

Strategies for Thermokarst Lake Change Analysis in Siberia using very High Resolution Multitemporal Satellite Data

Sören Hese

Lehrstuhl für Fernerkundung

Institut für Geographie, Friedrich-Schiller-Universität Jena



Friedrich-Schiller-Universität Jena

seit 1558

DGPF Jahrestagung 2009 Jena

Thermokarst Lake Change

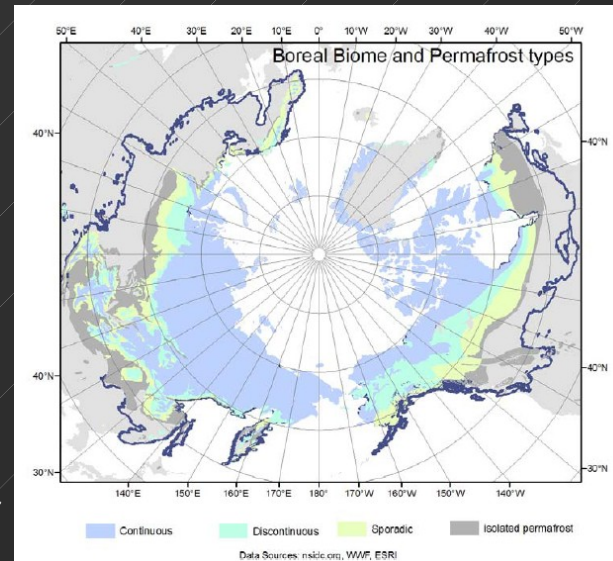
Thematische Motivation: Dynamik von water bodies: **Indikatoren für Permafrost Degradation (Auftauprozesse)**

(Smith et al. 2005, Stow et al. 2004, Yoshikawa & Hinzman 2003).

=> Quantifikation/Validierung der Veränderungen

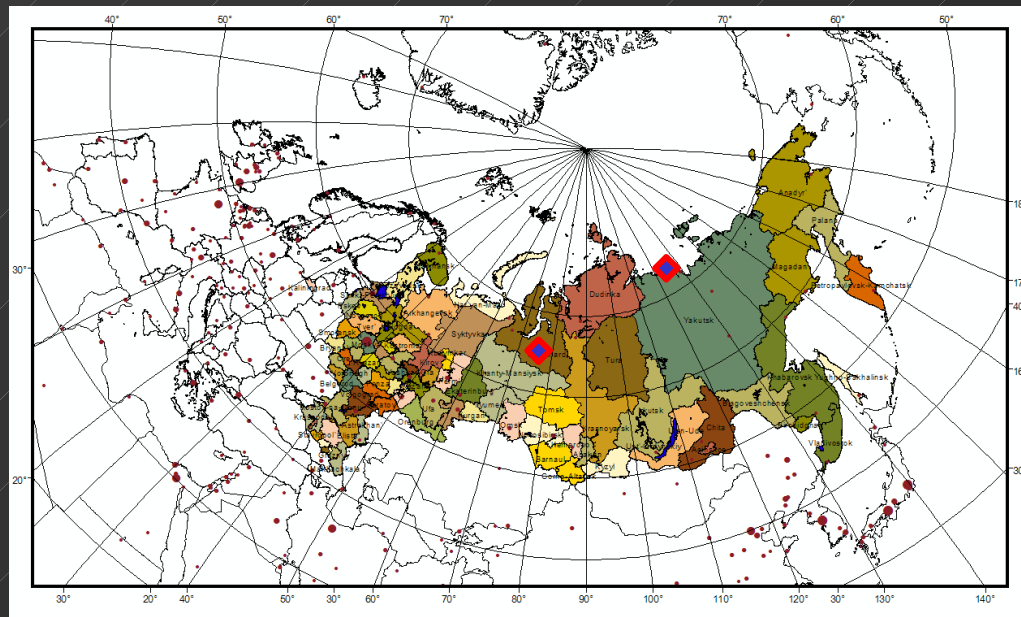
Technische Motivation: multi-temporale VHR Daten sind verfügbar (Quickbird/PRISM, Corona/Hexagon Daten (1960s - 2008), Entwicklung **Objekt orientierter relationaler & struktureller Veränderungsmerkmale.**

"Dynamics of water bodies, i.e. the status of standing water bodies and their multi-annual (seasonal) variation is an important indicator for permafrost degradation. It is not clear yet what the effects of climate changes are on the water bodies, especially shallow lakes and ponds. For example, lakes have decreased in some regions of Alaska (Yoshikawa and Hinzman, 2003) and increased and decreased in areas of Siberia (Smith et al., 2005)." (ESA 2008, Statement of Work, DUE Permafrost)

