



# Nutzung von Verfahren der künstlichen Intelligenz zur Modellierung geowissenschaftlicher Sachverhalte: Funktionsweise und Anwendungsbeispiele

*Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Förderkennzeichen: IW072061*

**Andreas Barth, Silke Noack, Andreas Knobloch, Thomas Hertwig, Matthias  
Zeidler, Evelyn Bennewitz, Karl-Otto Zeißler, Bernd Torchala, Frank  
Schmidt, ....**



**IW072061**



- **Historie**
- **Hintergrund des Verfahrens: Künstliche Intelligenz / Künstliche Neuronale Netze**
- **Erläuterung des Verfahrens am Beispiel: Rohstoffperspektivität NW-Ghana**
- **Darstellung der Software**
- **Anwendungsbeispiele:**
  - **Prognose der Verteilung von Mn-Knollen**
  - **Flächenhafter Bodenabtrag**
  - **Regionalisierung von bodenkundlichen Punktdaten (Feuchtestufe, Humusstufe, TOC)**
  - **Erosionsanfälligkeit von Böden: Bodenkriechen, Rinnenbildung**
  - **Bodenbelastung in Siedlungsgebieten**
  - **Schädlingsbefall im Forst**
- **Ausblick: Wo könnte es hingehen ?**
- **Zusammenfassung**



IW072061

# Die täglichen Fragen in ... Rohstoffwirtschaft, Forstwirtschaft

Wo ist die Lagerstätte?



Wo breitet sich der Buchdrucker bevorzugt aus?



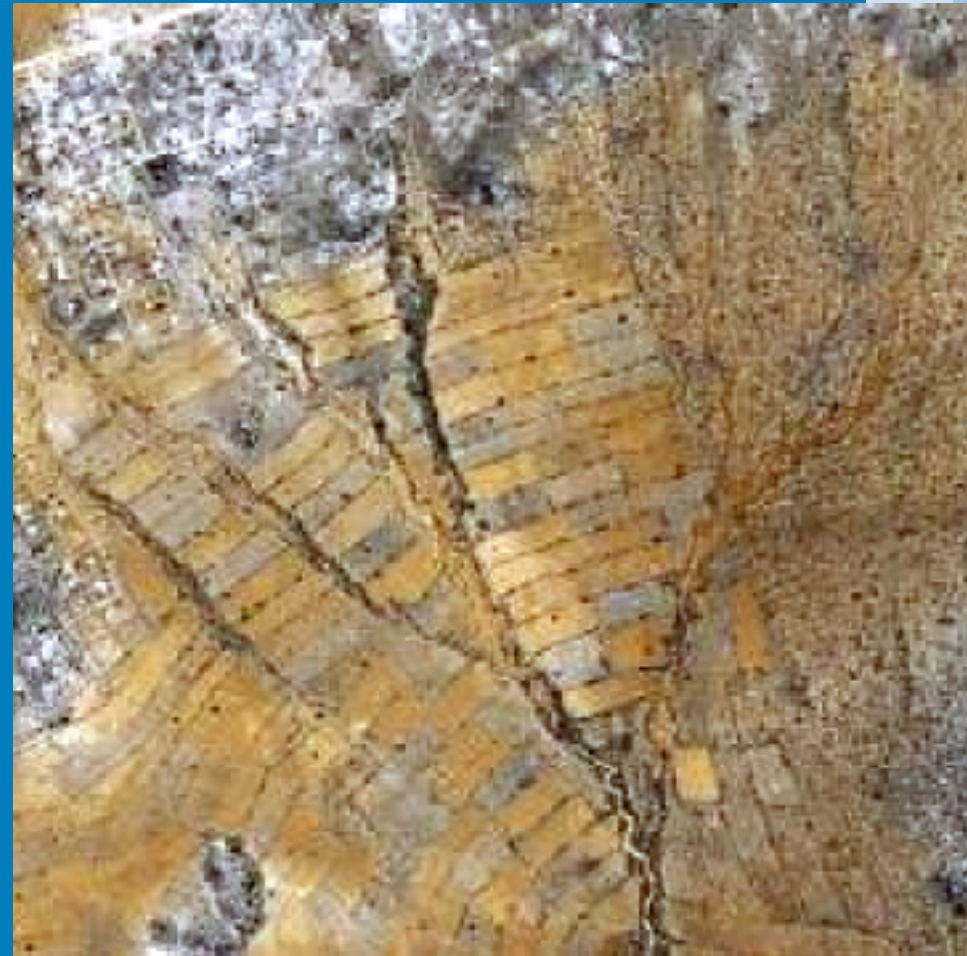
IW072061

# ..... Georisiken, Bodenschutz, Landwirtschaft

Wo rutscht der Hang weg ?



Wo bilden sich Erosionsrinnen ?



IW072061

Wo brennt die Kohle ?

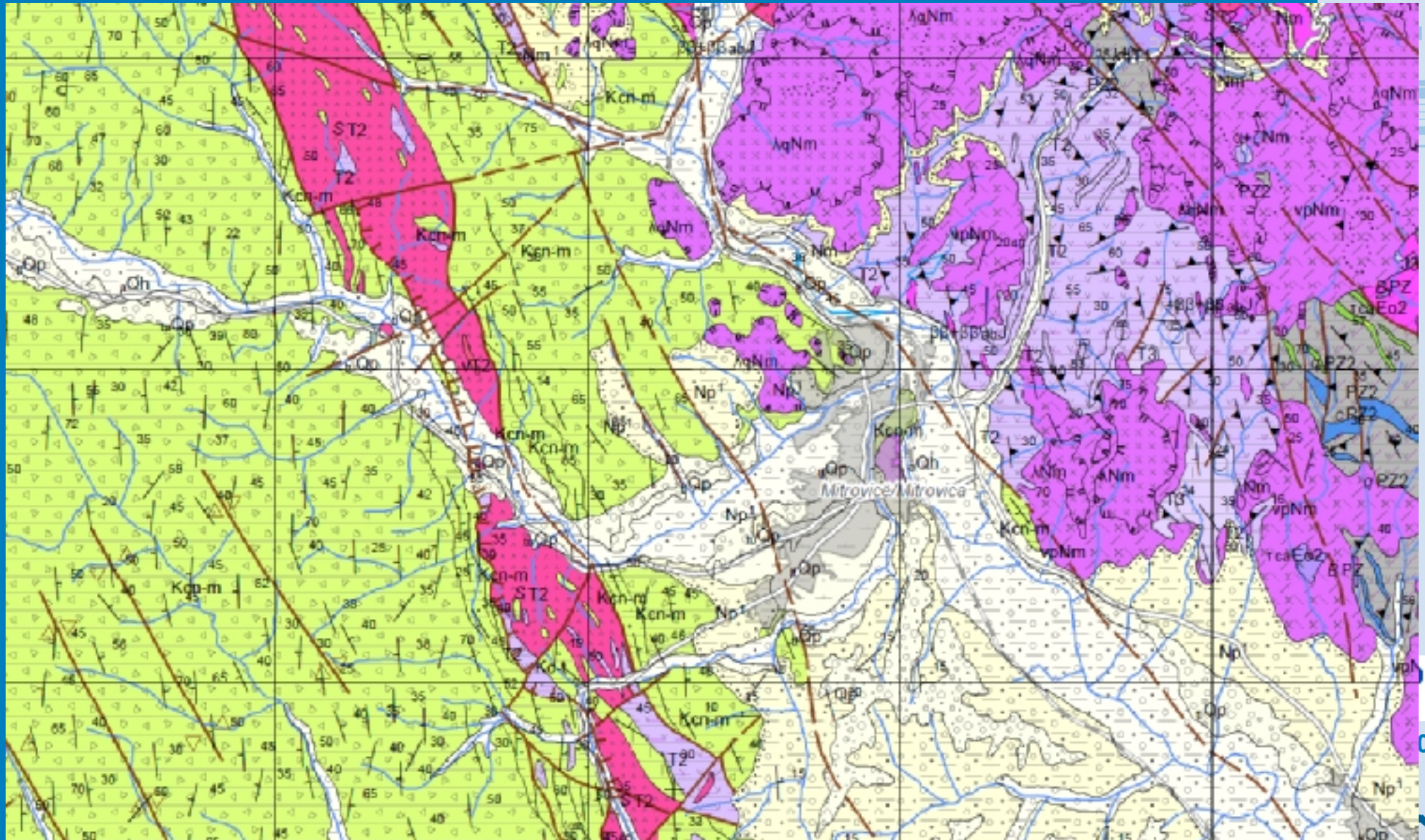


IW072061

**beak**  
CONSULTANTS

# ..... Geologischer Kartierung

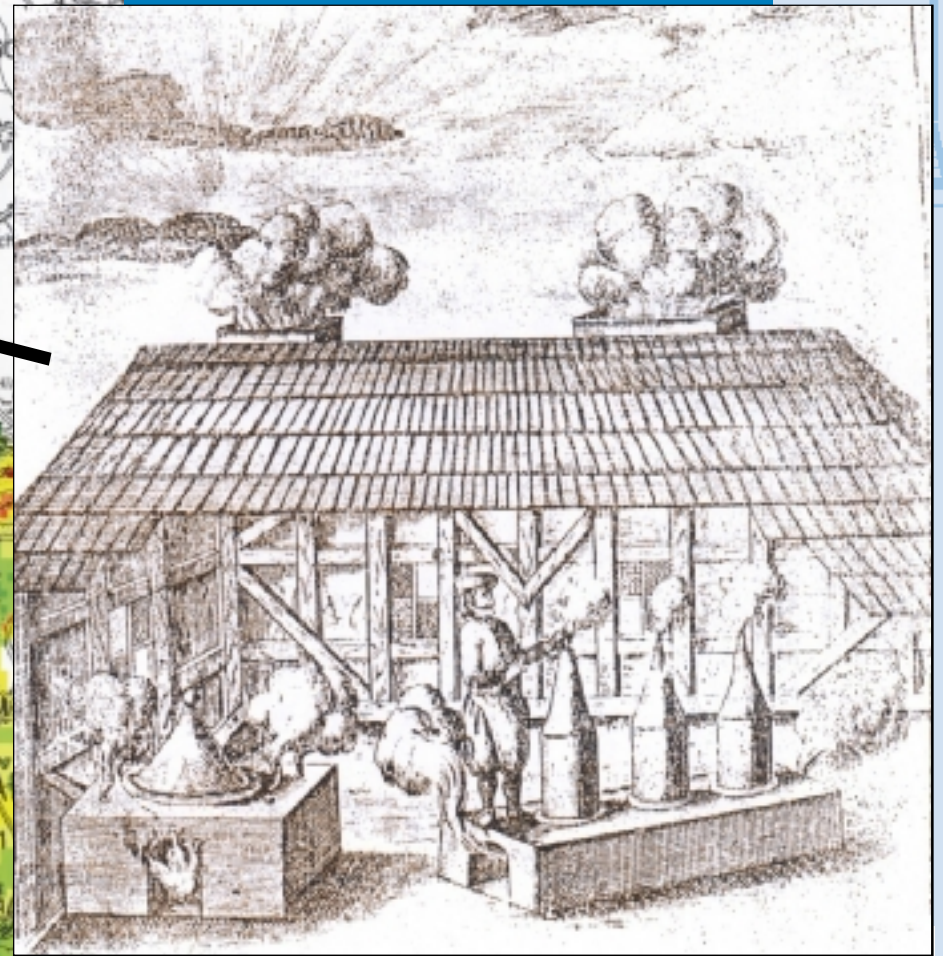
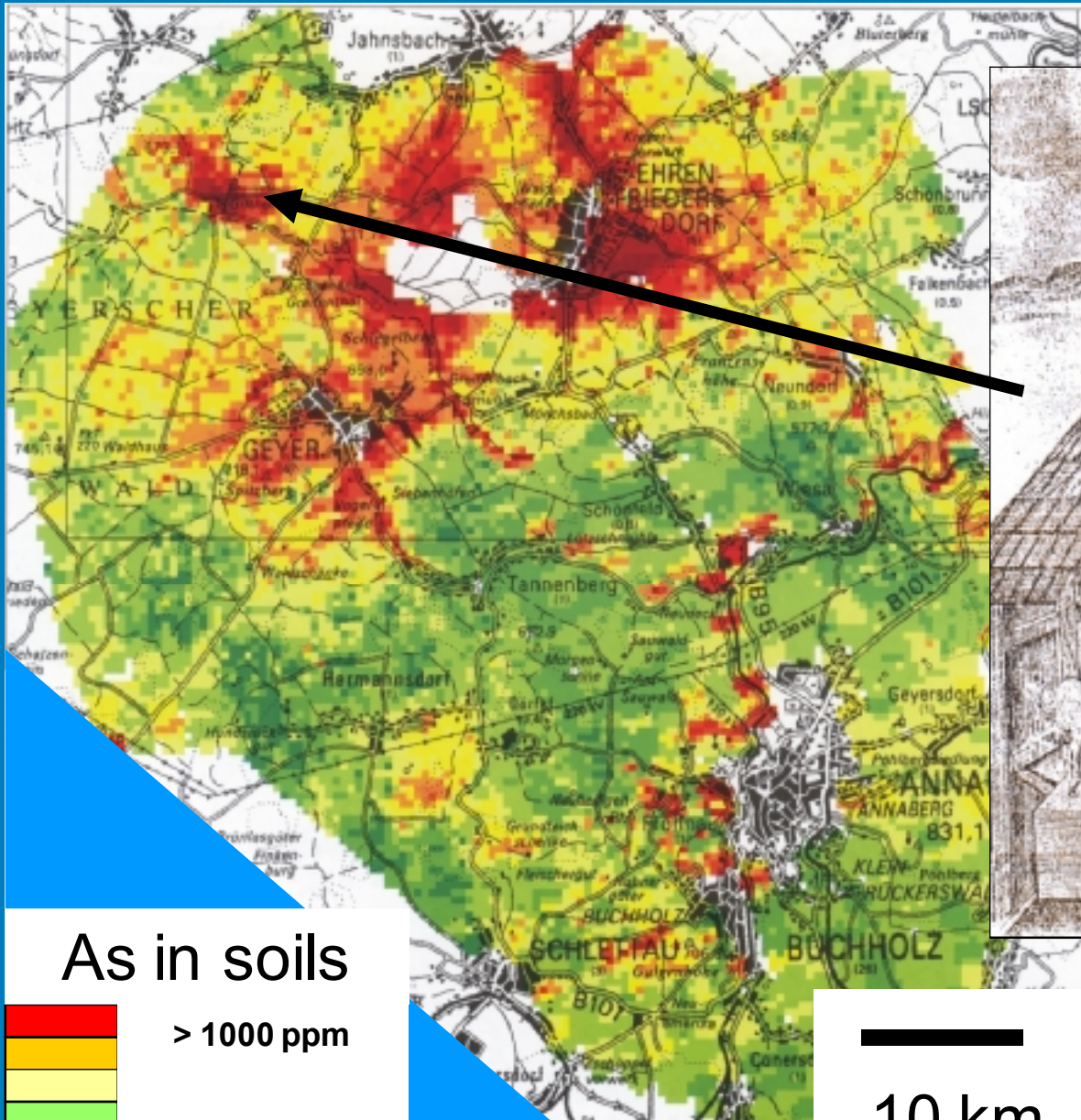
Wo ist die geologische Grenze ?



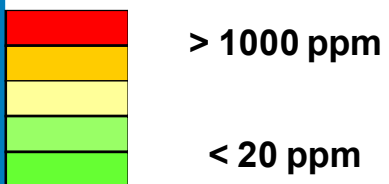
061

# .... Bodenschutz

## Wo sind die Kontaminationen ?



As in soils

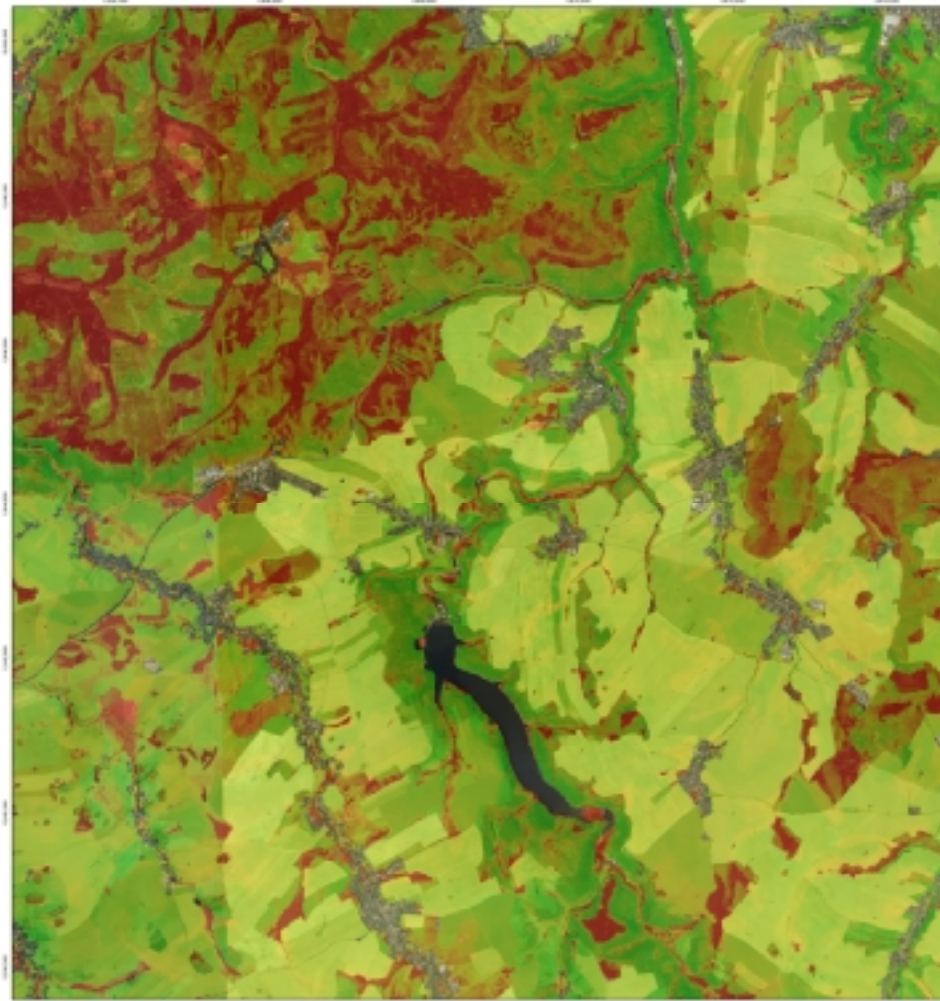


Quelle: LfULG Sachsen

10 km

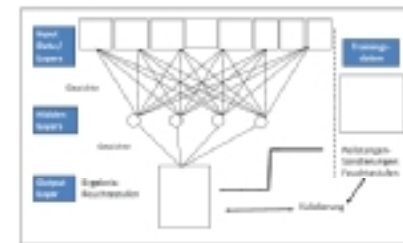
IW072061

## Wie ist die flächenhafte Verteilung bodenphysikalischer Parameter ?

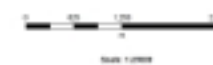
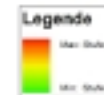


### Bodenmonitoring Sachsen

#### Prognosekarte -Bodenfeuchtestufe-



Projekt: Bodenmonitoring Sachsen  
 Verantwortlich: H. Hoffmann, M. P. Zecher  
 Datum: 04.08.2010



Leistung:

