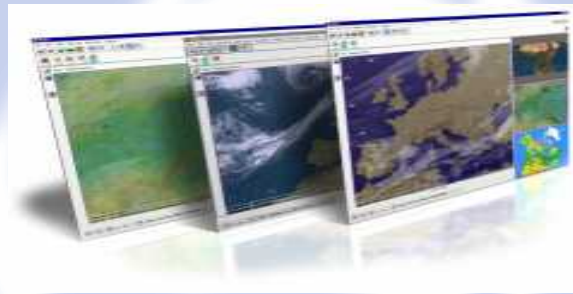


Deutscher Wetterdienst



Aufbereitung und Visualisierung von Geodaten im meteorologischen Anwendungsprogramm NinJo



Dr. Gerhard Eymann

Deutscher Wetterdienst, Forschung & Entwicklung

Einführung, Motivation



- Meteorologische Information hat *immer* einen geografischen Kontext
- Verwendungszweck von Geodaten:
 - ▶ Numerische Wettervorhersage (hier unberücksichtigt)
 - ▶ **Visualisierung**
- Meteorologische Datenarten:
 - ▶ Beobachtungen (Stationen, Ballonaufstiege, Blitze, etc.), Strassen, Luftfahrt, Schifffahrt etc.
 - ▶ Satelliten- und Radardaten
 - ▶ Numerische Vorhersagen (Gitterpunktsfelder) des DWD u.a. Dienste
 - ▶ ca. 15 unterschiedl. Anwendungen (sog. Layer)
 - ▶ Datenumsatz ~120 Gbyte / Tag

Nutzeranforderungen



- **Inhaltliche Nutzeranforderungen: bei Bildoperationen....**
 - ▶ Automatische Anpassung des Informationsgehalts (Objektdichte) an Maßstab bzw. Ausschnittsgröße
 - ▶ Automatische Anpassung der Auflösung (Stützpunktdichte)
- **Technische Nutzeranforderungen**
 - ▶ Darstellung des Maßstabzahlenbereichs von 10^4 bis 10^7
 - ▶ hohe Performanz (Bildaktion ≤ 1 Sek. für *alle* Daten)
 - ▶ Layerstruktur ähnl. GIS (für Vektordaten, hier „Themen“)
 - ▶ beliebige Kombination mit meteorologischen Daten
 - ▶ interaktive Einstellung graphischer Attribute

Projekt NinJo



- **Realisierung im Rahmen des Projektes NinJo**
 - ▶ Internationale Kooperation
 - ▶ GeoInfoDienst Bw, Schweiz, Dänemark, Kanada
- **Ziel: Entwicklung einer (generischen) Meteorologischen Workstation**
 - ▶ pure Java
 - ▶ Client - Server (multi-tier) Anwendung
 - ▶ mehrere Lizenznehmer
- **auch in Bezug auf Geodaten vollständige Neuentwicklung**
 - ▶ Aufbereitung
 - ▶ Datenhaltung
 - ▶ Visualisierung



Beispiel: NinJo GUI

Mehrere Szenen mit versch. geogr. Kontext und meteor. Daten links:

- Meteosat-8 HRV und met. Symbole
- r.o.: Radardaten
- r.m., r.u.: Isolinen u. -flächen div. Parameter von Gitterpunktsdaten der Numer. Vorhersage

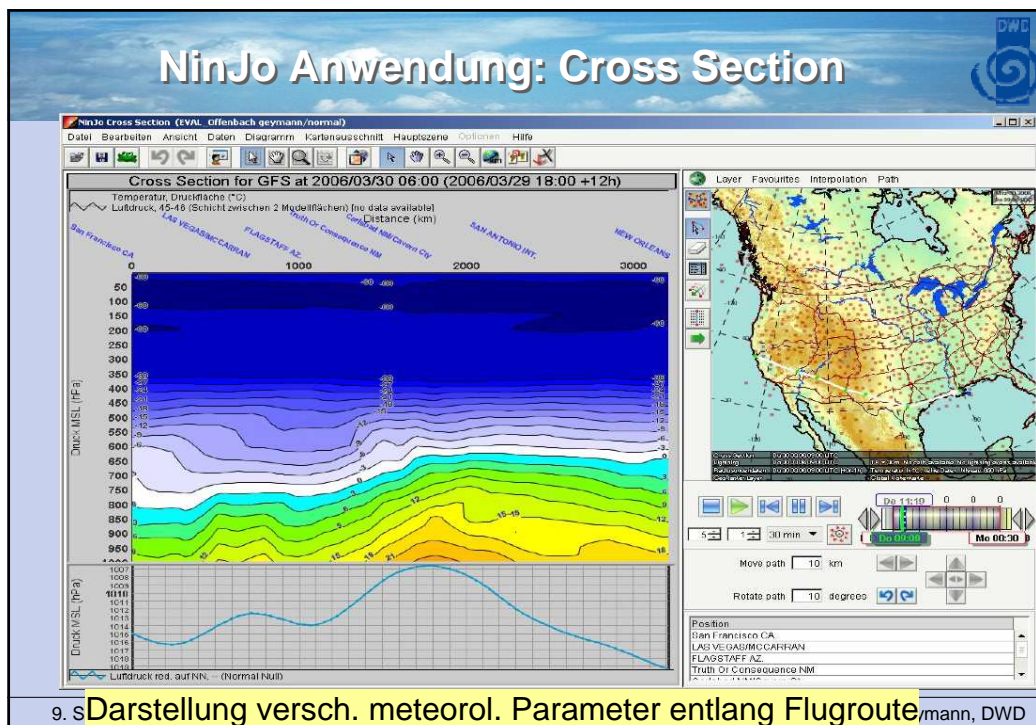
9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München Dr. Gerhard Eymann, DWD