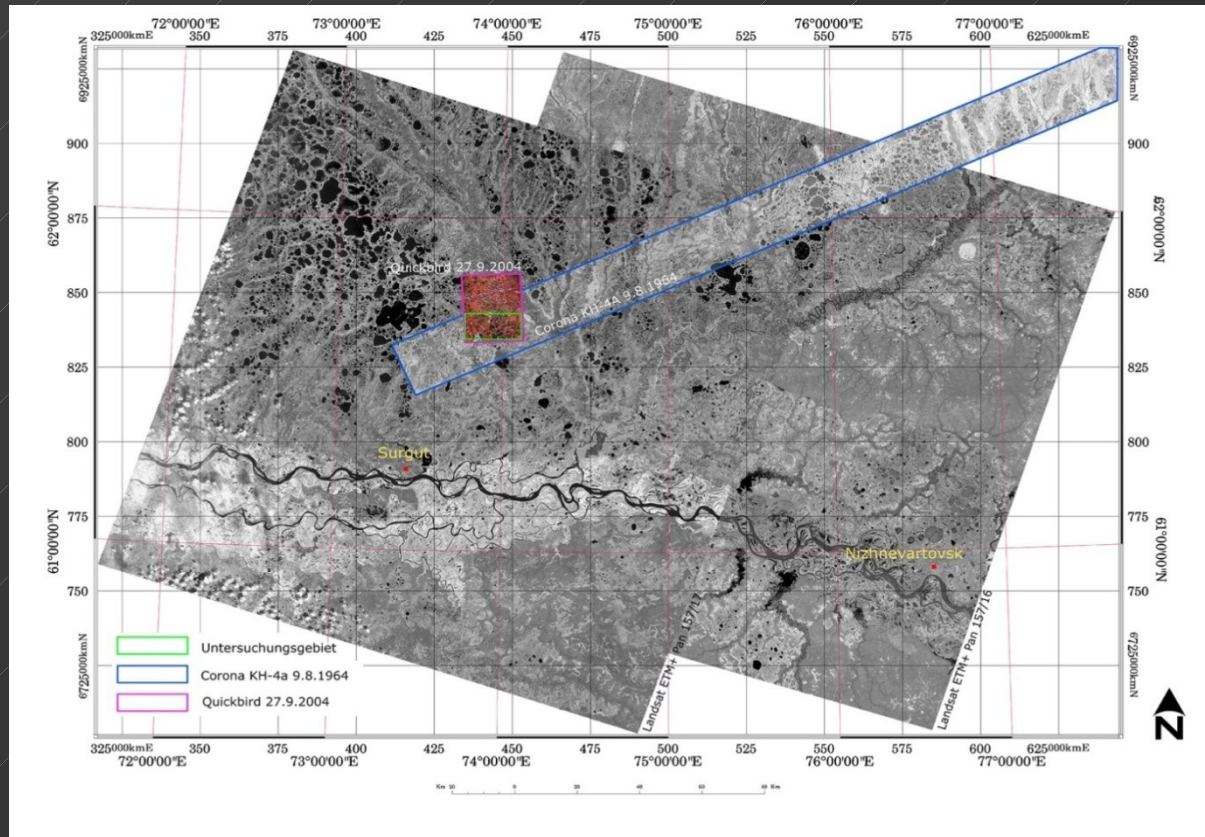


Test Gebiete in Sibirien

- Khanty Mansi Autonomous Okrug, West Sibirische Lowlands, Russland (Corona 9.8.1964 /Quickbird 27.9.2004)
- Lena Delta, Sakha Republic, Nord-Ost Sibirien, Russland (Hexagon 1973, Landsat MSS 1975/Landsat ETM+ pan/ms 2000)



Khanty Mansi (discontinuierlicher PF)