Autorenkollaboration von

AN DER UNIVERSITÄT  
 DUISBURG ESSEN  
 UNIVERSITÄT



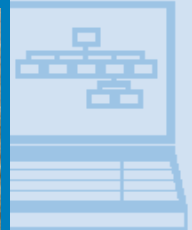
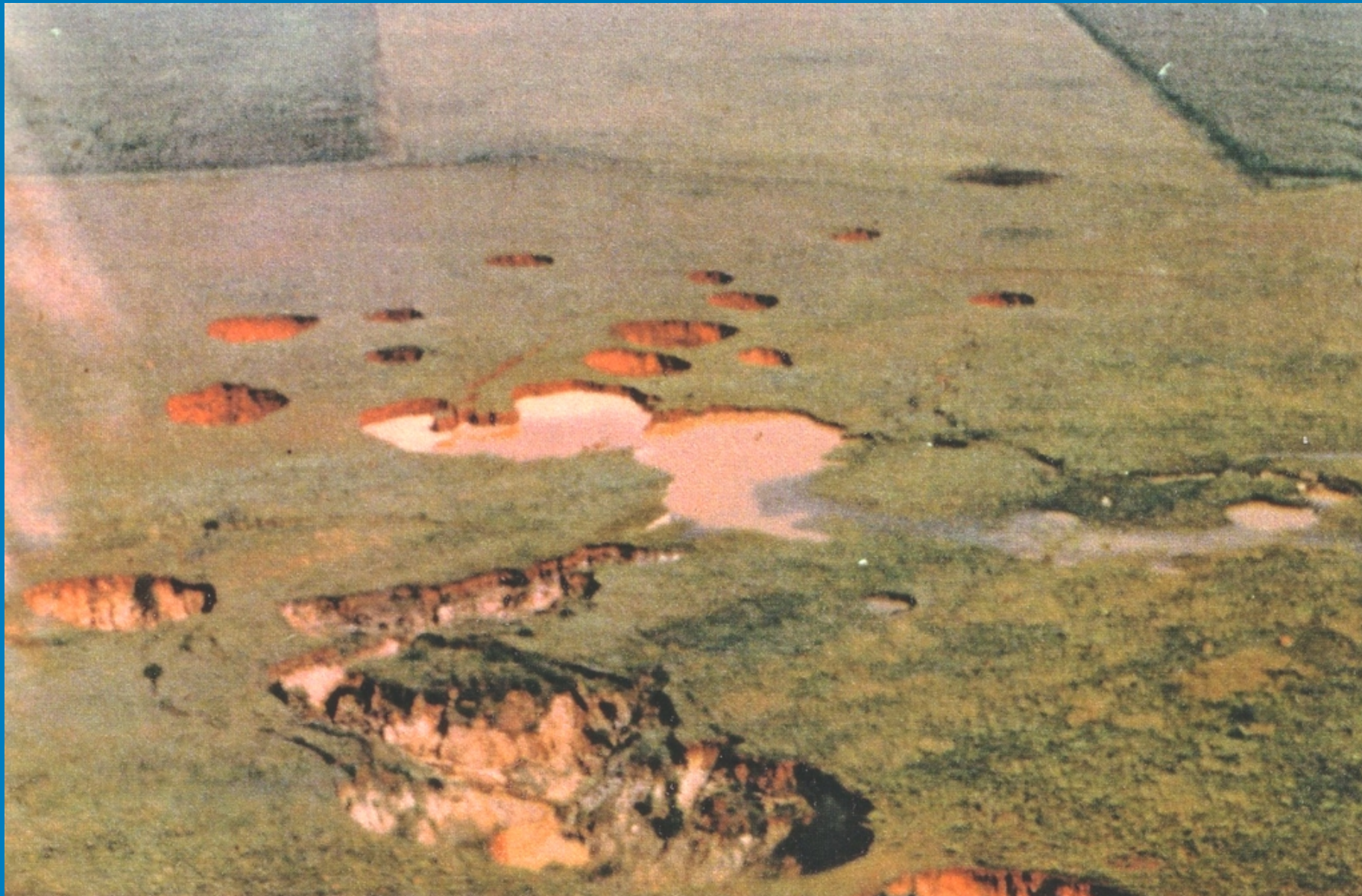
IW072061





# .... Geotechnik, Georisiken

Wo wird sich Karst bilden ?



IW072061

- **Seit 1970er Jahren: ständige Anwendung statistischer Verfahren für die Datenanalyse**
- **2003 - 2005: Projekt EMTAL (gemeinsam mit TU BAF, PL Prof. Matschullat): Einzugsgebietsmanagement in Mittelgebirgen → erste Ansätze zum Einsatz multivariater Verfahren in der praktischen Analyse der Erosionsgefährdung**
- **2007 - 2009: INNOWAT – Projekt gefördert durch BMWi: Entwicklung der Grundstruktur und Vorgehensweise der advangeo-Software, Test der KNN am Beispiel Rohstoffprognose Kosovo, Bodenabtrag Klingenberg**
- **2009 - 2011: ZIM – Projekt gefördert durch BMWi: Entwicklung der Fachschale Erosion**
- **2010 - 2012: ZIM – Projekt gefördert durch BMWi: Entwicklung der Fachschale Rohstoffe**



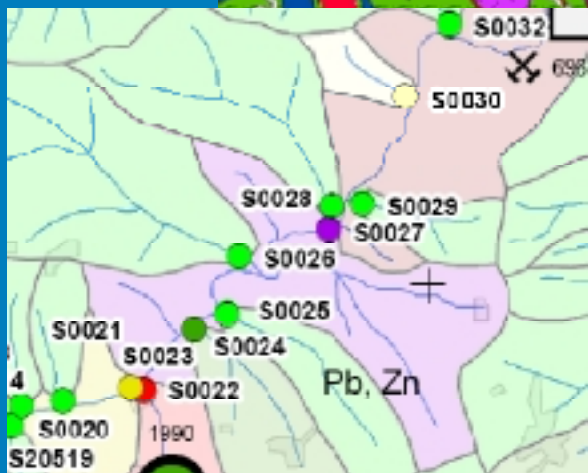
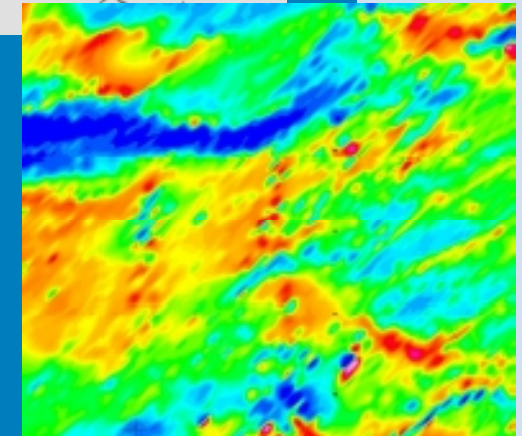
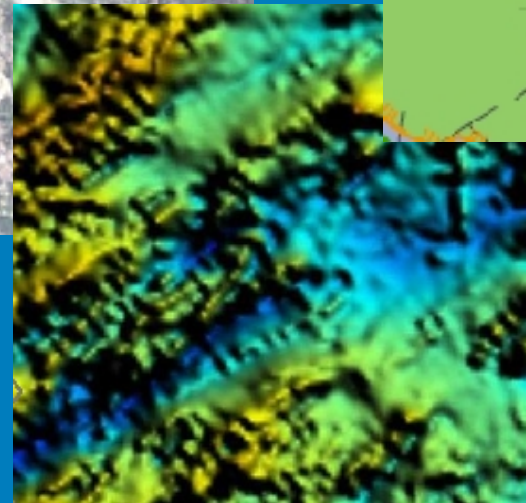
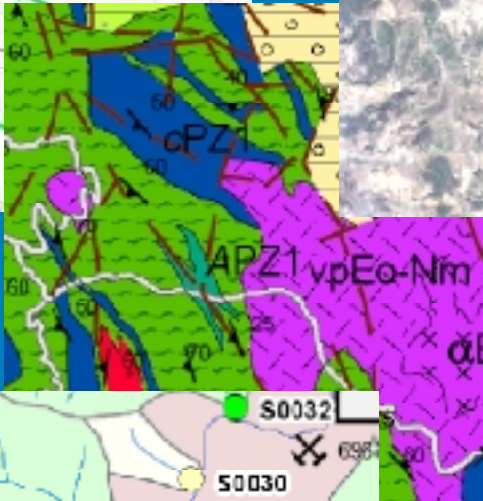
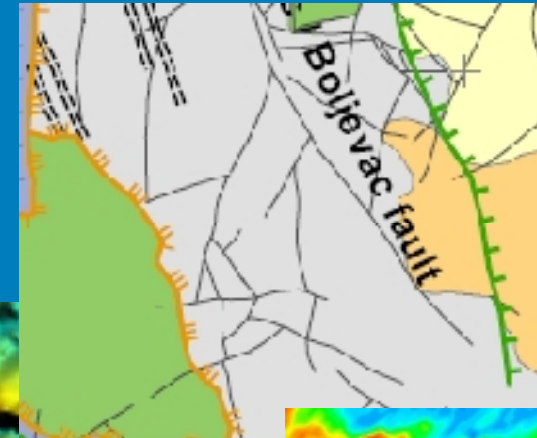
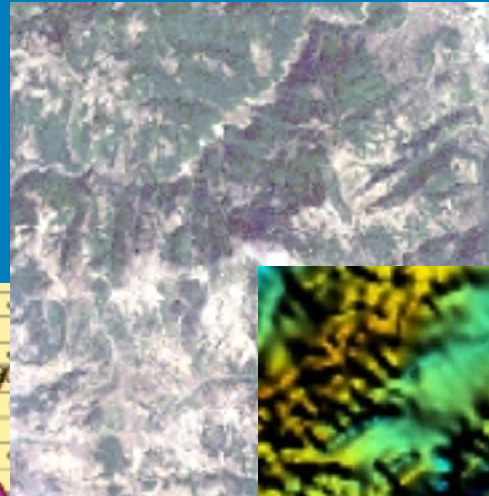
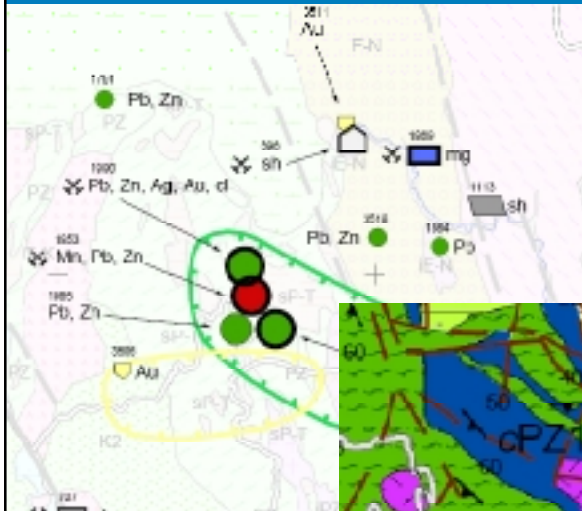
IW072061

# Projektpartner

- **Geologische Dienste verschiedener Länder: Ghana, Namibia, Südafrika, Senegal, Äthiopien, Czech Geological Survey**
- **AEGOS – Projekt (EU)**
- **Staatsbetrieb Landestalsperrenverwaltung Sachsen**
- **Staatsbetrieb Sachsenforst**
- **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe**
- **Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
→ Kooperationsvertrag**
- **TU Freiberg, IRD, Université Toulouse**



IW072061



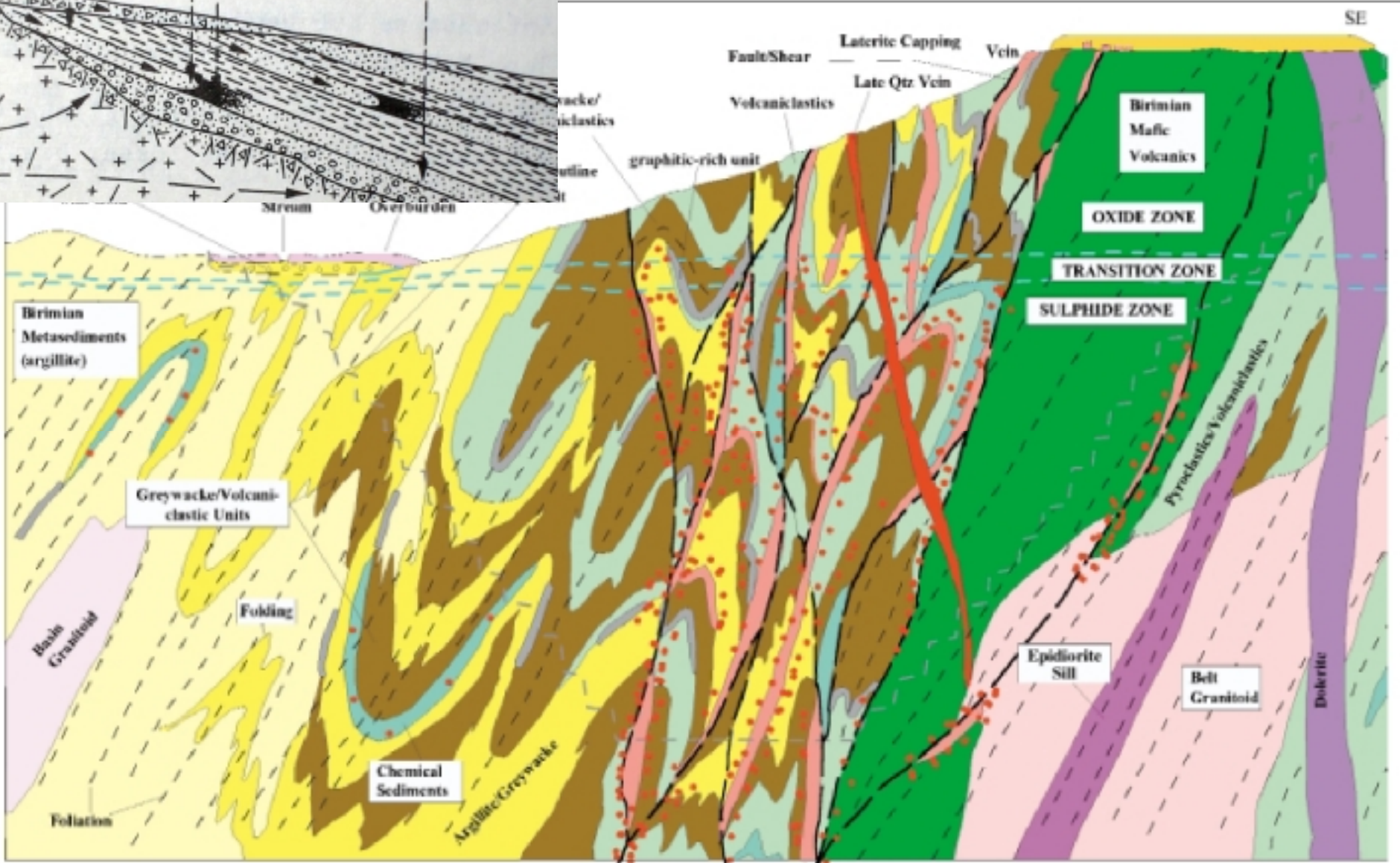
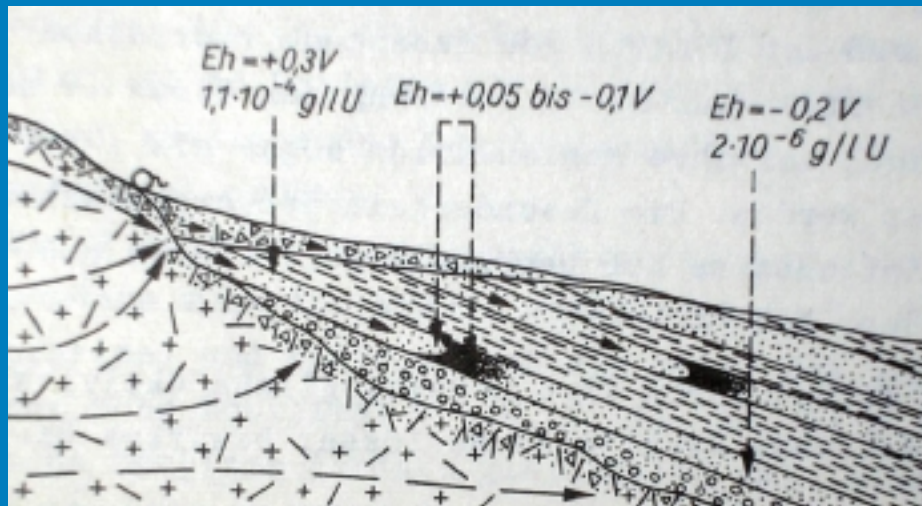
- Geologie
- Rohstoffe
- Geochemie
- Geophysik
- Tektonik
- Geomorphologie
- Höhenmodell



IW072061

beak  
CONSULTANTS

- Lagerstättenbildende Prozesse
- Metallogenetische Modelle



# Schritte der Erstellung von Prognosekarten

## Eingangsdaten:

Geol. Karte, Rohstoffkarte, geophysik. Karten, ...



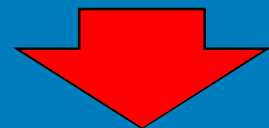
## Unser Wissen:

Bekannte Zusammenhänge, Modelle

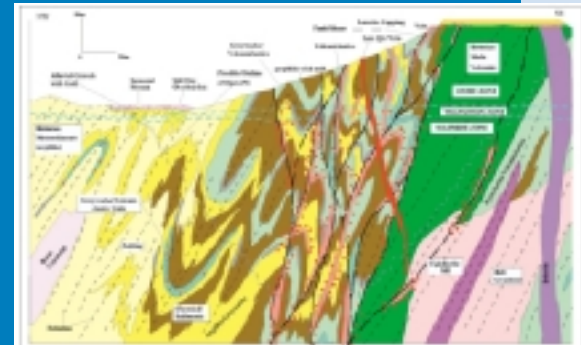
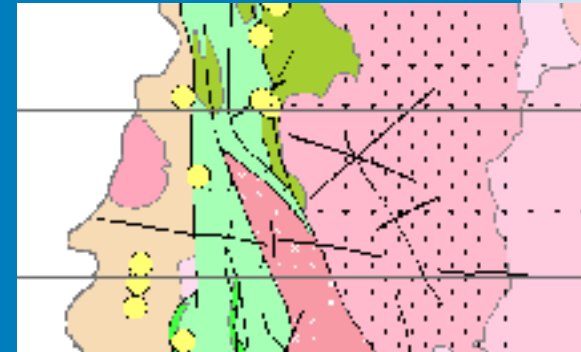


## Möglichkeiten der Datenanalyse:

**analytische** oder **empirische / statistische**  
Lösungsansätze



Anwendung des Gelernten → **Prognosekarten**



# Grundsätzliche Modellierungs- und Vorhersageansätze

## Empirischer Ansatz: **Erfahrung des Wissenschaftlers**

- Häufig angewendet
- Intuitives Vorgehen, statistische Verfahren



## Analytischer Ansatz: **mathematische Modellierung**

- Tiefes Verständnis des Sachverhaltes notwendig
- Felduntersuchungen, Modellkalibrierung und -anwendung
- zeitaufwändig, teuer
- In der Praxis oft nicht anwendbar
- Modellierbar sind meist nur Teilsapekte bei sonstigen konstanten Bedingungen

