

Georeferenzierung alter topographischer Karten -- Crowdsourcing versus Bildverarbeitung

Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
Universität Rostock
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät
Professur für Geodäsie und Geoinformatik

- DFG-Projekt
- Altkarten/-sammlungen in Forschung und Praxis
- Georeferenzierung von Messtischblättern und Topographischen Karten 1:25.000
 - Crowdsourcing
 - Bildverarbeitung
- Qualitätsanalysen
- Fazit und Ausblick

- Thema:
 - Virtuelles Kartenforum 2.0 – Eine Service-orientierte virtuelle Forschungsumgebung in der Deutschen Fotothek
- Projektpartner:
 - Prof. Dr. Thomas Bürger, Sächsische Landesbibliothek Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB), BU 2228/14-1
 - Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill, Professur für Geodäsie und Geoinformatik (GG), Universität Rostock, BI 467/24-1
- Laufzeit:
 - 1.3.2013 – 28.2.2015
- Förderer:
 - Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des LIS-Förderbereichs Informationsmanagement
 - Programm Virtuelle Forschungsumgebung



Altkarten/-sammlungen in Forschung und Praxis

- Der Begriff „Altkarten“ umfasst topographische oder thematische Karten aus früheren Zeiten (im Unterschied zu „Historische Karten“)
- Altkarten sind wichtig für räumlich forschende Wissenschaftsdisziplinen wie z.B. Kulturlandschaftsforschung
- Zugriff auf digitale Altkarten stellt wichtige Basis für kollaboratives Arbeiten in e-Science und virtuellen Forschungsumgebungen



Tilemann Stella: Mecklenburgkarte 1552
(~1:500.000)

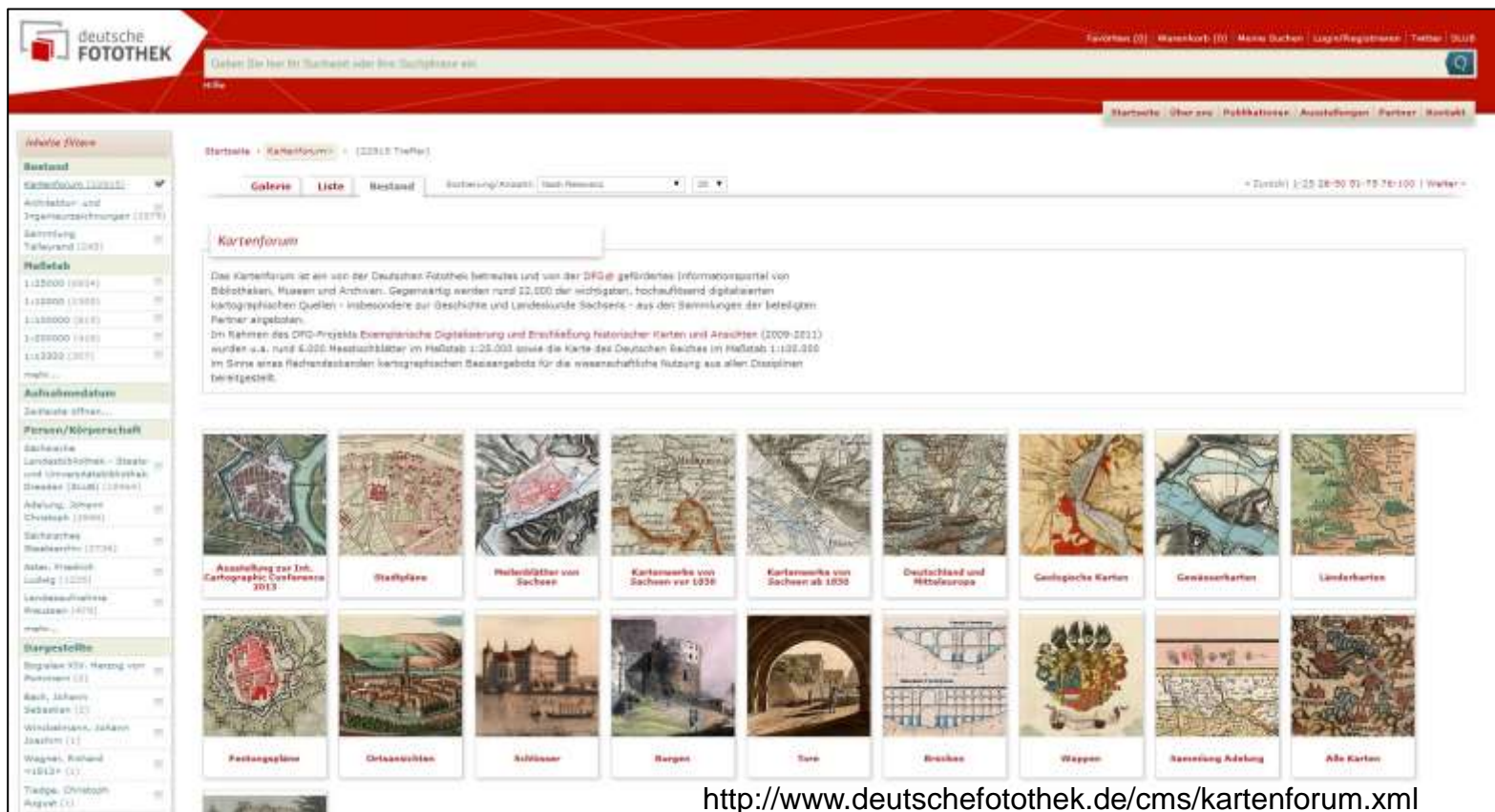


Karte d. Berliner Akademie d. Wissenschaften 1764
Berliner Akademie d. Wissenschaften (1764):
Thematischer Atlas
Mecklenburgs (~1:183.000)

- Historische Karten, Stadtpläne und Ansichten gehören zu den wertvollsten Beständen großer europäischer Bibliotheken
- Verschiedene Bibliotheken bieten internetbasierten Zugriff auf digitale Altkarten, z.B.
 - Bayerische Landesbibliothek – Digimap
 - SBB Berlin – IKAR-Altkartendatenbank
 - UB Bremen
 - SLUB Dresden – Kartenforum
 - UB Freiberg
 - SUB Göttingen
 - ULB Halle
 - UB Bern - Kartensammlung Ryhiner
 - andere
- Sonstige Bestände:
 - Landesvermessungsämter
 - David Rumsey Map Collection
 - oldmapsonline.org



- Eine der größten Sammlungen (177.000 Einzelblätter = Karten, Stadtpläne und Ansichten) aus verschiedenen Sammlungen
- „Deutsche Fotothek“ mit ca. 23.500 digitalisierten Karten (Stand 2014)



The screenshot shows the 'deutsche FOTOTHEK' website interface. At the top, there is a search bar and navigation links. The main content area is titled 'Kartenforum' and contains a descriptive paragraph about the forum's purpose and the digitalization project. Below the text is a grid of 18 thumbnail images, each with a caption. The captions include: 'Ausstellung zur Int. Cartographic Conference 2013', 'Stadtpläne', 'Historische Karten von Sachsen', 'Kartenwerke von Sachsen vor 1030', 'Kartenwerke von Sachsen ab 1030', 'Deutschland und Mitteleuropa', 'Geologische Karten', 'Gewässerkarten', 'Länderkarten', 'Festungsgläser', 'Ortsansichten', 'Schlösser', 'Burgen', 'Tore', 'Brücken', 'Wappen', 'Sammlung Adelsberg', and 'Alte Karten'.