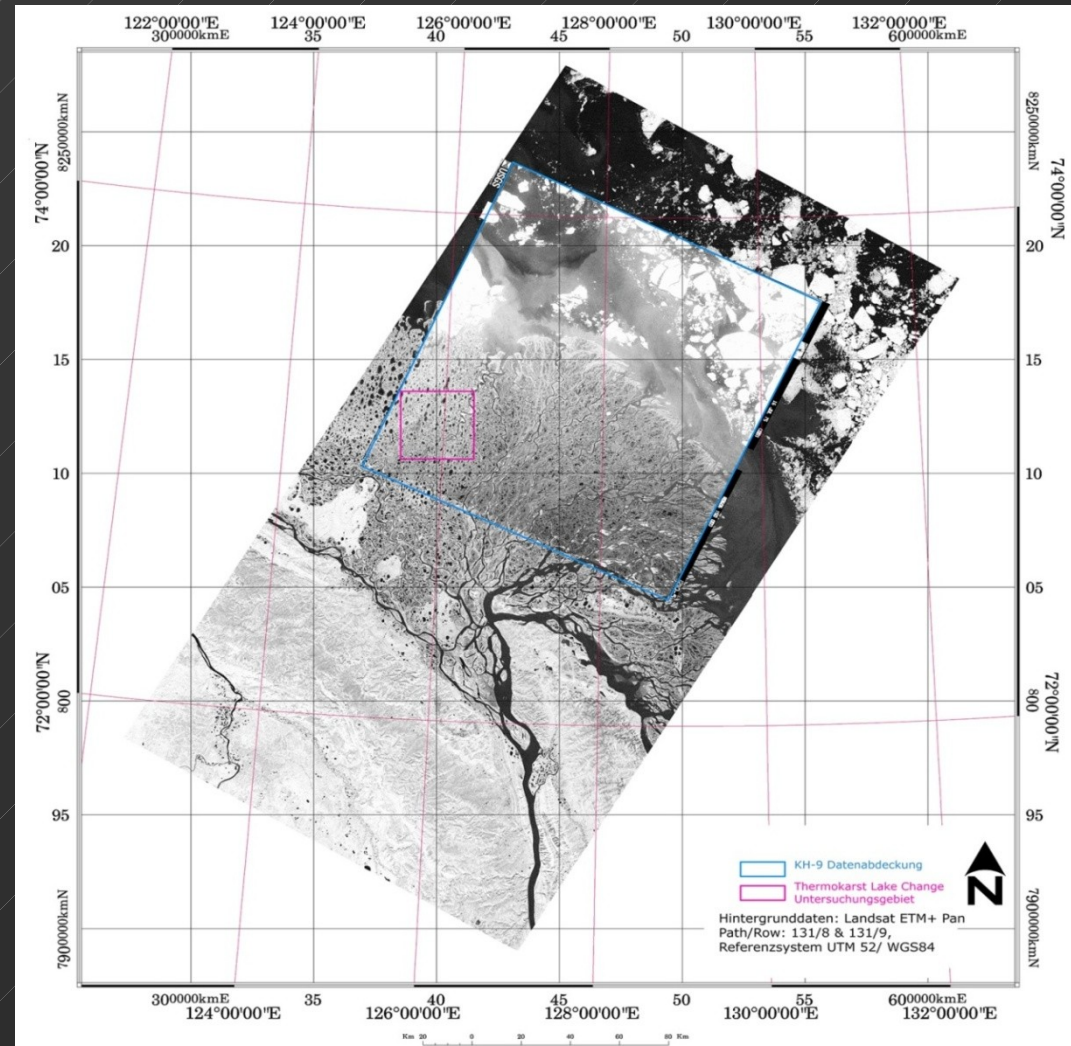


Corona KH-4A Datenabdeckung (in blau) , Quickbird Datenabdeckung (16x20 km) (in rot). Landsat ETM+ 156/17 & 157/17. Khanty Mansi Distrikt: intensive Erdöl/Erdgas Förderung

Lena Delta Testgebiet (continuierlicher PF)

Lena Delta: Hexagon
(KH-9) (16.7.1975)/
ETM+(27.7.2000)
Abdeckung

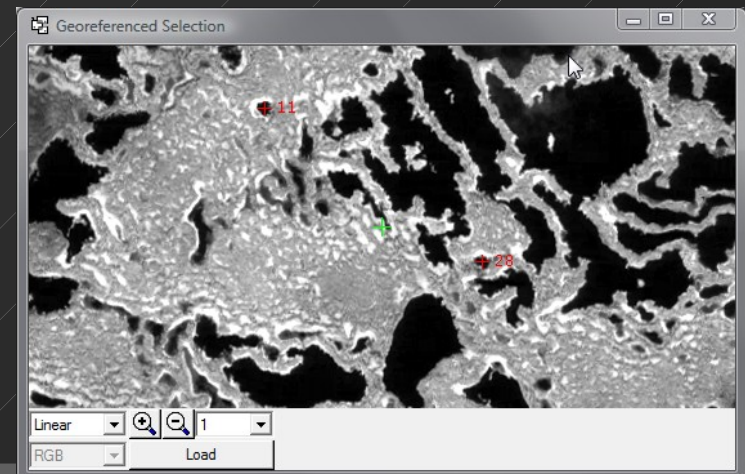
Lena Delta (north-east
Siberia) Mündungsdelta des
Flusses Lena in der Republik
Sakha. Größe: 30000 qkm,
continuous permafrost,
mündet in die Laptew See.
Watershed: ca. 2500000
qkm.



Preprocessing – Geometrische Korrektur

Lake Center Point Correction (LCPC)

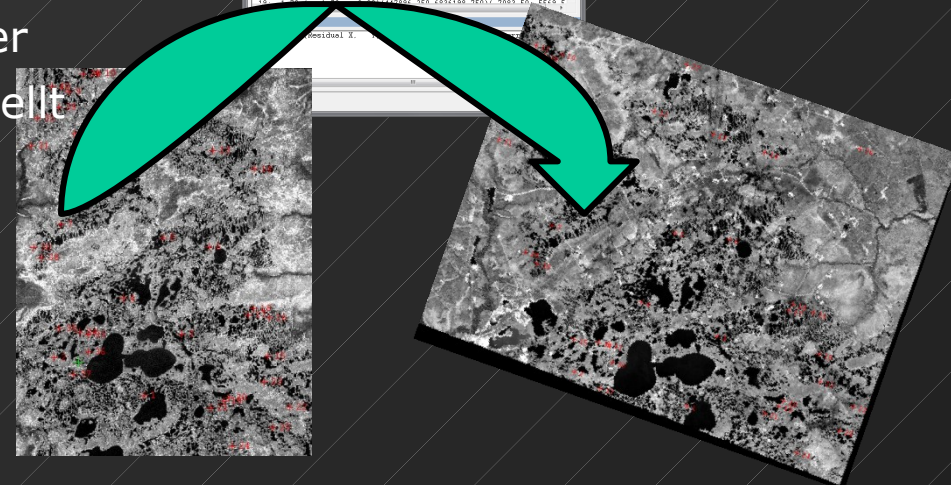
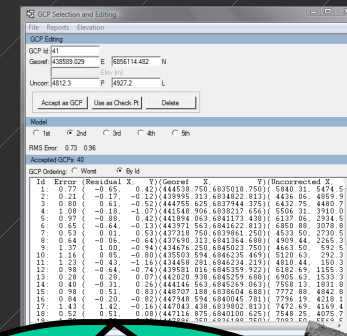
1. Primäre Co-registrierung über 4 GCPs
2. Vorklassifikation von Wasserobjekten
3. Wasser Objekt Selektion (Bedingungen: geringe „surround/area“ ratios & Fläche < 0.5 ha.
4. Ableitung von Lake Center Point GCPs unter Verwendung von
 1. Centroid-Punkten („center of gravity“ der Polygone) &
 2. Spatial join der Centroid Koordinaten (basierend auf „distance to lake center point“)
5. Relative geometrische Korrektur
2nd/3rd order Polynom mit GCPs des CentroidJoins mit Quickbird/Corona Daten



Preprocessing – Geometrische Korrektur

Lake Center Point Correction (LCPC)

- **Vorteil:** hohe relative geometrische Registrierungsgenauigkeit (nur der Seen!)
 - 1. muss nicht mit allen Seen-Dichten funktionieren,
 - 2. Veränderungen der Position der Seen können nicht mehr festgestellt werden nach LCPC (Lageveränderungen).



