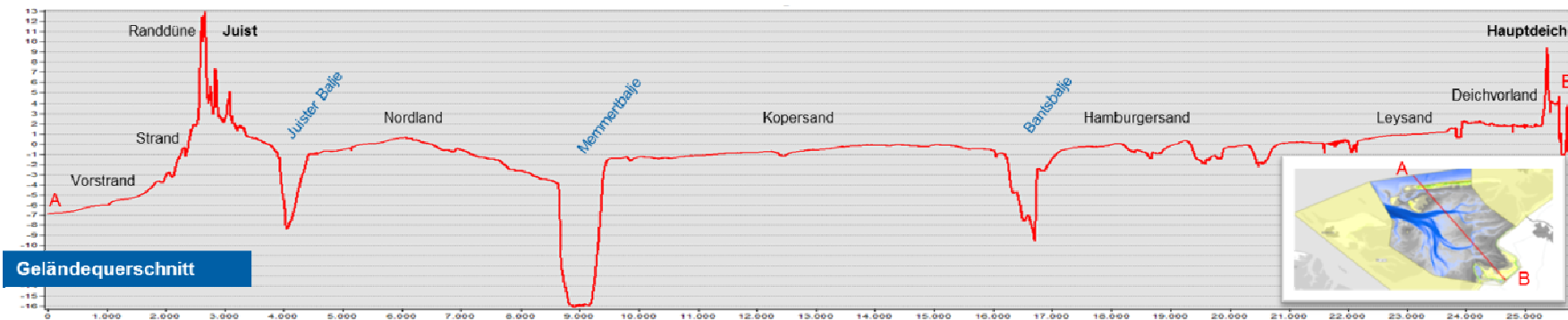
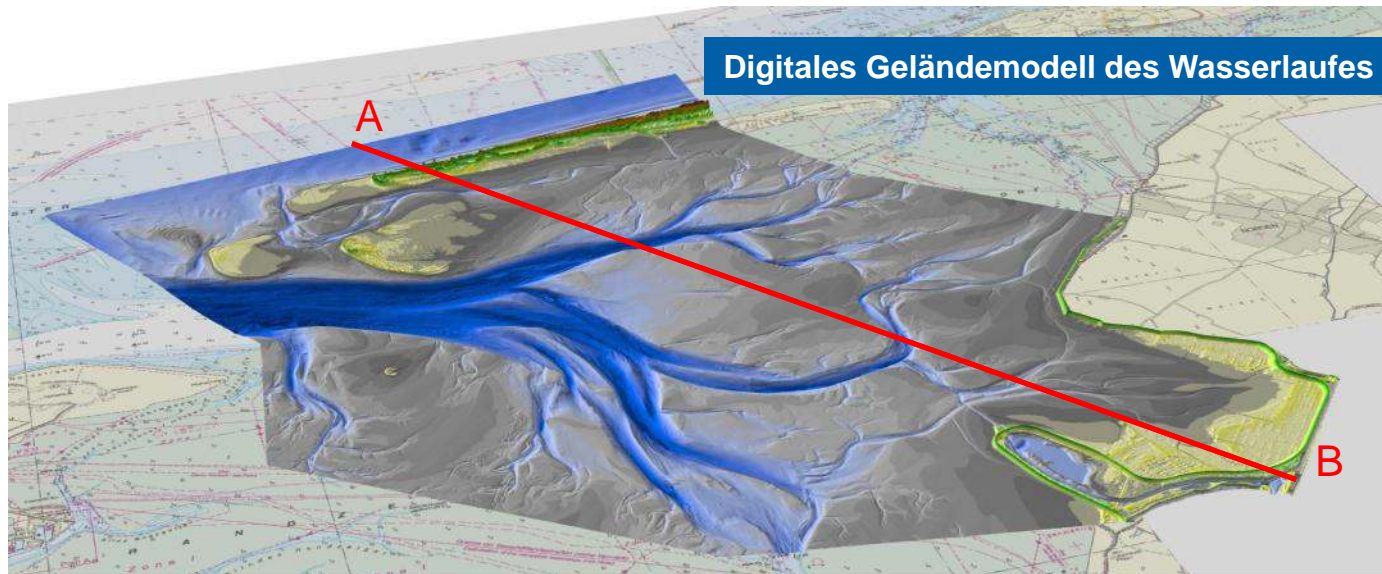
Forschungsstelle Küste

Wesentlicher Auftrag des Aufgabenbereiches Vermessung ist die topografische Erfassung des Küstenreliefs mit dem Ziel, dessen Veränderungen zu dokumentieren und damit Grundlagen für morphologische Analysen zu schaffen, sowie Eingangsdaten für mathematische Modellierungen von Tide- und Sturmflutwasserständen, Strömungen, Seegang, Morphodynamik und Gewässergüte zu liefern.

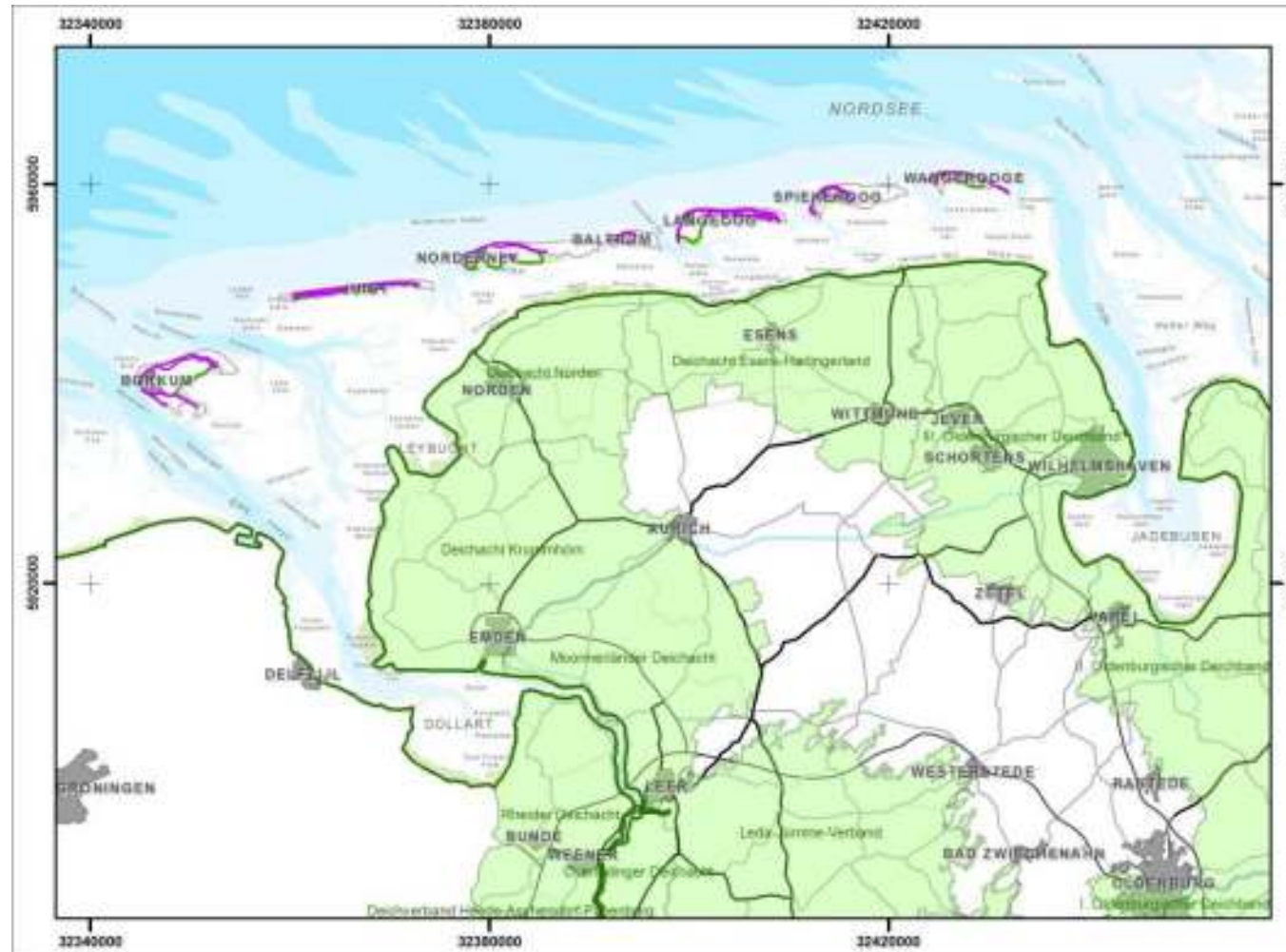
Erfassung der Übergangs- und Küstengewässer in Niedersachsen



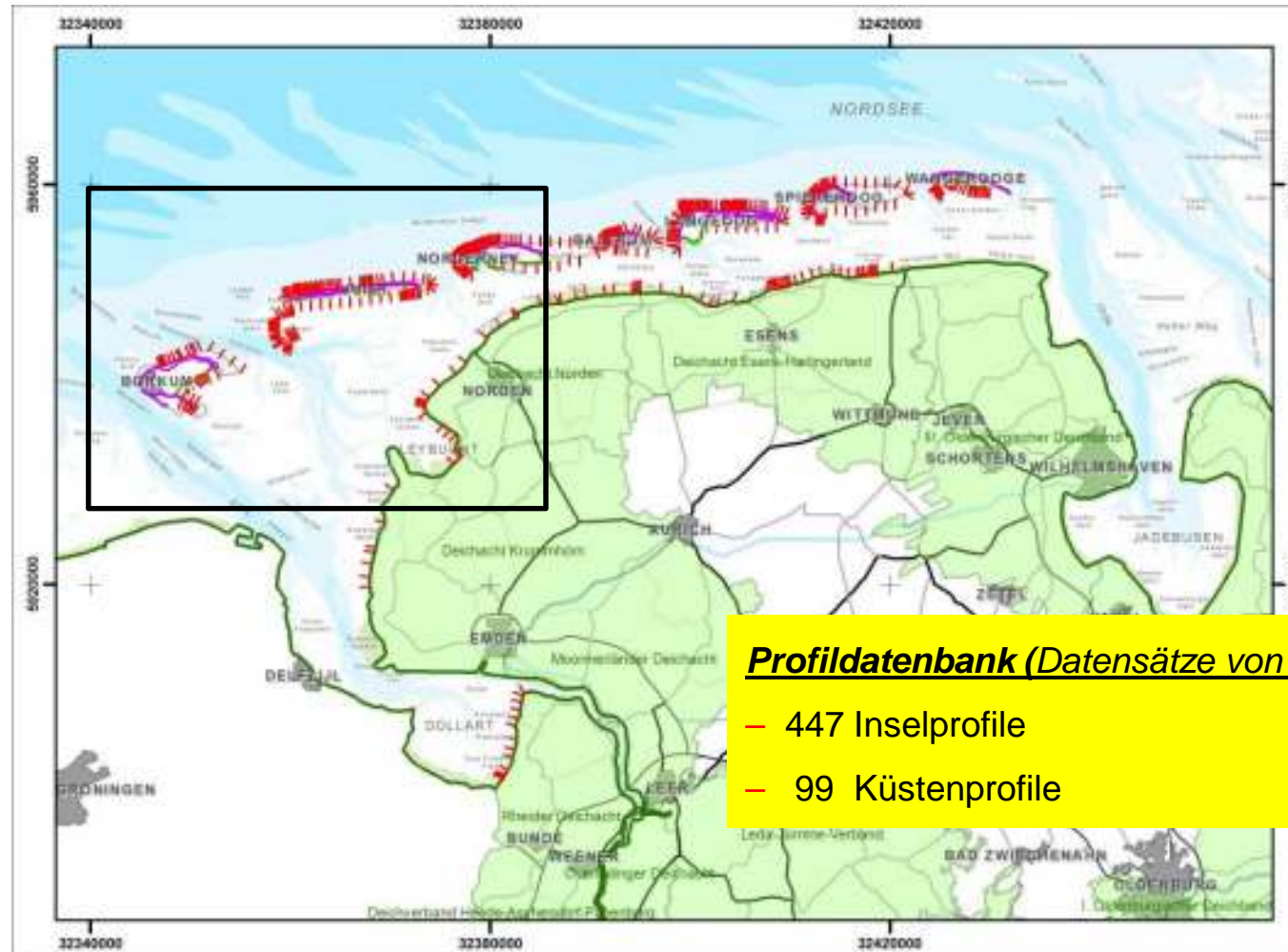
Erfassung der Übergangs- und Küstengewässer in Niedersachsen