Beispiel: NinJo GUI

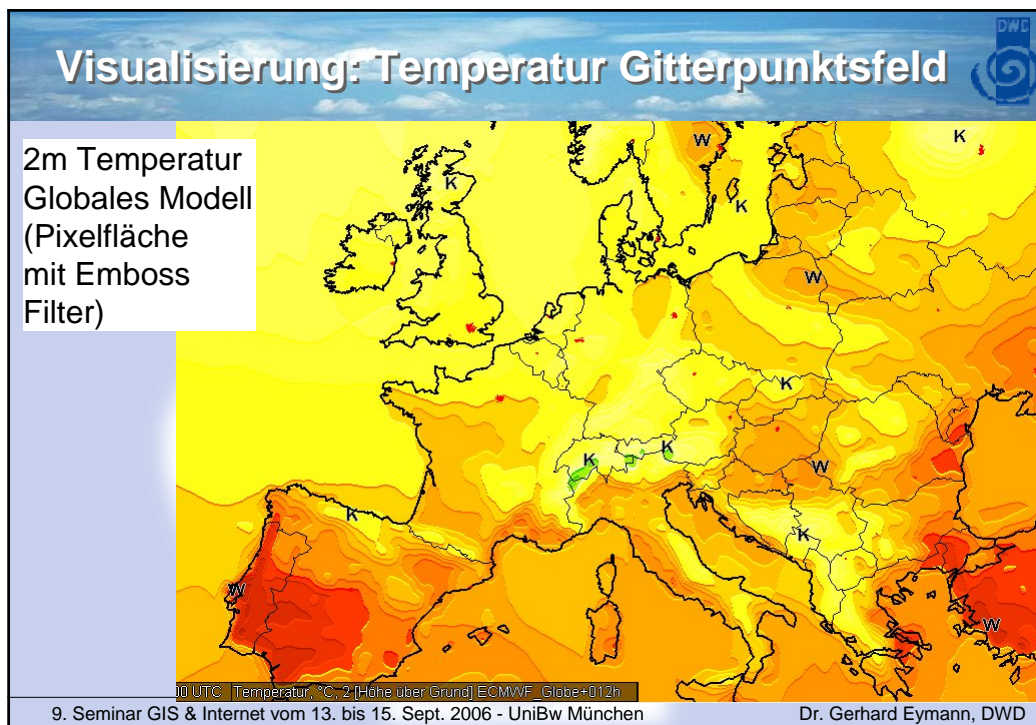
Eine Szene

- Landsat Bild
- + Geovektordaten (Gewässer, Strassen, Orte des DLM1000)
- + Temperatur (z.B. mit mouse-over Info)

9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München Dr. Gerhard Eymann, DWD



- ## NinJo Visualisierung
- Versch. Datenarten und Darstellungsformen
 - ▶ Rasterdaten
 - ▶ Gitterpunktsdaten
 - ▶ Vektordaten
 - ▶ Schrift, Fonts, sog. Plotmodelle
 - Visualisierungsarten
 - ▶ Isolinien, Isoflächen, andere Iso* - Typen
 - ▶ zusätzl. Algorithmen
 - ▶ Pixel-basierte Filter (z.B. embossing)
 - ▶ Diagramme, Meteoramme
 - Berechnung „on the fly“
 - geodätische Projektion „on the fly“
9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München Dr. Gerhard Eymann, DWD



- ## Geographie Daten
- **Vektordaten:**
 - ▶ VMAP0 (weltweit, von NIMA)
 - ▶ DLM1000 (BKG)
 - ▶ DLM250 (BKG)
 - ▶ VG1000 (BKG)
 - ▶ spezielle Datensätze (Luftfahrt, Klima- bzw. Warnregionen, Schifffahrt)
 - **Rasterdaten:**
 - ▶ GTOPO30 (USGS)
 - ▶ GLC2000 (global land cover)
 - ▶ Landsat Bilder
 - ▶ Topographische Karten (TK25, TK50, ...)
 - ▶ SRTM
9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München
Dr. Gerhard Eymann, DWD

Geodatenhaltung und -speicherung



- RDBMS Oracle Spatial
- Software zum Im- und Export
 - ▶ mit GUI und API, in C++
 - ▶ während Import Aufbereitung (s.u.)
 - ▶ entw. von Fa. E. Basler & Partner, Potsdam
- Zweck: Speicherung von Vektordaten
 - ▶ Importformat ESRI Shapefile
 - ▶ Schnittstellen zum Export, div. Formate (s.u.)
- GeoDB speichert auch Rasterdaten (+ MediaExtension)
 - ▶ als BLOBs (Binary Large Object)
 - ▶ Format GeoTIFF (Import, Export)
 - ▶ verschiedene geodät. Abbildungen möglich

Vorüberlegungen (Rasterdaten)



- Datenhaltung und Input für Visualisierung?
- Anforderungen leicht realisierbar mit GeoTIFF
 - ▶ erfüllt Voraussetzungen (s.o.) durch...
 - ▶ Kachelung („tiling“)
 - ▶ Auflösungsstufen („pages“)
- Georeferenzierung
 - ▶ Speicherung als lat-lon Werte
 - ▶ nur 2 Tags zusätzl. notwendig
 - GeoPixelScale
 - GeoTiePoint

Vorüberlegungen (Vektordaten)