<http://www.deutschefotothek.de/cms/kartenforum.xml>

- Umfassende topographisch-geographische Aufnahmen durch Vermessung und maßstäbliche Darstellung des Landesgebiets in (amtlichen) Kartenwerken verschiedener Maßstäbe entstanden ab Ende des 18. Jahrhunderts.
- Messtischblätter => Topographische Karten 1:25.000
- Heute als Digitale Topographische Karte DTK 25 verfügbar.
- Beispiele Altkarten für das Gebiet des historischen Mecklenburgs



Wiebekingsche Karte
(1786-1788) 1 : 24.000



Schmettausche Karte
(1788) 1 : 50.000

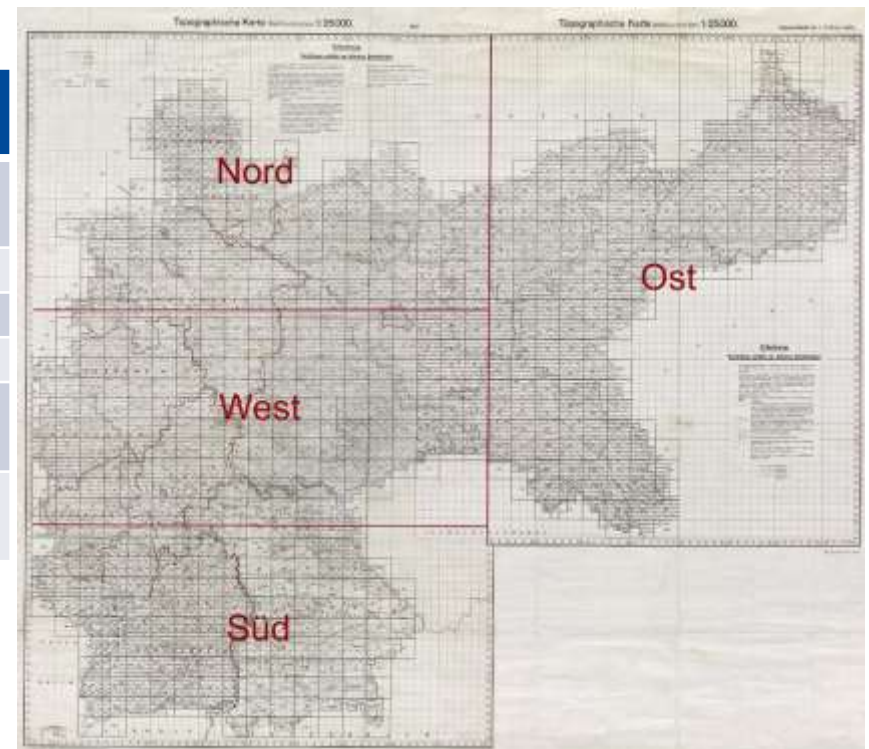


Messtischblätter
(ab 1830) 1 : 25.000

- (Preußische) Messtischblätter
(ab 1820)

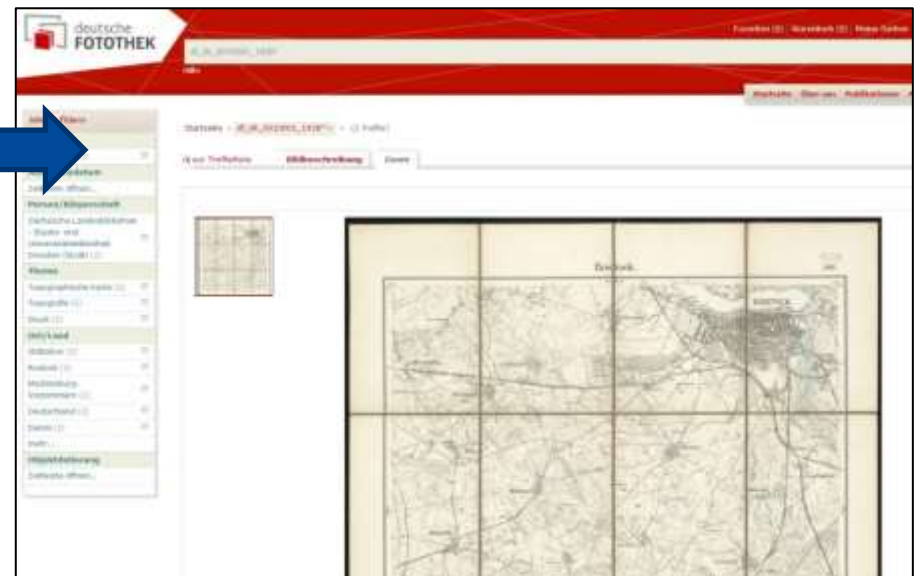
Maßstab 1: 25000	(1 cm Karte = 250 m Natur) (4 cm Karte = 1 km Natur)
Gradab- teilungskarte	10' geographische Lage * 6' geographische Breite
Gebiet ca.	11,5 x 11 km ~ 125 km ²
Bezug	Besselellipsoid (1841)
Abbildung	Gauß – Krüger
Blattbe- zeichnung	Vierstellige Blattnummer + Blattname
Format	60 cm x 58 cm, Karteninhalt 48 x 45 cm lt. Fotothek

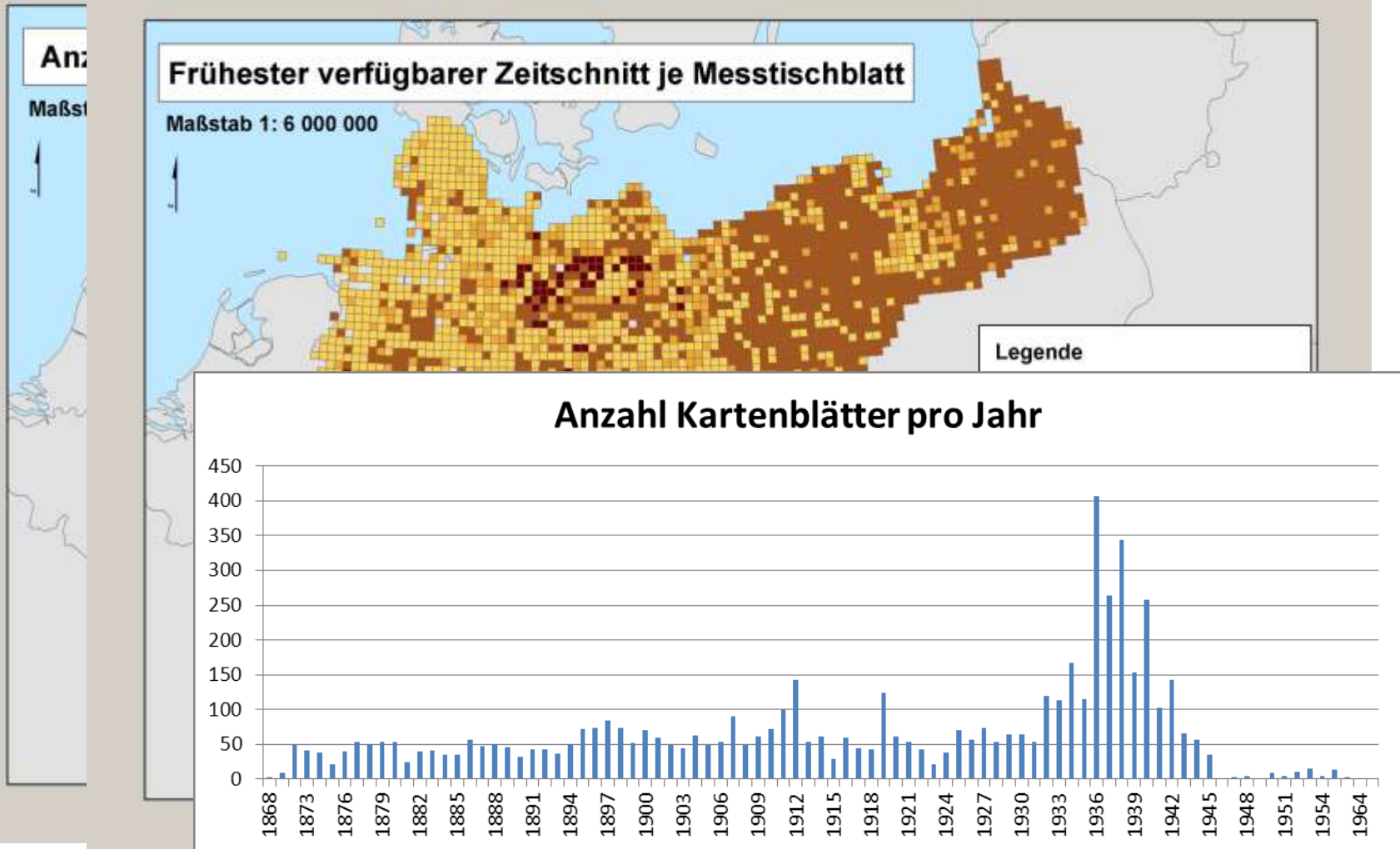
- Topographische Karten 1:25.000
(TK25) (ab etwa 1920)
 - Reichsamt für Landesaufnahme