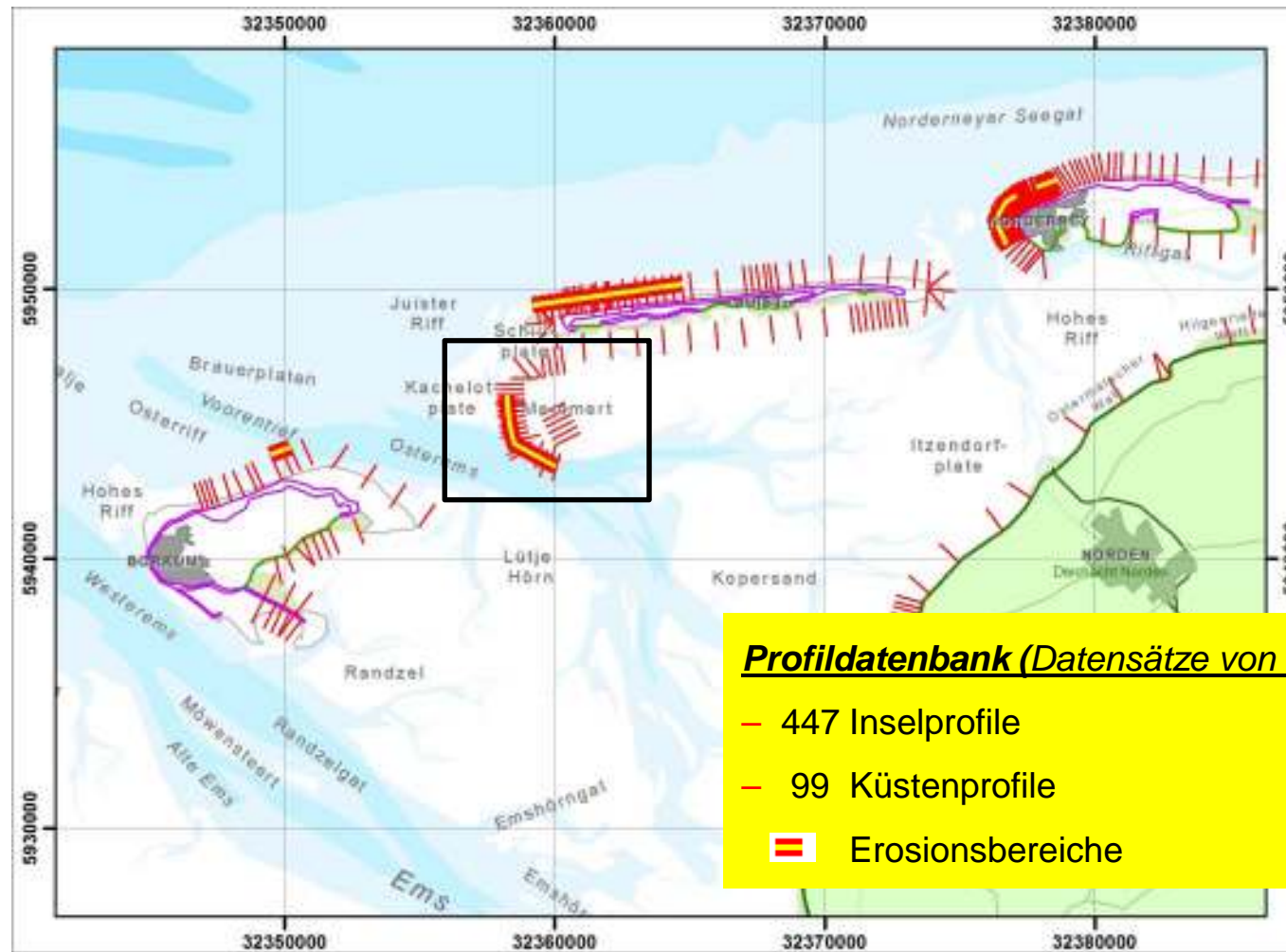
Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



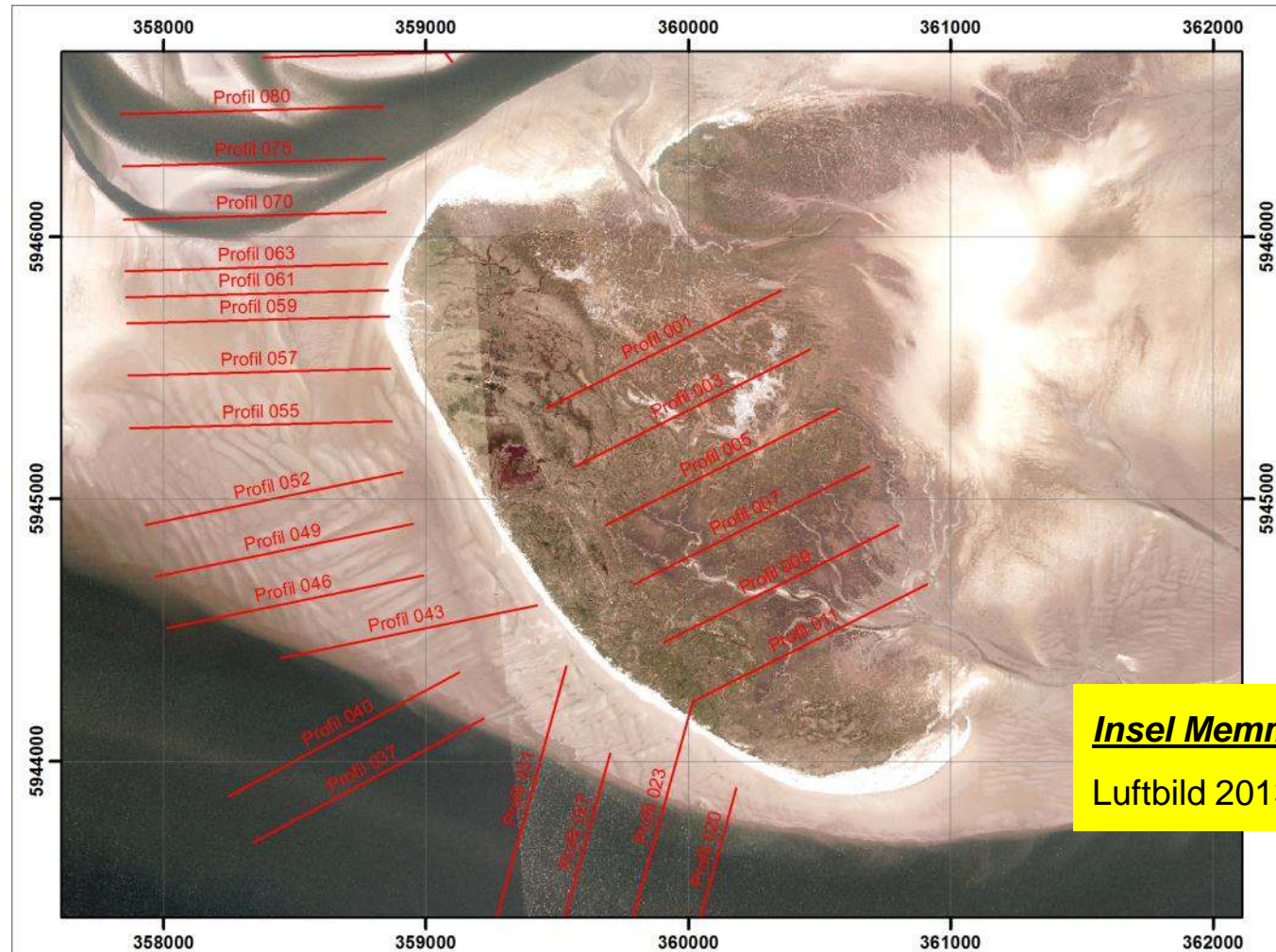
Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



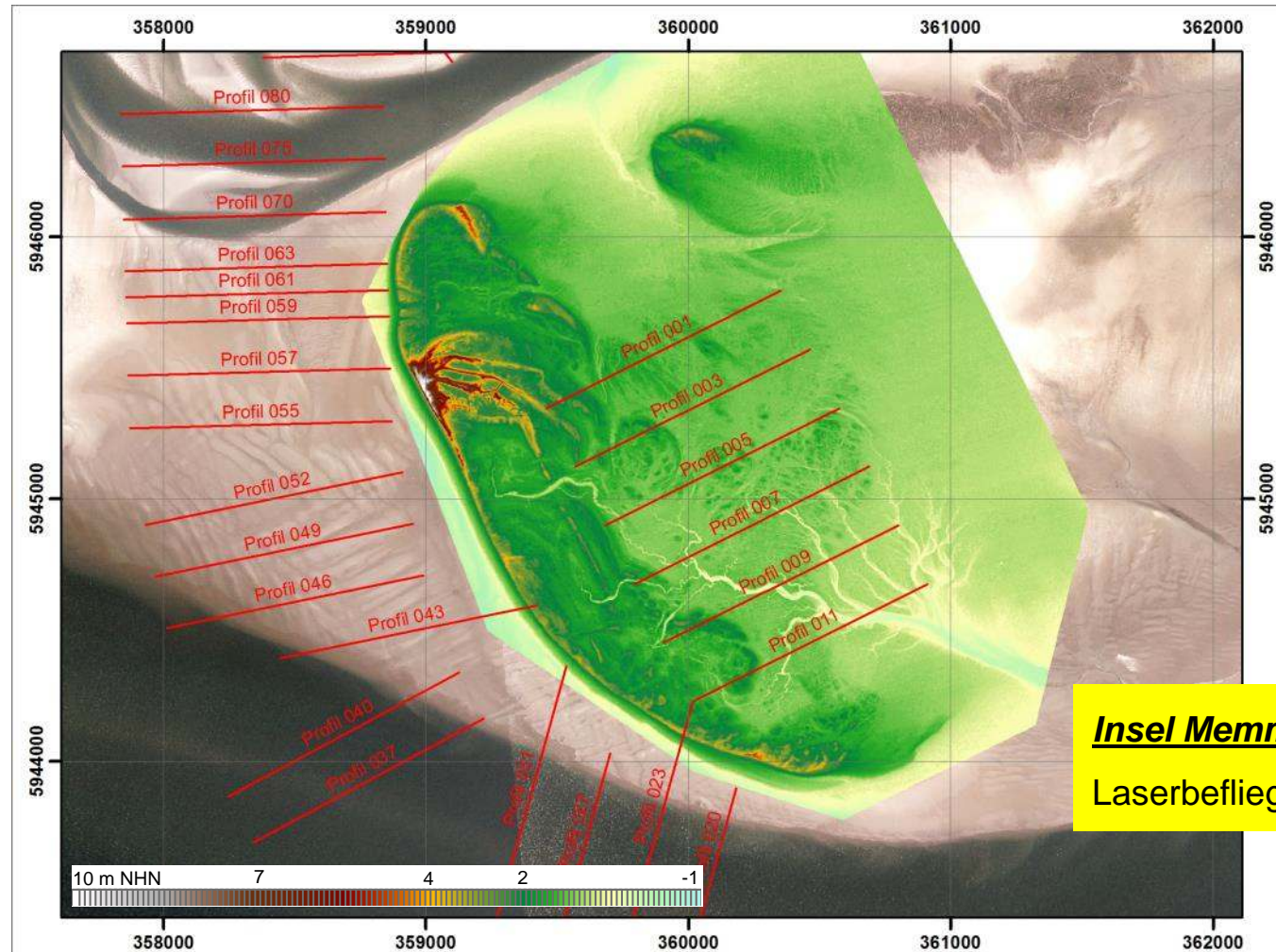
Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