Preprocessing – Radiometrische Korrektur

Water Mean Normalization (WMN) in panchromatischen Datensätzen:

Voraussetzung für die Entwicklung robuster Analysemerkmale: relative radiometrische Normalisierung

- Die "Water Mean Normalization" nutzt bekannte Wasser Objekt Grauwerten
- $DN_{\text{water_norm}} = (DN / \text{mean_DN_lake}) * 100$

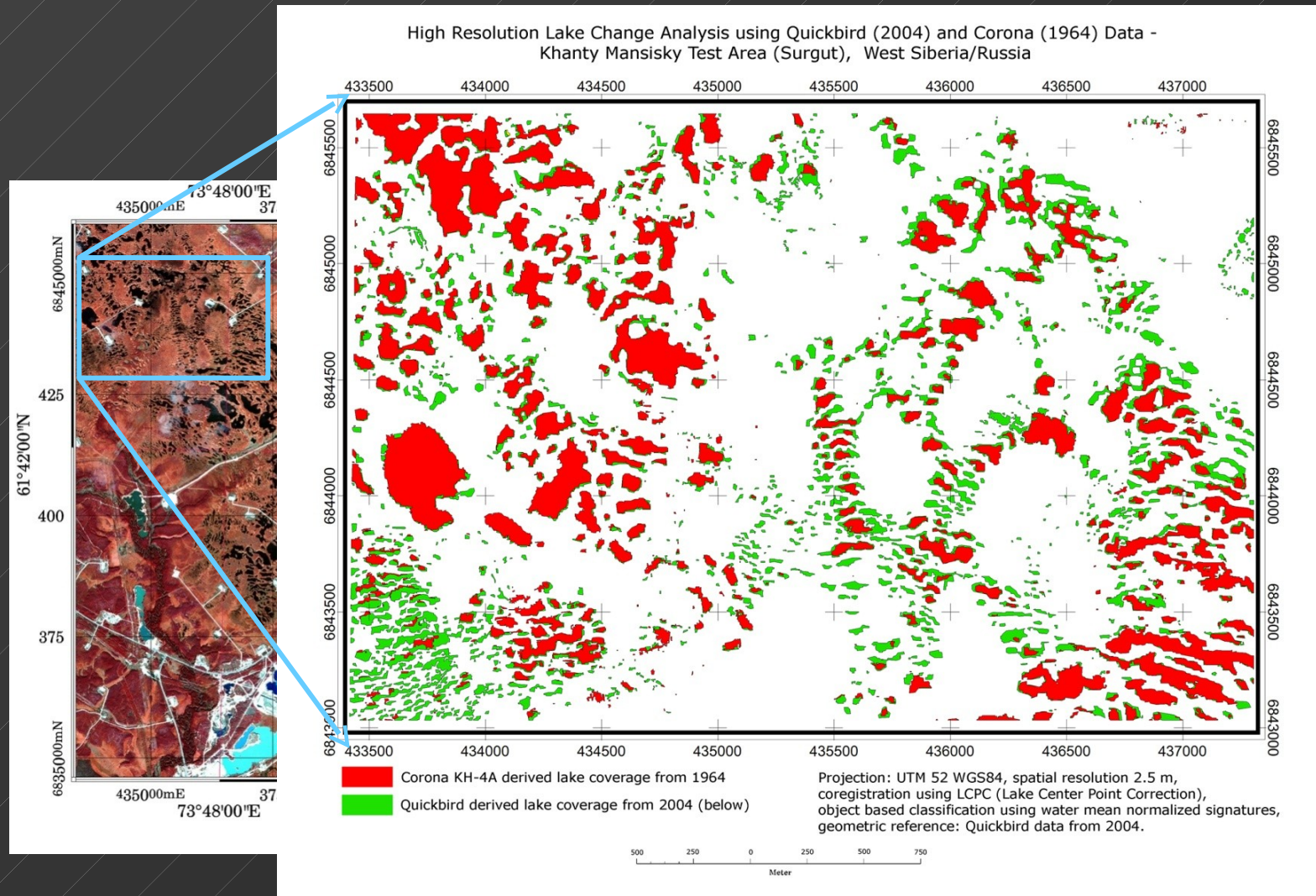
$DN_{\text{water_norm}}$ = normalized grey value scaled for 16Bit space

DN = original „Reflectance“

Mean_DN_lake = mean water grey value from original data set

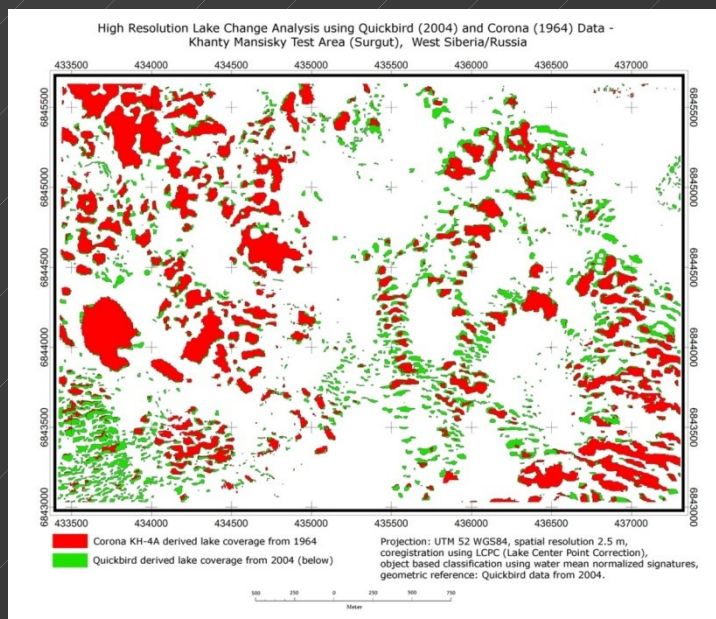
Vorteil: Die Klassifikation basiert auf normalisierter Radiometrie. Dies ist von Vorteil, da robuste Ratio basierende Merkmale mit panchromatischen Daten nur über Textur oder Sekundärmerkmale ableitbar sind.