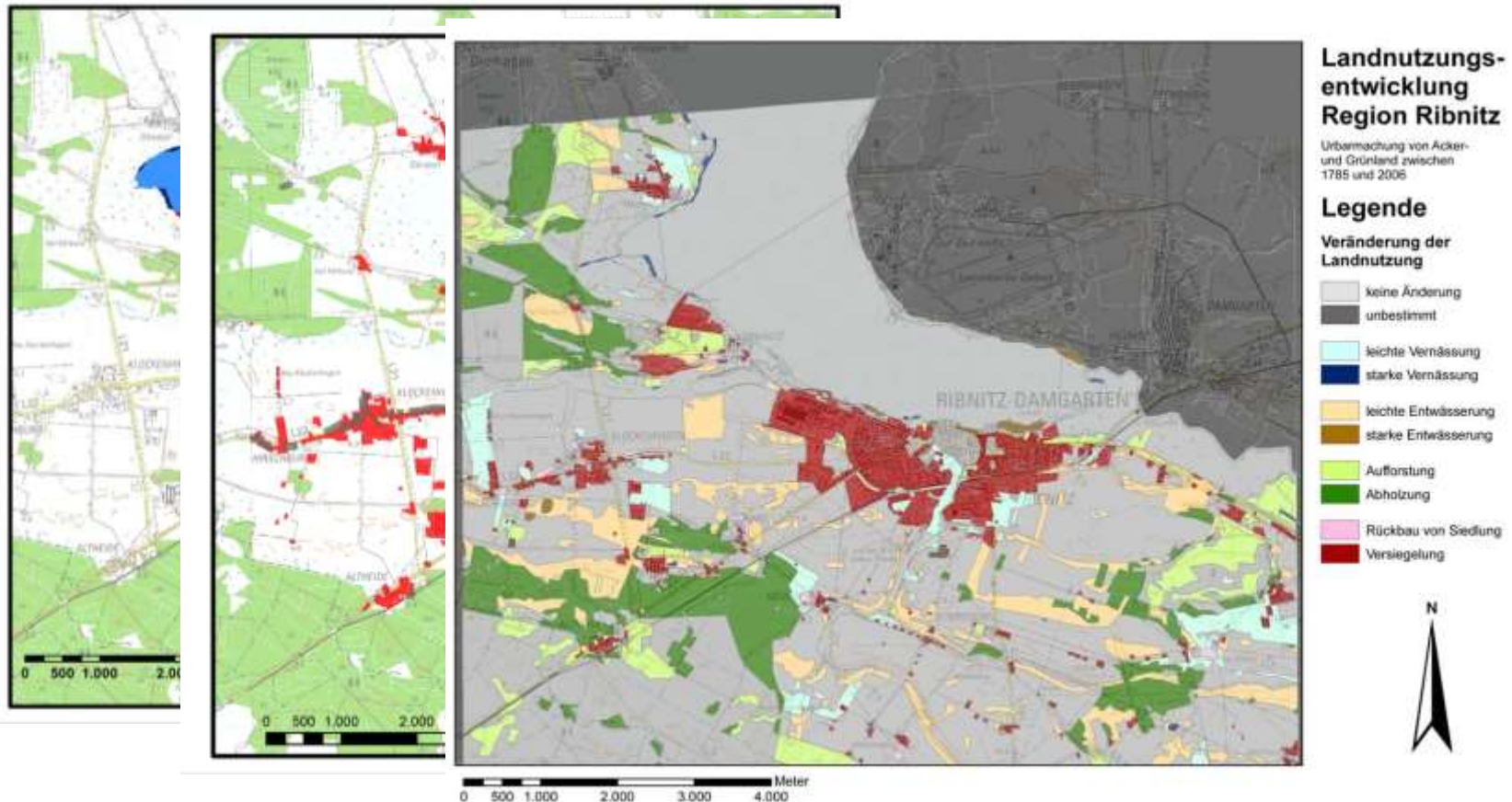
<http://www.deutschefotothek.de/cms/kartenforum-sachsen-messtischblaetter.xml>

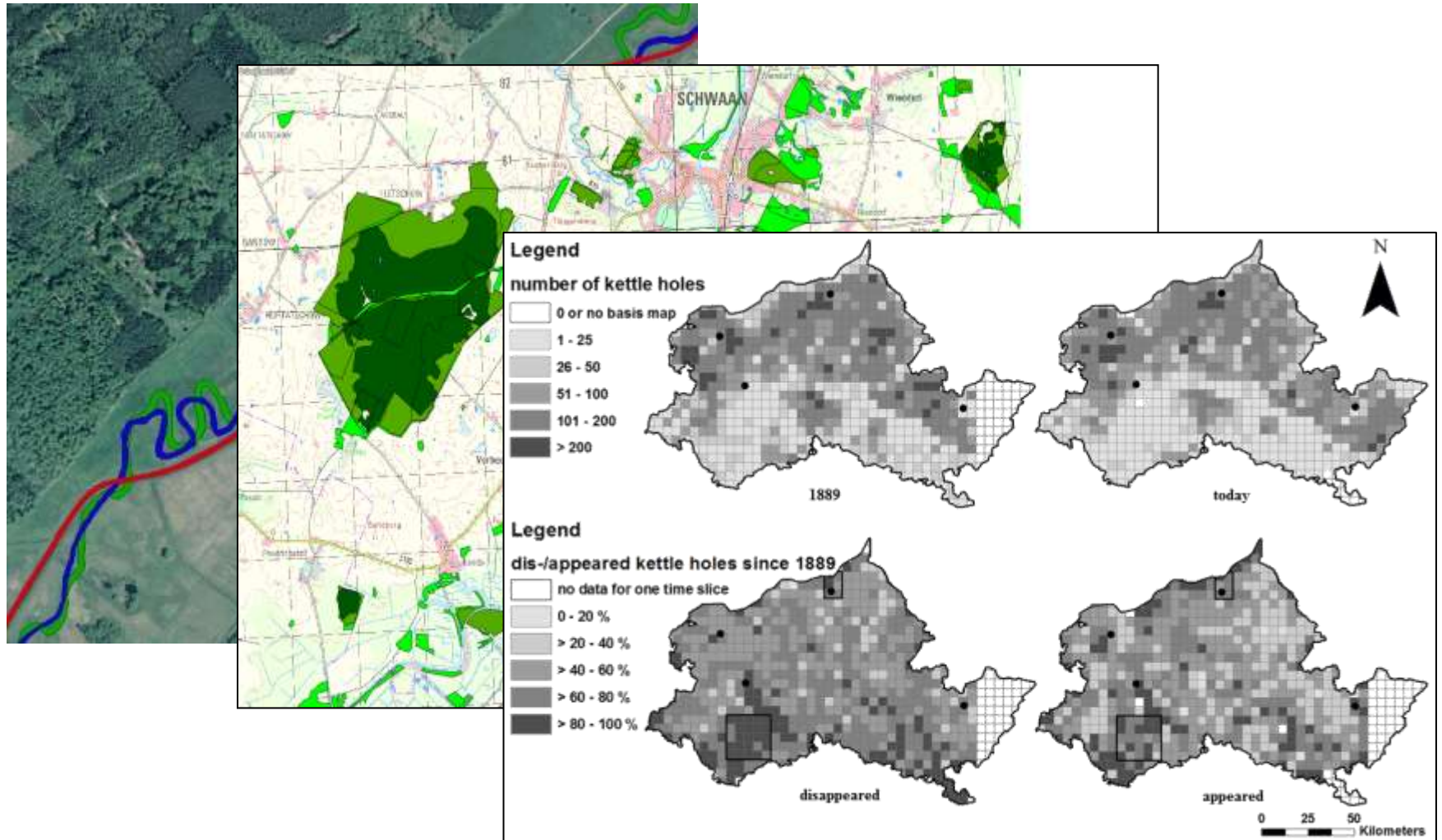
- Preußische Landesaufnahmen - „Messtischblätter (MTB)“
 - Flächendeckendes kartographisches Basisangebot im Bereich des ehemaligen Deutschen Reichs
 - Über 6.000 MTB im Maßstab 1 : 25.000, von 1868 bis 1965
 - 674 MTB im Maßstab 1 : 100.000





- Küstenlinienentwicklung der Region Ribnitz
- Siedlungsentwicklung der Region Ribnitz
- Landnutzungsentwicklung (Siedlung/Acker/Grünland/Forst) der Region