- wie Realisierung der inhaltl. und techn. Vorgaben?
 - ▶ Im GIS Umfeld keine praktikable Lösung vorhanden
- Anpassung der Objektdichte bzw. des Informationsgehalts:
 - ▶ bei *grosser* Maßstabzahl (Weltkarte) *niedriger* Informationsgehalt (z.B. nur Küstenlinie, sehr große Flüsse u. Städte etc.)
 - ▶ bei *kleiner* Maßstabzahl (Landkreis, Region) *hoher* Informationsgehalt (z.B. Landkreisgrenzen, kleinere Orte u. Flüsse etc.)
 - ▶ setzt „Objekte“ voraus, d.h. geometrisch und fachlich geeignet attributierte Gebilde
 - ▶ z.B. intuitiver Vorstellung folgend: ein Fluss, Nebenfluss 1. Ordnung, Nebenfluss 2. Ordnung etc. sind jeweils individuelle Objekte
 - ▶ Daten liegen nicht in dieser Strukturierung vor

Vorüberlegungen II (Vektordaten)



- Anpassung der Auflösung:
 - ▶ optional Reduktion der Anzahl von Stützstellen
 - ▶ fachlich und technisch auf ~ 1% aller Punkte, bei Erkennbarkeit
 - ▶ Visualisierung stufenweise in höchstmöglicher bis niedrigster Auflösung
 - ▶ Algorithmen in Eigenentwicklung + Sichtung Publikationen
- Konsequenzen für Datenhaltung
 - ▶ separate Speicherung verschiedener Auflösungsstufen
 - Reduktion des zu lesenden u. zu verarbeitenden Volumens
 - ▶ Kachelung
 - s.o., nur Daten im Bildausschnitt sind zu behandeln

Konsequenzen (Vektordaten)



- zusätzliches Attribut „Priorität“
 - ▶ Eigenschaft eines [ggf. zu bildenden] „Objektes“
 - ▶ Shapefile Terminologie: zusätzl. Spalte in Attribut-Tabelle
 - ▶ ermöglicht maßstab-abhängige Darstellung der Objektdichte
- zusätzlicher Parameter „Genauigkeit“
 - ▶ Eigenschaft jedes einzelnen Stützpunktes / jeder Koordinate
 - ▶ entspricht „level of detail“ (LOD)
 - ▶ ermöglicht maßstab-abhängige Darstellung der Auflösung bzw. Stützpunktdichte

Konsequenzen II (Vektordaten)



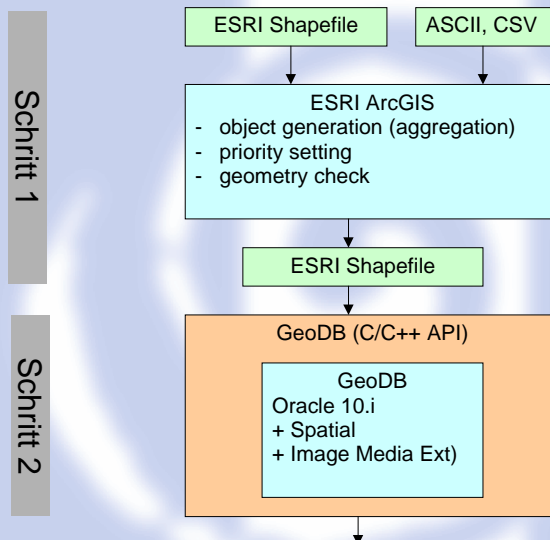
- Berechnung der „Genauigkeit“ themenweise
- Problem bei gemeinsamen Linien
 - ▶ z.B. Grenze = Gewässer
 - ▶ Werte nicht identisch (außer originale bzw. max. Auflösung)
 - ▶ bei Visualisierung Klaffungen und Abweichungen
- Lösung: „Adaption“ der Themen
 - ▶ Vergleich der „Genauigkeiten“ für jeden Stützpunkt
 - ▶ bei ident. Koordinate (mit Toleranz): verwende höchste Genauigkeit (d.h. numer. Minimum beider Werte)

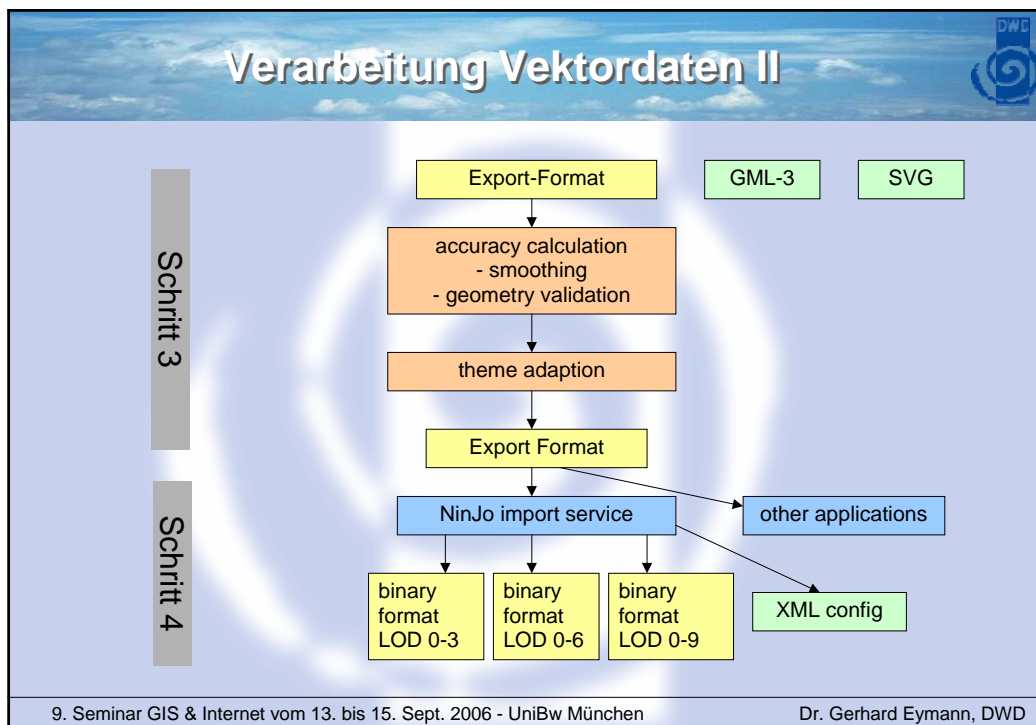
Gesamter Datenfluss (Vektor)