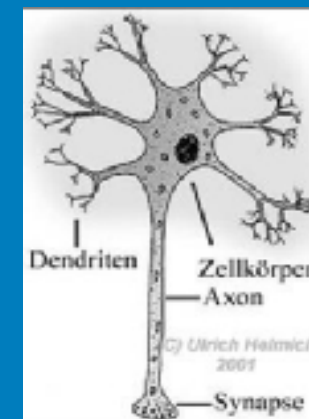
$$E = f(a, b, c, d, g, \dots)$$

## Künstliche Intelligenz, selbstlernende Verfahren

### → **künstliche neuronale Netze:**

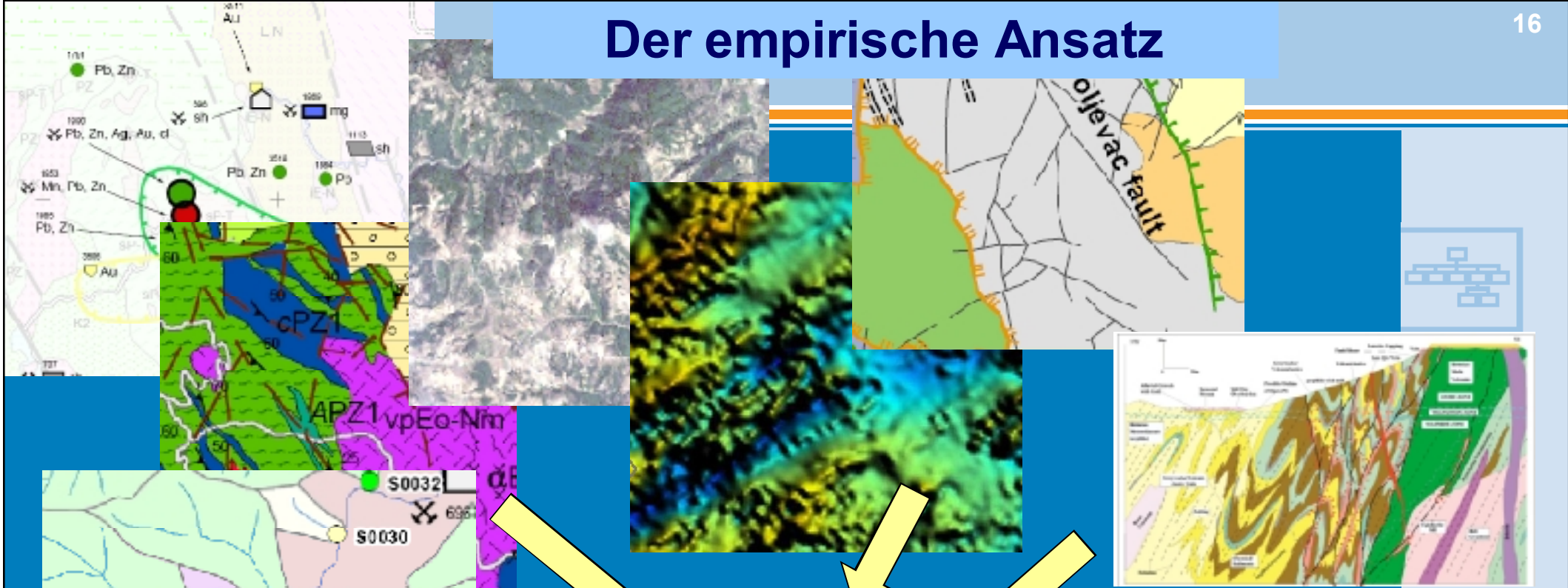
Analyse von komplexen, nichtlinearen Zusammenhänge möglich

- Lernfähig, generalisierungsfähig
- qualitative und quantitative Analysen



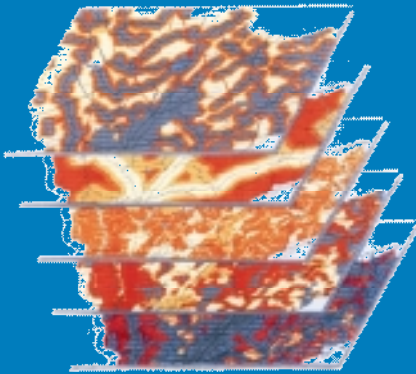
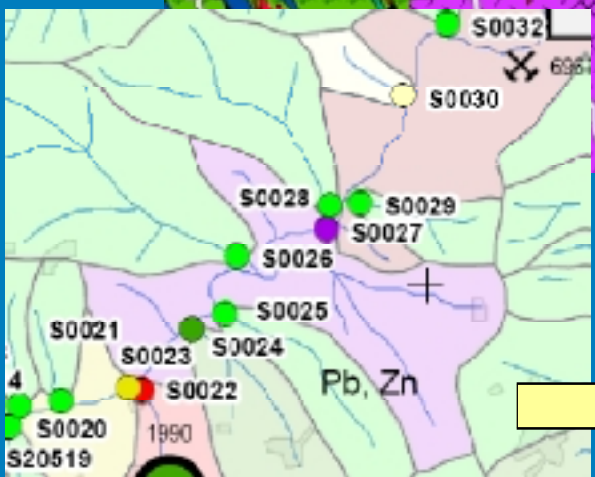
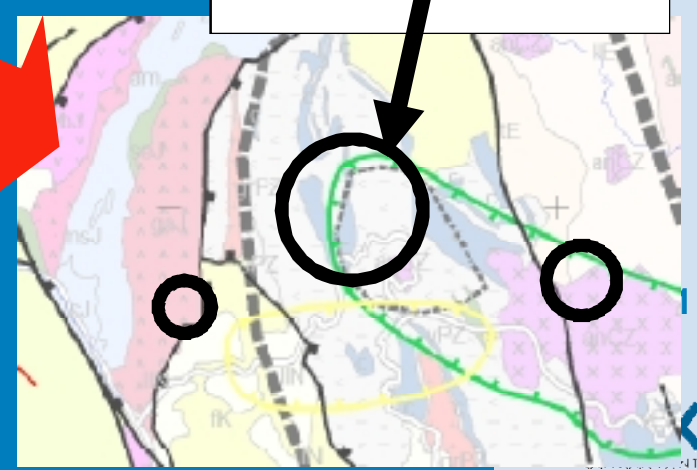
IW072061

# Der empirische Ansatz



**We may get lost in the data and knowledge**

**Target areas ??**



**Analyse der Daten und Ableitung der Zusammenhänge durch einen Experten, unterstützt durch moderne Verfahren: GIS, Statistik, usw.**



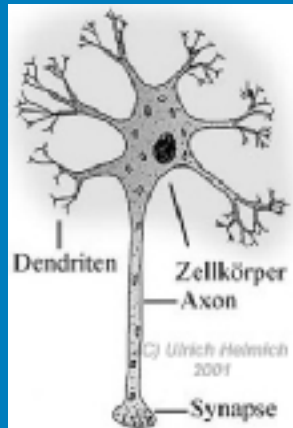
# Einsatz von künstlicher Intelligenz bei der Datenanalyse



Das neuronale Netz tritt an die Stelle des Experten bei der Verknüpfung der Daten und Ableitung von Zusammenhängen

Plausibel ?

# Was sind Künstliche Neuronale Netze ?

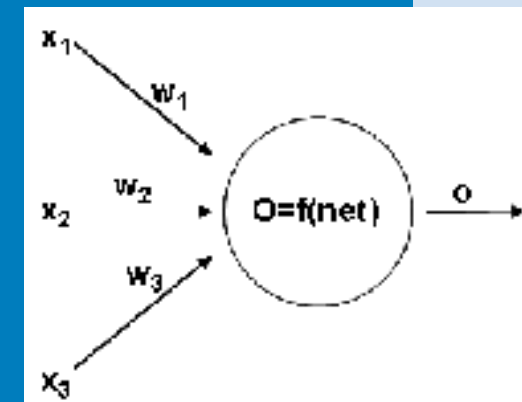


## Vorbild: Nervenzelle

- Funktionsweise analog dem **biologischen Nervensystem**
- besteht aus **Nervenzellen (Neuronen)**
- Simulation der biochemischen Prozesse durch geeignete Rechenoperationen: Ausführung durch **künstlichen Neuronen**
- Meist **schichtweise Organisation** der Neuronen

## Nervenzelle als Prozessor

- **Verbindungen** zwischen Neuronen → Gewichte  $w_x$ 
  - stärken oder schwächen das Eingangssignal
  - sind gerichtet, werden trainiert
- **Eingangssignale**
  - werden zu einem einzigen Ausgangssignal verrechnet: Propagierungsfunktion
- **Aktivierungsfunktion**
  - berechnet den Ausgabestatus des Neurons

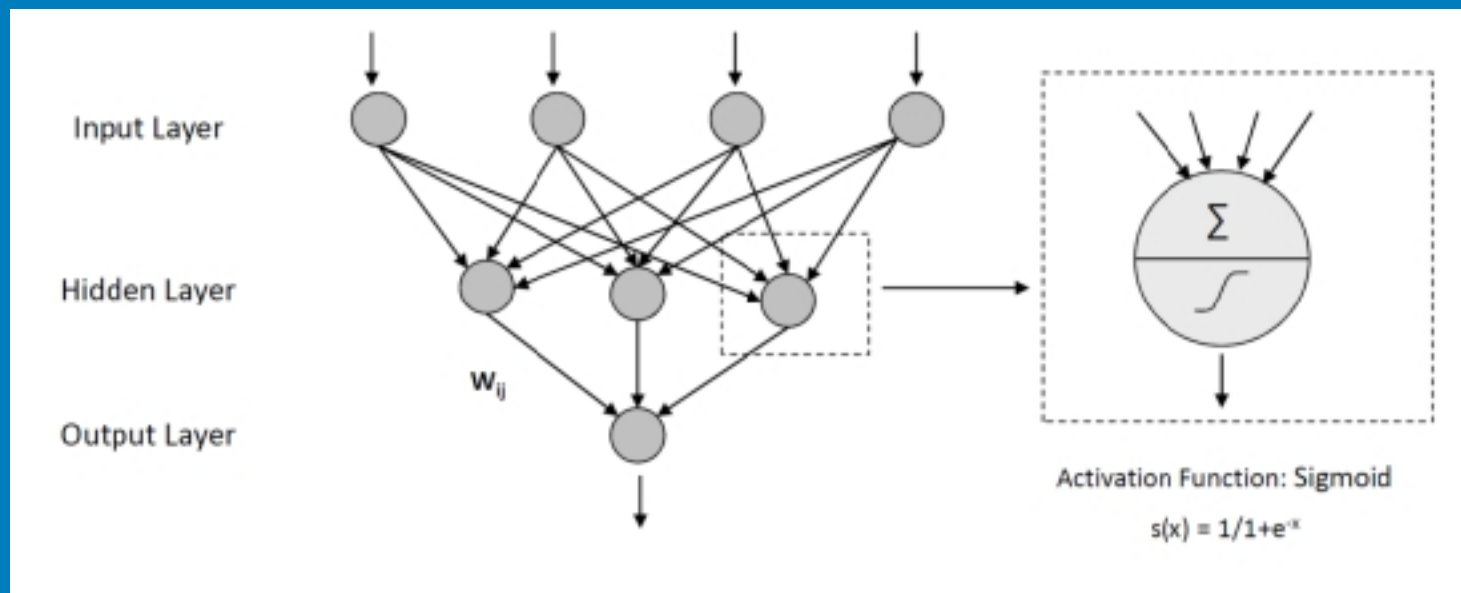


IW072061

# Prinzipieller Aufbau Künstlicher Neuronaler Netze

## Netztopologie: MLP (Multi Layer Perceptron)

- Schichtweiser Aufbau der Neuronen in Layern
- Richtung und Art der Verbindung zwischen den Neuronen
- Anzahl der Hidden Layer und Neuronen

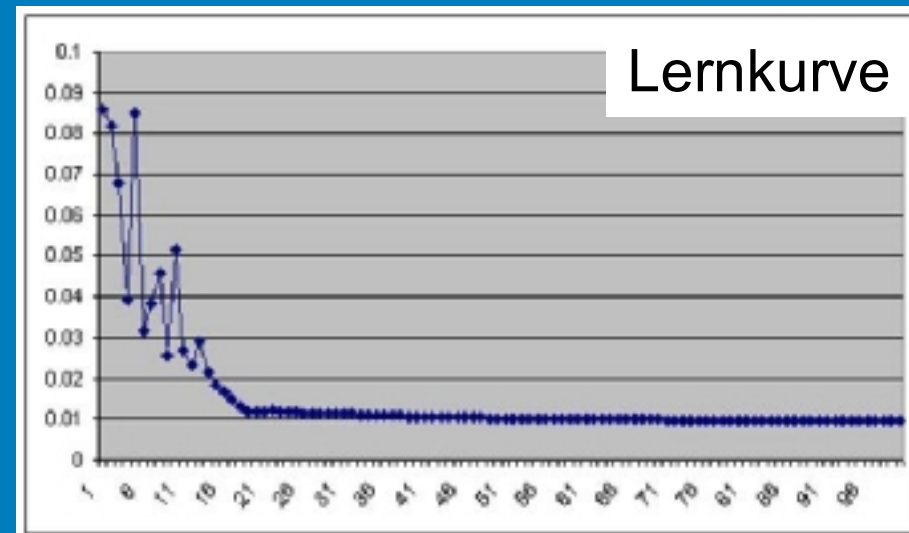
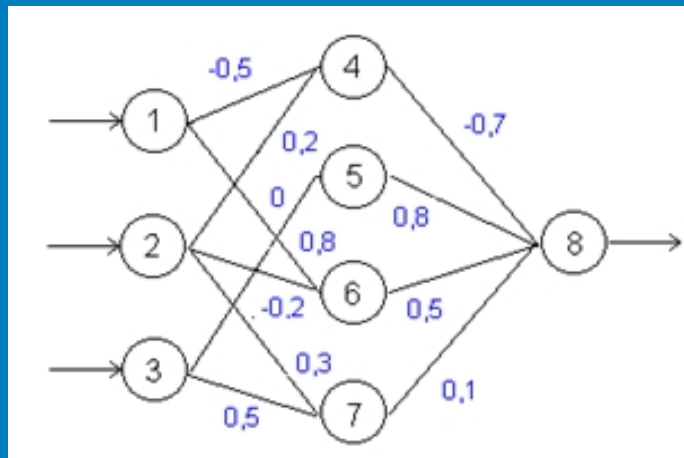


IW072061

# Wie lernt das Netz ?

## Lernalgorithmus: Back-Propagation

- Wiederholte Eingabe der Trainingsdaten
- Modifizierung der Gewichte
- Reduzierung des Fehlers zwischen erwartetem und berechnetem Ergebnis des neuronalen Netzes



IW072061

## Vorteile:

- **Lernfähigkeit:** lernt aus Beispielen
- **Generalisierung:** ähnliche, nicht explizit trainierte Probleme können gelöst werden
- **Universalität:** Prognose, Klassifikation, Mustererkennung
- Auch komplexe, nichtlineare Zusammenhänge erkennbar
- **Fehlertolerant** gegenüber verrauschten Daten (in gewissen Grenzen),
- **Schnelligkeit**

## Weitere Eigenschaften:

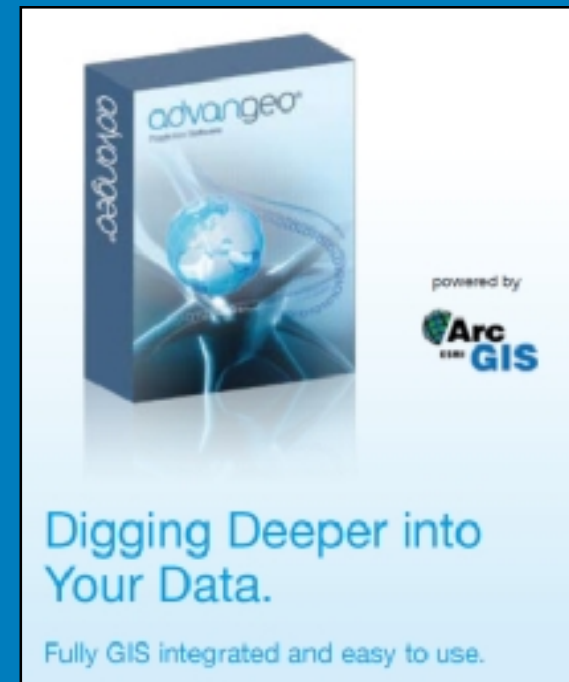
- Auswahl der **Topologie** und des **Lernverfahrens**
- **Black-Box:** Bewertung des Gewichts des einzelnen Einflussfaktors



IW072061

- Einfacher Zugang zu Methoden der Künstlichen Intelligenz zur Prognose räumlicher Daten
- Dokumentation der Arbeitsschritte
- Erfassung und Verwaltung der Metadaten
- Werkzeuge zur Datenaufbereitung, -nachbereitung und kartographischen Präsentation
- Integration in ESRI ArcGIS-Software

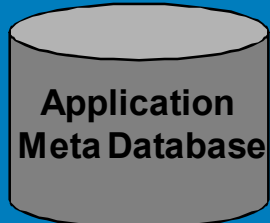
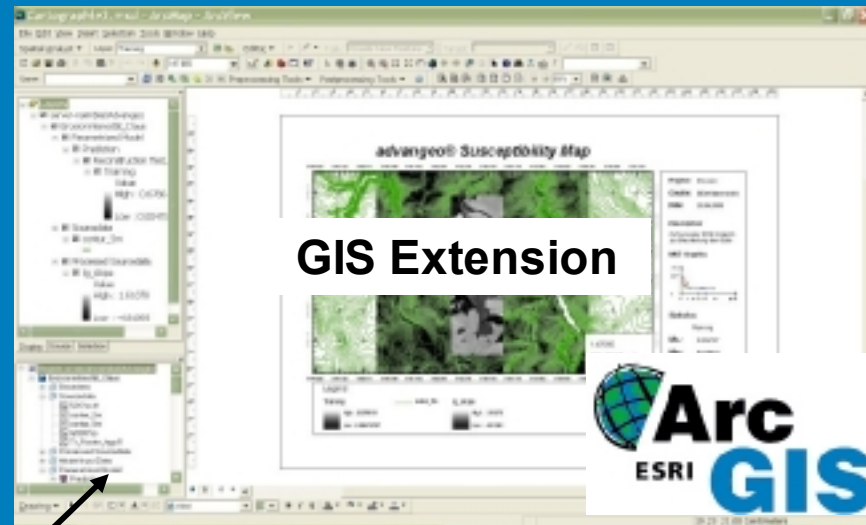
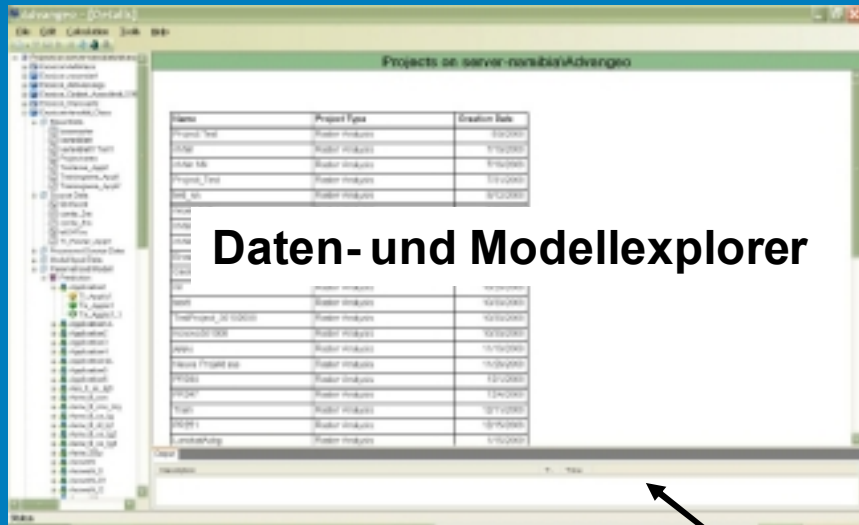
**advangeo**<sup>®</sup>  
Prediction Software



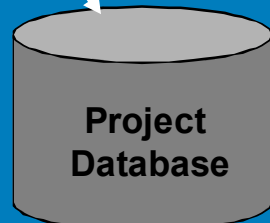
IW072061

**beak**  
CONSULTANTS

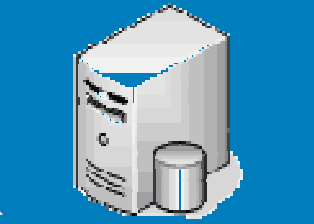
# advangeo: Softwarearchitektur



**SQL Server /  
SQL Server Express**



**ESRI Grid + Shapefile /  
FGDB / PGDB**



Systemvoraussetzung: ArcGIS Desktop 9.2 + Spatial Analyst von ESRI



IW072061



## Arbeitsschritte:

- 1. Formulierung der Aufgabenstellung
- 2. Abgrenzung des Modellgebiets
- 3. Zusammenstellen der Datengrundlagen
- 4. Datenaufbereitung (datentechnisch, fachlich)
- 5. Statistisches Preprocessing  
(Skalentransformationen, Datenpartitionierung, Dimensionsreduktion...)
- 6. Aufbau und Berechnen der Modellszenarien
- 7. Darstellung der Prognoseergebnisse



IW072061



# advangeo: Daten- und Modellexplorer

Menü & Toolbar  
mit Werkzeugen und Funktionen

Formular zur Erfassung, Bearbeitung und Anzeige  
von Datenobjekten und Modellen

The screenshot displays the Advangeo software interface. On the left is a project explorer tree showing a hierarchy of folders and files. The main area is a form titled 'Base Raster' with fields for Creator, Project, Name, Data Path, Legend, Description, Source Path, Extent (Top, Bottom, Left, Right), Cell Size, and Reference System. Below the form is a table titled 'Base Data for Erosion' with columns for Technical Name, Dataset Name, Base Data Name, and Creation Date.