Georeferenzierung

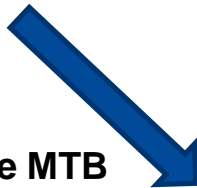
Kartenforum 1.0



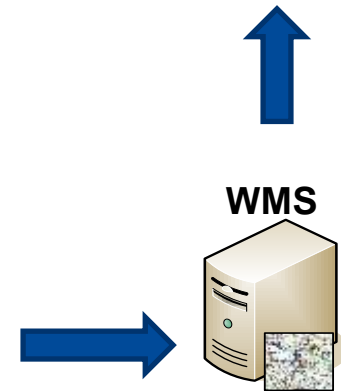
Kartenforum 2.0



Nicht referenzierte MTB



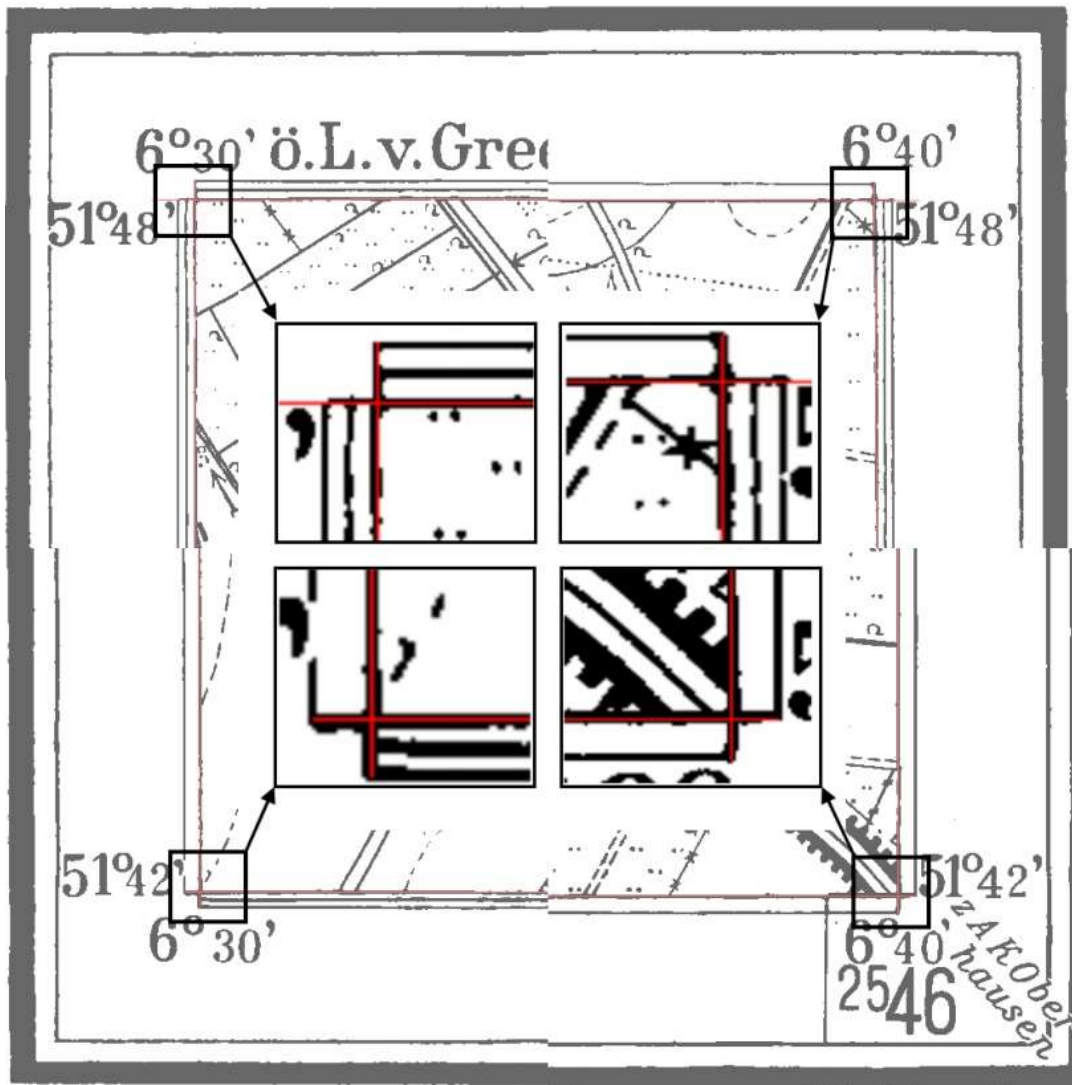
Georeferenzierung



- „**Georeferenzierung** kann als räumliches Metakonzept betrachtet werden, womit räumliche Referenzinformation einem Datensatz mitgegeben wird. Hierzu gehören die **Wahl des geodätischen Bezugssystems** und die **Festlegung der Passpunkte**, die zur Überführung verwendet werden sollen. Den eigentlichen Überführungsschritt leistet dann die Geokodierung.“
 - ⇒ **1.1** EPSG:4314 = Deutsches Hauptdreiecksnetz (Geographische Koordinaten mit Datum Potsdam) und Ellipsoid von Bessel
 - ⇒ **1.2** Messung der vier Gitterpunkte am Kartenrand
- „**Geokodierung** behandelt den tatsächlichen **Transformationsschritt**, der notwendig ist, um Daten verschiedenartiger Georeferenzierung in ein gewünschtes Referenzsystem umzurechnen. Bei Rasterdaten schließt dies z.B. das **Resampling** der Bildelemente mit ein. ...“
 - ⇒ **2.1** Ebene überbestimmte Transformationen mit 4 bis 6 Parametern
 - ⇒ **2.2** Resampling mittels „nearest neighbour“.