- (1) Visualisierung & Aufbereitung mittels GIS
 - ▶ ESRI ArcGIS
 - ▶ „zur Objekt“-Bildung bzw. -Aggregation
- (2) Datenhaltung, -speicherung: GeoDB
 - ▶ basierend auf Oracle Spatial
- (3) Berechnung auflösungs-abhängiger Parameter (LOD)
 - ▶ C, C++ Programme (während Import in GeoDB oder nach Export)
- (4) [für NinJo] Konversion für effiziente Visualisierung
 - ▶ LOD-weise, gekachelte Speicherung
 - ▶ binäres Format

Verarbeitung Vektordaten





- ## Aufbereitung vektorieller Daten
- **Schritt (1): Objektbildung, Aggregation**
 - ▶ Bearbeitung mit ESRI ArcGIS
 - Aggregation geometr. Elemente (Arcs)
 - einheitl. Name oder ID
 - ▶ Manuelle Aggregation
 - bei dürtig attribuierten Daten (z.B. VMAP0)
 - sehr arbeitsintensiv
 - Erfassung wichtiger Objekte
 - ▶ (semi) automatische Aggregation
 - bei detailliert attribuierten Daten (z.B. DLM)
 - mittels Avenue Scripten
 - Kriterien themenabhängig, z.B. Gewässer: Länge; Strassen: Kennung
 - ggf. manuelle Korrektur
 - **Setzen des Attributs Priorität**
 - ▶ zusätzl. Spalte in Attribut-Tabelle
9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München Dr. Gerhard Eymann, DWD

Aufbereitung vektorieller Daten



- Schritt (2): Import in GeoDB / Oracle Spatial
 - ▶ fungiert als Permanentspeicher
 - ▶ Speicherung jeder Koordinate in 3 Dimensionen (lat, lon, accuracy)
 - ▶ Importformat Shapefile
- Export
 - ▶ kein geeignetes, standardisiertes Format vorhanden (Jahr 2000)
 - ▶ Spezifikation eines proprietären ASCII Formats
 - ▶ Alternativen:
 - SVG (Scalable Vector Graphics)
 - GML-3 (Teststadium, noch keine Visualisierung)
 - ◆ Konsolidierung zu erwarten
 - ◆ Unterstützung durch ArcGIS 9.x ?

Aufbereitung vektorieller Daten



- Schritt (3): „Ausdünnung“ der Objektgeometrie
- 3a: Ermittlung von Genauigkeitsstufen
 - ▶ modifizierter Douglas-Peucker-Algorithmus
 - ▶ für *jede* Genauigkeitsstufe liegt ein vollständiges, geometrisch korrektes Objekt vor
 - ▶ Nachbearbeitung: Glättung und Schnittpunktfreiheit (s.u.)
- 3b: Adaption einzelner Themen
 - ▶ Anpassung der Genauigkeitswerte unterschiedl. Themen (s.u.)

Aufbereitung: Berechnung Genauigkeit



● Berechnung der „Genauigkeiten“

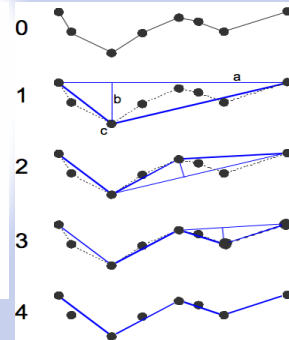
- ▶ Basis ist Douglas-Peucker-Algorithmus (DPA)
- ▶ mehrfacher Durchlauf für jede Genauigkeitsstufe
- ▶ bei jedem Schritt Vergabe eines Genauigkeitswertes (0 - 9)

Erklärung zum Bild:

- 0: ursprüngliche Linie bestehend aus 8 Punkten
- 1-3: drei Iterationen bis Abstand kleiner als ϵ (zuvor festgelegter Grenzwert)
- 4: geglättete Linie bestehend aus nunmehr 5 Punkten
- a = Verbindungslinie zwischen Anfangs- und Endpunkt
- b = maximaler Abstand zwischen Punkt und Linie
- c = Punkt mit maximalem Abstand

Verfahrensschritte:

1. konstruiere Verbindungslinie zwischen Anfangs- und Endpunkt
2. suche Punkt mit maximaler lotrechter Entfernung zu dieser Verbindungslinie
3. wenn Abstand $> \epsilon$, dann behalte Punkt und gehe zu 1. (nächste Iteration); wenn Abstand $< \epsilon$, dann Ende



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Douglas-Peucker-Algorithmus>

9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München

Dr. Gerhard Eymann, DWD

Aufbereitung: Berechnung Genauigkeit



● Modifikation DPA:

- ▶ Vorgabe gewünschter Häufigkeitsverteilung der Genauigkeitswerte
- ▶ (bei 10 Stufen): 0: ~1%, 1: ~2%, ..., 9: ~50% (Σ 100%)
- ▶ erzielt durch geeignete, heuristische Vorgabe von Schwellwerten ϵ