Technical Name	Dataset Name	Base Data Name	Creation Date
baseraster	baseraster	Base Raster	2/20/2009
Project area	Projectarea	Project Area	2/20/2009
kartenblatt	kartenblatt1	Subarea	2/20/2009
kartenblatt1 Teil 1	kb1_Teil1	Subarea	2/27/2009
Trainingarea_App1	Trainingarea_	Subarea	4/3/2009
Testarea_App1	Testarea_App1	Subarea	4/3/2009
Trainingarea_App2	Tr_Area2	Subarea	4/6/2009

Explorer zur Projekt - Navigation  
mit Kontext Funktionalitäten

Meldungsfenster mit Informationen  
zu Status, Warnungen, Fehlern

Übersicht über  
Datenobjekte & Modelle



IW072061

# advangeo: Prediction Modeling

Advangeo - [Training Scenario]

Application Data Processing GIS Tools Help

## Multi Layer Perceptron - Training Scenario

Creator: BEAK/knobloch      Creation Date: 14.09.2010

Project: Erosion\_Glashuetta      Model: Flachenerosion 4 (Slope, BK, FN, FlowAcc)

Name: Training Rächenerosion 4 (Slope, BK, FN, RowAcc (LowPass))      File Name: MIT13

Data Path: Vor-daten/Projekte/2009/0051-0100-20090090\_Erzeugungsgebiet\_4\FB\_Glashuetta/Bearbeitung/advangeoprojekte/Glashuetta\_1/Param/Model/Prediction/PM19.Tr

Legend:

Description:

Result Error Model Data Network Topology Learning Parameters Training Parameters

MSE Error

Number of Epochs	Error
1	0.24647000980377
2	0.33579524377823
3	0.37489857408616
4	0.29493150313434
5	0.24461105141449
6	0.20626439549637
7	0.242510001878166
8	0.22624900713768
9	0.220328743225166
10	0.209067004088137
11	0.198203230364639

Training curve graph showing MSE Error vs Epochs. The error starts at approximately 0.37 and decreases to about 0.19 over 11 epochs.

Output

Description	Type	Time
Successfully loaded. Training Scenario: Training Flachenerosion 4 (Slope, BK, FN, FlowAcc (LowPass))	INFO	14:59:37
Successfully loaded. Application Scenario: Application Rächenerosion 4 (Slope, BK, FN, RowAcc (LowPass))	INFO	14:59:38
Successfully loaded. Processed Source Data: Trainingsdaten EMTAL	INFO	14:59:53

Active project: Erosion\_Glashuetta

Trainingskurve

Auswahl von Model Input Data, Network Topology, Learning Parameter, Training Parameter



IW072061

The screenshot displays the ArcMap interface with the advangeo extension. The toolbar at the top contains various icons for data processing and communication, with a red box highlighting the 'Preprocessing Tools' and 'Postprocessing Tools' sections. The treeview on the left shows a hierarchical structure of project data, including 'ErosionIntensität\_Claus', 'Sourcedata', and 'Processed Sourcedata'. A red box highlights the 'Processed Sourcedata' section, and a red arrow points from this box to the main map area. The main map area shows a colorful terrain map with yellow dots and red lines, representing a hydrological model output. The advangeo logo is visible in the top right corner of the map area.

Toolbar mit Werkzeugen zur Daten –  
Bearbeitung & Kommunikation mit

Explorer mit Projektdaten & zugehörigen  
Kontextmenüs zum schnellen Einladen von  
Projektlayern & zur Kommunikation mit

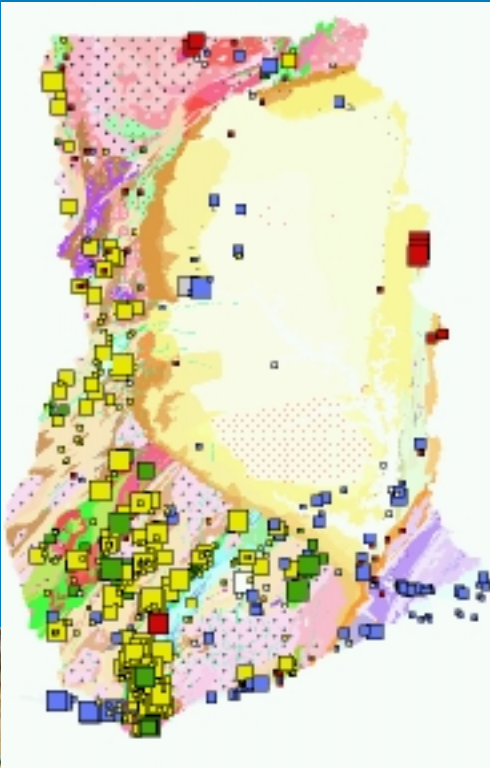


- ✓ **Guter Rechner**
- ✓ **Windows XP**
- ✓ **ESRI ArcMap 9.2 und Spatial Analyst 9.2**



IW072061

# Beispiel: Prognose von Lagerstätten in Ghana

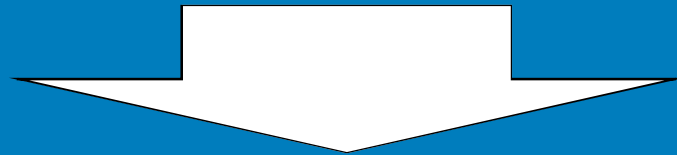


- Bedeutende Rohstoffe sind Gold, Mangan, Diamanten, Bauxit.
- Sehr gute Datenbasis vorhanden
- Starke Bergbauindustrie



## The task: Create predictive maps for Au

- Au generates important income in Ghana
- Au mining creates jobs and supports the local & national economy
- Au mining creates serious environmental damages
- Mineral resources must be included into the land use planning activities



**Predictive maps can provide a serious input into the national development strategy**

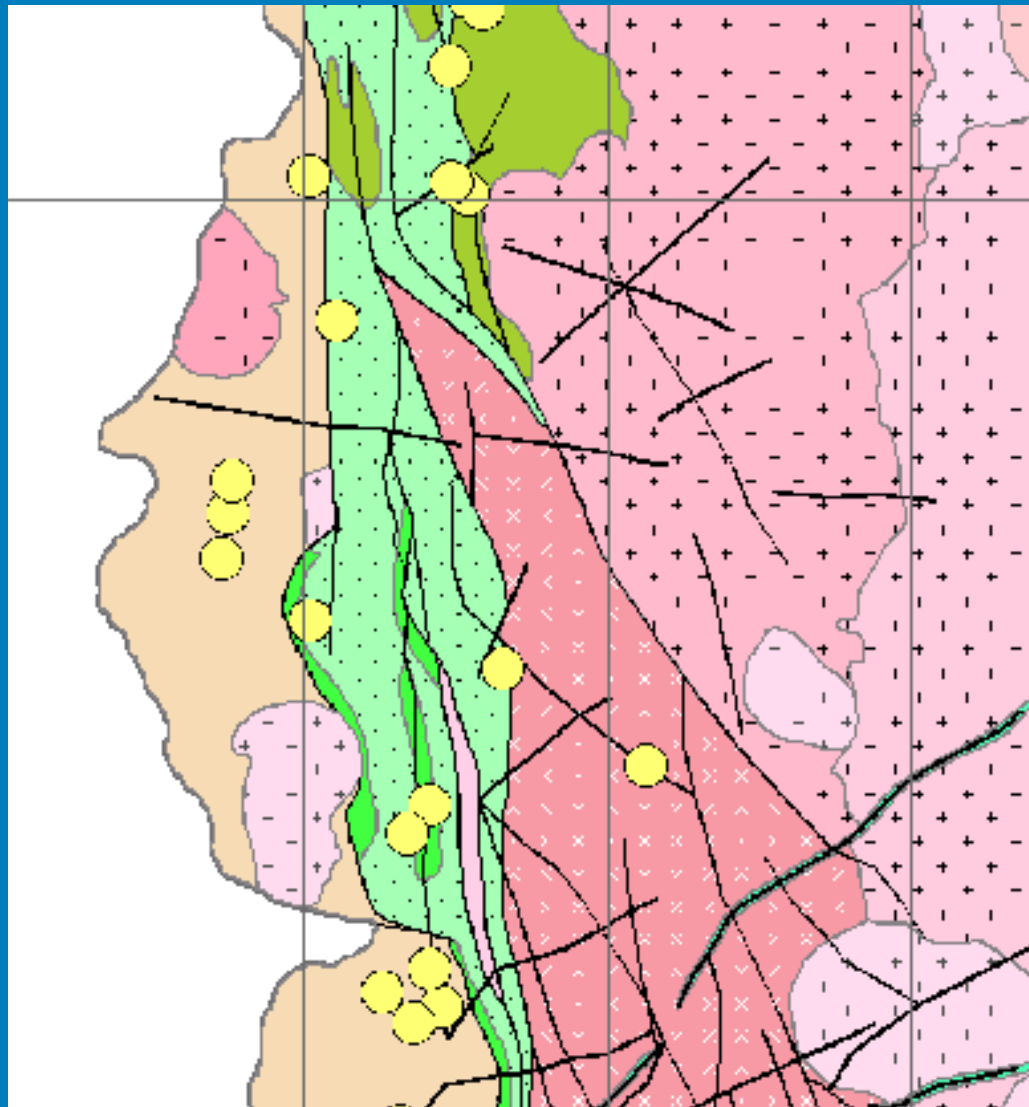


# Available data and knowledge

- **Airborne geophysics:**
  - all country covered, but different resolution, equipment, ...
- **Geological maps:**
  - 1:1,000,000 for the country (BGR-GSD Ghana, 2010)
  - 1:1,000,000 map (Minerals Commission of Ghana, 2002)
  - Other scales
- **Geochemical data:**
  - selected maps only, no systematic data in a suitable density
- **Metallogenetic models of Au ore bodies**



IW072061



Source: Geodatabase  
Ghana

The screenshot shows the GEODATABASE GHANA web application interface. It features the Ghanaian coat of arms and the Bank of Ghana logo. The interface is organized into several categories of data layers:

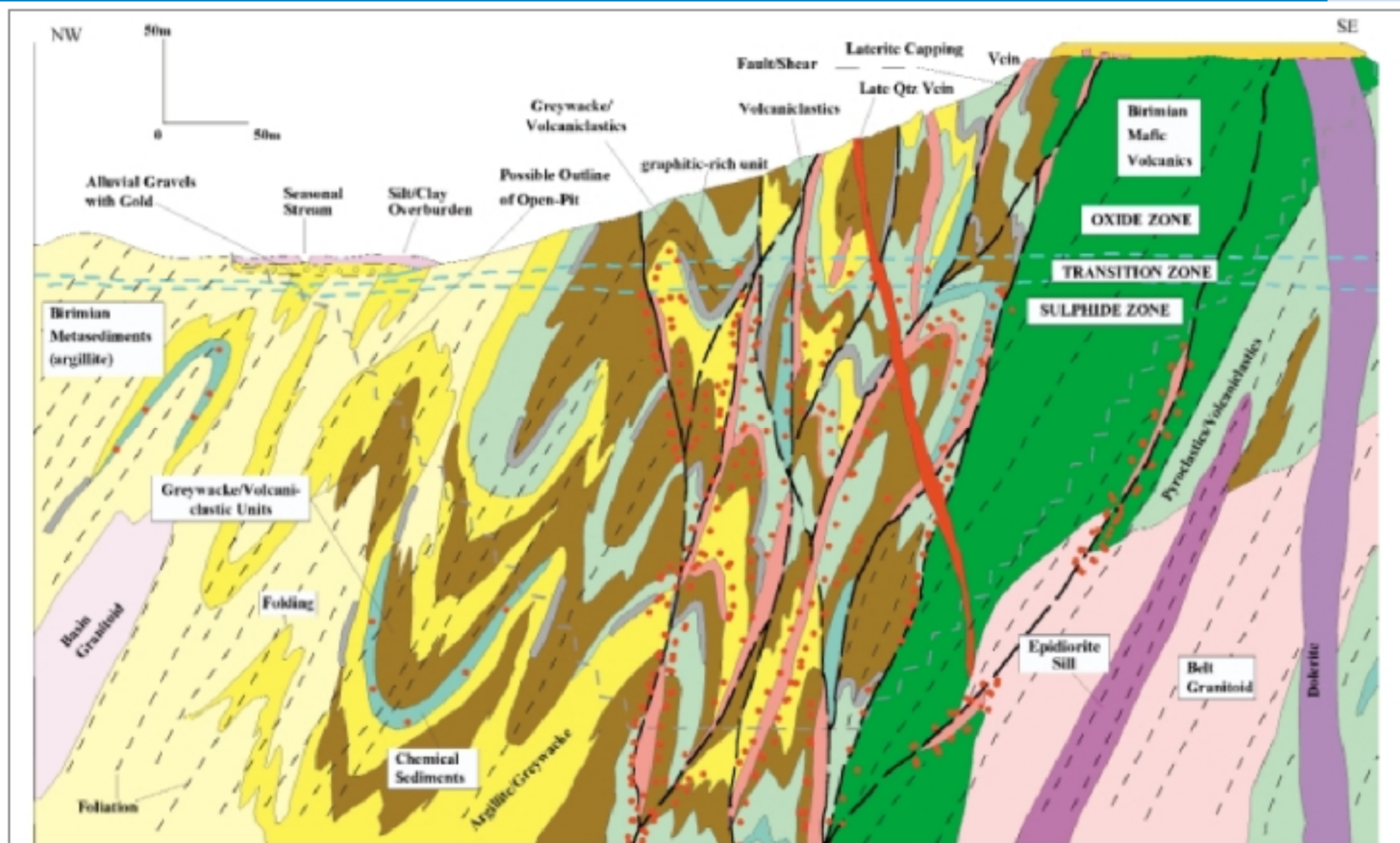
- Mining:** Mineral Licenses, Mines, Monthly Mining Return Papers, Quarterly Prospecting Return Papers.
- Economic Geology:** Mineral Deposits Occurrences, Geochemistry - Sample Locations, Geochemistry - Samples & Analysis.
- Geology:** Oil Fields, Geological Field Work Data, Sample Locations, Pumping Tests.
- Mineral Trade:** Previous Mineral Trade Figures, Mineral Trade Permits.
- Hardware Sourcing Data:** Suppliers and Inventories, Suppliers Database.
- Minerals Database:** Bibliography Documents, Spatial Data.
- Administration:** Salary Check, Ledger Tables, Security.
- Business Data:** Permits & Comptrols, Annual Mining Return Papers.
- Environment:** Contaminated Sites.
- GIS:** WFS View.



2061



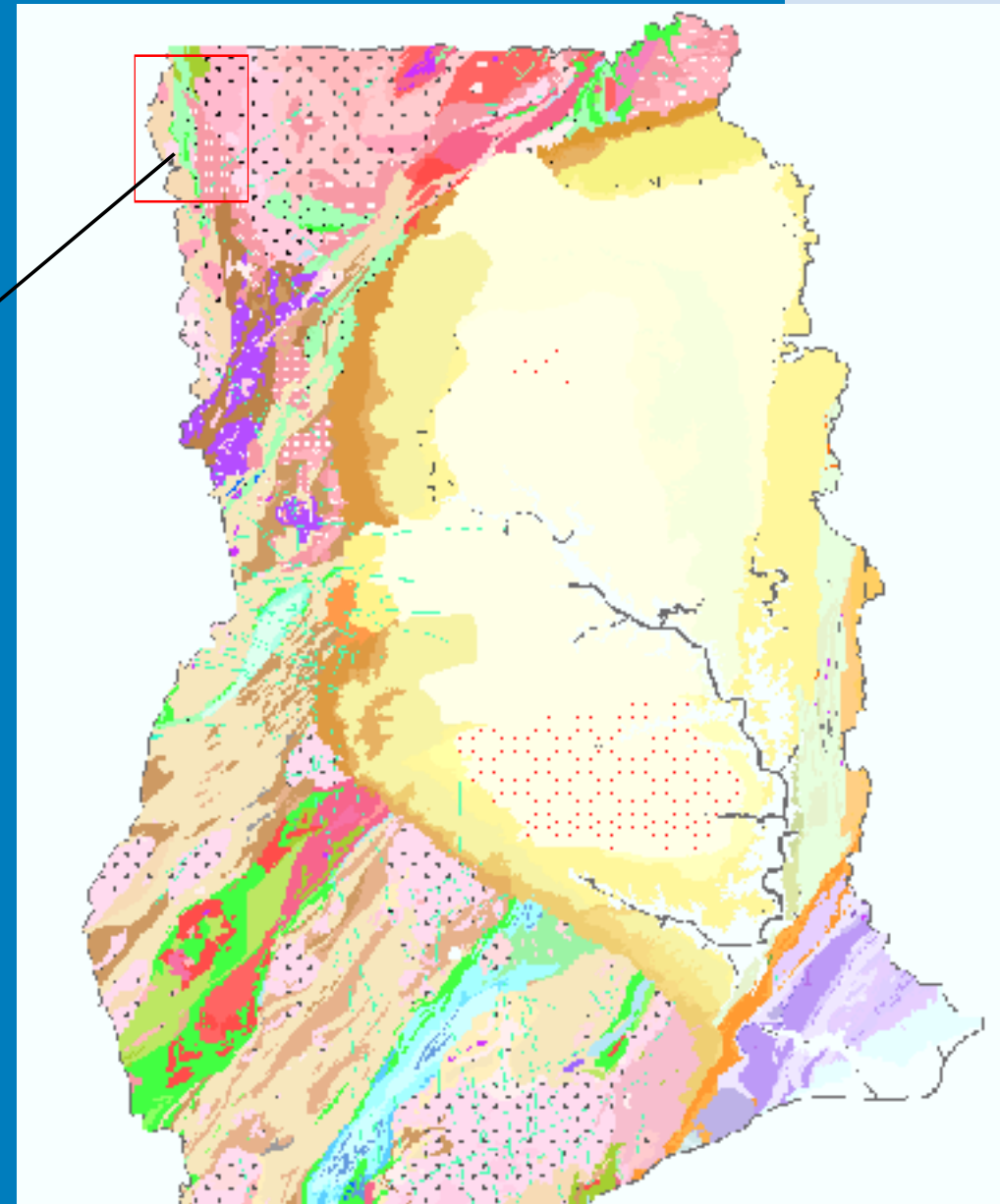
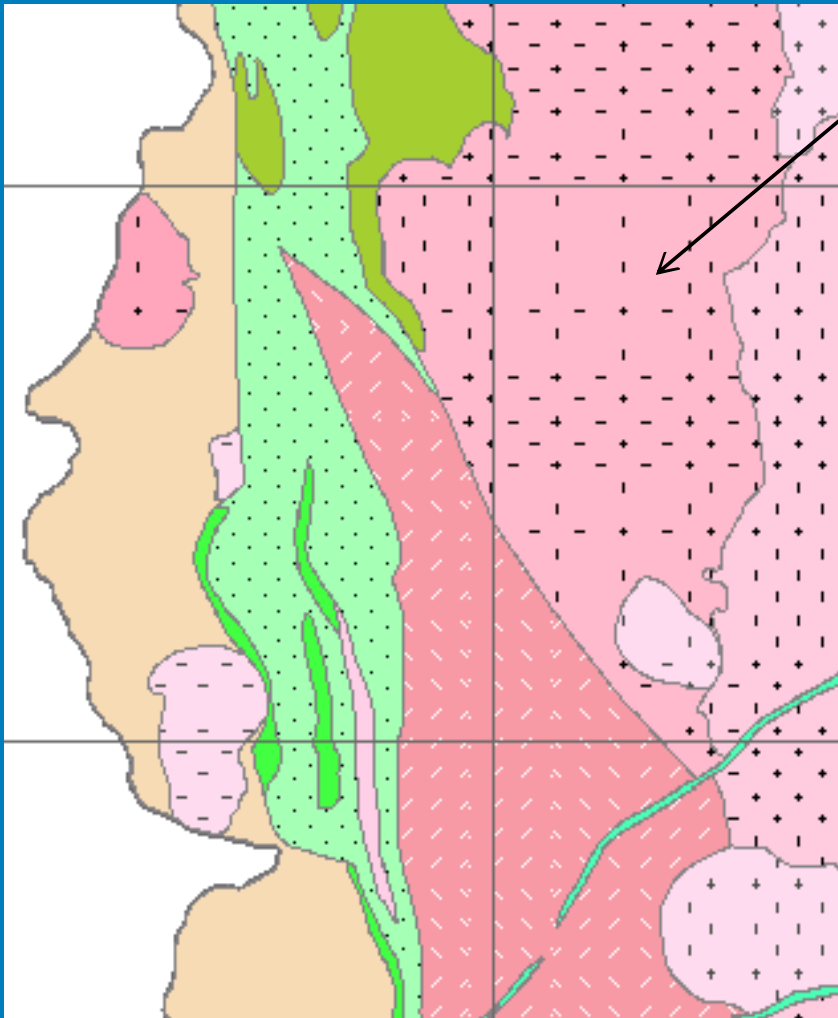
# Existing knowledge: the mineral deposit model