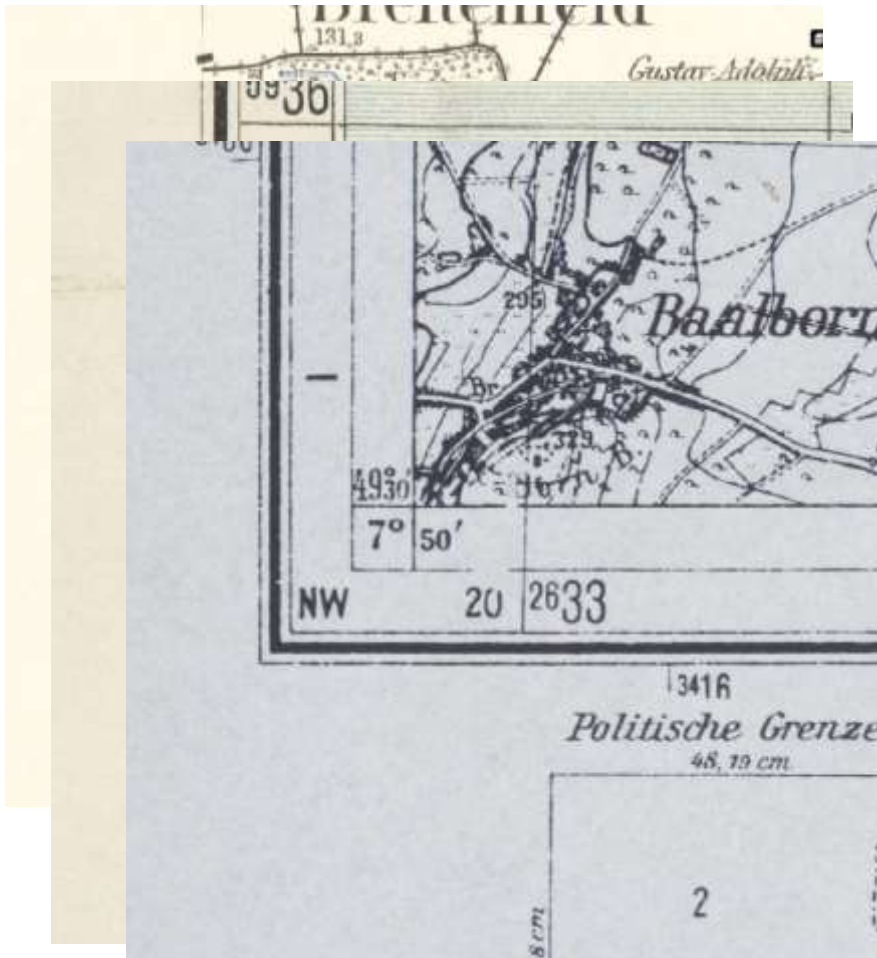
1

2



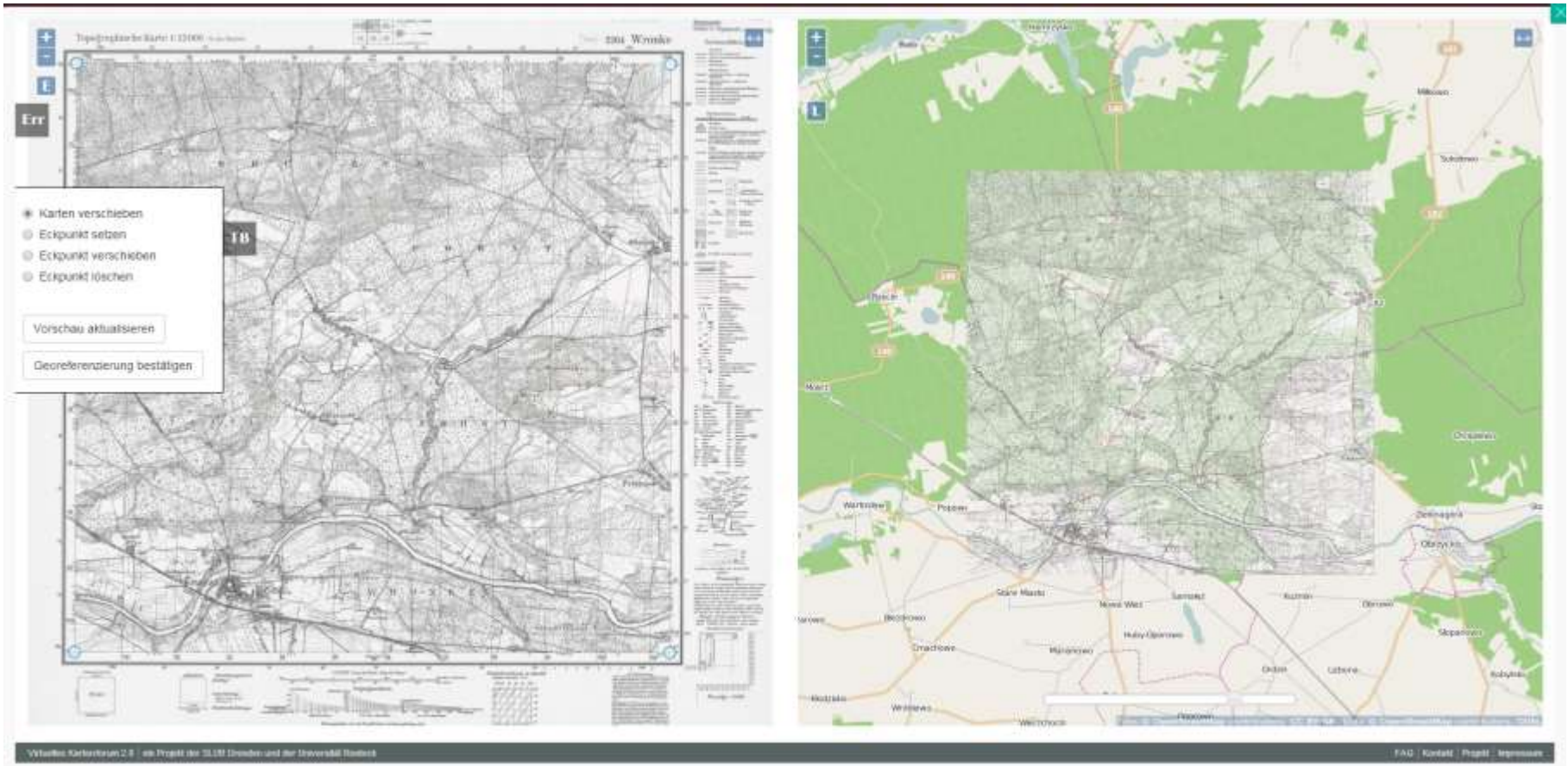
- POIs =
Kartenbildecken
(X,Y bekannt)
 - Einzelner Mitarbeiter
für 6.000 MTB:
10 Minuten pro MTB
→ 75 Arbeitstage
- ⇒ Crowdsourcing
durch Laien
- ⇒ Automatische
Bildverarbeitung der
POIs

Siehe Diplomarbeit P. Röhm, 2011



- Unterschiedliche Randgestaltung

Andere Probleme



VKForum 2.0 Client zur Georeferenzierung
→ <http://kartenforum.slub-dresden.de/vkviewer/>

1 Georeferenzierung mittels Bildverarbeitung

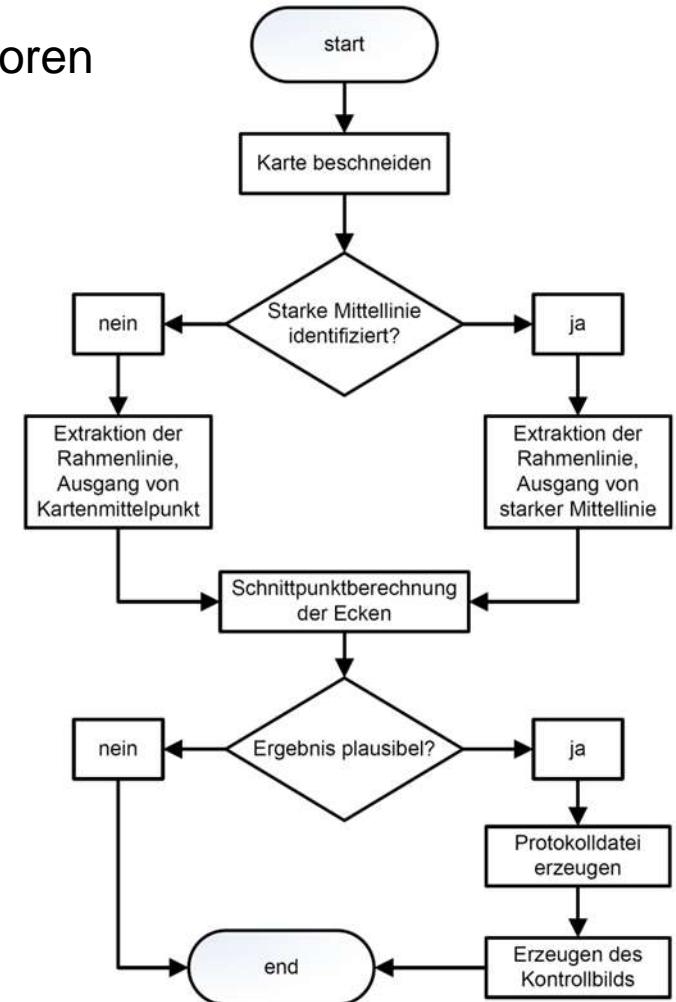
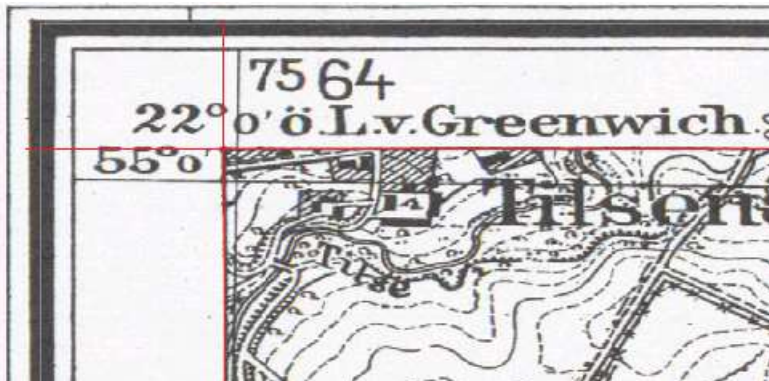
- Bestimmen der Bildinhalte
- Hough-Transformation/morphologische Operatoren