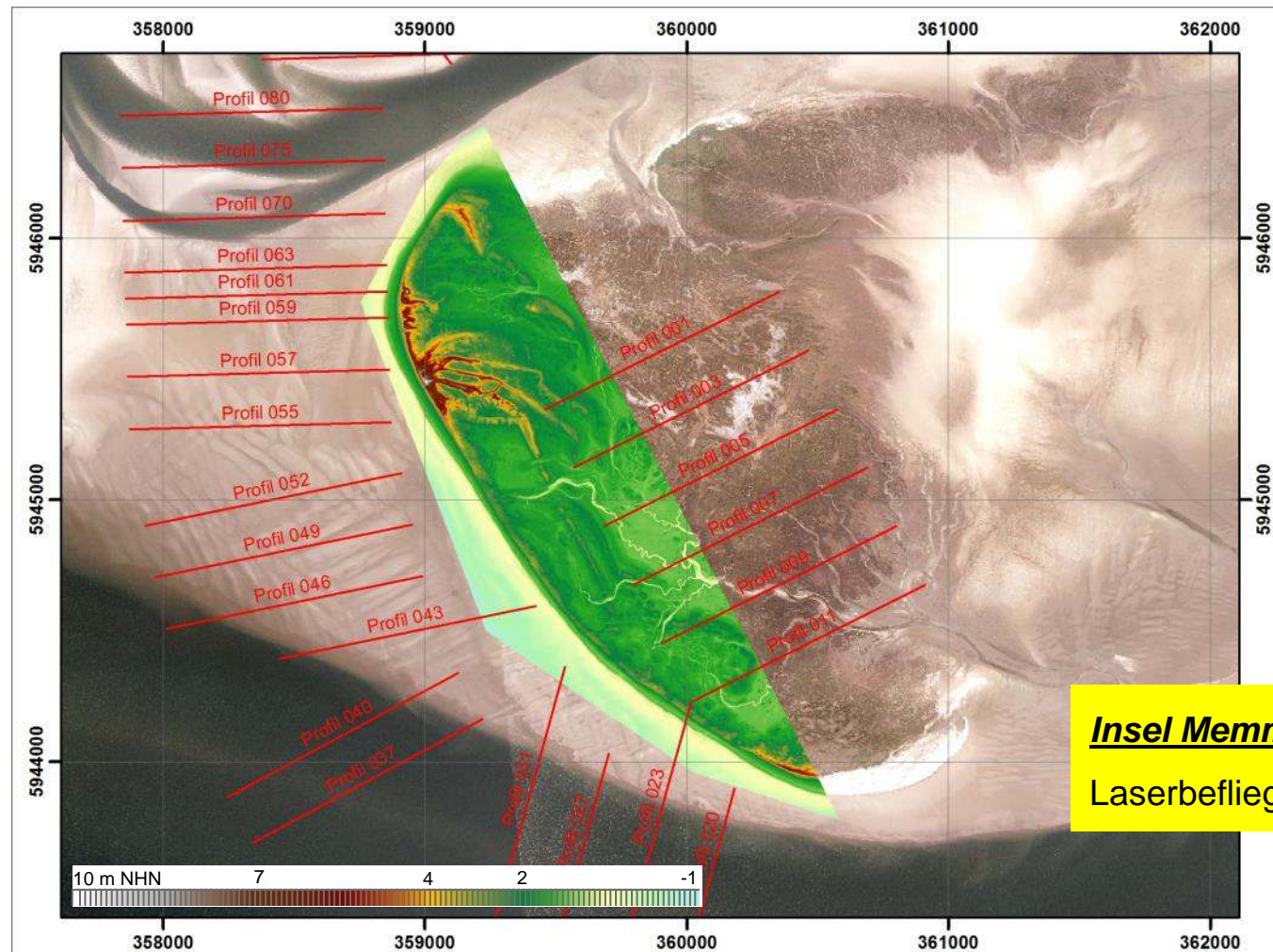
Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



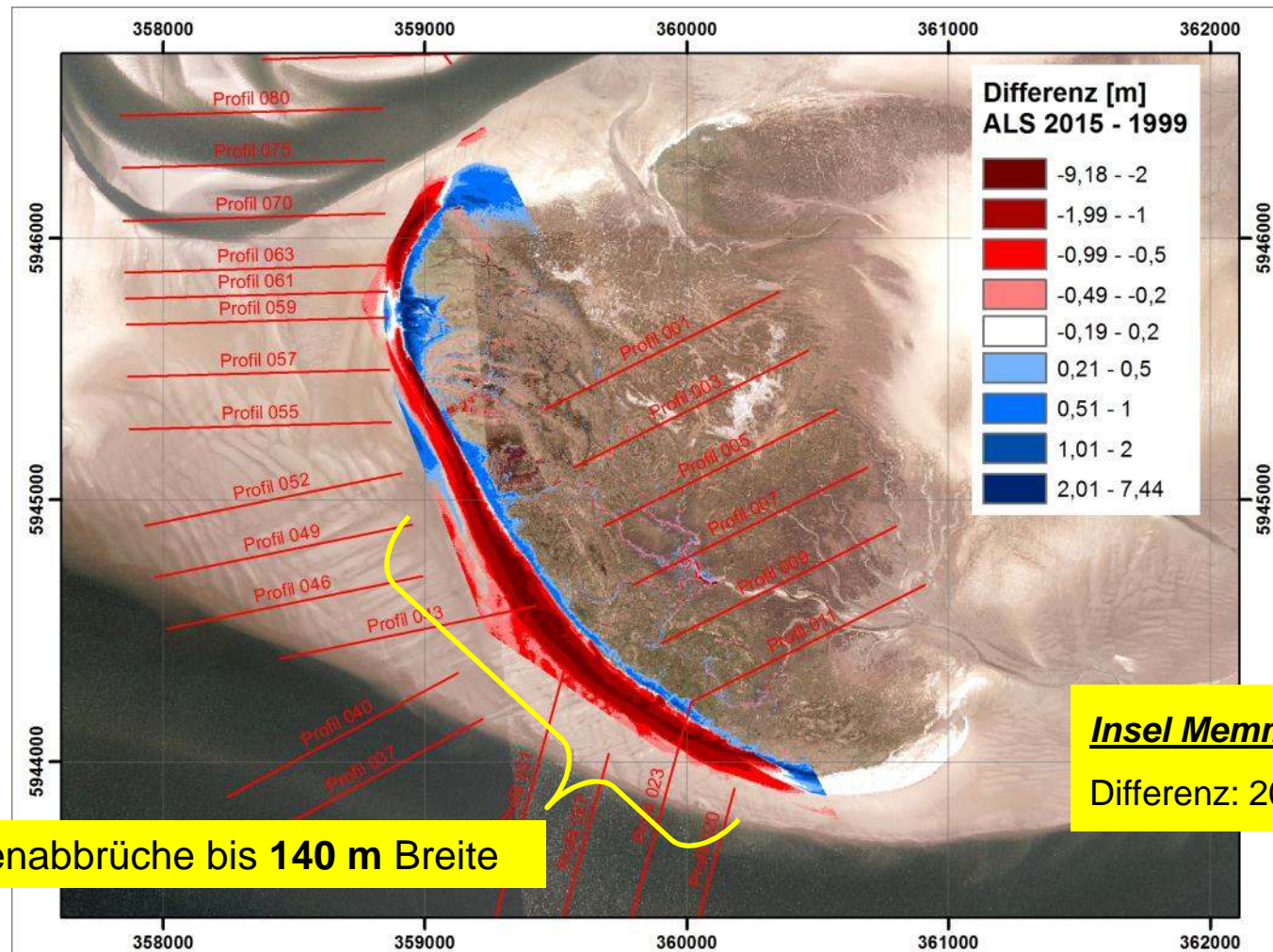
Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



Erfassung der Gestaltungsvorgänge auf den Ostfriesischen Inseln



Dünenabbrüche bis 140 m Breite

Insel Memmert
Differenz: 2015 minus 1999

UAS (Unmanned Aerial System) / unbemanntes Luftfahrzeugsystem

Zielsetzung:

- Erfassung von hochauflösenden Luftbildern (GSD = 1 bis 3 cm)
- Ableitung von Orthomosaiken
- Berechnung von 3D- Punktwolken und Oberflächenmodellen in Vermessungsqualität

Anwendungen im NLWKN:

- Schutzdünen-/Strandvermessung zur Dokumentation von Dünenabbrüchen nach Sturmflutereignissen, Aufmaß und Nachweis der Wirkung von Sandfangzäunen
- Deichvorlandmanagement Inseln, Festland (Lahnungen, Deckwerke), Datengrundlage Heller-GIS
- Dokumentation des Baufortschritt
- Naturschutzgebiete (Datengrundlage für Kartierungen)
- Vermessung von Lagerplätzen (Materialbestimmung / Massenermittlungen)
- Sondereinsätze: Schadstoffunfall / Hochwasser
- ...

 **Verbesserung der Geobasisdaten**

UAS (Unmanned Aerial System) / unbemanntes Luftfahrzeugsystem

Anforderungen an das Luftfahrzeug

- Autonome „einfache“ Steuerung
- Sicheres und haltbares Flugsystem, wartungsfreundlich
- Selbstprüfende und ausfallsichere Abläufe für einen sicheren Betrieb
- Einsatz auch bei hohen Windgeschwindigkeiten (~ 4 bis 6 Bft)
- „Große“ Geländeabdeckung pro Flug (~ 1 km²)

Beschaffung erfolgte nach Teststellungen im September 2015

UAS (Unmanned Aerial System) / unbemanntes Luftfahrzeugsystem

Unbemanntes Luftfahrzeug Trimble UX5(HP)

Hardware:

- Starrflügler
- Abmessung: 100 cm x 65 cm x 10,5 cm
- Spannweite: 1 m
- Gewicht: 2,5 kg
- Flügelfläche: 34 dm²
- Material: EPP-Schaumstoff, Rahmenstruktur aus Carbon
- Antrieb: 700 W bürstenloser E-Motor mit Druckpropeller
- Schubumkehr-Technologie für kurze und steile Landeanflüge



Flugbetrieb:

- Flugdauer: 50 Minuten
- Reichweite: 60 km
- Reisegeschwindigkeit: 80 km/h
- AGL (Höhe über Grund): 75 m bis 750 m
- Katapultstart / Bauchlandung
- Wetter-Limits: 65 km/h Wind / leichter Regen
- Reichweite Kommunikation und Steuerung: bis zu 5 km
- Bodenauflösung: 2 cm bis 19,5 cm



UAS (Unmanned Aerial System) / unbemanntes Luftfahrzeugsystem

Systemaufbau



1. Flugzeug, Kamera, eBox, Abdeckung
2. Tablett-PC, Funkmodem, Funkantenne
3. Flugakkus (14,8 V, 6.000 mAh)
4. Peilsender und Empfänger
5. Ladegeräte
6. GNSS Antenne
7. Luftfahrtmesser



UAS (Unmanned Aerial System) / unbemanntes Luftfahrzeugsystem

Systemaufbau

Sensor:

- Sony a5100 RGB, spiegellose Systemkamera
- 24 MP, APS-C Sensor
- Voigtländer 15 mm Weitwinkel Objektiv
 - feste Brennweite
 - feste Fokussierung (Komparator)
- Adapterring mit Schraubverschluss zwischen
- Kamera und Objektiv für stabile Optik
- Blickwinkel 76,15°

Flughöhe [m]	Bildgröße [m ²]
75	118 x 78
100	157 x 104



UAS (Unmanned Aerial System) / unbemanntes Luftfahrzeugsystem

Ablauf des Bildfluges und Bildflugauswertung

- ✓ Missionsplanung im Büro (oder Notebook im Außendienst)
- ✓ Vorbereitung im Büro (System vorbereiten, Genehmigungen)
- ✓ Ortsbesichtigung (Hindernisse, Start-/Landeplatz, Steig-/Sinkflug)
- ✓ Passpunktvermessung für amtlichen Lage- und Höhenbezug
- ✓ Flugplanung (Simulation) / Flugvorbereitung (Checkliste) /
- ✓ Vollautomatischer Bildflug
- ✓ Flugnachbereitung / Synchronisation der Bilder
- ✓ Luftbildauswertung, Orthofotoerstellung und Ableitung von 3D-Punktwolken und Oberflächenmodellen