● Ablauf:

- ▶ (1) definiere ϵ so, dass (4) für ~1% der Stützpunkte erfüllt ist
- ▶ (2) konstruiere Verbindungslinie (wie oben beschr.)
- ▶ (3) suche Punkt mit max. Abstand
- ▶ (4) wenn Abstand $> \epsilon$ gehe zu (1), sonst Ende
- ▶ (5) verringere ϵ so, dass (4) für ~2% der Stützpunkte erfüllt
- ▶ (6) Wiederholung für alle restlichen Punkte (8 mal, jeweils mit anderem ϵ)
- ▶ (7) Ende: restlichen Punkte erhalten Genauigkeitswert 9

● Eigenschaften, Vorteile:

- ▶ keine Modifikation der Objektgeometrie
- ▶ keine weiteren Stützpunkte
- ▶ max. originale Auflösung bleibt erhalten

9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München

Dr. Gerhard Eymann, DWD

Aufbereitung: Nachbearbeitung



- **Nachbearbeitung 1: Glättung (beseitigt schroffe Übergänge)**
 - ▶ für alle Genauigkeitsstufen:
 - berechne Gradient zu Nachbarpunkten
 - ▶ Vergleich mit Schwellwert δ (entspricht Winkel)
 - falls Gradient $> \delta$ & Abstand $< \varepsilon$: erhöhe Genauigkeitswert
 - ◆ sonst keine Änderung
- **Nachbearbeitung 2: Elimination von evtl. Schnittpunkten**
 - ▶ für ein Objekt mit best. Genauigkeitsstufen können Schnittpunkte auftreten
 - führt zu Problemen bei Visualisierung (innen/aussen?)
 - ▶ berechne für jeden Linien/Polygonabschnitt Umhüllende mit allen Koordinaten
 - bei Überlappung: Test auf Schnittpunkt
 - ◆ ja: erhöhe Genauigkeitswert eines Punktes zwischen Anfangs- und Endpunkt der Schnittlinie (d.h. erniedrige numer. Wert)

Aufbereitung: Adaption



- **Nachbearbeitung: Adaption**
 - ▶ die Genauigkeitswerte werden zunächst themenweise berechnet
 - ▶ verschiedene Themen haben identische Bedeutung (z.B. Gewässer ist Grenze)
 - ▶ gleiche Koordinaten sollten ident. Genauigkeitswerte haben
 - ▶ nicht für alle Themen notwendig
 - ▶ negativer Einfluß auf erwünschte Häufigkeitsverteilung bzw. Datenreduktion
- **Vorgehen:**
 - ▶ Vergleich der Koordinatentripel (lat, lon, accuracy) jedes Stützpunktes eines Themas mit allen Stützpunkten des zu adaptierenden Themas:
 - ▶ falls $lat_1 \approx lat_2$ & $lon_1 \approx lon_2$ & $accu_1 \neq accu_2$:
 - setze $accu_1 = accu_2 = \min(accu_1, accu_2)$
 - ▶ Beginn und Ende von gemeinsamen (Teil)Geometrien erhalten minimalen Genauigkeitswert des Objektes

Ende der allg. Aufbereitung



- Geodaten stehen nach Schritt (3) für Anwendungen zur Verfügung
 - ▶ Prioritäten (jedes Objektes)
 - ▶ Genauigkeitswerte (jeder Koordinate)
 - ▶ korrekte Geometrie
- Verwendung in div. Anwendungsprogrammen
 - ▶ **JavaMap** (meteorolog. self-briefing System)
 - kann hoheitl. Anwendern unentgeltl. zur Verfügung gestellt werden
 - ▶ **skyView** (web-basierte Visualisierung von Luftfahrtinformationen)
 - <http://www.dwd.de/de/SundL/Luftfahrt/Flugwetter/skyview/index.htm>
 - ▶ **webKonrad**: web-basierte Visualisierung von Radardaten
 - interne Anwender und geschl. Benutzergruppe
 - ▶ **QualiMet** (Qualitätsmonitoring von Beobachtungsdaten)
 - DWD interne Anwendung
 - ▶ **TriVis** (TV Visualisierung)
 - <http://www.trivis.de>
 - ▶ **NinJo**: Meteorologische Workstation, s.u.

Import für NinJo



- ASCII Format ungeeignet für performanten Zugriff
 - ▶ Konsequenz: Definition eines Binärformats
- Weitere Features:
 - ▶ Kachelung (z.B. Weltkarte: 30 * 30 Grad)
 - „Zerschlagung“ der Geometrie notwendig
 - geringfügiger Volumenzuwachs für Metainformation
 - ▶ (kumulative) Speicherung mehrerer LOD (Genauigkeits) Stufen
 - 3 Stufen (LOD 0-3, LOD 0-6, LOD 0-9)
 - Erhöhung des Speichervolumens
- Volumenvergleich
 - ▶ Shapefiles: DLM1000: 300 Mbyte, VMAP0: 950 Mbyte
 - ▶ GeoDB : DLM1000: 45 Mbyte, VMAP0: 230 Mbyte
 - ▶ NinJo: : DLM1000: 85 Mbyte, VMAP0: 300 Mbyte
 - ▶ Gesamtvolumen vektorieller Daten NinJo: 420 Mbyte