- Extraktion der inneren Rahmenlinie



- Schnittstelle der Rahmenlinien





Qualitätsanalysen

- Ähnlichkeitstransformation (4 Parameter)

$$X = X_0 + m \cdot \cos \alpha \cdot x - m \cdot \sin \alpha \cdot y$$

$$Y = Y_0 + m \cdot \sin \alpha \cdot x + m \cdot \cos \alpha \cdot y$$

- Affintransformation (6 Parameter)

$$X = X_0 + m_x \cdot \cos \alpha_x \cdot x - m_y \cdot \sin \alpha_y \cdot y$$

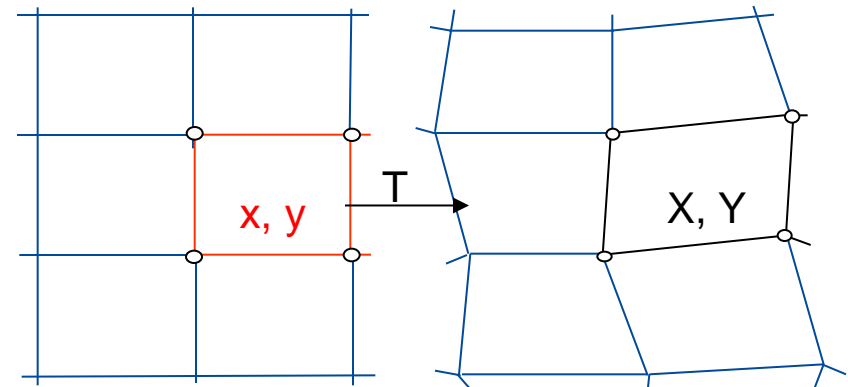
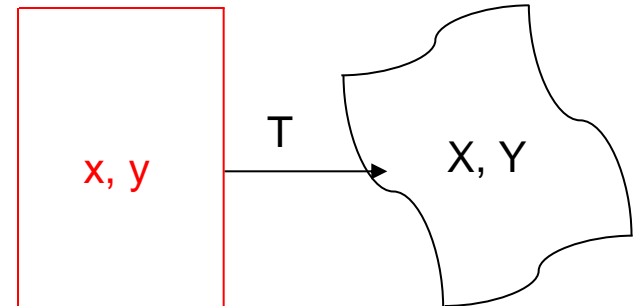
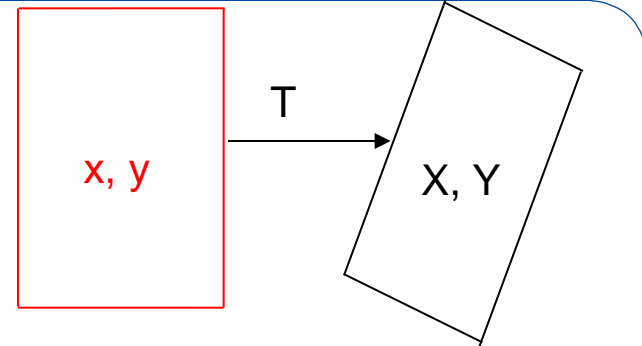
$$Y = Y_0 + m_x \cdot \sin \alpha_x \cdot x + m_y \cdot \cos \alpha_y \cdot y$$

- Polynomtransformation

$$X = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^j a_{ji} \cdot x^{j-i} \cdot y^i$$

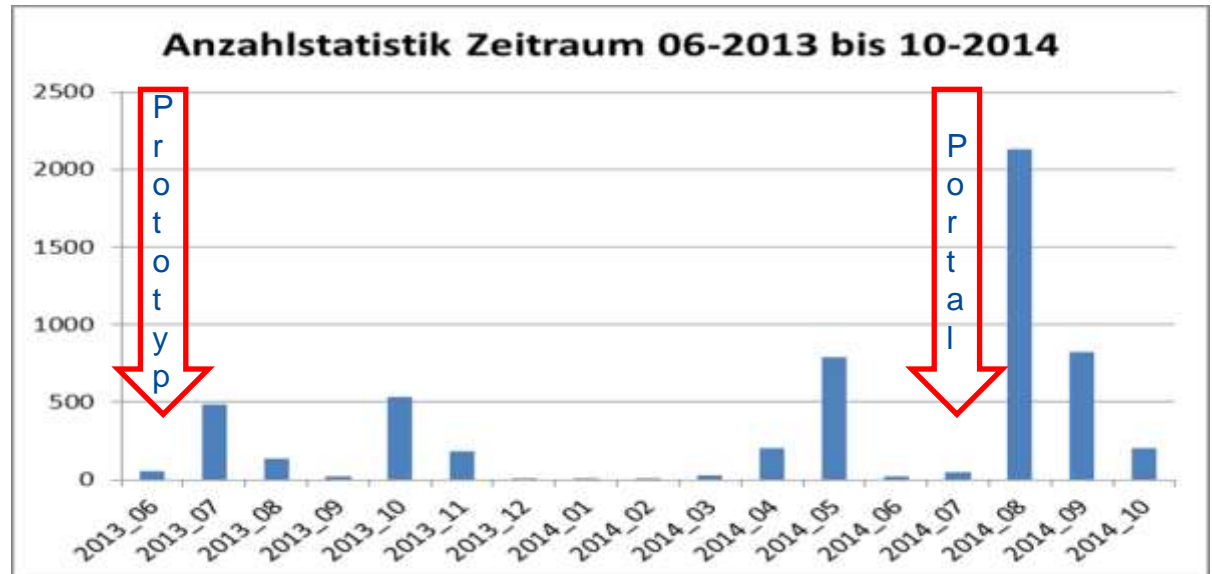
$$Y = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^j b_{ji} \cdot x^{j-i} \cdot y^i$$

- Maschenweise Affintransformation
(Lineares Rubbersheeting)



- [M1]: 2 Translationen, 1 Rotation, 1 Maßstab;
 - [M2]: 2 Translationen, 2 Rotationen, 1 Maßstab;
 - **[M3]: 2 Translationen, 2 Rotation, 2 Maßstäbe;**
 - [M4]: 2 Translationen, 1 Rotation, 2 Maßstäbe.
-
- Open Source Software “CoordTrans – The OpenSource Similarity Transformation Program” von Michael Lösler
 - Vorababschätzung der erreichbaren Genauigkeiten bei Karten im Maßstab 1:25.000
 - Zeichengenauigkeit von 0,1-0,2mm führt zu einem Lagefehler von etwa 2,5m bis 5m.
 - Scanqualität der Messtischblätter liegt bei etwa 1,6m.
- ⇒ Realistischer unter gegebenen Bedingungen eher bei 10-20m.

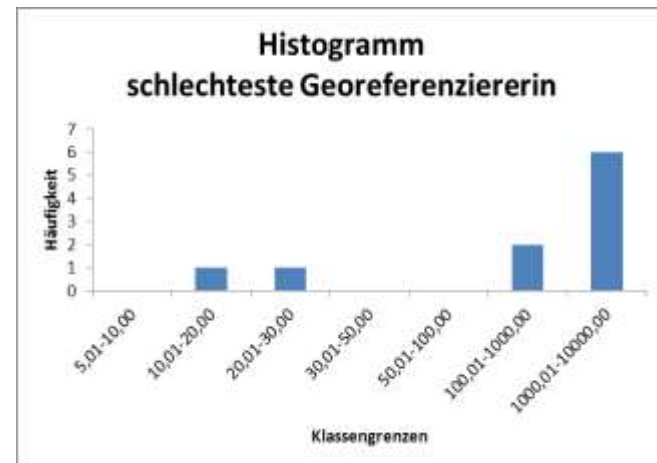
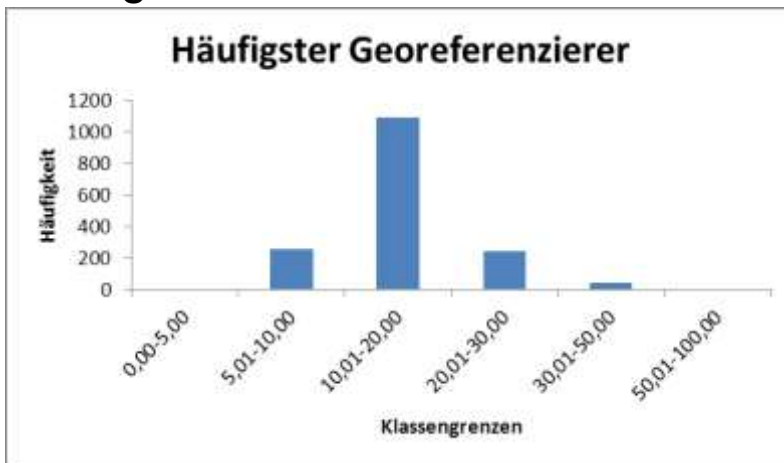
- 5.681 Kartenblätter durch 124 Nutzer gemessen und georeferenziert
- Knapp 10 Nutzer haben mehr als 100 Blatt georeferenziert.
- Davon 1.648 Blatt durch einen Nutzer.
- Die meisten Nutzer haben je 10 Blätter georeferenziert (Studenten aus Rostock).
- Nur eine absolute Ausreißerin.
- Im Schnitt dauert eine Georeferenzierung über die vier Karteneckpunkte weniger als 40 Sekunden.