Thermokarst Lake Change Analysis



Thermokarst Lake Change Analysis

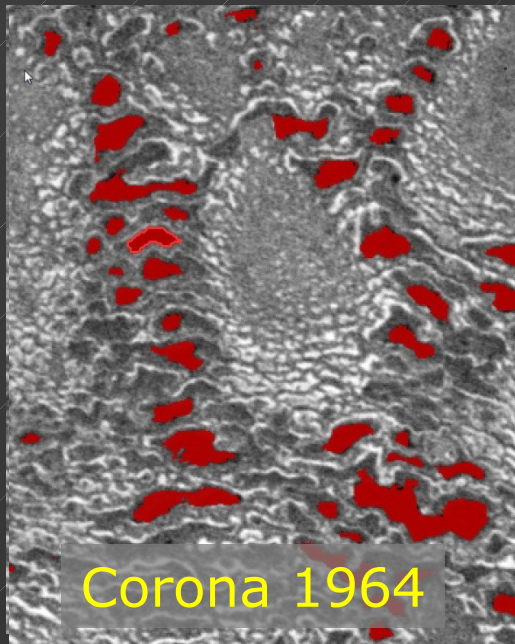
Berechnete Wasser Objekt Veränderungsmerkmale:



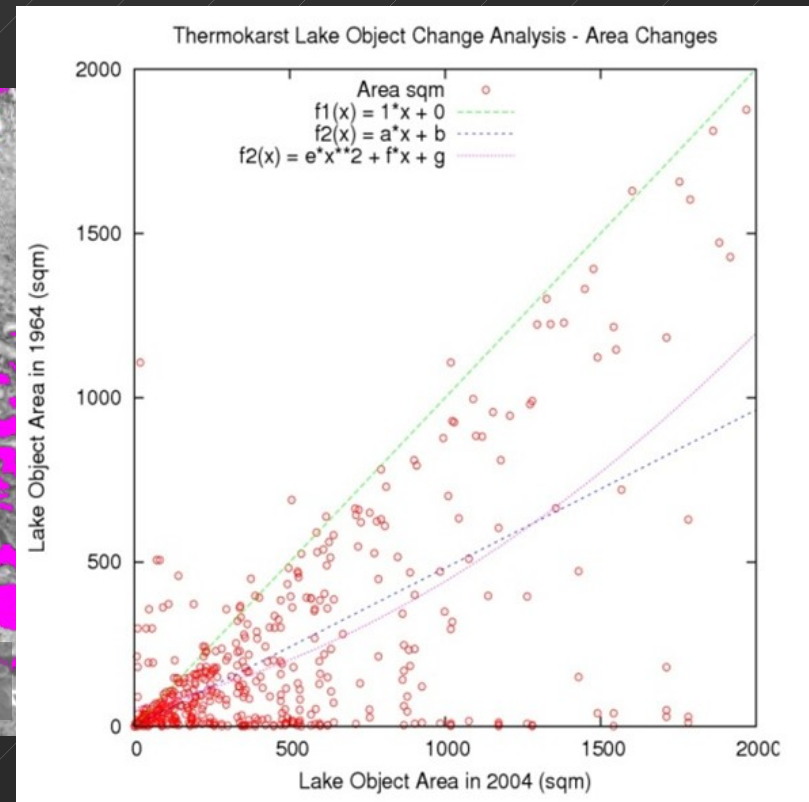
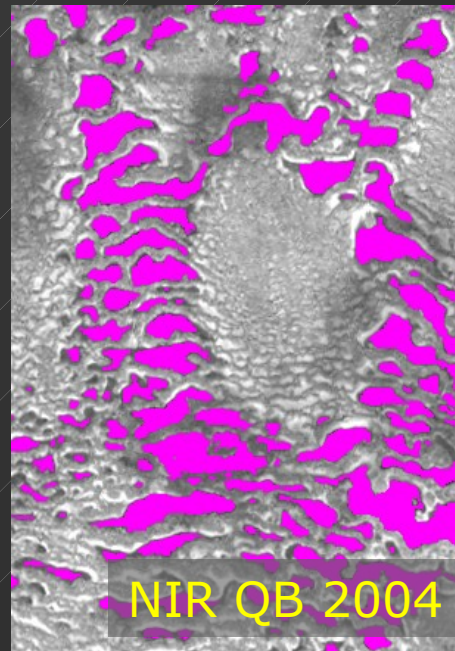
- area change
- directional change
- asymmetry change
- roundness change
- structural lake change:
 - change in „No. of lake neighbours“ in various distances (to each lake),
 - change in Stdev. of lake area values in a specific distance (to each lake).