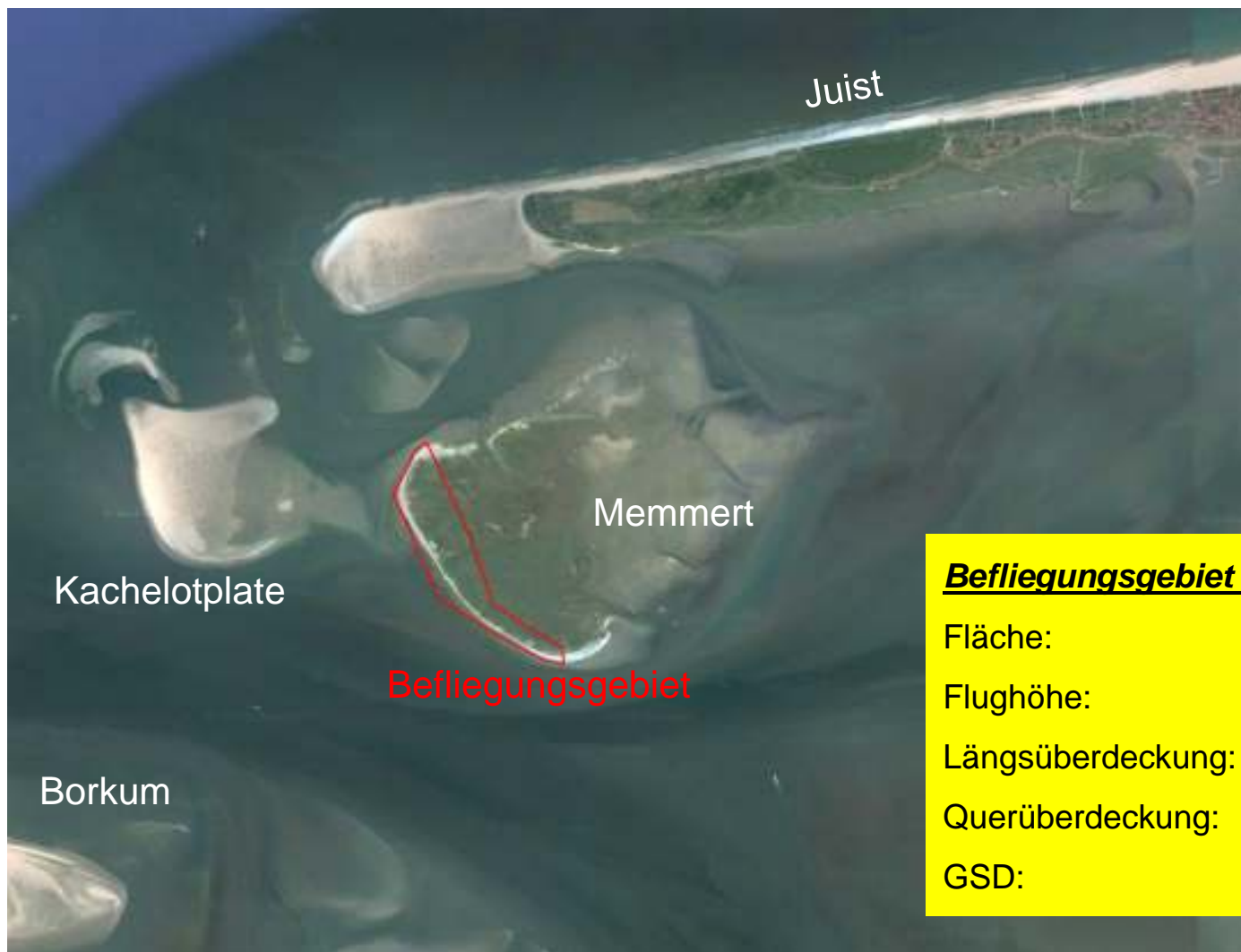


Voraussetzung gewerblicher Nutzen:

- ✓ Hersteller Zertifikat zum „Remote Pilot“
- ✓ Versicherung für UAS
- ✓ Allgemeine Aufstiegsgenehmigung für UAS (Luftfahrtbehörde)



UAS Einsatz Insel Memmert



Befliegungsgebiet Memmert (16.03.2016):

Fläche:	1,183 km ²
Flughöhe:	100 m AGL
Längsüberdeckung:	80 %
Querüberdeckung:	80%
GSD:	2,6 cm

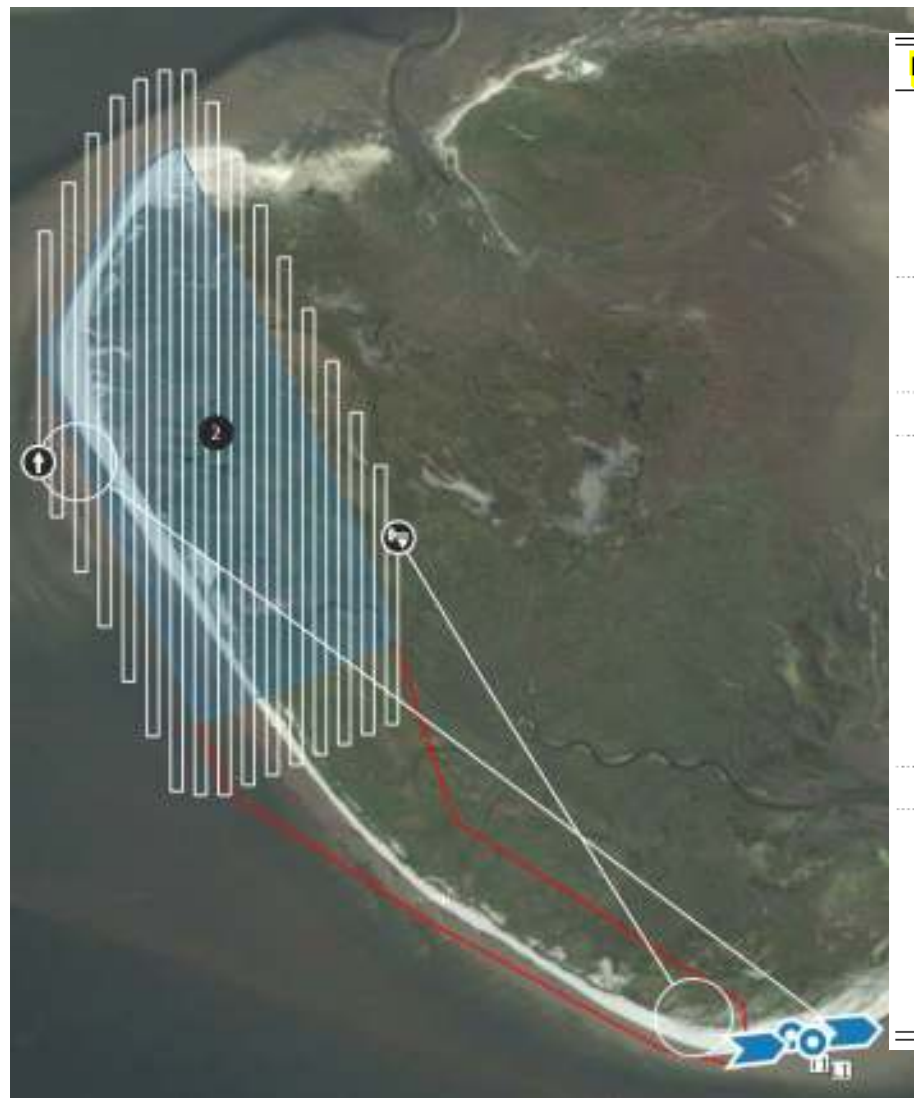
UAS Einsatz Insel Memmert



Flight 1

📍 Rover	UX5
📷 Sensor	Sony a5100 15 mm
🕒 Duration	38 min
📷 N° images	874
📶 Communication timeout	200 sec
📍 Takeoff 1	
📍 Location	53.62552° N, 6.89332° E, Fixed
📍 Heading	85°
📶 Connection	Straight up
📍 Befliegungsgebiet_v2 block 1 split_2	
📷 Entry	Left
📷 GSD	2.61 cm
📏 Height	100 m
📷 Forward overlap	80%
📷 Side overlap	80%
📷 Surface area	0.47 km ²
📷 N° images	874
🕒 Duration	29 min
📶 Connection	Forward down
📍 Landing 1	
📍 Location	53.62538° N, 6.89419° E, Fixed
📍 Heading	83°
📏 Offset	0 m
📷 Entry	Left
📶 Type	Curved