- Variantenvergleich

	[M1]	[M2]	[M3]	[M4]
Stichprobenumfang	5.681	5.681	5.681	5.681
Mittlere Koordinatengenauigkeit	30,65	19,52	11,27	9,89
Mittlere Punktgenauigkeit	43,34	27,60	15,93	13,99
Standardabweichung Koordinatengenauigkeit	289,36	40,25	6,52	6,23
Standardabweichung Punktgenauigkeit	409,21	56,98	9,22	8,82
Max. Koordinatengenauigkeit	5.810,76	2.277,71	238,75	186,72
Min. Koordinatengenauigkeit	3,72	3,53	3,44	3,58
Globaltest: H_0 verworfen	34,7%	34,4%	2,1%	3,3%

- Bezogen auf die Variante [M3] haben weniger als 1% der Georeferenzierungen eine Koordinatenlagegenauigkeit schlechter als 100m.
- Häufigster Georeferenzierer versus schlechteste Georeferenziererin



● Faltung

georef_evaluation #RalfBill
Zurück zur Hauptkarte

```

[{"name": "geom", "target": "EPSG:4314", "geom": [{"source": 312.0, 7311.0, "target": [12.9999996453257, 52.0000003546743]}, {"source": [726.0, 740.0], "target": [13.0000003546743, 54.0000003546743]}, {"source": [719.0, 644.0], "target": [14.0000003546743, 54.0000003546743]}, {"source": [7154.0, 7315.0], "target": [14.0000003546743, 51.0000003546743]}]}]
    
```

Type: neo
Created: 2015-04-20 12:18:59

Prozess-ID: 1300
Validierungsgebühren: 0
Merkmalstyp: 7195720
Über-ID: 0
Informations zum Kartendat: [Kartendat](#)

Georeferenzierungsparameter (auscut): [{"source": "geom", "target": "EPSG:4314", "geom": [{"source": 338.0, 6938.0, "target": [13.333333154419, 51.300000175781]}, {"source": [234.0, 300.0], "target": [13.333333154419, 51.300000175781]}, {"source": [7234.0, 430.0], "target": [12.500000936743, 51.300000175781]}, {"source": [226.0, 6943.0], "target": [13.500000936743, 51.300000175781]}]}]

Type: neo
Created: 2015-04-20 12:18:59

● Falscher Eckpunkt

georef_evaluation #RalfBill
Zurück zur Hauptkarte

```

[{"name": "geom", "target": "EPSG:4314", "geom": [{"source": 303.0, 1059.0, "target": [12.333333154419, 51.0000003546743]}, {"source": [207.0, 494.0], "target": [12.333333154419, 51.0000003546743]}, {"source": [7014.0, 307.0], "target": [12.500000936743, 51.0000003546743]}, {"source": [7006.0, 696.0], "target": [12.500000936743, 51.0000003546743]}]}]
    
```

Type: neo
Created: 2015-04-20 16:22:21

Prozess-ID: 1552
Validierungsgebühren: 0
Merkmalstyp: 7195720
Über-ID: 0
Informations zum Kartendat: [Kartendat](#)

Georeferenzierungsparameter (auscut): [{"source": "geom", "target": "EPSG:4314", "geom": [{"source": 672.0, 7341.0, "target": [12.333333154419, 51.300000175781]}, {"source": [461.0, 407.0], "target": [12.333333154419, 51.300000175781]}, {"source": [7297.0, 363.0], "target": [12.500000936743, 51.300000175781]}, {"source": [7386.0, 7229.0], "target": [12.500000936743, 51.300000175781]}]}]

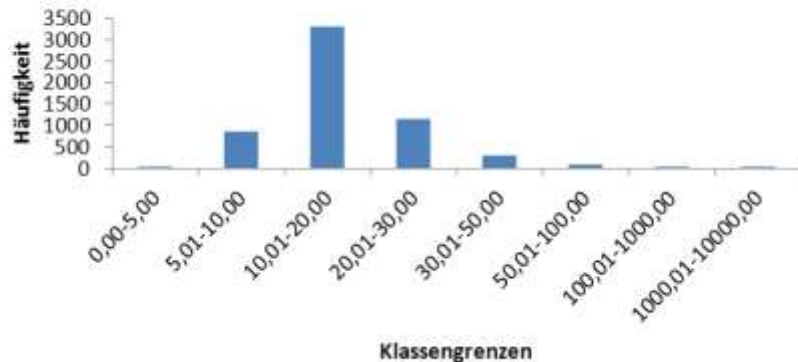
Type: neo
Created: 2015-04-20 16:22:21

- 5.742 Kartenblätter durch Bildverarbeitung vollautomatisch gemessen und georeferenziert
- Im Schnitt dauert eine automatische Messung der vier Karteneckpunkte 34 Sekunden, wobei die Daten remote von der SLUB geholt werden.
- Variantenvergleich

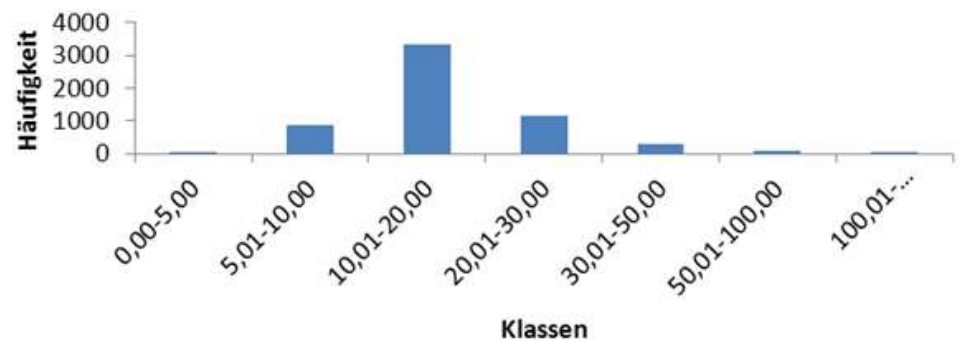
	[M1]	[M2]	[M3]	[M4]
Stichprobenumfang	5.742	5.742	5.742	5.742
Mittlere Koordinatengenauigkeit	29,77	35,94	20,80	17,71
Mittlere Punktgenauigkeit	42,10	50,86	29,42	25,06
Standardabweichung Koordinatengenauigkeit	175,10	192,67	194,53	155,87
Standardabweichung Punktgenauigkeit	247,63	272,86	275,15	220,89
Max. Koordinatengenauigkeit	4.654,61	5.007,09	6.284,75	5.206,47
Min. Koordinatengenauigkeit	3,72	3,67	3,44	3,49
Globaltest: H_0 verworfen	44,0%	43,8%	4,6%	6,3%

- Bezogen auf die Variante [M3] haben 99,5% der Georeferenzierungen eine Koordinatengenauigkeit besser als 100m.
- 9 automatische Georeferenzierungen können klar als nicht erfolgreich ausgeschieden werden, weitere 17 liegen im Bereich zwischen 100 und 500 m.
- Punktlagegenauigkeit mit (5.742 Blatt) / ohne (5.716 Blatt) Ausreißer