Lake Change Analysis - Area

- Water Object Area: Flächenwertveränderungen zwischen 1964 and 2004 (dargestellt für Seen bis 2000 qm Größe),
- **Insgesamt nahm die Fläche der Seen zwischen 1964 und 2004 von 480599 m² auf 720342 m² zu.**

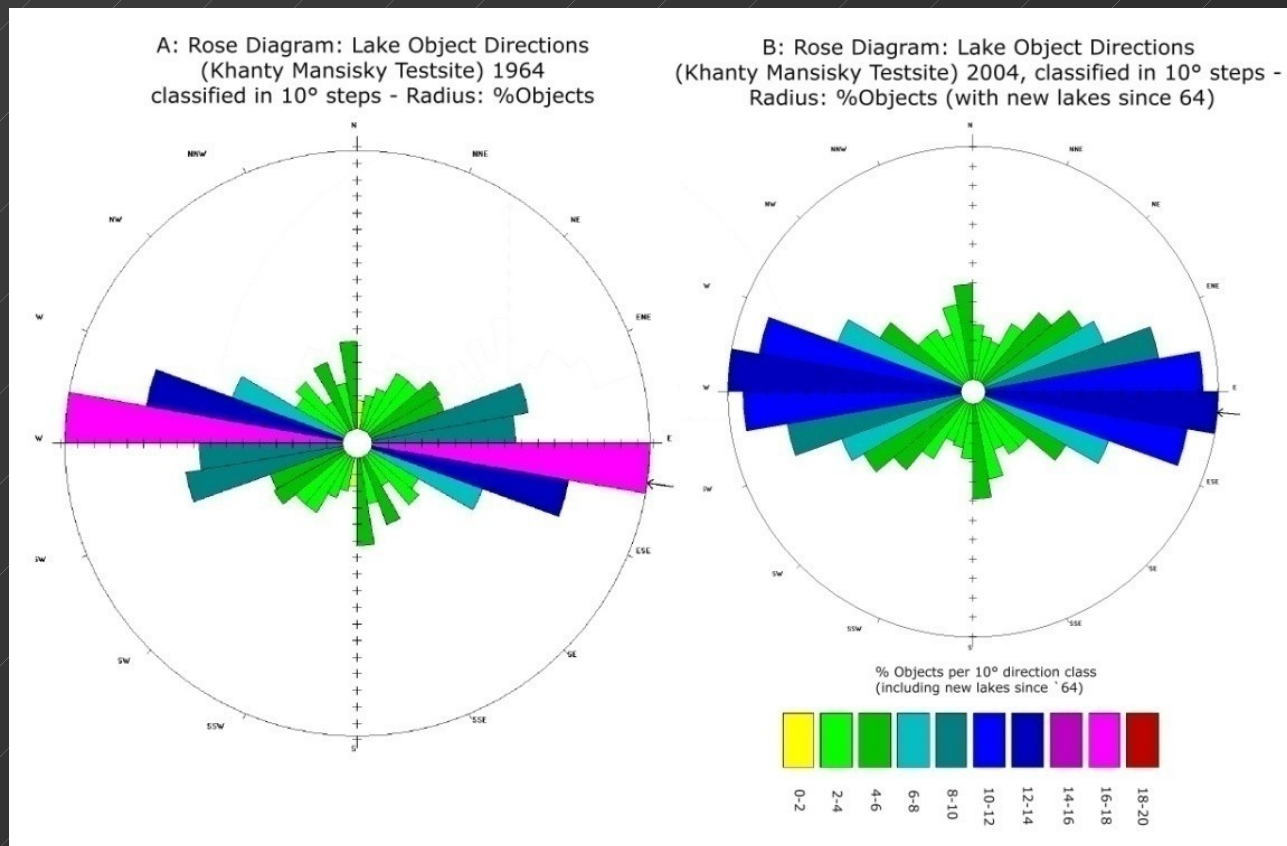


300 m



Lake Change Analysis – Hauptrichtung

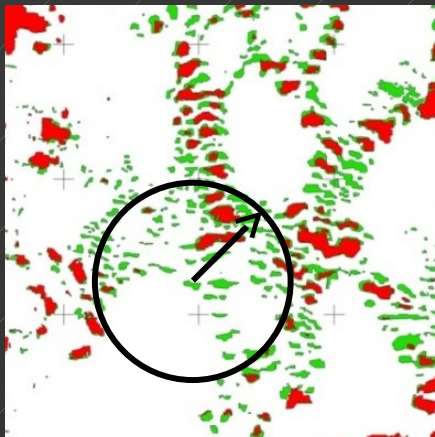
Richtungsdiagramme für die „Hauptrichtung“ der Seen im Khanty Mansi Test Gebiet gruppiert in 10° Klassen für 1964 (links) und für 2004 (rechts) inklusive neuer Seen seit 1964.