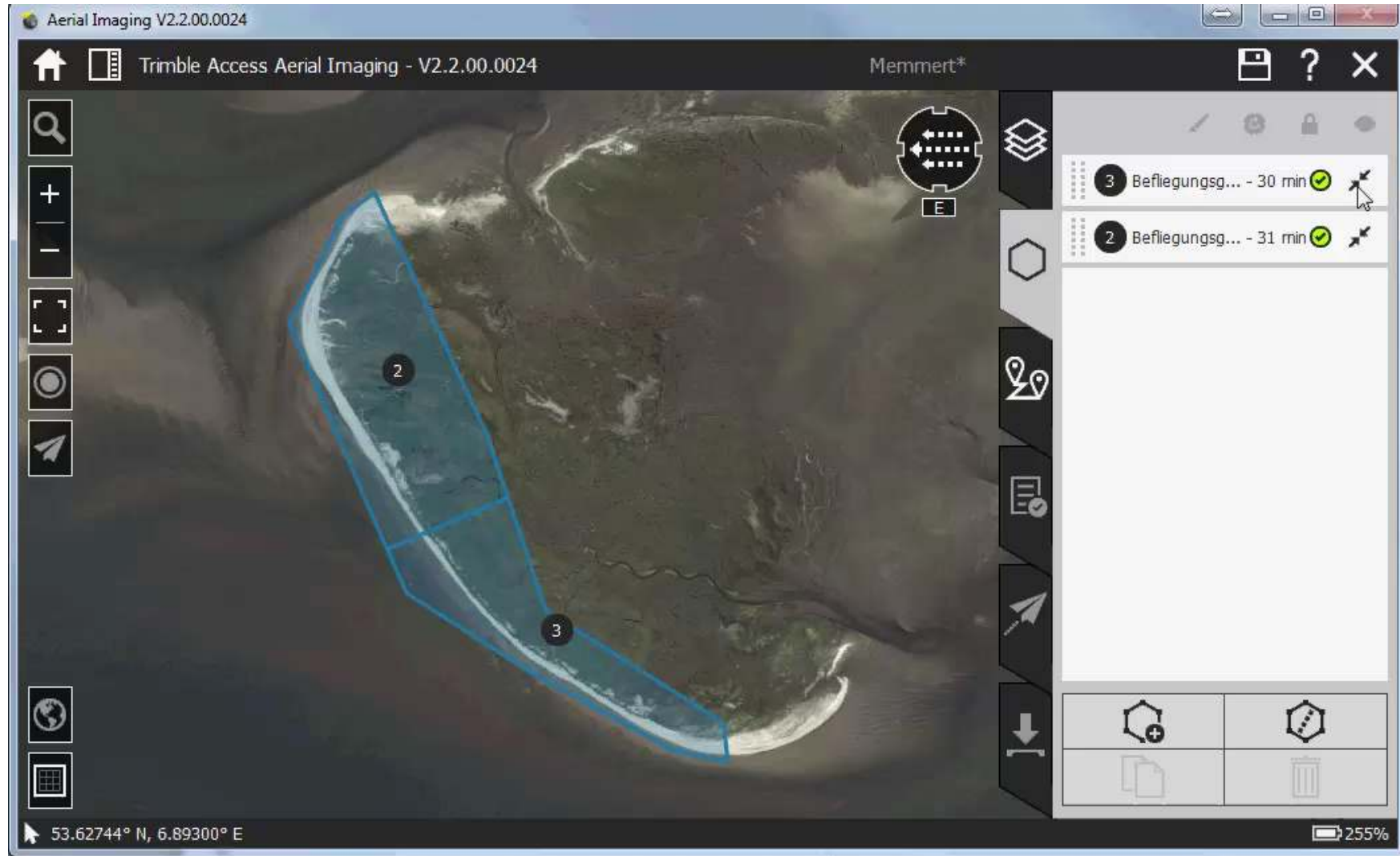
UAS Einsatz Insel Memmert



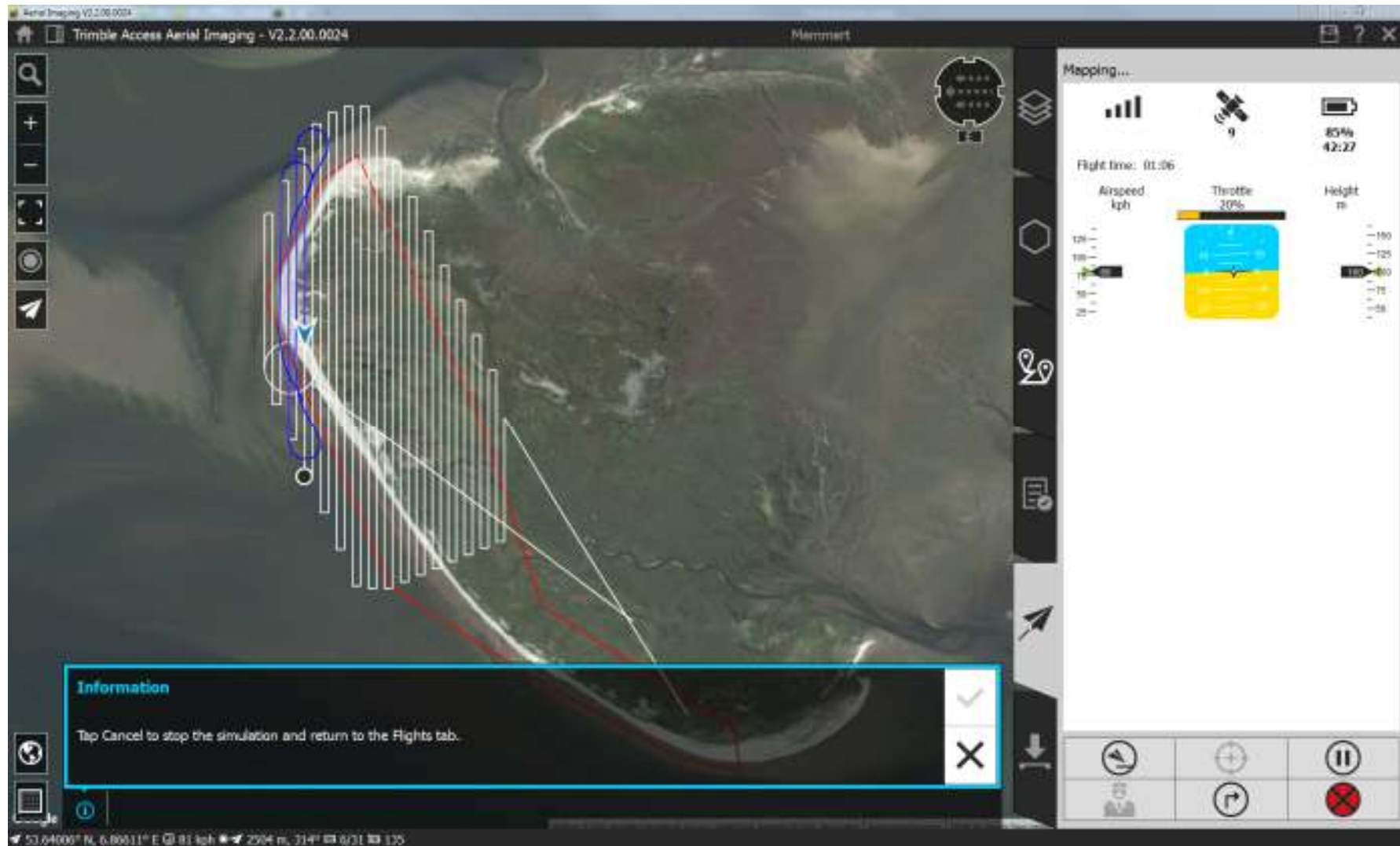
Flight 2

Rover	UX5
Sensor	Sony a5100 15 mm
Duration	41 min
N° images	1251
Communication timeout	600 sec
Takeoff 1	
Location	53.62552° N, 6.89332° E, Fixed
Heading	85°
Connection	
Straight up	
Beflegungsgebiet_v2 block 1 split_1	
Entry	Left
GSD	2.61 cm
Height	100 m
Forward overlap	80%
Side overlap	80%
Surface area	0.71 km ²
N° images	1251
Duration	30 min
Connection	
Forward down	
Landing 1	
Location	53.62538° N, 6.89419° E, Fixed
Heading	83°
Offset	0 m
Entry	Left
Type	Curved

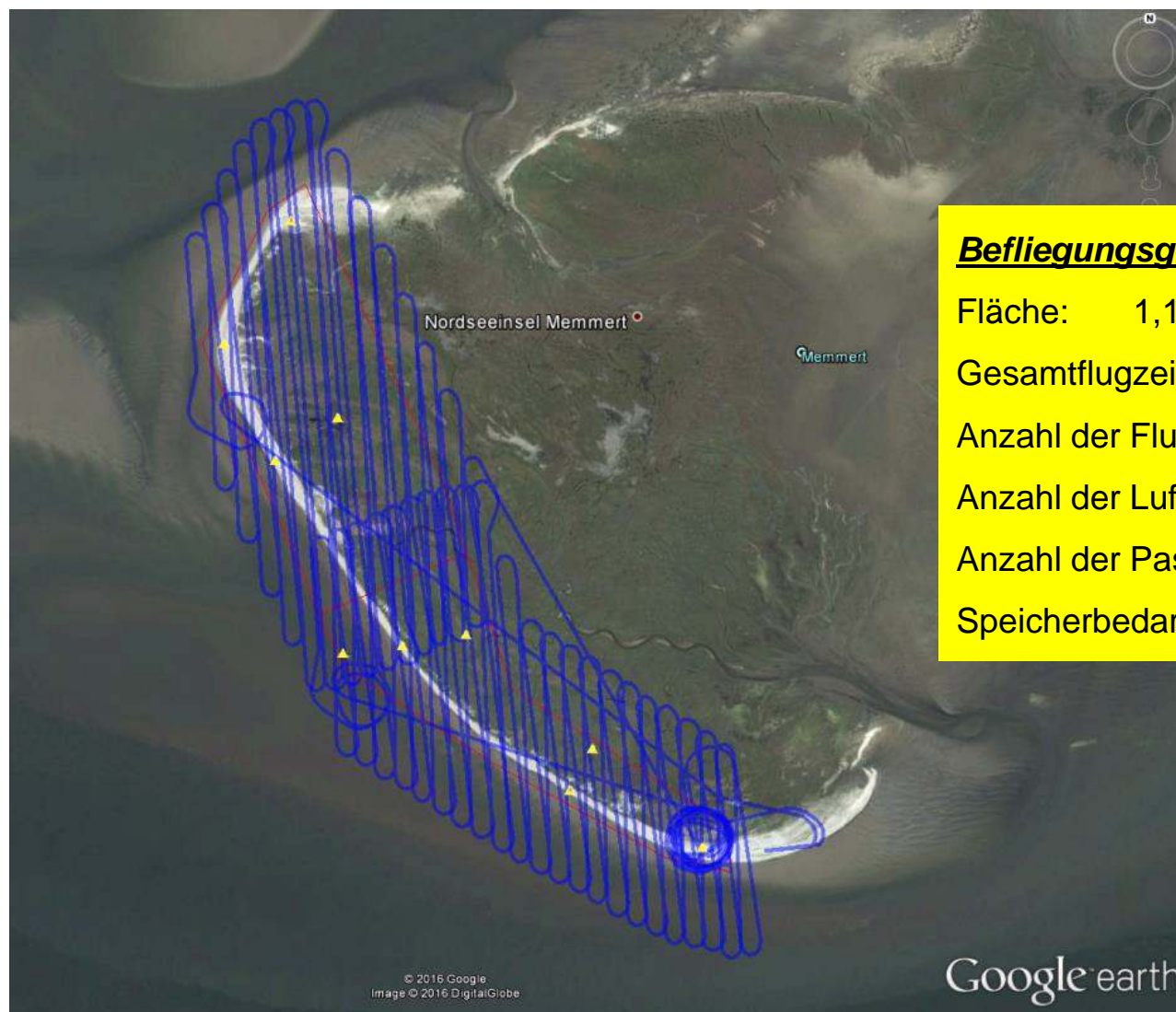
UAS Einsatz Insel Memmert



UAS Einsatz Insel Memmert



UAS Einsatz Insel Memmert



Befliegungsgebiet Memmert:

Fläche: 1,183 km²

Gesamtflugzeit: 79 min

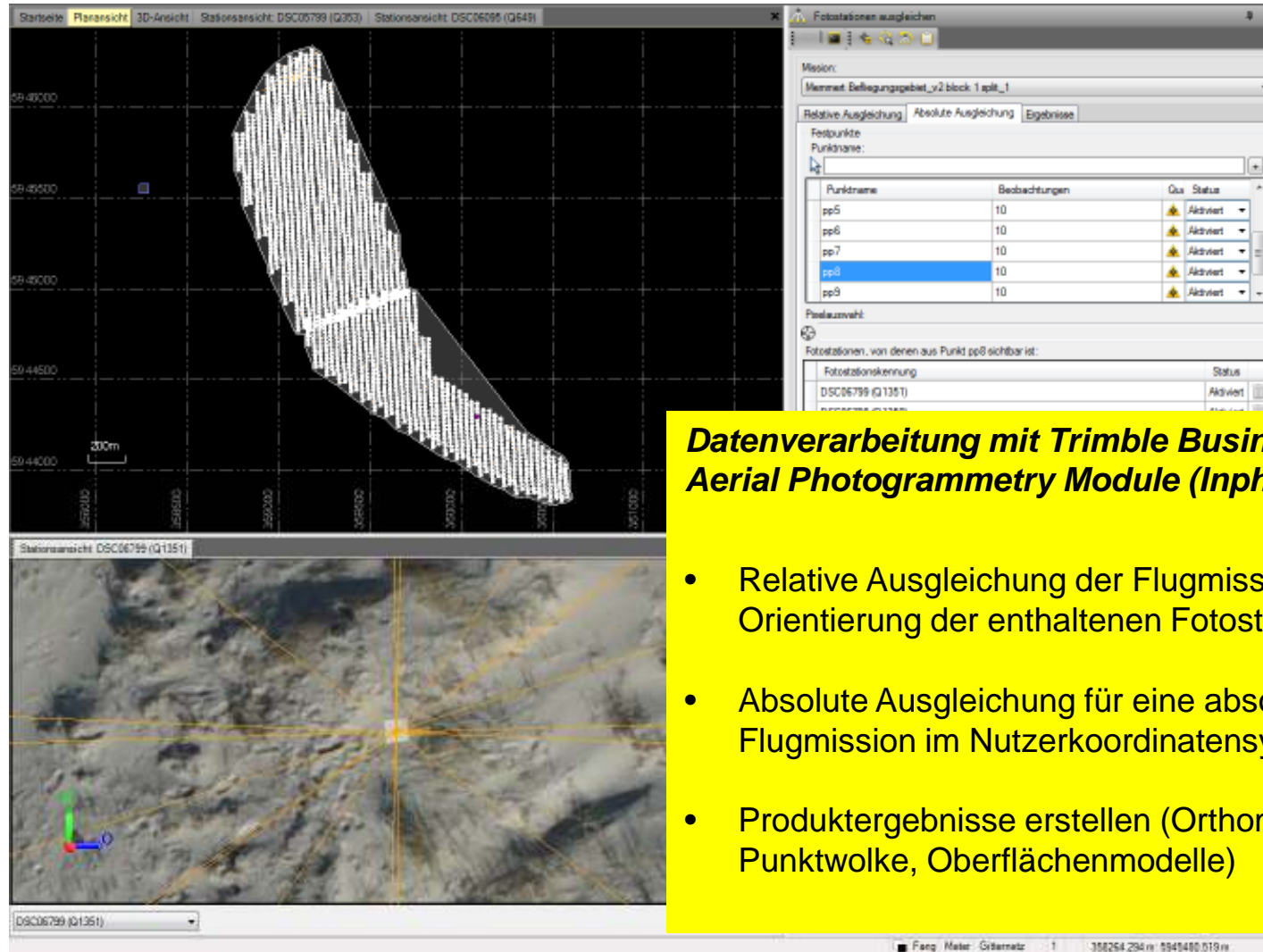
Anzahl der Fluglinien: 74

Anzahl der Luftbilder: 2.156

Anzahl der Passpunkte: 10

Speicherbedarf: 19,7 GB (Rohdaten)

UAS Einsatz Insel Memmert, Datenverarbeitung



The screenshot displays the Trimble Business Center software interface. The main window shows a 3D point cloud of an island, with a grid overlay and a scale bar indicating 300m. Below the main window, there is a smaller window showing a top-down view of the island with a grid and a 3D coordinate system. On the right side, there is a 'Fotostationen ausgleichen' (Adjust Photo Stations) dialog box. The 'Mission' is 'Miemert Befliegungsgebiet_v2 block 1 split_1'. The 'Relative Ausgleichung' (Relative Adjustment) tab is selected. The 'Festpunkte' (Fixed Points) section shows a table of points with their names, observations, and status.

Punktname	Beobachtungen	Qua	Status
pp5	10		Aktiviert
pp6	10		Aktiviert
pp7	10		Aktiviert
pp3	10		Aktiviert
pp9	10		Aktiviert

Below the table, there is a section for 'Fotostationen, von denen aus Punkt pp6 sichtbar ist:' (Photo Stations, from which point pp6 is visible). It shows a table with columns for 'Fotostationskennung' (Photo Station ID) and 'Status' (Status).