Histogramm alle

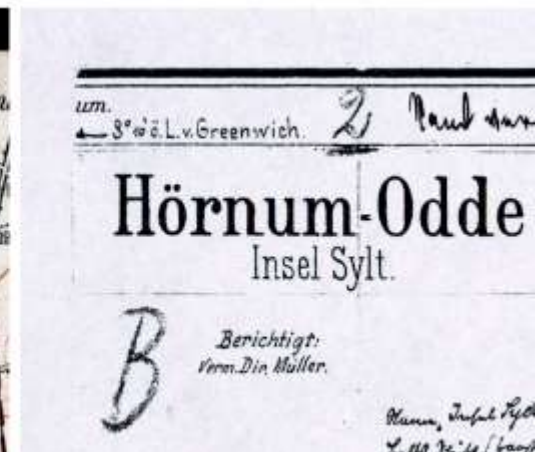
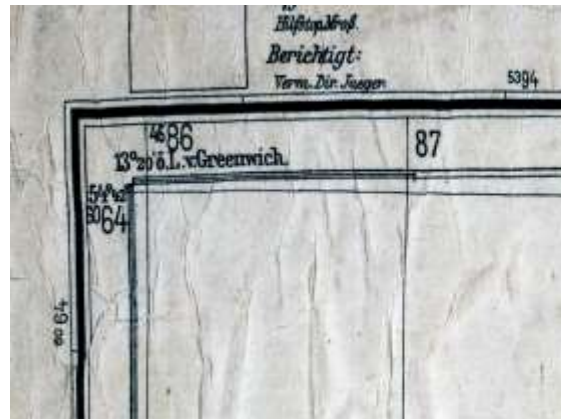
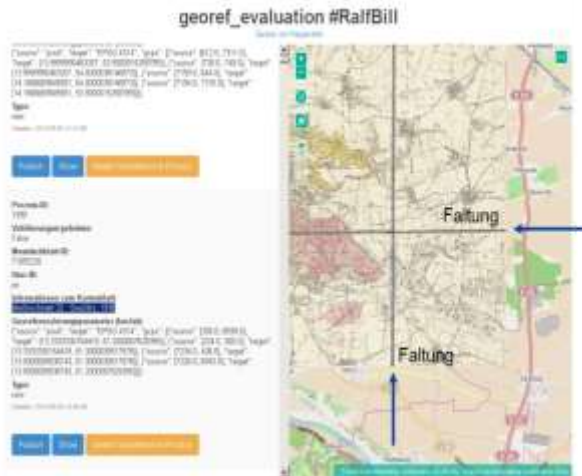


Histogramm (<150m)

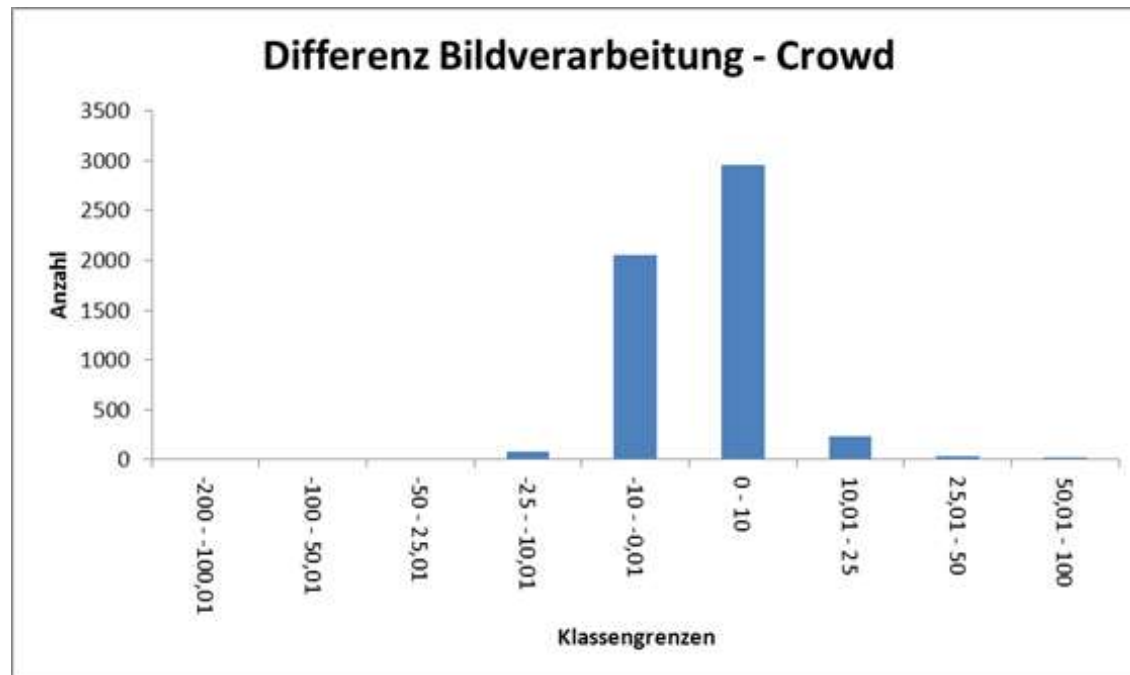


- Faltung
- Falsche Randlinie ausgewählt, speziell bei 3er-Linien

- Weitere Probleme



- insgesamt 5.395 Blätter wurden mit beiden Varianten gemessen.
- In 40% der Georeferenzierungen erreicht der Rechner eine bessere Koordinatenlagegenauigkeit, in 60% der Mensch.
- Die Unterschiede zwischen beiden Georeferenzierungen liegen jedoch in knapp 93% aller Fälle unter ± 10 m.





Fazit und Ausblick

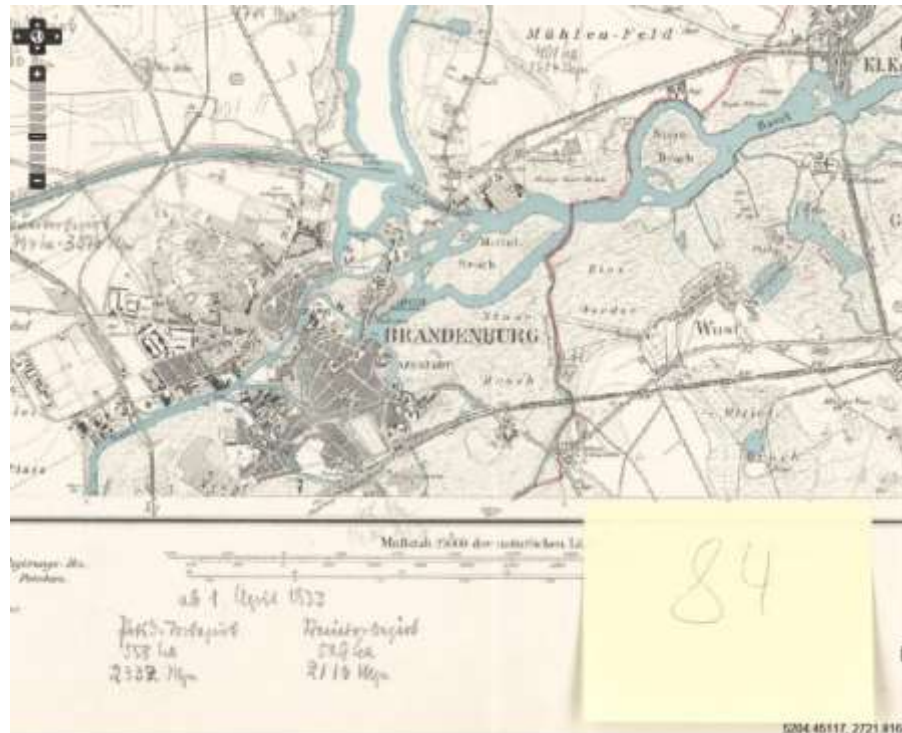
● Fazit

- Im Virtuellen Kartenforum 2.0 liegt nun der wohl umfassendste Bestand georeferenzierter Topographischer Karten im Maßstab 1:25.000 für das Gebiet des ehemaligen Deutschen Reiches vor.
- Diese TKs sind mit hoher Genauigkeit georeferenziert.
- Die gewählte 6-Parametertransformation hat sich als beste Variante herausgestellt
- Diese TKs können mittels WMS in GIS-Anwendungen integriert werden.
- Es liegt auch ein umfassendes Ortsnamensverzeichnis vor.

● Ausblick

- DFG-Fortsetzung beantragt
- Lücken schließen durch Links zu anderen Diensten (z.B. Landesvermessungsämter)
- Messtischblätter 1:100.000 analog behandeln
- Georeferenzierung und Hosting von Nutzerkarten

- DFG-Förderung Bi 467/24-1 und Bu 2228/14-1
- Mitarbeiter
 - K. Walter
 - J. Mendt



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

<http://kartenforum.slub-dresden.de/vkviewer/>