Wasser Objekt Strukturveränderungen

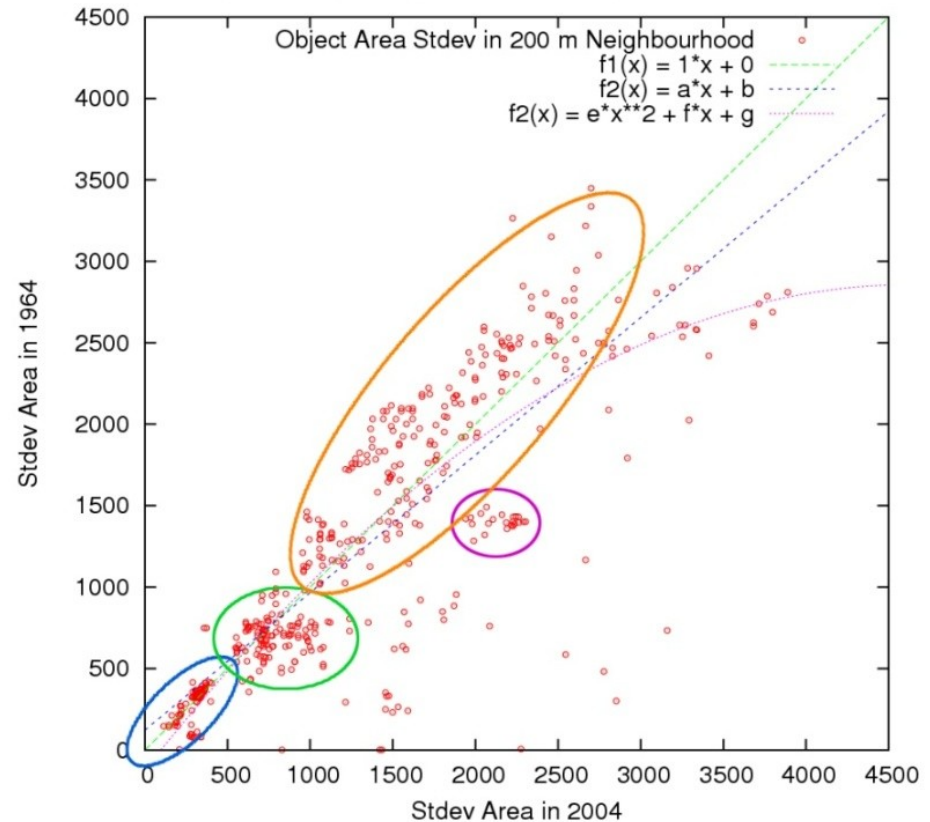
Stdev. der Seen-Flächen in einem Suchbereich von 200 m Radius, abgeleitet für jeden See.

=> Seen Flächenwerte in 2004 sind homogener verteilt als in 1964.



Stdev. of lake areas

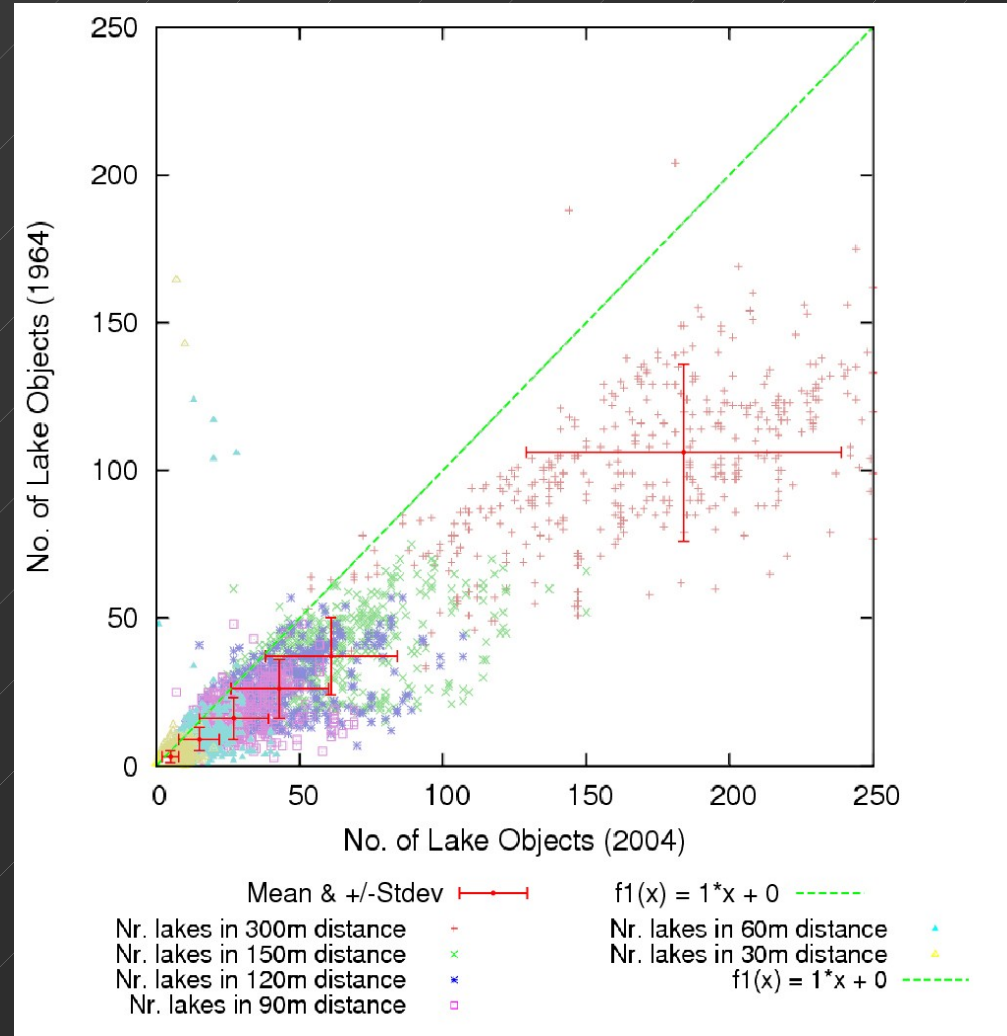
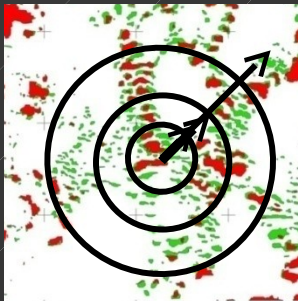
Thermokarst Lake Object Change Analysis - Stdev of Object Area of Lakes in Distance of 200 m