Datenverarbeitung mit Trimble Business Center, Aerial Photogrammetry Module (Inpho Technologie)

- Relative Ausgleichung der Flugmission für eine relative Orientierung der enthaltenen Fotostationen
- Absolute Ausgleichung für eine absolute Orientierung der Flugmission im Nutzerkoordinatensystem
- Produktergebnisse erstellen (Orthomosaik, 3D-Punktwolke, Oberflächenmodelle)

UAS Einsatz Insel Memmert, Datenverarbeitung

Ergebnis der Relativen Ausgleichung der Flugmission

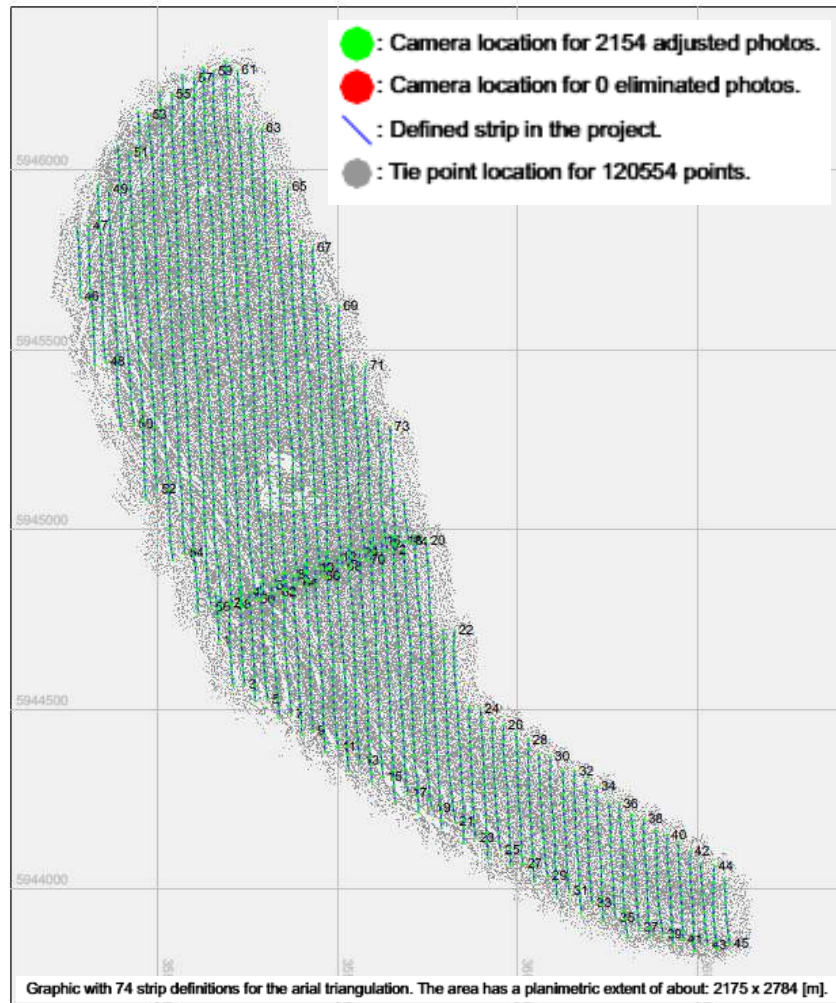
Processing Report

General project information

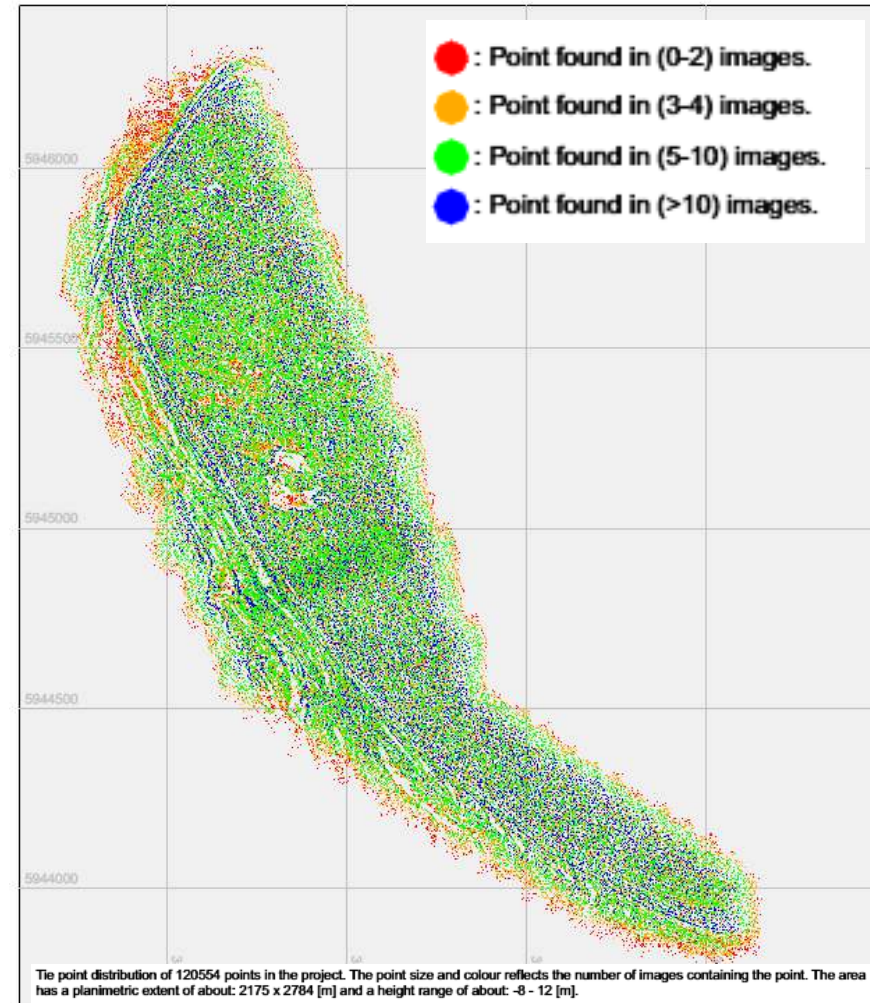
Project name	
Process	Geo-referencing
Processing date / time	Sun Mar 27 23:37:27 2016
Result file	C:\Users\NO424\AppData\Local\Temp\UASBox\10.10-Adjustment Report\uasbox_iter.prj
Number of used images	2154 of 2154
Number of used cameras	2 of 2
Number of strips	74
Flying height (min/avg/max)	85.9 / 95.0 / 107.9 [m]
Terrain height (min/avg/max)	-7.7 / 1.1 / 11.7 [m]
Average photo scale	1 : 6444
Coordinate system	PROJCS["UTM_Zone_32", GEOGCS["Germany/ UTM",DATUM["ETRF89",SPHEROID["Geodetic_Ref_System_1980", 6378137,298.257222101004], TOWGS84[0,0,0,0,0,0,0]], PRIMEM["Greenwich",0.0], UNIT["Degree",0.0174532925199433]], PROJECTION["Transverse_Mercator"], PARAMETER["central_meridian",9], PARAMETER["scale_factor",0.9996], PARAMETER["latitude_of_origin",0], PARAMETER["false_easting",500000], PARAMETER["false_northing",0], UNIT["Meter",1]]
Warnings	Calibration directory [C:/Users/NO424/AppData/Local/Temp/UASBox/10.10-Adjustment Report/./10.9-calibrat] does not exist.

Ergebnis der Relativen Ausgleichung der Flugmission

Flight overview



Tie point distribution



Ergebnis der Absoluten Ausgleichung der Flugmission

Block adjustment results

Parameters for block adjustment

GNSS-Mode	ON
Earth curvature correction	ON
Refraction correction	ON

Accuracy of block adjustment

Sigma naught [micron]	3.0609
-----------------------	--------

Mean standard deviation of translations

X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]
0.0140	0.0168	0.0158	0.0270

Mean standard deviation of rotations

Omega [deg/1000]	Phi [deg/1000]	Kappa [deg/1000]
9.6859	7.3619	2.4484

Mean standard deviation of ground control points

X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]
0.0116	0.0100	0.0297	0.0334

Ergebnis der Absoluten Ausgleichung der Flugmission

Ground Control points

Ground Control point errors

	ID	Fold	X [m]	Y [m]	Z [m]	Total [m]	Remark
1	20625	10	-0.0002	-0.0022	0.0004	0.0022	
2	20627	10	0.0184	0.0048	0.0025	0.0192	
3	20629	10	-0.0136	-0.0077	-0.0013	0.0157	
4	20631	10	-0.0236	-0.0072	-0.0058	0.0253	
5	20633	10	0.0177	0.0069	0.0044	0.0195	
6	20635	10	0.0299	-0.0005	0.0051	0.0303	
7	20637	10	0.0082	0.0149	0.0003	0.0170	
8	20639	10	-0.0053	0.0010	0.0017	0.0056	
9	20641	10	-0.0356	-0.0072	-0.0065	0.0369	
10	20643	10	0.0040	-0.0027	-0.0009	0.0049	
	Mean		0.0000	0.0000	-0.0000		
	Sigma		0.0202	0.0072	0.0038		
	RMS		0.0191	0.0068	0.0036		
	Maximum		-0.0356	0.0149	-0.0065		



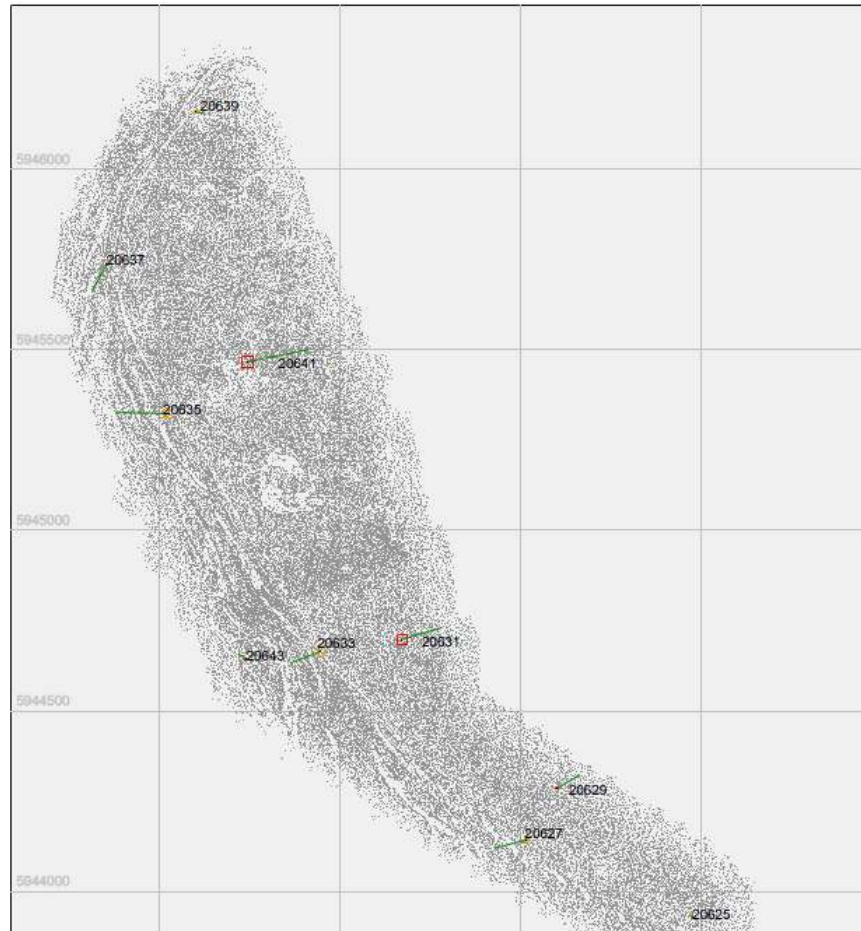
Luftbildpasspunkt, 30 cm x 30 cm



7 km Laufstrecke für die Passpunktvermessung

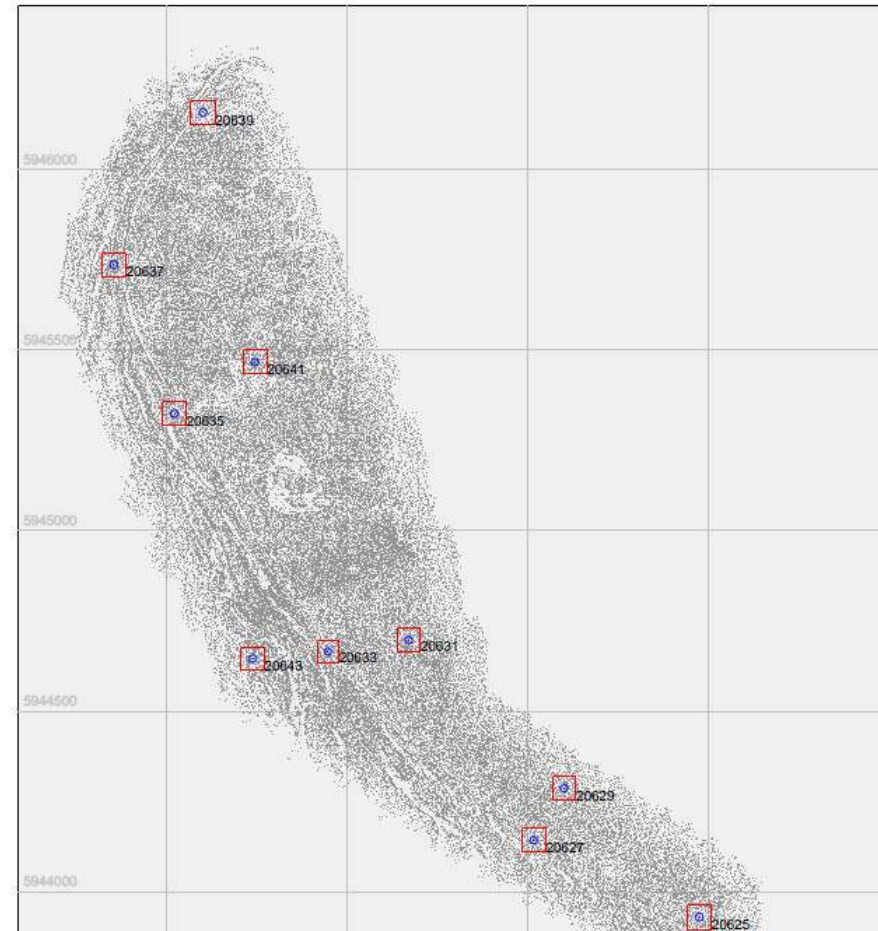
Ergebnis der Absoluten Ausgleichung der Flugmission

Ground Control point residuals



- : Scale for the symbols. Symbol in the graphic is correlated to 0.020 [m] in the object.
- : Residual XY (10) for ground control points (min=0.002, avg=0.017, max=0.036 [m]).
- : Residual Z (pos.:4/neg.:6) for ground control points (min=-0.005, avg=0.000, max=0.007 [m]).
- : Tie point location for 87204 points.