Visualisierung Vektordaten in NinJo



- spezif. Komponente (Graphics Object Factory)
 - ▶ Schnittstelle zur Kapselung spezif. Java-APIs (z.B. Java-2D, Java-3D)
 - ▶ enthält Renderer für Grafikexport (PNG, JPG, PDF, ...)
 - ▶ Verwendung: JOGL (Java for OpenGL)
 - ▶ Anbindung von OpenGL via JNI (Java Native Interface)
- Konfiguration mit XML
 - ▶ alle graphischen Attribute
 - ▶ „Priorität“ und „Genauigkeit“ sind Funktion des Maßstabs
 - ▶ Auswahl der Daten (global, national) als Funktion des Maßstabs
- Erstellung eines Scenegrphen
 - ▶ unabhängige Behandlung von Geometrie und Attributen
- geodätische Transformation „on the fly“
 - ▶ ca. 10 Methoden, gängige Abbildungen
 - ▶ pure Java

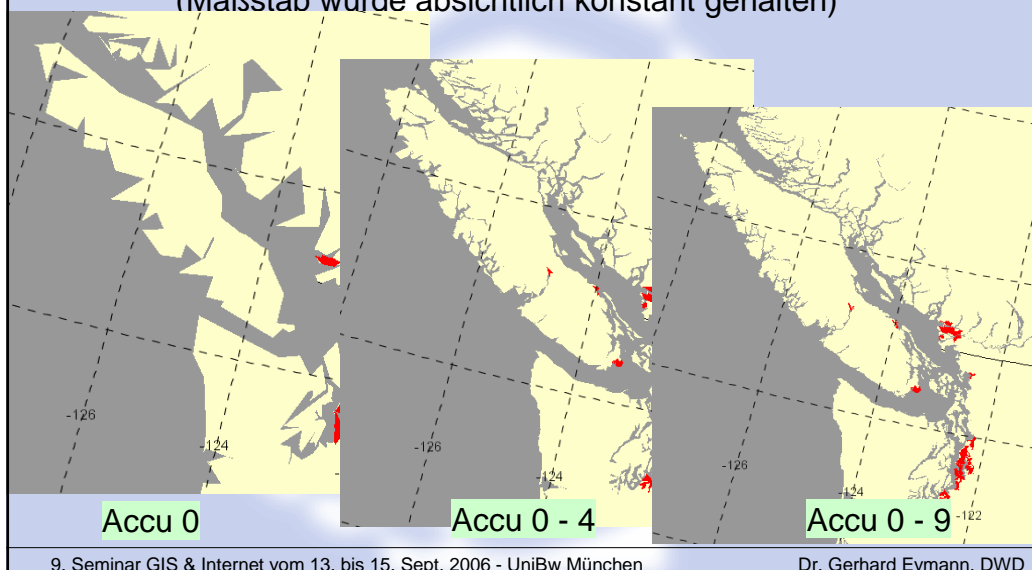
9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München

Dr. Gerhard Eymann, DWC

Effekt versch. Genauigkeiten

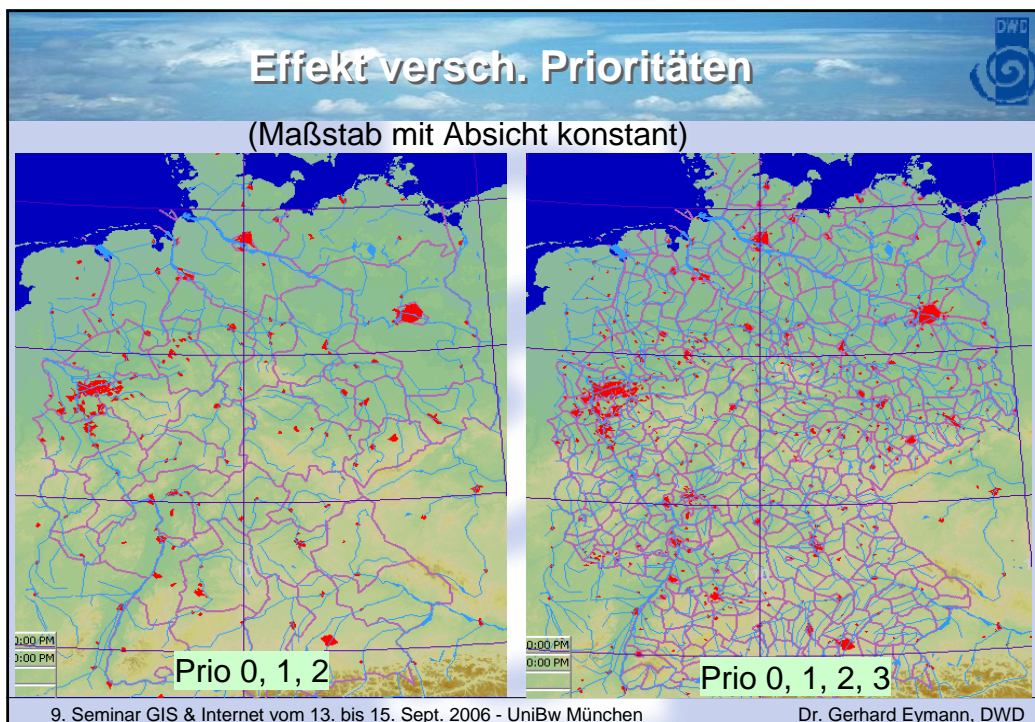
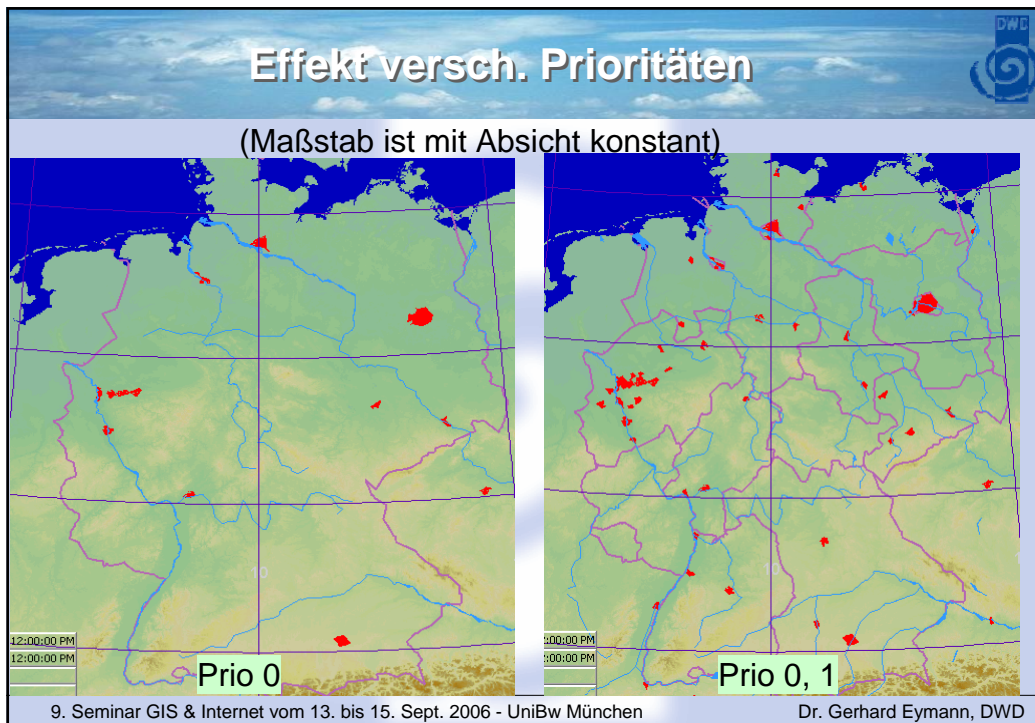