Source: Gold deposits of Ghana, Minerals Commission, Ghana, ROBERT J. GRIFFIS, KWASI BARNING, FRANCIS L. AGEZO, FRED K. AKOSAH, 2002

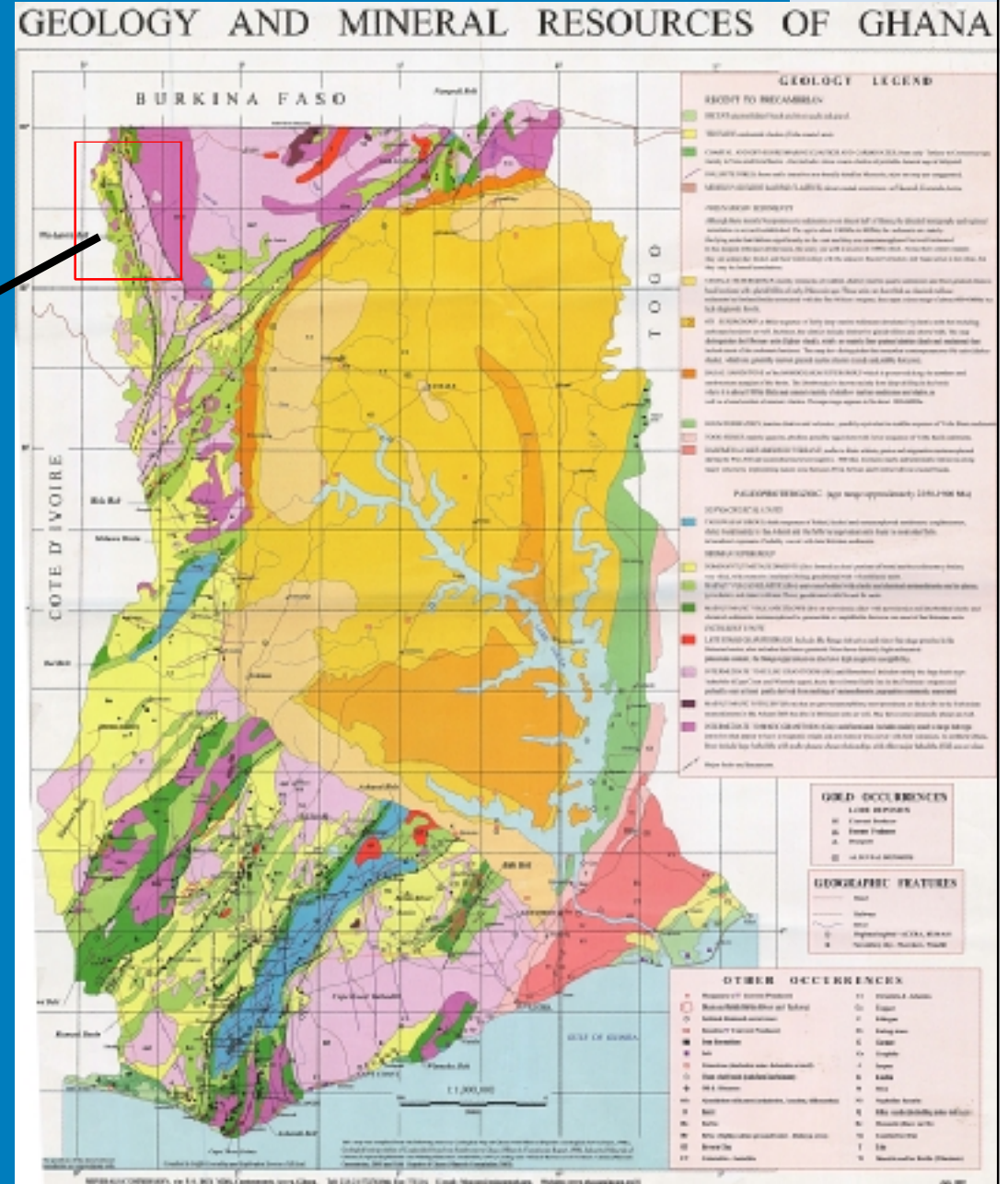
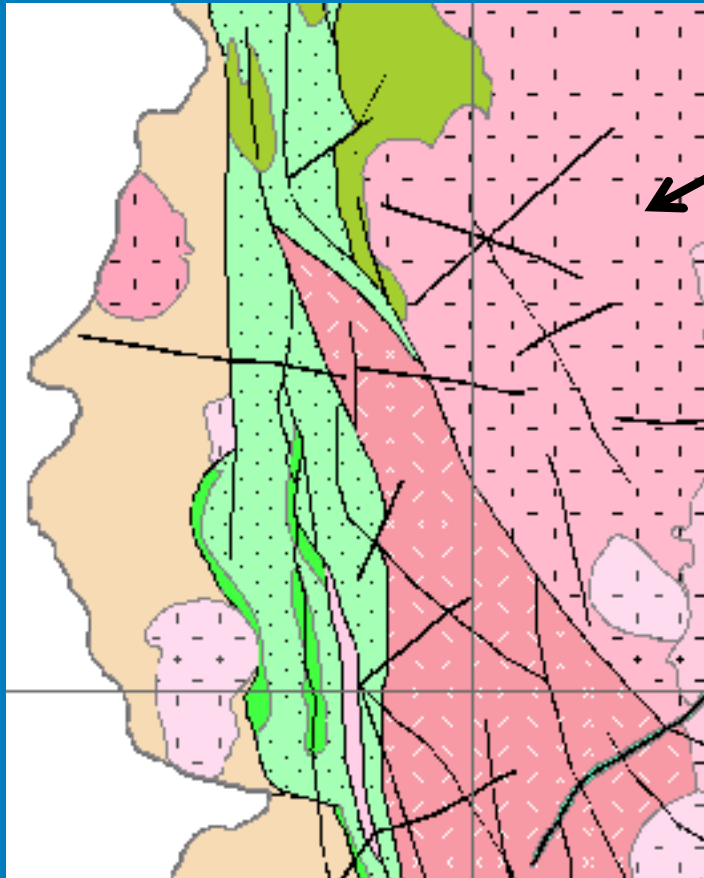
# The geology

Source: Geodatabase Ghana;  
1:1,000,000 scale geological  
maps

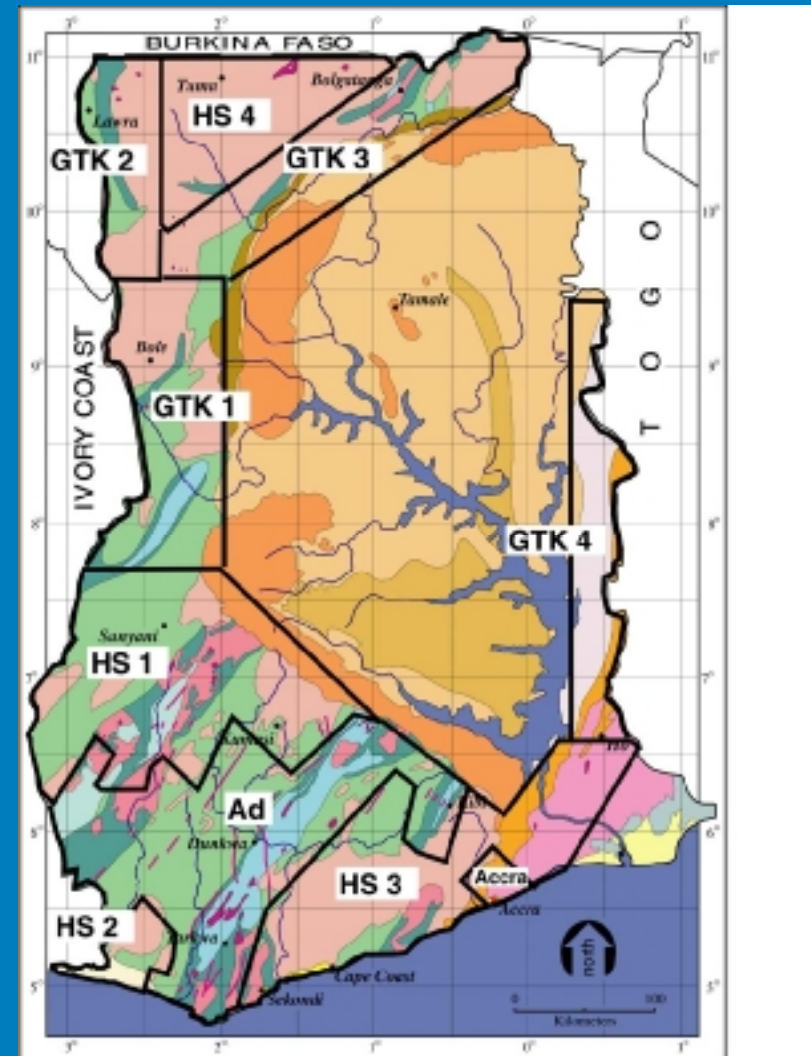


Source: Geological map of Ghana, 2010  
Geological Survey Department, Ghana  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Germany

Source: Geodatabase Ghana;  
Different geological maps



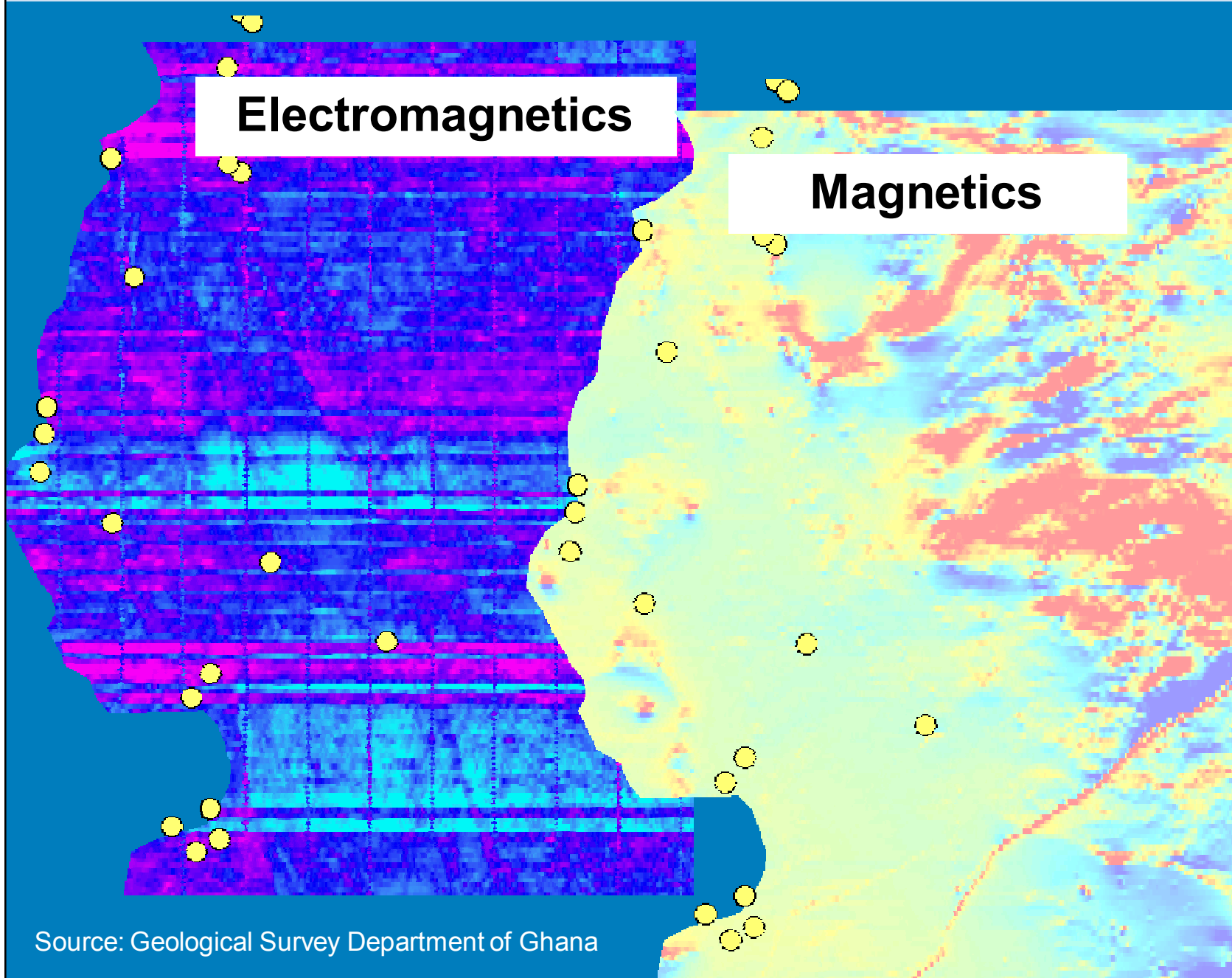
- Between 1996 and 1998, the World Bank/ Nordic Development Fund sponsored the Mining Sector Development and Environment Project.
- The EU funded MSSP has covered the Volta and Keta bassins