Ground Control point standard deviations



- : Scale for the symbols. Symbol in the graphic is correlated to 0.008 [m] in the object.
- : Standard deviation XY for 10 ground control points (min=0.002, avg=0.003, max=0.003 [m]).
- : Standard deviation Z for 10 ground control points (min=0.005, avg=0.006, max=0.006 [m]).
- : Tie point location for 87204 points.

Ergebnisse des UAS Einsatzes Insel Memmert



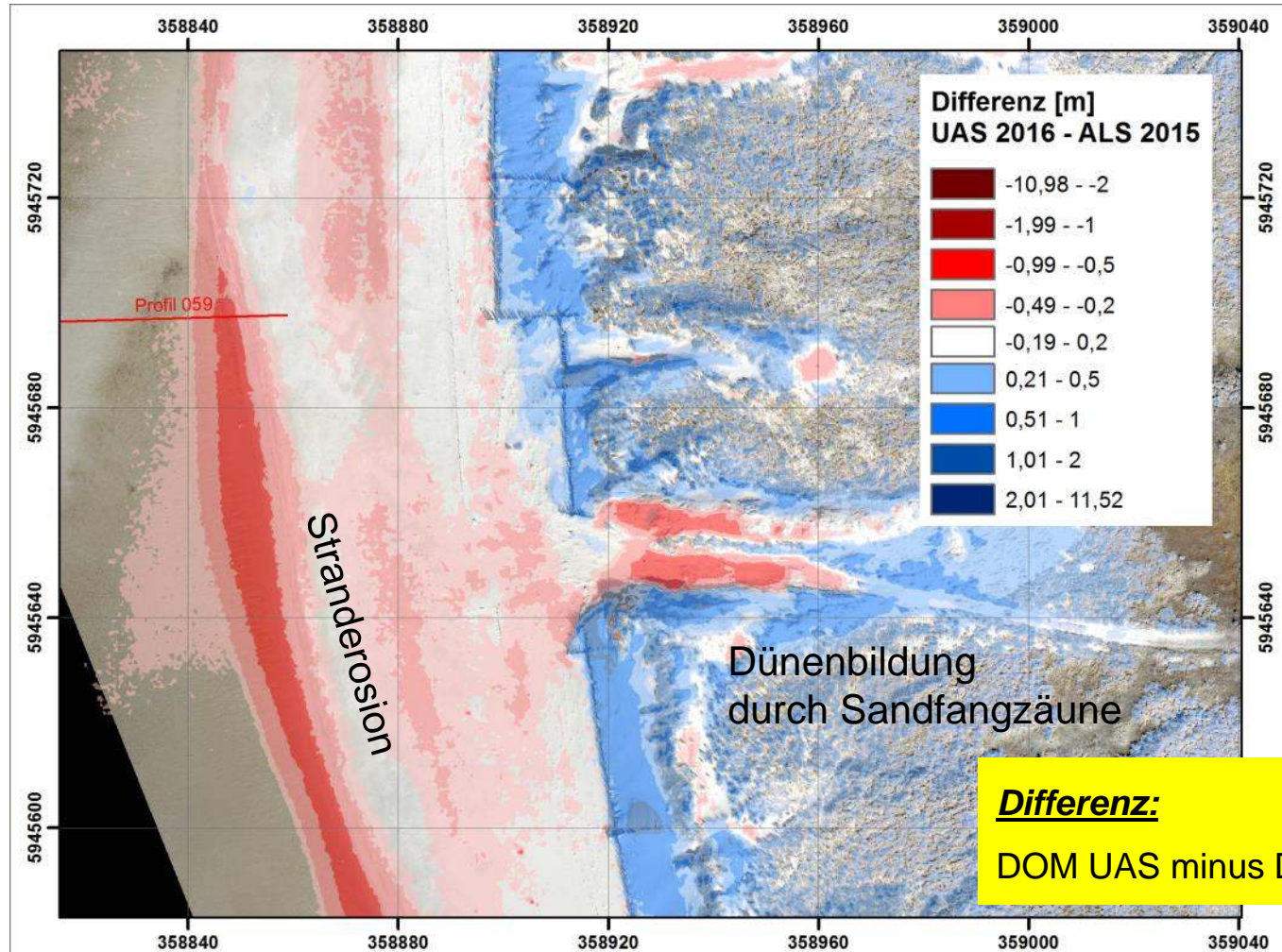
Ergebnisse:

- 14 Orthomosaik
Pixelgröße: 2 cm
Speichergröße ~ 2 GB pro Bild
Gesamtspeicher 28,9 GB
- 3D Punktwolke (2 cm Auflösung)
Punktanzahl: 226.033.239
- Digitales Oberflächenmodell

Ergebnisse des UAS Einsatzes Insel Memmert



Ergebnisse des UAS Einsatzes Insel Memmert



Ergebnisse des UAS Einsatzes Insel Memmert



Ergebnisse:

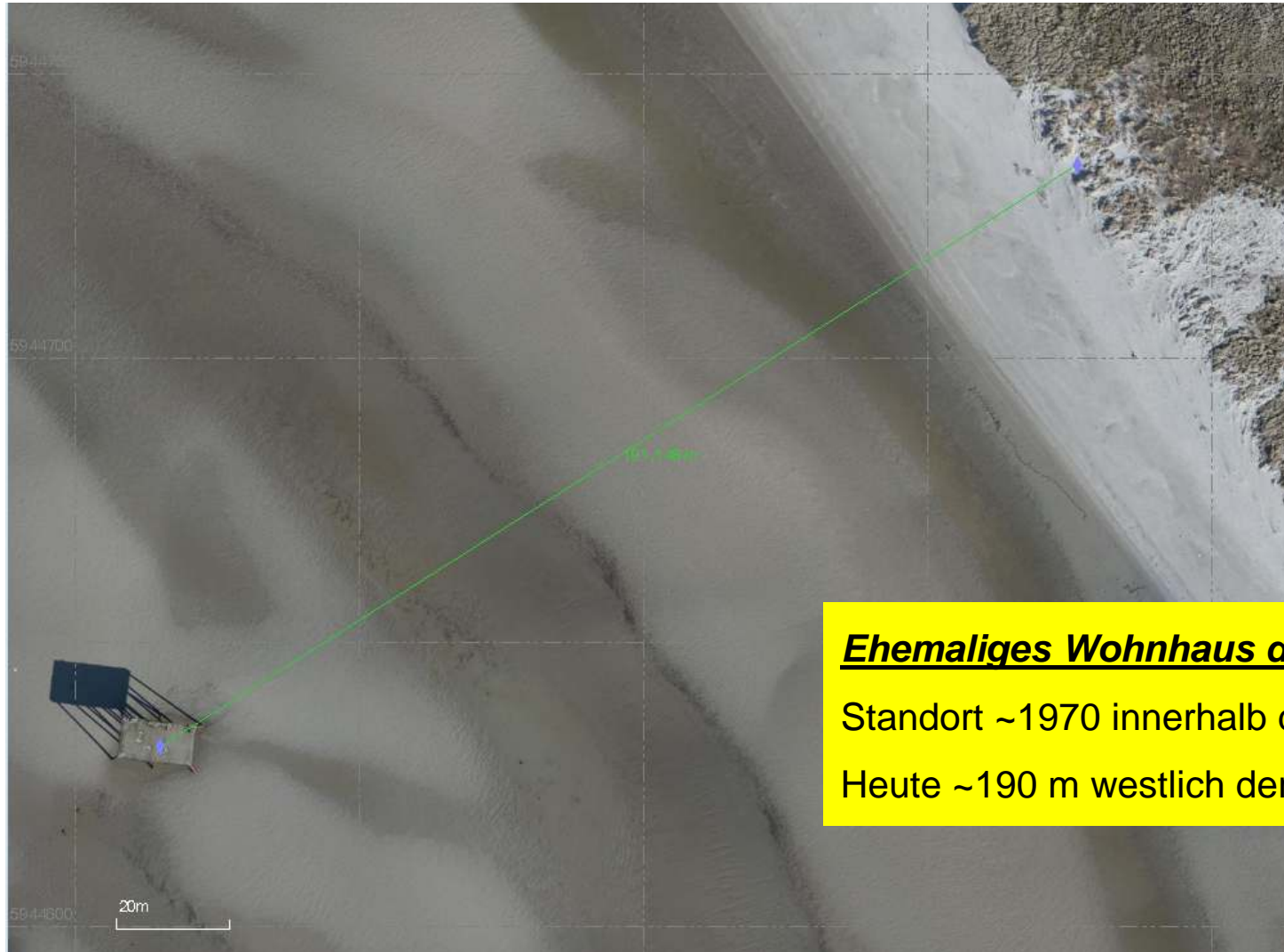
- 14 Orthomosaik
Pixelgröße: 2 cm
Speichergröße ~ 2 GB pro Bild
Gesamtspeicher 28,9 GB
- 3D Punktwolke (2 cm Auflösung)
Punktanzahl: 226.033.239
- Digitales Oberflächenmodell