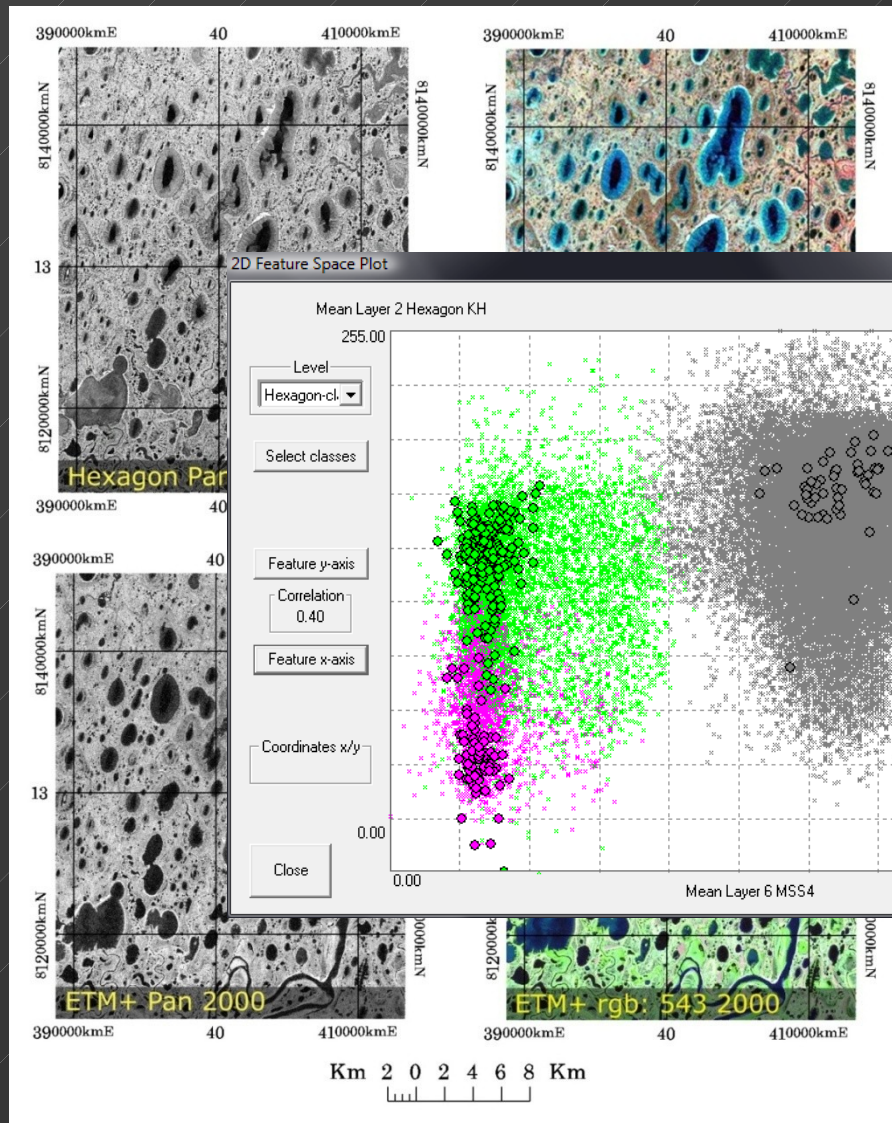
Wasser Objekt Strukturveränderungen

- Zählung der Nachbarn für jeden See in verschiedenen Suchdistanzen.
- Seen in 2004 haben mehr Nachbarseen als Seen in 1964

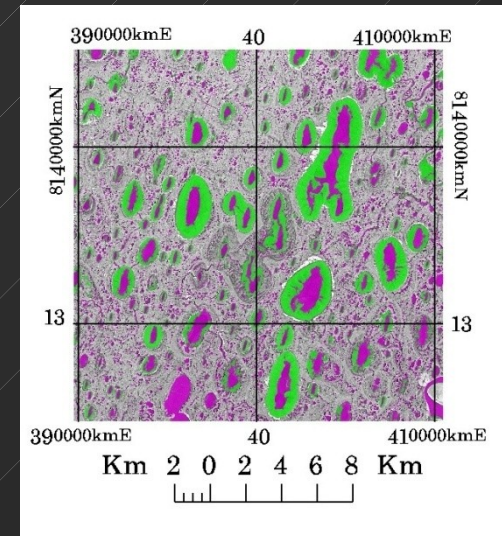
Anzahl der Seen in Suchradien von 30, 60, 90, 120, 150 und 300 m (für jeden See)



Beschränkte Nutzbarkeit von HexagonDaten



Test Gebiet (Arga-Muora-Sise Plateau)
 Lena Delta, Sibirien, 16.7.1975
 (Hexagon), 28.7.1973 (Landsat MSS:
 RGB:421), 27.7.2000 (Landsat ETM+ Pan
 ispektral: RGB 543),



Nicht-parametrische Klassifikation von
 Flachwasser Objekten (in LS-MSS)

Diskussion

- **Hohe Varianz der Wasser Reflektanzen in Key-Hole Daten:** Flachwasser?, Vegetation?, schwimmende Vegetationsmatten?
- **Validierung historischer** Daten problematisch,
- Vergleich mit Klima/Met- Daten notwendig!
- Bewertung struktureller Veränderungsmaße für die Ökosystem Funktion? (link-> AWI Potsdam, UAF Fairbanks)
- Indirect link to permafrost degradation? Should be accompanied by field surveys – (ESA proposal für panarktisches Konzept in Begutachtung).

Conclusion:

- Quantifizierung der Seenveränderungen seit den 60iger Jahren mittels Shape-/Flächen-/Struktur-Maßen **ABER**
- derzeit noch bedingt operationell, übertragbar (robust) mit VHR Daten (Fehlen der NIR Information für die 60iger!).

Sören Hese | IfG | FSU Jena | Earth Observation

Email: soeren.hese@uni-jena.de