(Maßstab wurde absichtlich konstant gehalten)



9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München

Dr. Gerhard Eymann, DWC



Einstellung Grafikattribute

Rechts: Farb-Editor

Unten: Auswahl von Themen & Def. von Attributen Vektordaten

9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - Uni

Visualisierung von Rasterdaten

- JAI: Java Advanced Imaging
 - ▶ Java API zur Rasterdatenverarbeitung und -visualisierung
 - ▶ hoher Abstraktionsgrad
 - ▶ pipeline - Verarbeitungsmodell
 - ▶ unterstützt viele gängige Formate (inkl. Kompression)
 - ▶ unterstützt „tiled“ und „multi-resolution images“
 - jedoch kein Handling fehlender Kacheln
 - ▶ hoher Speicherbedarf (vollst. Bild im Speicher / RAM)
 - ▶ Unterstützung hardware-naher Features
 - ▶ Unterstützung von Bildverarbeitungsoperationen

9. Seminar GIS & Internet vom 13. bis 15. Sept. 2006 - UniBw München Dr. Gerhard Eymann, DWD

Projektion von Rasterdaten

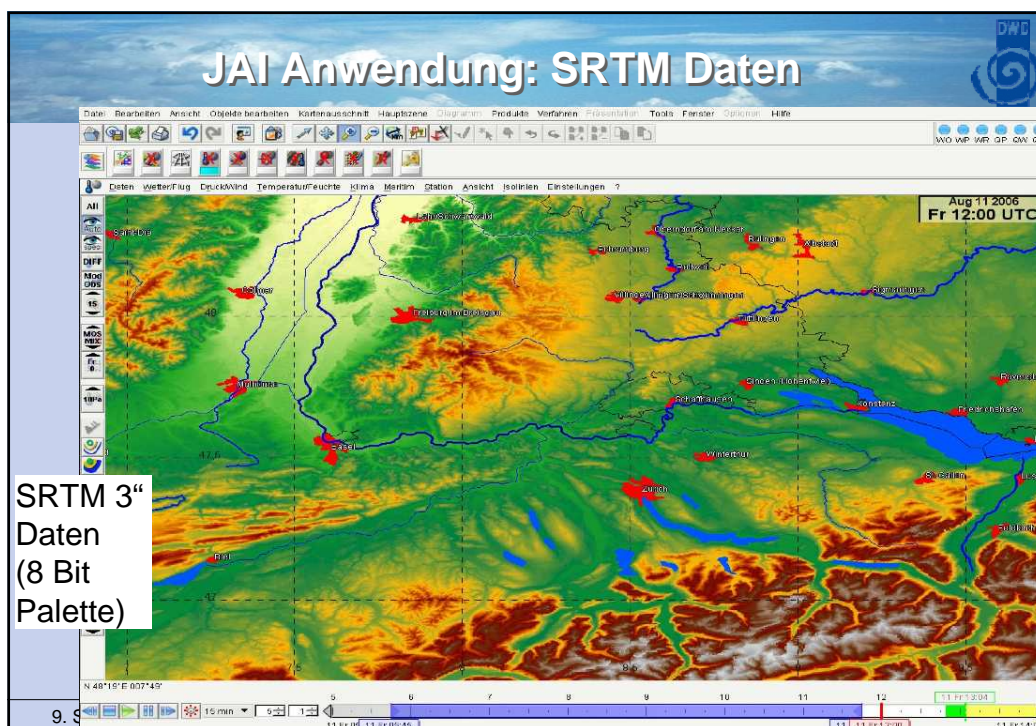
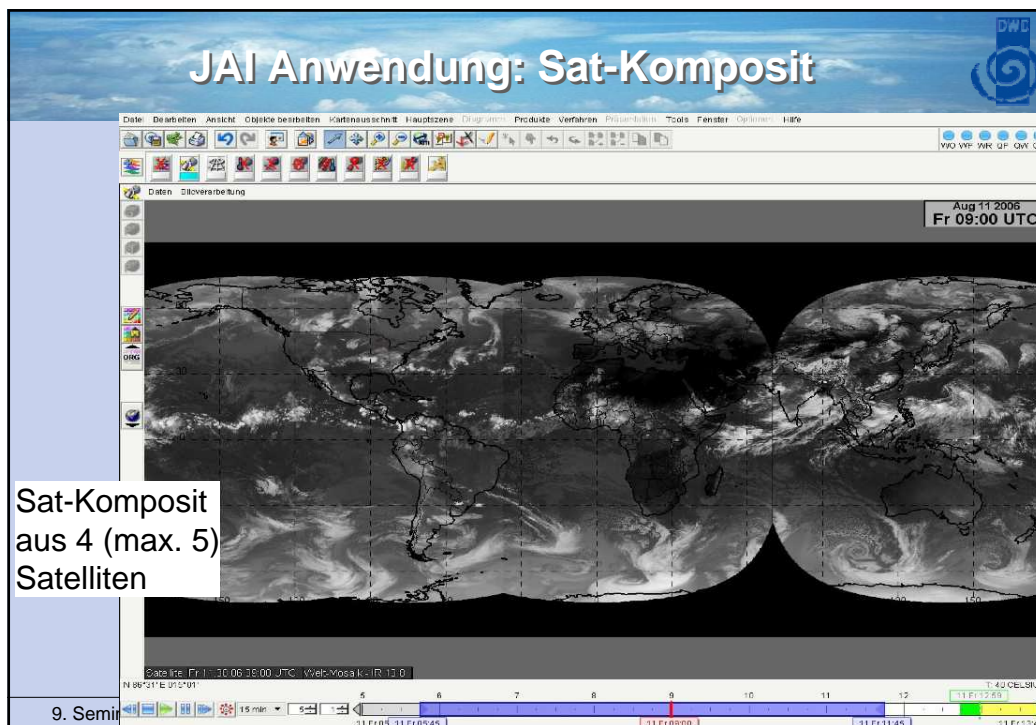