Source: Geological Survey Department of Ghana



IW072061

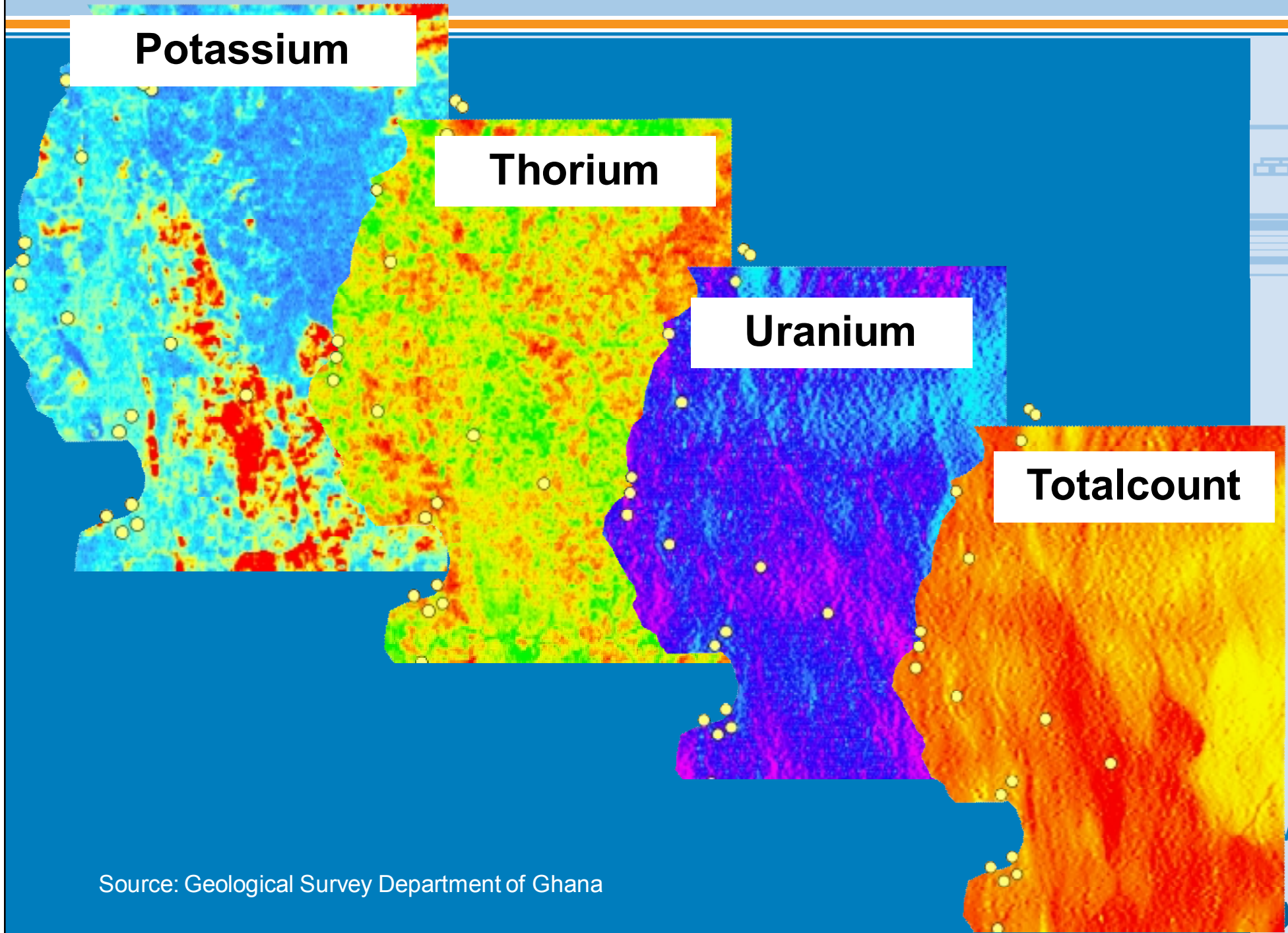


Source: Geological Survey Department of Ghana



IW072061

# Gamma Spectrometry

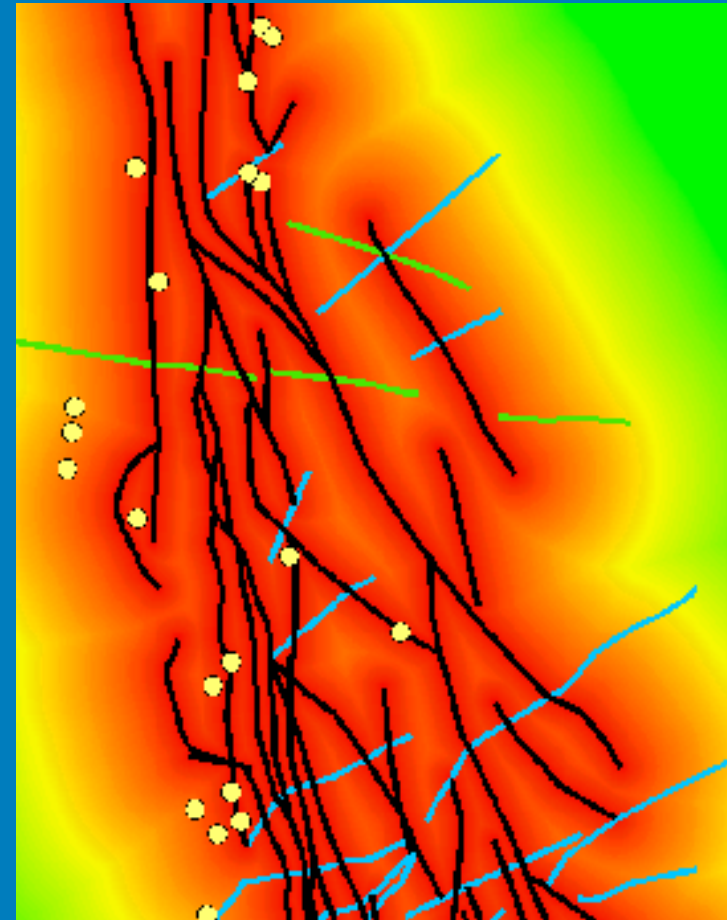
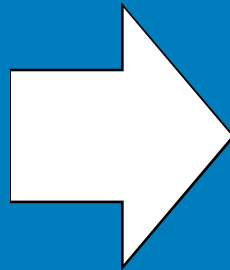
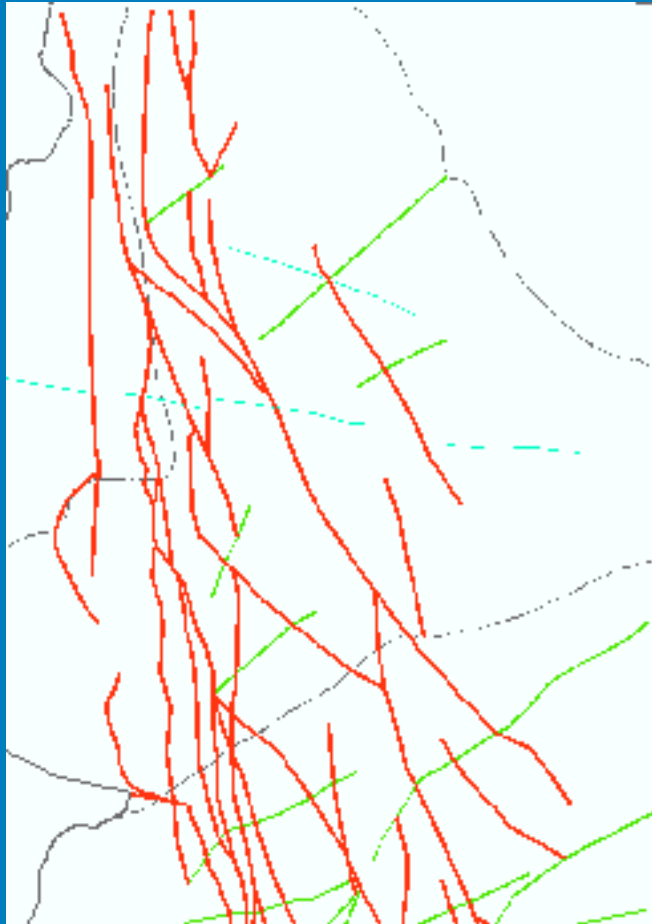


Source: Geological Survey Department of Ghana



W072061

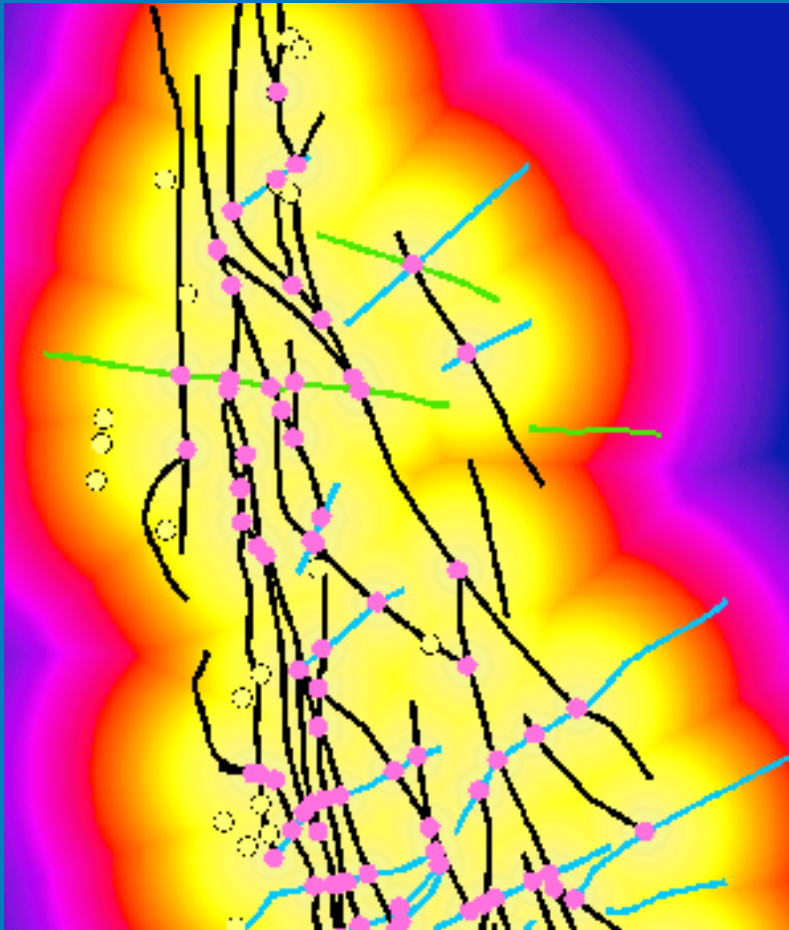




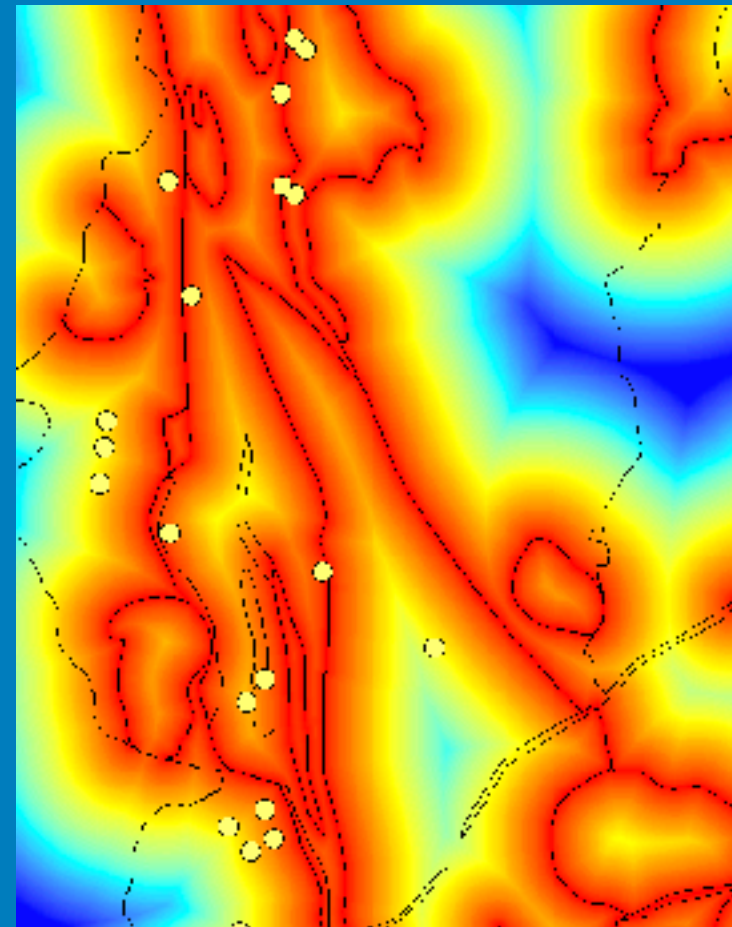
Creation of distance layers: how far is a point away from a structure



IW072061



Intersections of tectonic structures

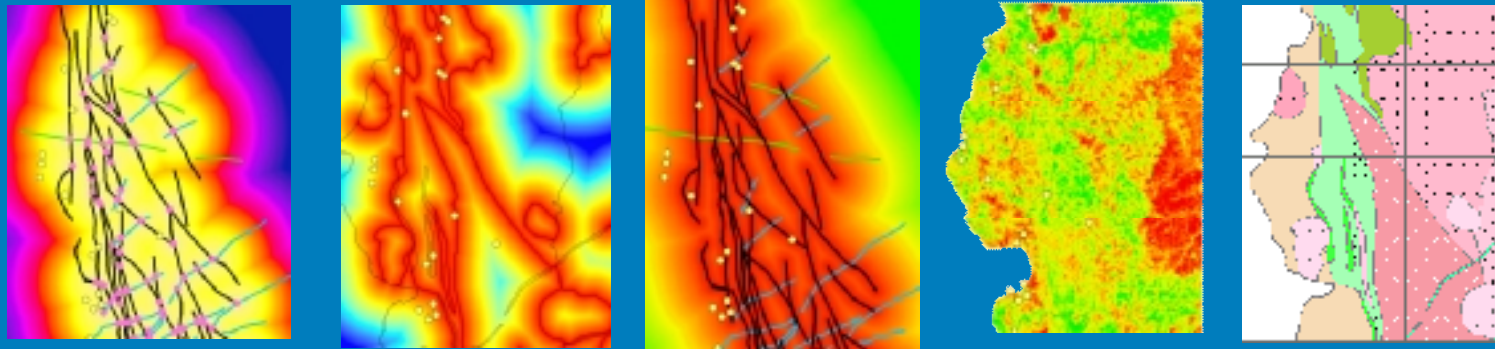


Important rock contacts



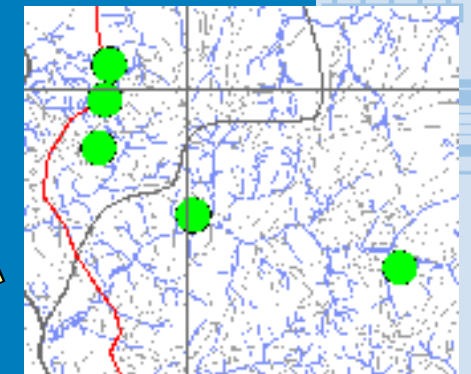
IW072061





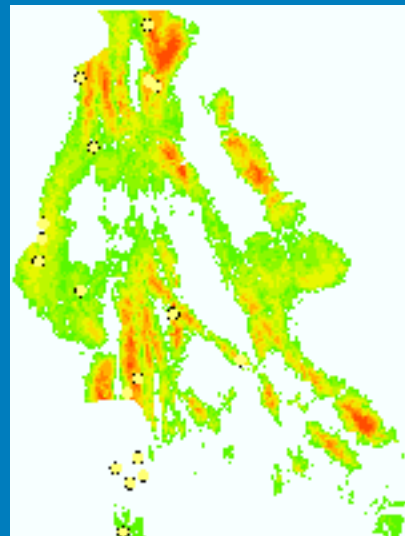
Input data layers

advangeo®  
Prediction Software



Training  
points =  
known  
minera-  
lisations

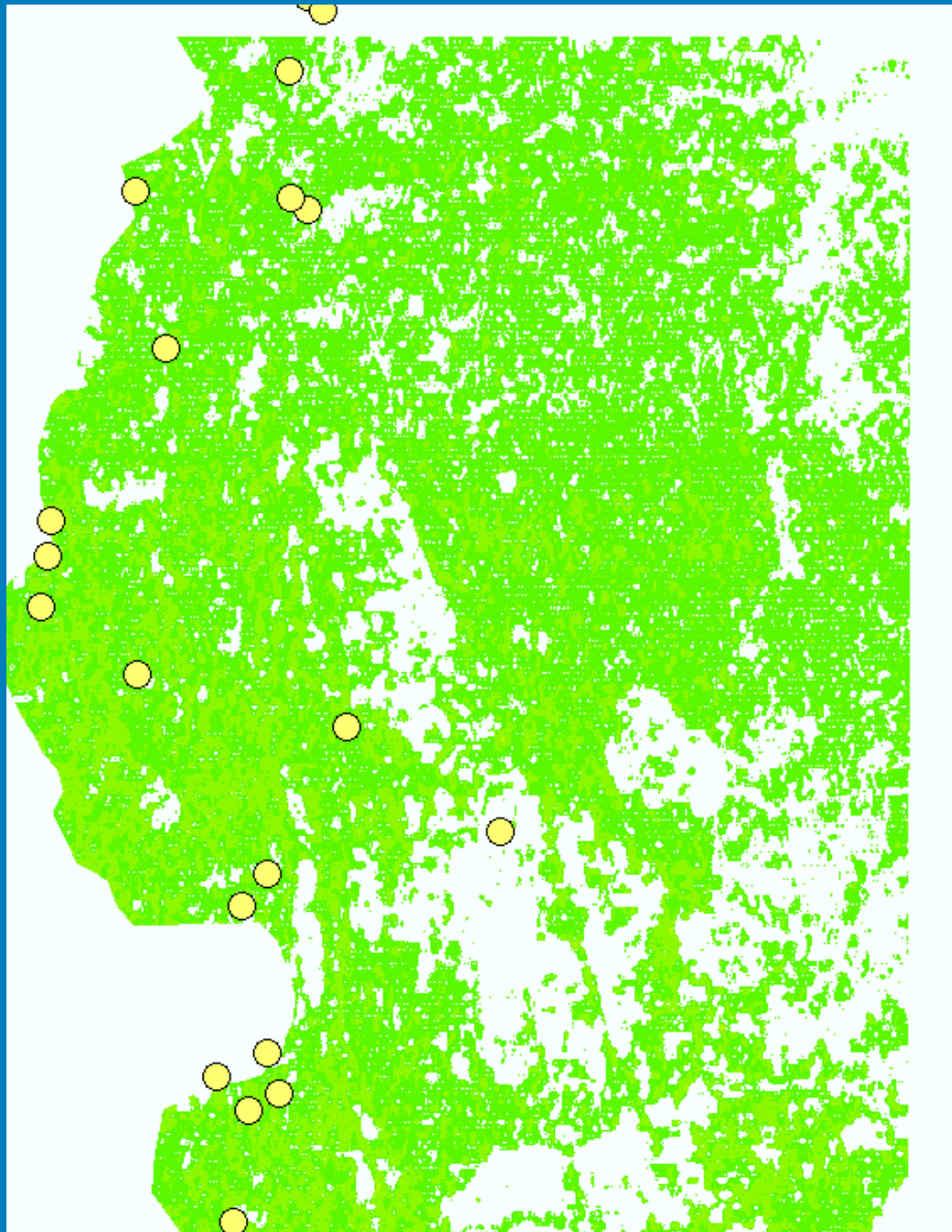
The predictive map:  
shows probabilities  
for detection of Au  
mineralisations.