Ergebnisse des UAS Einsatzes Insel Memmert



Wohnhaus des Inselvogtes

Ergebnisse des UAS Einsatzes Insel Memmert

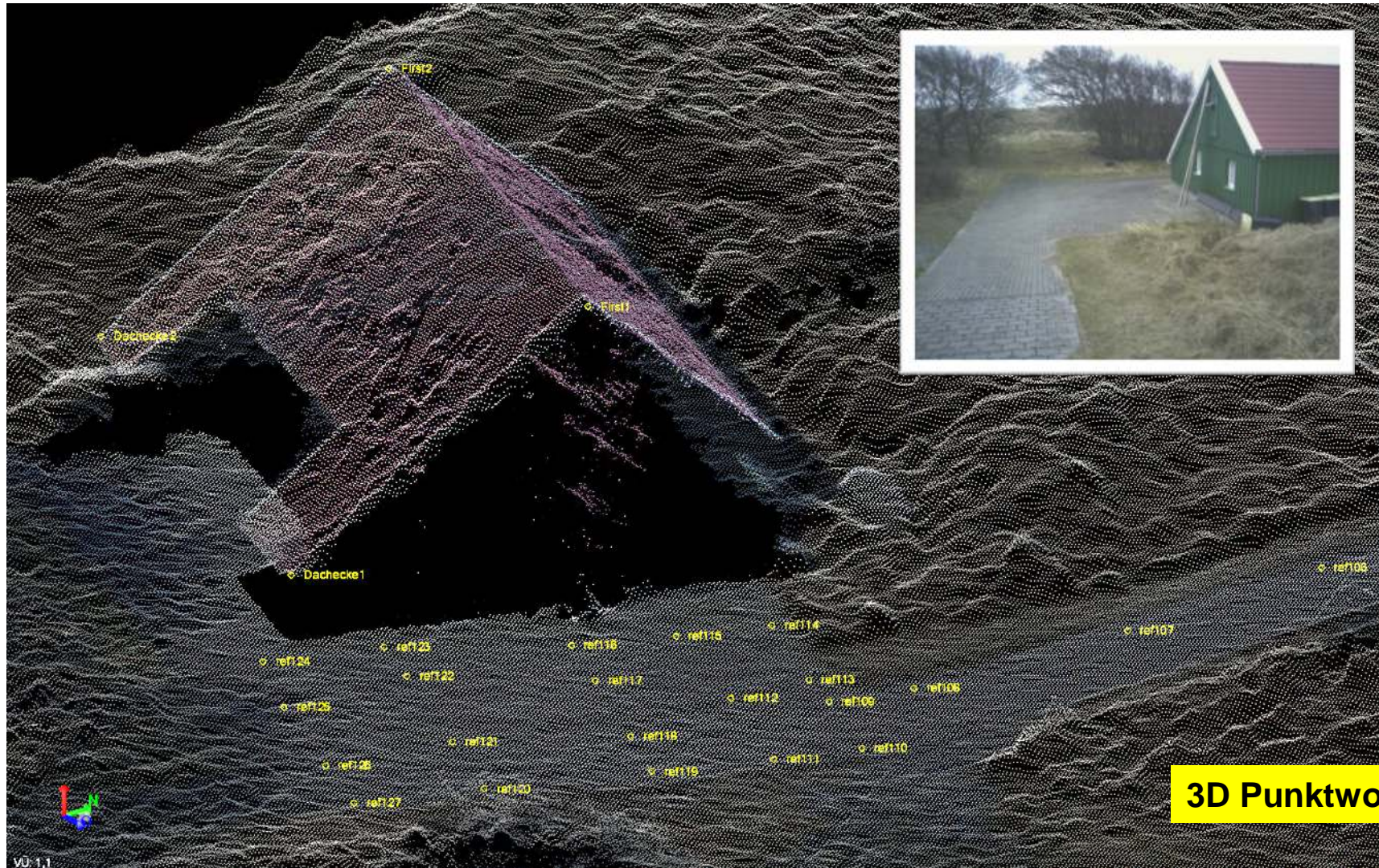


Ehemaliges Wohnhaus des Inselvogtes

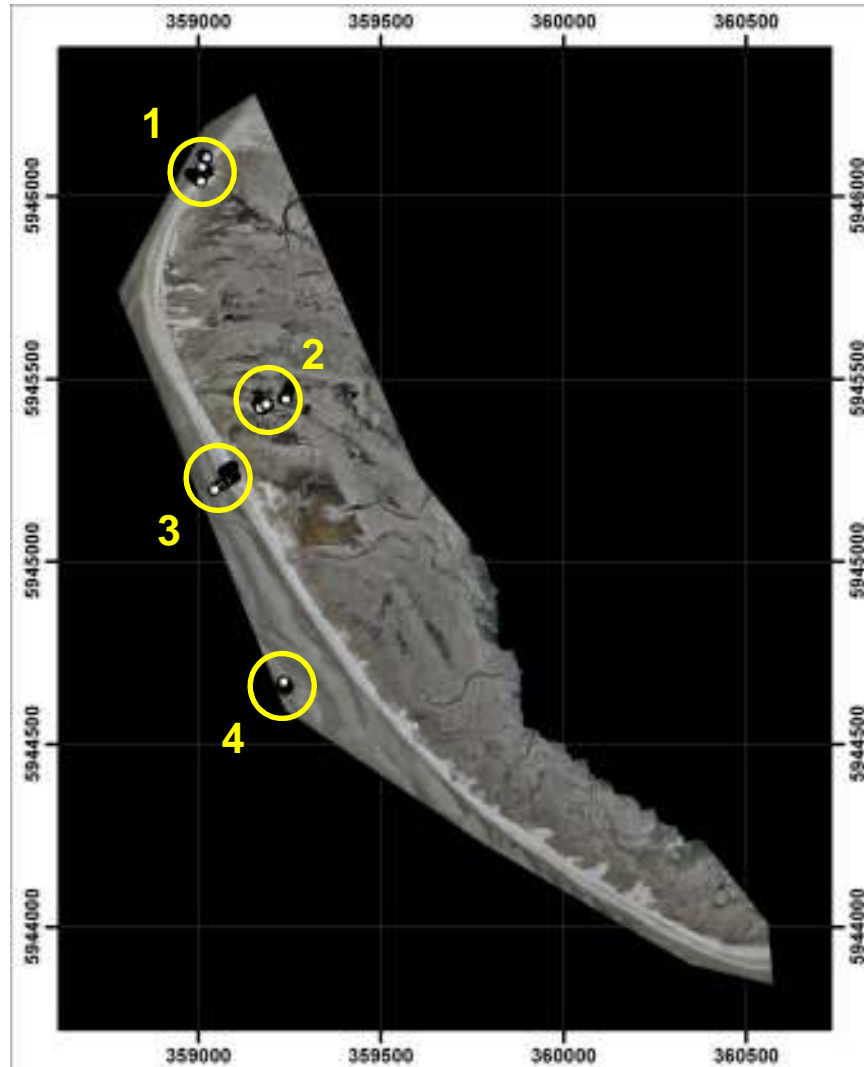
Standort ~1970 innerhalb der Dünen

Heute ~190 m westlich der Dünen

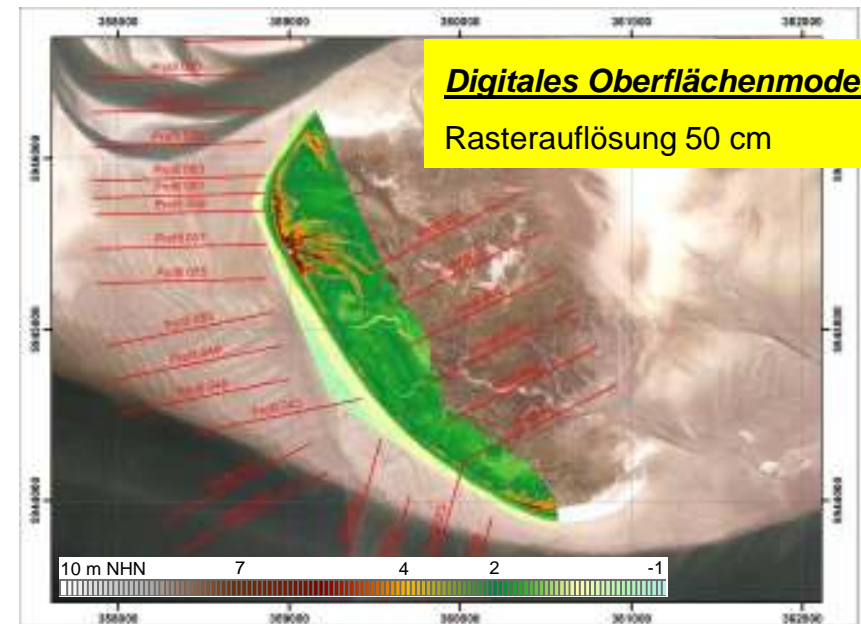
Qualitätsnachweis - Lagekontrolle



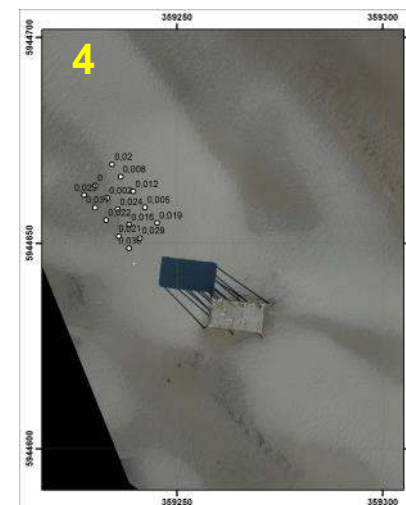
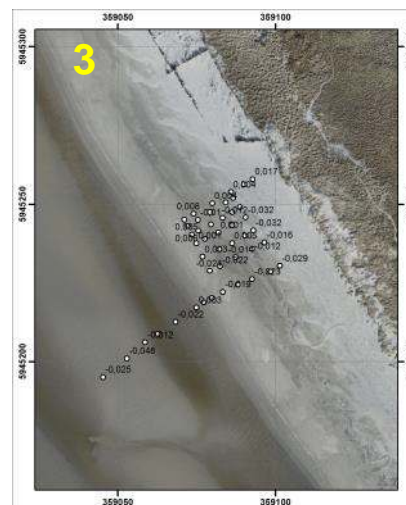
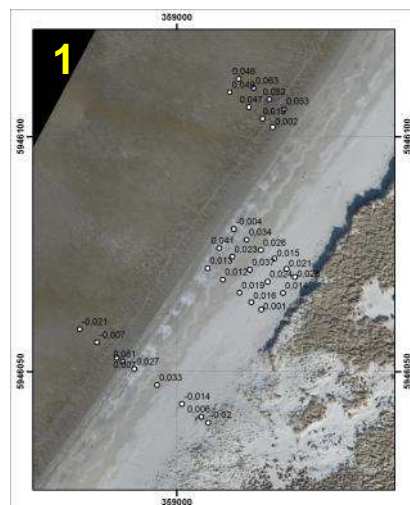
Qualitätsnachweis – Höhenkontrolle des DOM



RTK GNSS bestimmte Kontrollpunkte
Differenz: DOM minus GNSS-Höhe



Qualitätsnachweis – Höhenkontrolle des DOM



Referenz	Anzahl Messpunkte	Höhendiff. Minimum [m]	Höhendiff. Maximum [m]	Höhendiff. Mittelwert [m]	Höhendiff. Stabw. [m]	Bemerkung
Gebiet 1	33	-0,021	0,063	0,022	0,022	Strand
Gebiet 2a	39	-0,081	0,144	-0,015	0,049	Befestigte Fläche
Gebiet 2b	21	-0,161	0,049	-0,021	0,050	Düne
Gebiet 3	45	-0,048	0,017	-0,012	0,015	Strand
Gebiet 4	15	0,000	0,036	0,018	0,010	Strand

Ausblick

Passpunktlose UAS Befliegungen, Trimble UX5(HP)

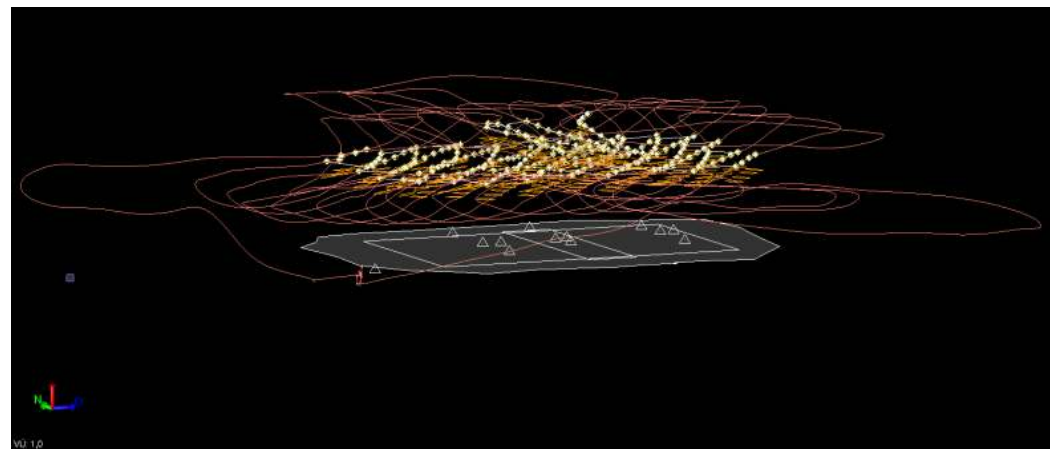


Sony a7R

- Integration eines PPK GNSS Empfängers zur Bestimmung sehr genauer Bildpositionen im absolutem Koordinatensystem (PPK = post-processed kinematik = nachprozessierte kinematische Daten, 20 Hz Rohdatenaufzeichnung)
- Erlaubt die Kartierung unzugänglicher Gebiete
- Weniger Feldarbeit durch Verzicht auf Passpunkte („Nur noch fliegen ...“)
- Orthomosaike mit GSD von 1 cm durch Einsatz eines 36 MP Vollformatkmerasensor

Bestätigung der Qualitätsangaben nach ersten Testflügen!

	UX5 (Passpunkte)	UX5 HP (GNSS)
max. Auflösung	2cm	1cm
RMS (XY / Z)	1 GSD	bis zu 2-5 cm
Max Punkte / m ²	~ 200	~ 1000
Bilder / Flug	bis zu 2000 @ 24MP	bis zu 2000 @ 36MP
Punkte / Flug	bis zu 200 Mio	bis zu 500 Mio



Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit!