- „warping“ Methoden, basierend auf Gitter
 - ▶ package javax.media.jai, Klasse WarpGrid
 - ▶ geeignet für geodätische Transformationen
 - Berechnung eines Gitters mit exakter Transformation
 - affine Interpolation für Zwischenraum
- Kapselung der JAI Funktionalität in API
 - ▶ Verwendung für alle Arten Rasterdaten (Satellit, Radar, ...)
- JAI unterstützt lineare (affine) u. nicht-lineare Abbildungen

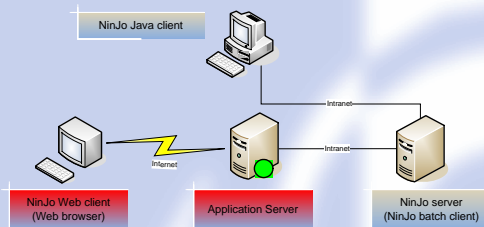
Arten von Rasterdaten



- Prototypischer Test zur Eignung
 - ▶ Erzeugung eines Komposits aus GTOPO30 Daten (ca. 90 Mbyte, Palettenbild)
 - ▶ Visualisierung und Bildfunktionen auf Büro-PC in (nahezu) Echtzeit
- Datenbestand:
 - ▶ GTOPO30
 - ▶ Landsat
 - ▶ Topograph. Karten
 - ▶ Komposits aus SRTM-3 Daten (Europa, Südafrika, Nordamerika)
 - ggf. weitere, je nach Kundenanforderung
 - ▶ 8 Bit Palettenbild wg. Performance (Mitteleuropa ca. 240 Mbyte)
 - ▶ auch 16-Bit/Pixel, RGB u. RGBA Bilder möglich
 - ▶ Speicherung als GeoTIFF (multi-page, tiled, 2 geo tags)



Weiterentwicklungen: Batch, Application Server



NinJo Application Server:

- Visualisierung von Grafikprodukten mit Browser
- GUI Entwurf s.u.

NinJo Batch:

- Client (ohne GUI, headless)
- erzeugt off-line Grafikprodukte
- Vordefinition (XML) ähnl. Favorit
- on-line Spezifikation (Produktion on demand)



Referenzen

● Mitwirkende:

- ▶ NinJo Team (ca. 40 Entwickler aus 5 Staaten & 8 Standorten)
- ▶ DWD: Astrid Schöne, Carola Graute, Hans-Joachim Koppert (PL), Dr. Arnold Meyer, Dr. Martin Pusack (Potsdam), Thomas Reiniger (jetzt MeteoSwiss)
- ▶ GeoInfoDienst Bw: Ramona Hein, Karl-Wilhelm Stroh (Traben-Trarbach) Daniel Tillinger (Offenbach)
- ▶ Fa. Basler & Partner: Ewald Murra, Jörg Benkenstein (Potsdam)
- ▶ Fa. ask-visual: Gregor Schnee (Darmstadt); Fa. sd&m: Dr. Volker Jung (Offenbach)

● Quellen Internet:

- ▶ <http://www.ninjo-workstation.com>
- ▶ <http://www.dwd.de/de/Technik/Projekte/NinJo/index.htm>
- ▶ <http://java.sun.com/products/java-media/jai/success/ninjo.html>

● Kontakt:

- ▶ gerhard.eymann@dwd.de
- ▶ hans-joachim.koppert@dwd.de