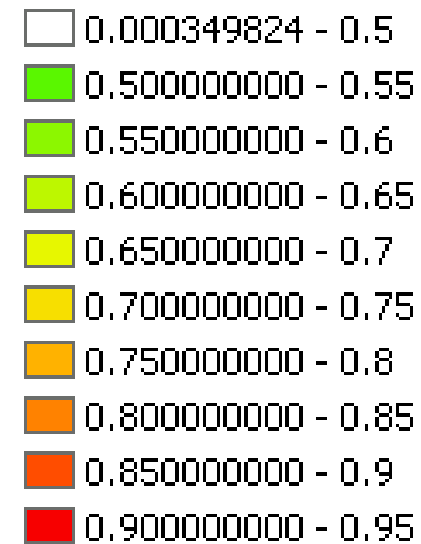
IW072061

beak  
CONSULTANTS

# Model 1

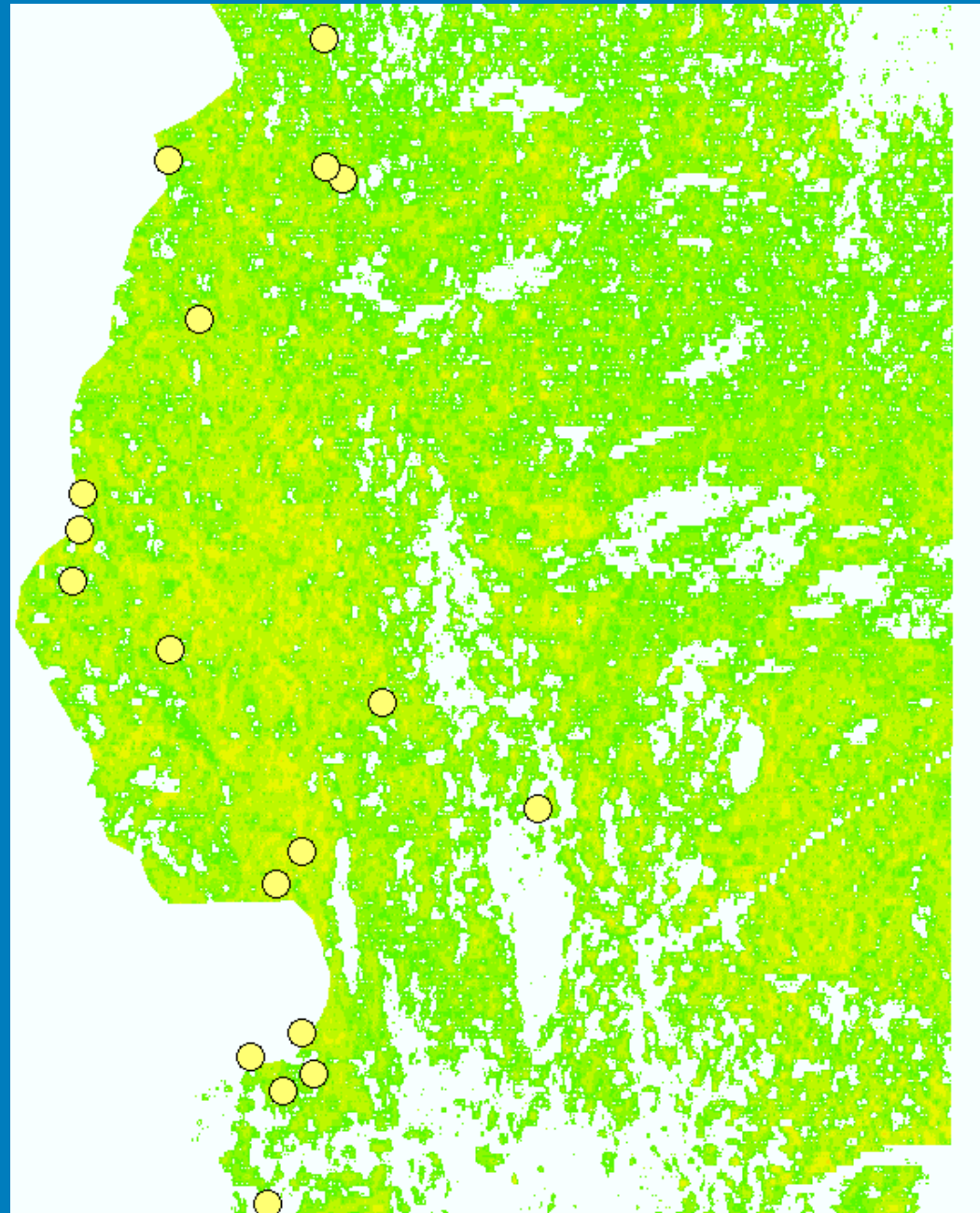


## U, Th, K, total

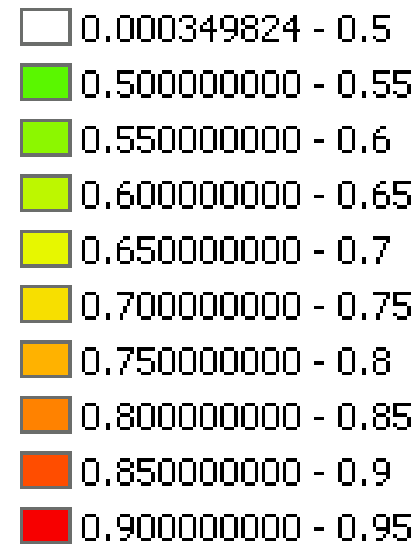


IW072061

# Model 2



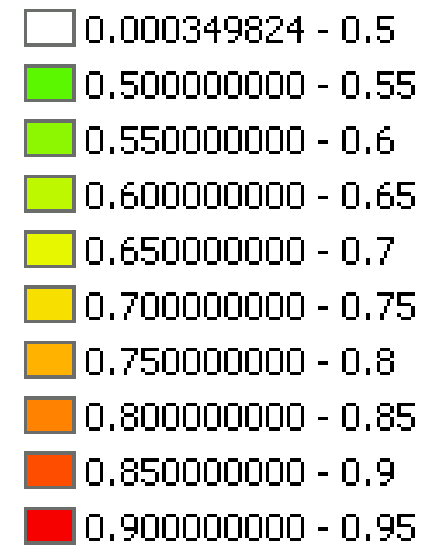
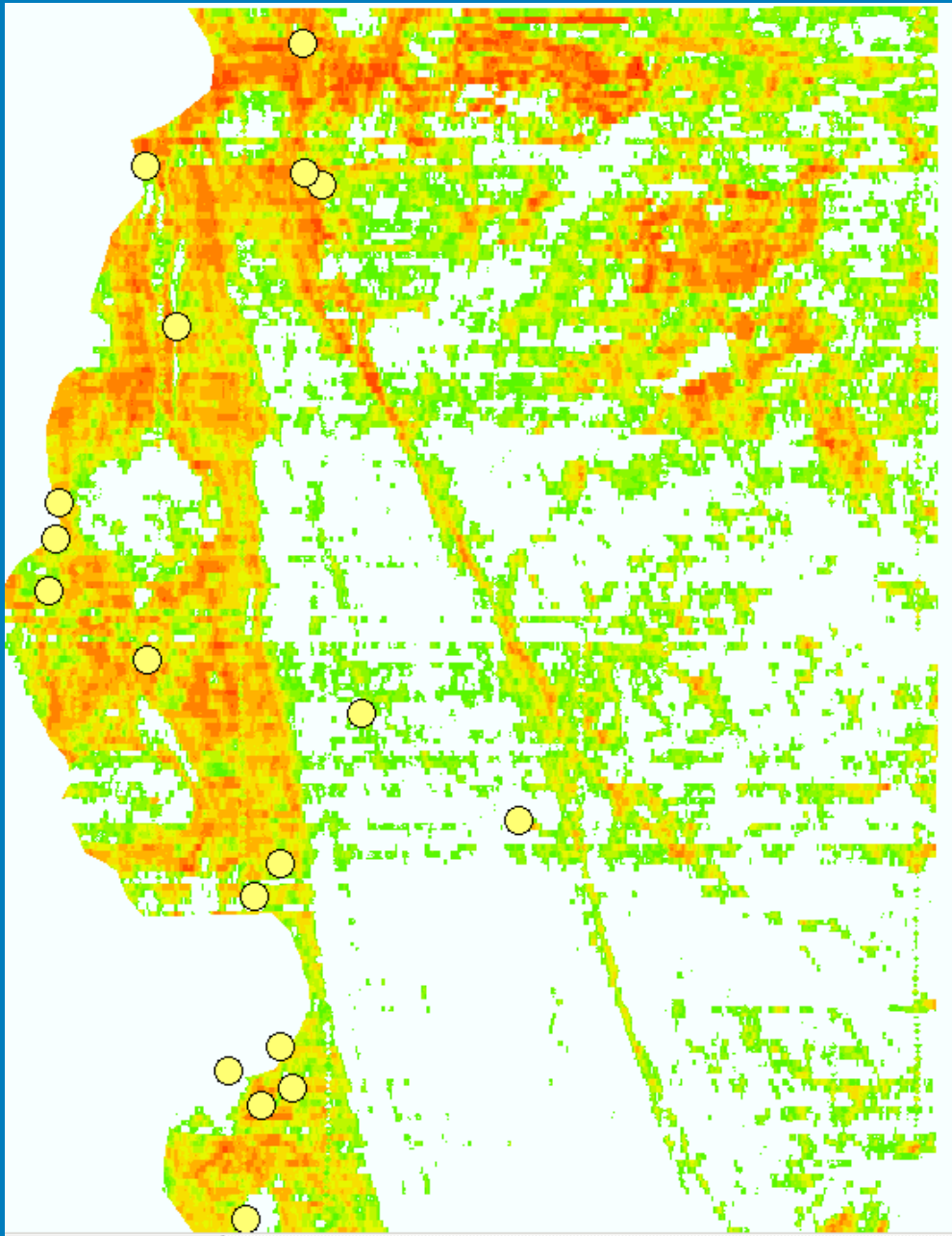
U, Th, K, total,  
magnetics



IW072061

# Model 3

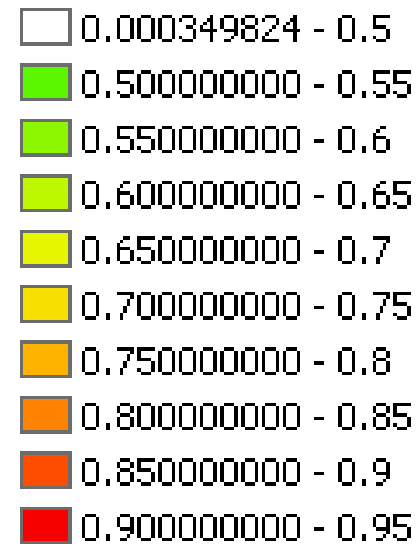
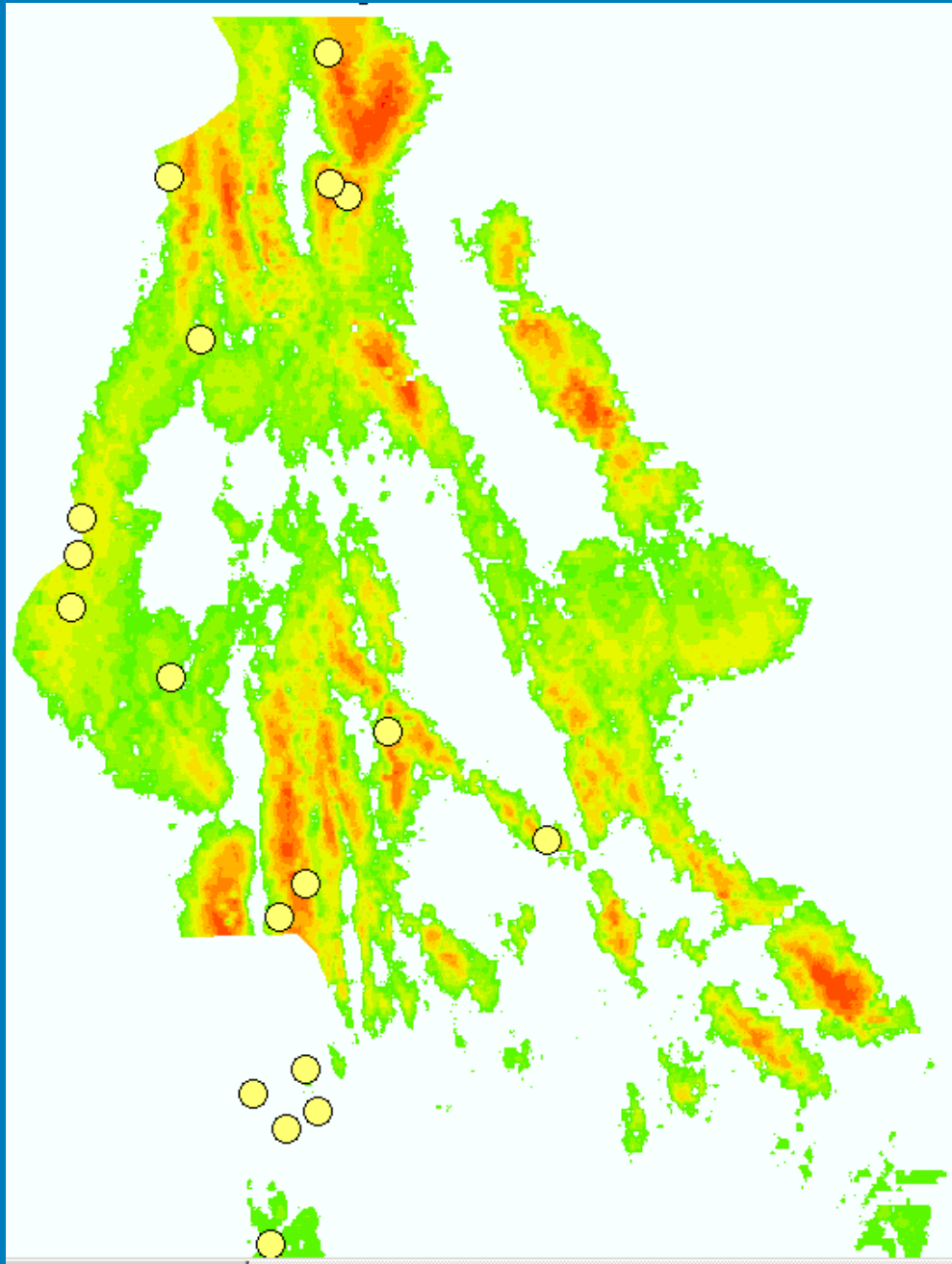
U, Th, K, total,  
magnetics,  
electromagnetics



IW072061

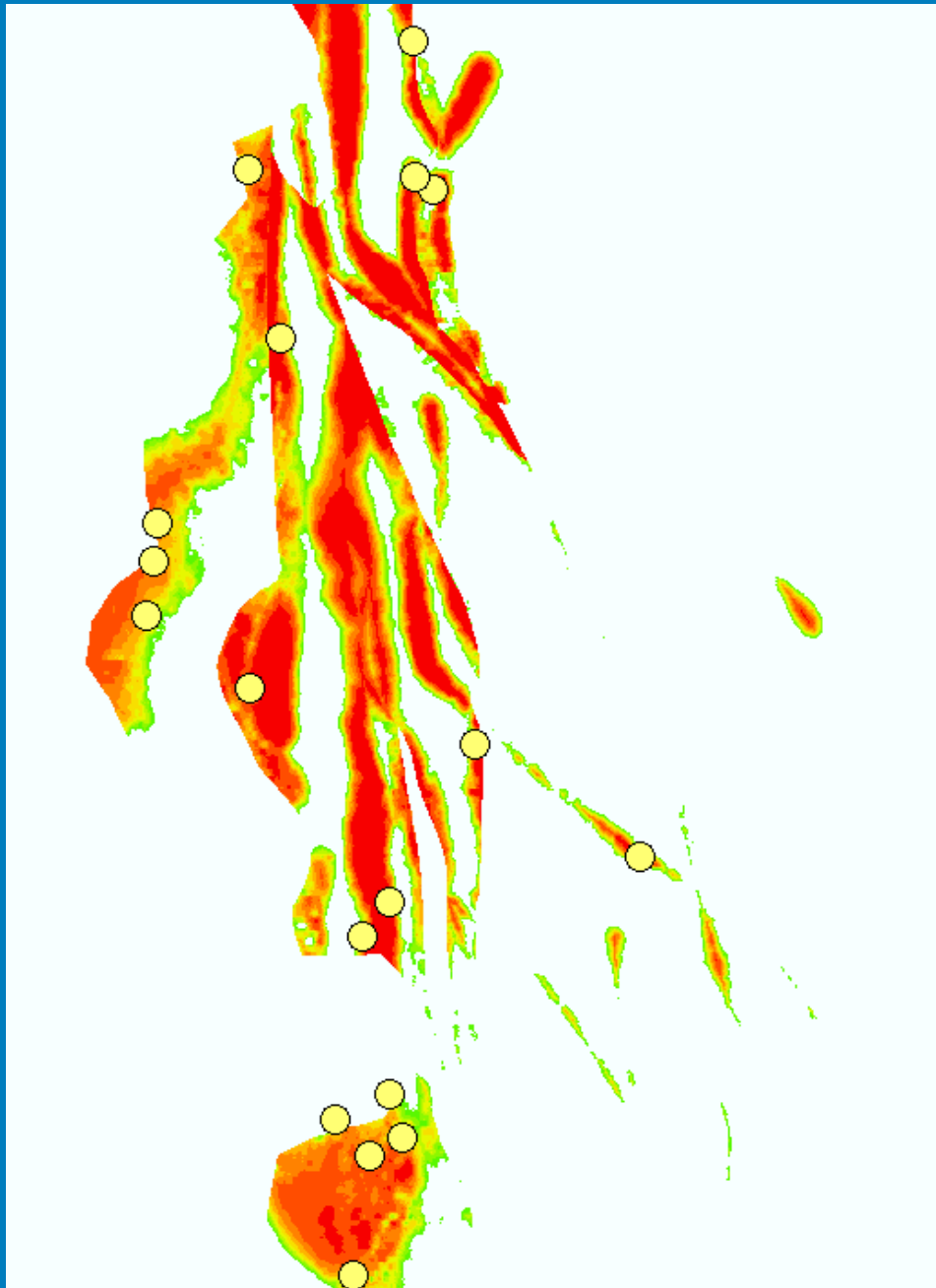
# Model 4

U, Th, K, total,  
magnetics,  
structures

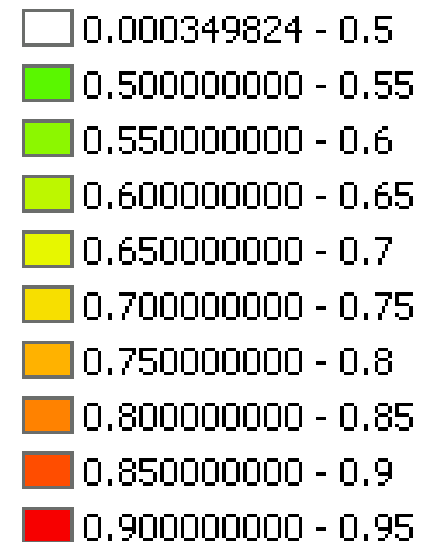


IW072061

# Model 5



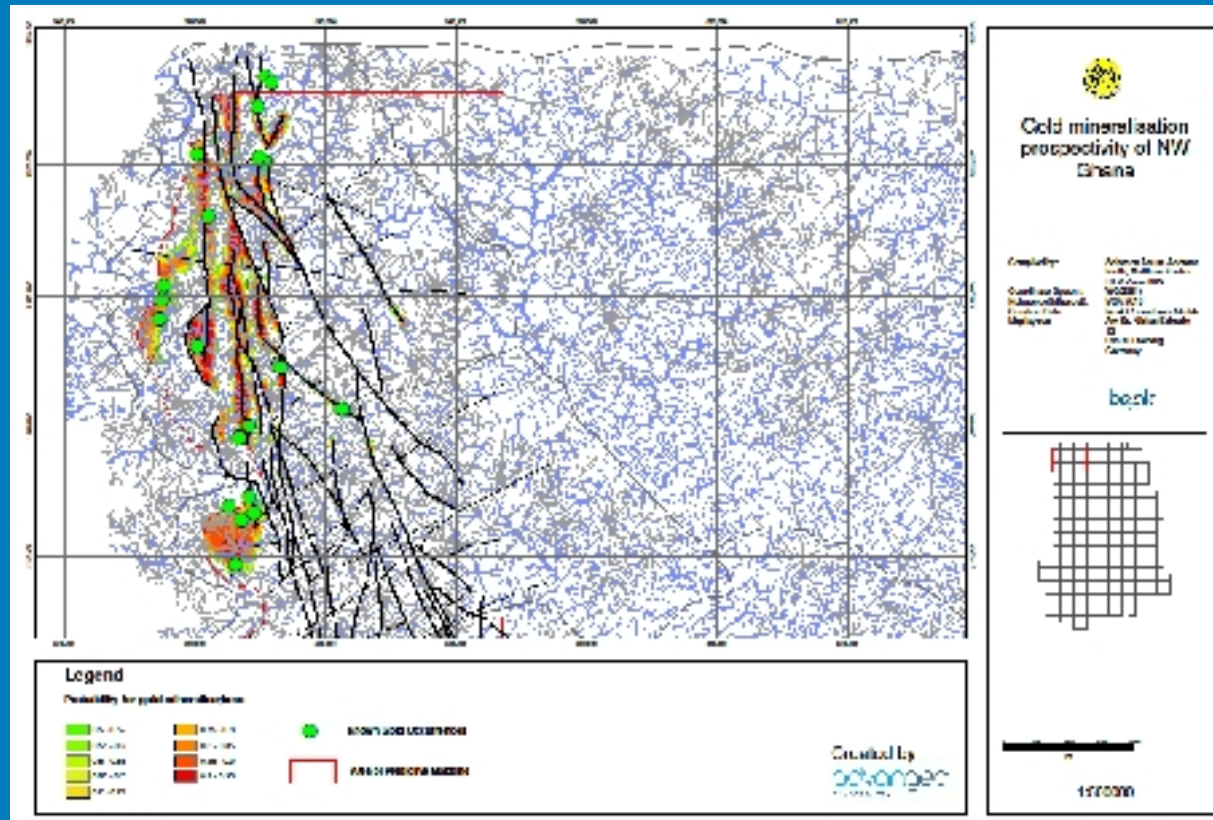
U, Th, K, total,  
magnetics,  
structures,  
rocks,  
intersections,  
rock contacts



IW072061

**beak**  
CONSULTANTS

# The regional predictive map

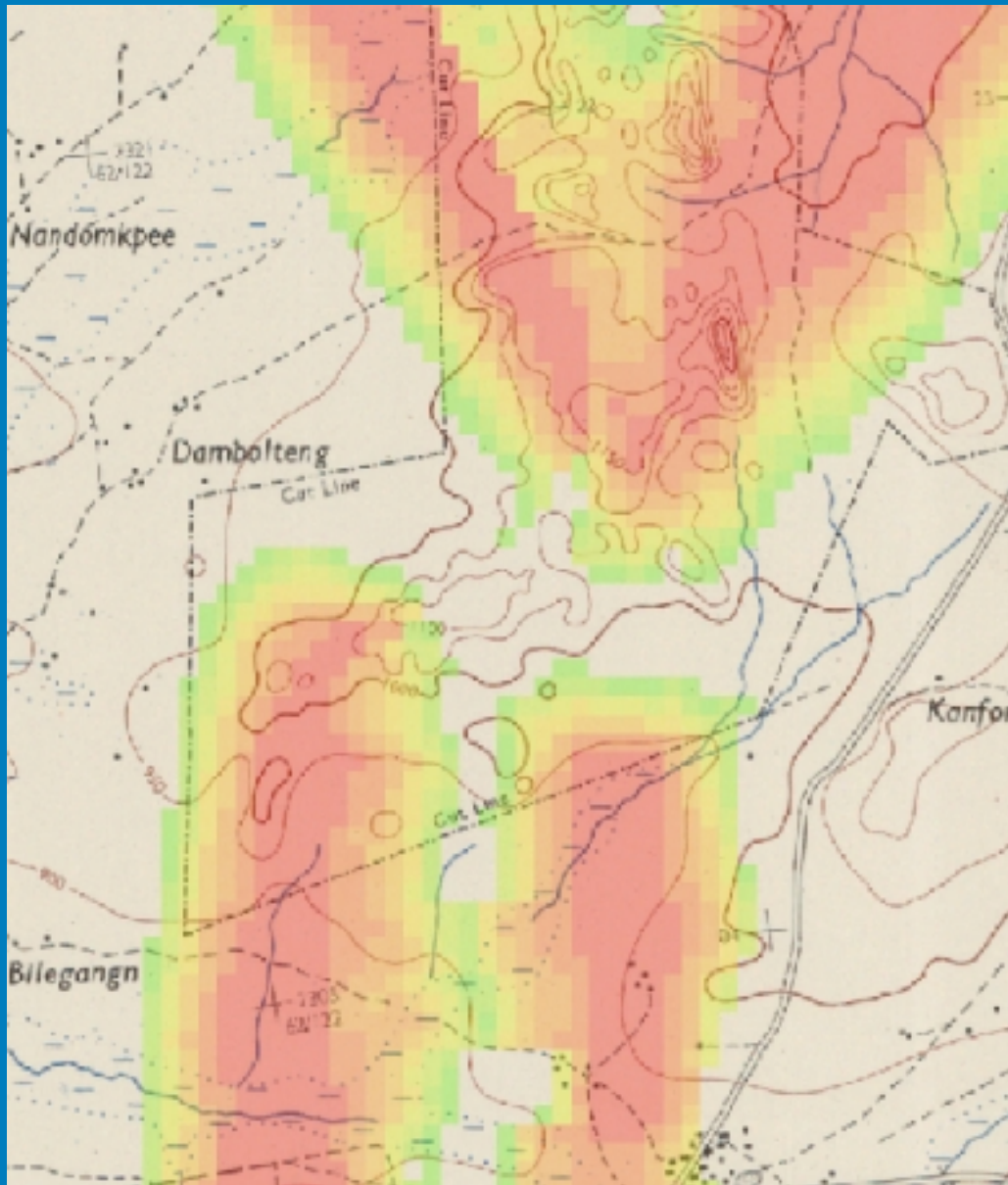


- easy to read
- suitable for long term national planning
- ensures better use of exploration funds
- attracts and guides investment



IW072061

**beak**  
CONSULTANTS



Accuracy 50 - 100 m

Starting point for prospecting and exploration activities for:

- small scale miners
- junior companies
- bigger mining companies

Guidance for local land use planning:

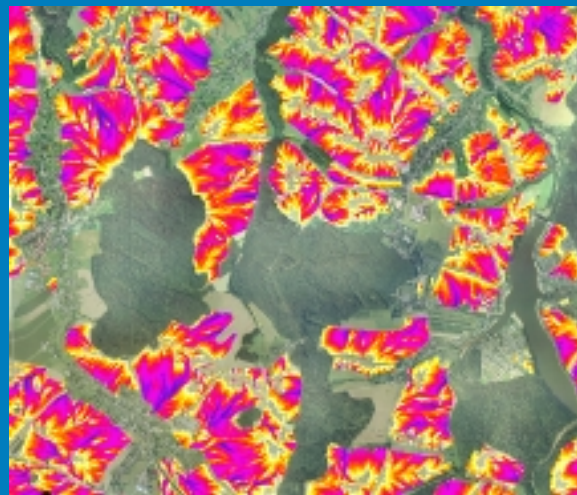
- Delineation of preferred prospecting areas
- construction of roads and settlements....



**Eingangsdaten:**  
Höhenmodell und dessen  
Derivate  
Bodenarten  
Flächennutzung

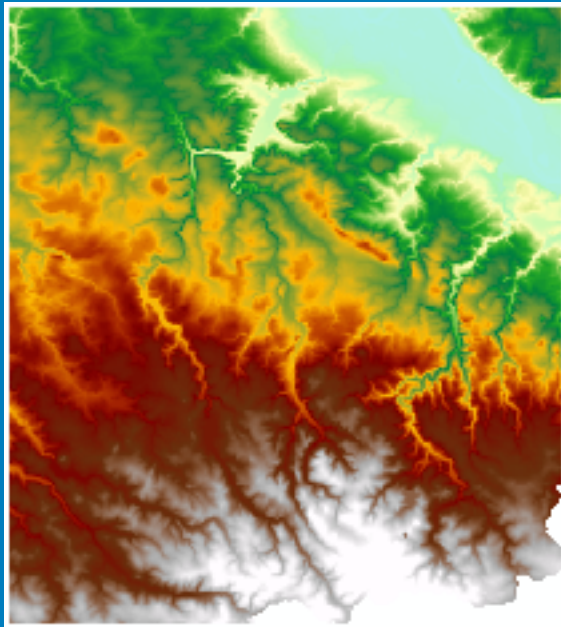


**Trainingsdaten:**  
Bekannte Flächen  
mit Bodenabtrag

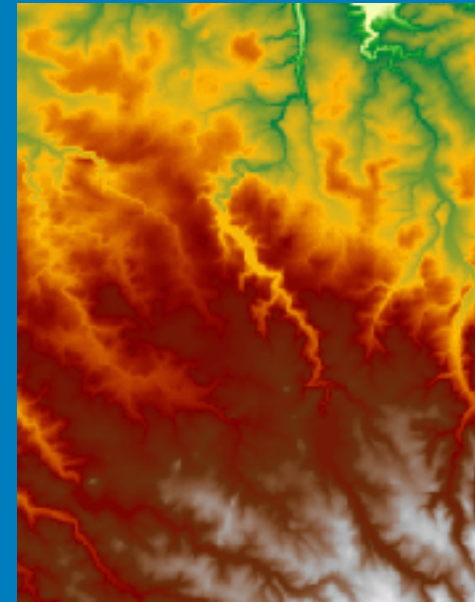
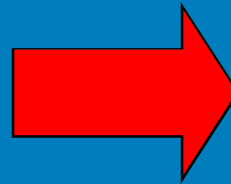


IW072061

Eingangsdaten: Digitales Geländemodell  
→ Resampling



DGM Sachsen 20m

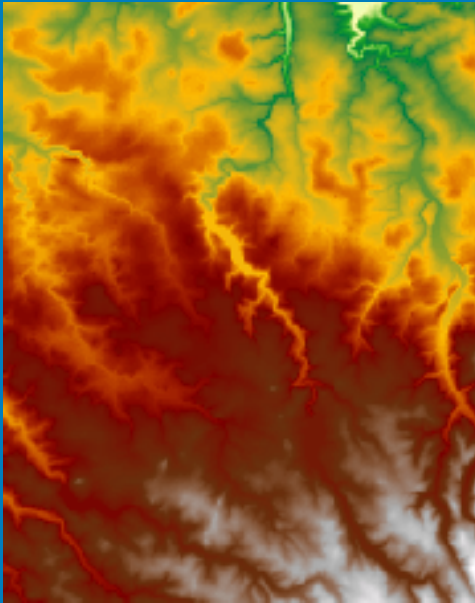


DGM Sachsen 5m RESAMPLED

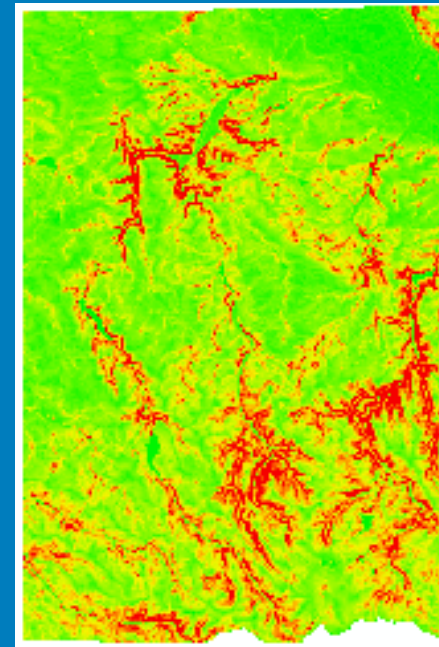
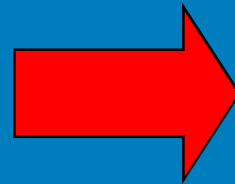


IW072061

**Eingangsdaten: Ableitung des Digitalen Geländemodells  
→ Hangneigung**



DGM Sachsen 5m RESAMPLED

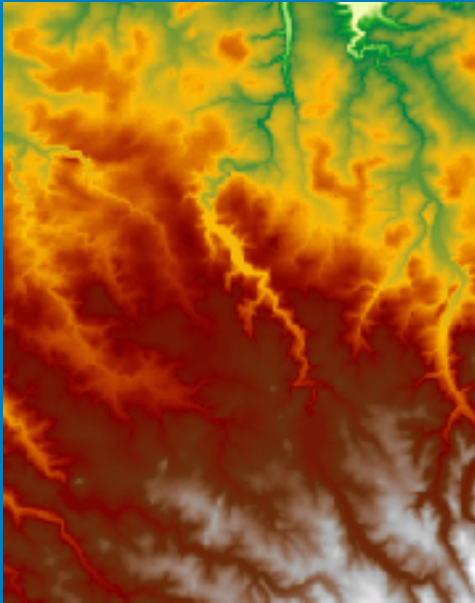


Hangneigung [°]

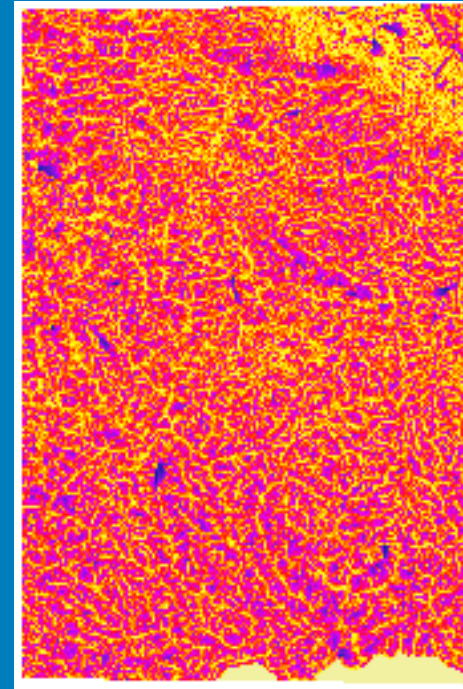
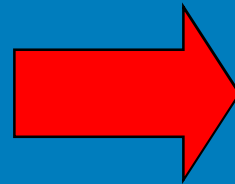


IW072061

**Eingangsdaten:** Ableitung des Digitalen Geländemodells  
→ Fließakkumulation



DGM Sachsen 5m RESAMPLED

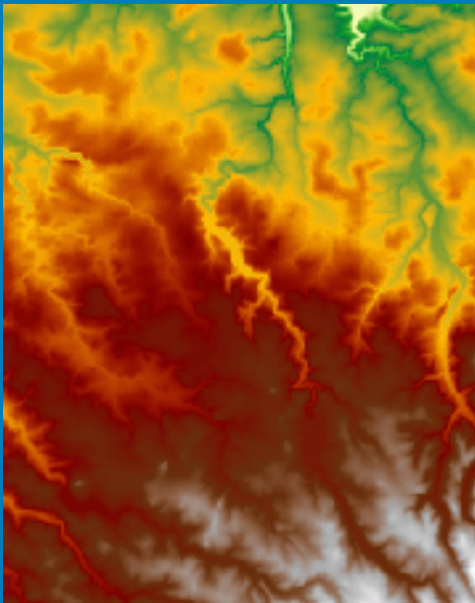


Log Fließakkumulation

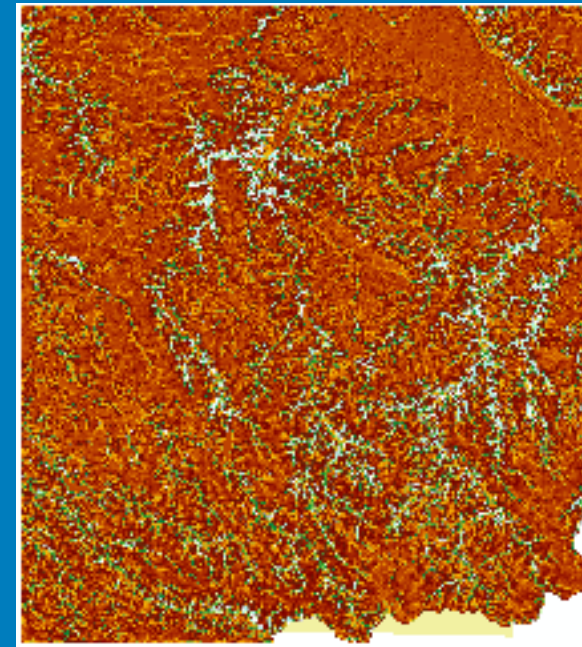
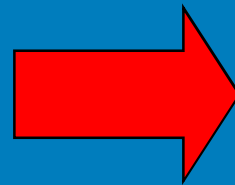


IW072061

Eingangsdaten: Ableitung des Digitalen Geländemodells  
→ Konkavität



DGM Sachsen 5m RESAMPLED



Konkavität / Curvature

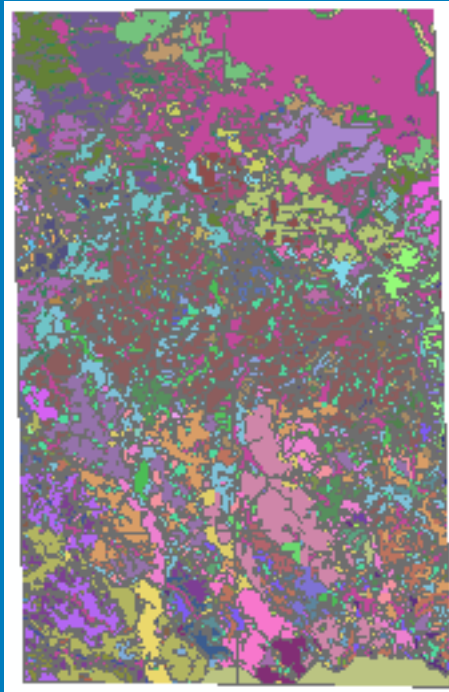


IW072061

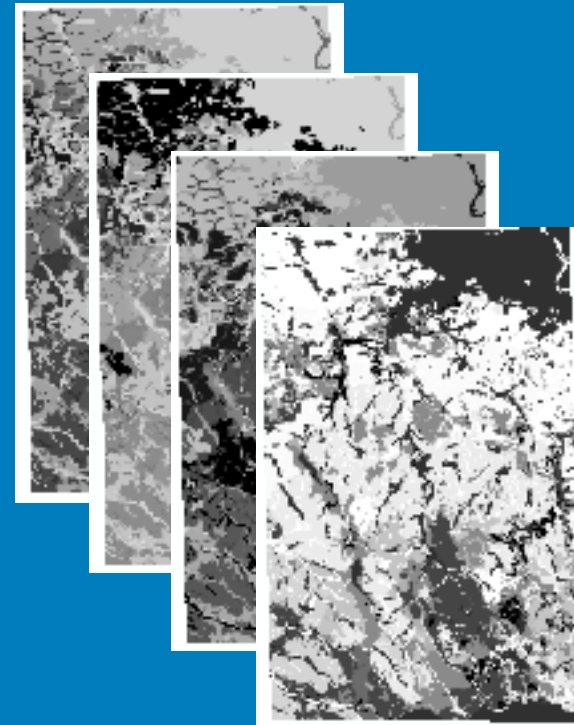
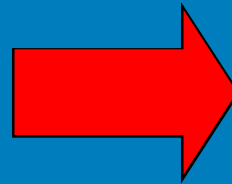
# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

**Eingangsdaten: Bodenkzeptkarte**

→ Feinboden (Ton, Schluff, Sand), Skelett



**Bodenzeptkarte**



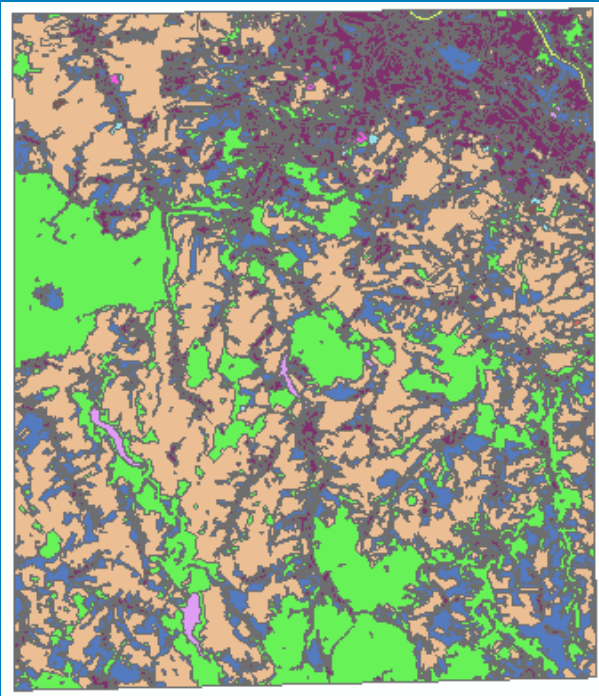
**Feinboden  
(Ton, Schluff, Sand), Skelett**



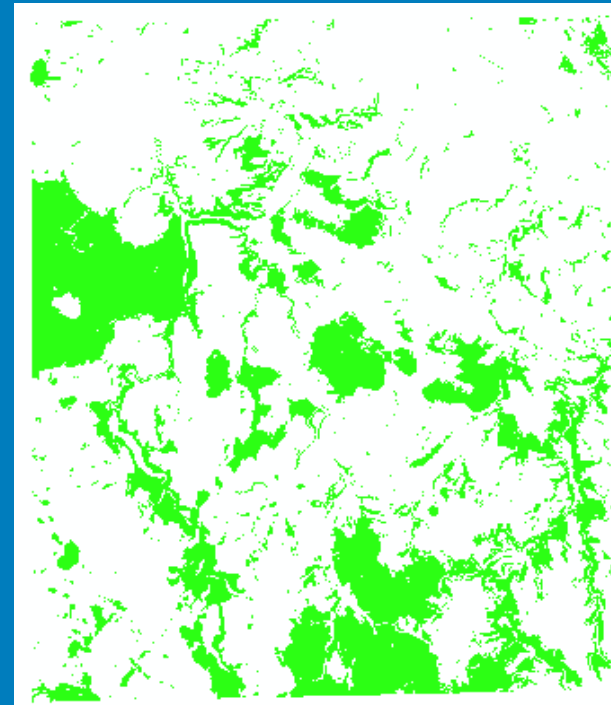
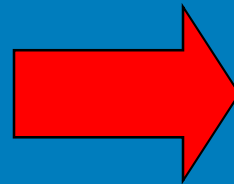
IW072061

# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

**Eingangsdaten: Flächennutzung (ATKIS, Biotoptypenkartierung)**  
→ Wald, Acker, Dauergrünland, etc.



Flächennutzung (ATKIS, Biotoptypen)



Einzel-Raster für jede Flächennutzungsart  
(Wald, Acker, Dauergrünland, etc.)

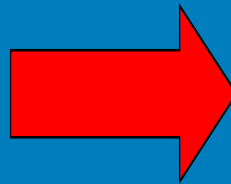


IW072061

**Trainingsdaten: Grundlage Luftbilder**  
→ Luftbildkartierung Erosionsflächen



Luftbilder Hochwasser 2001



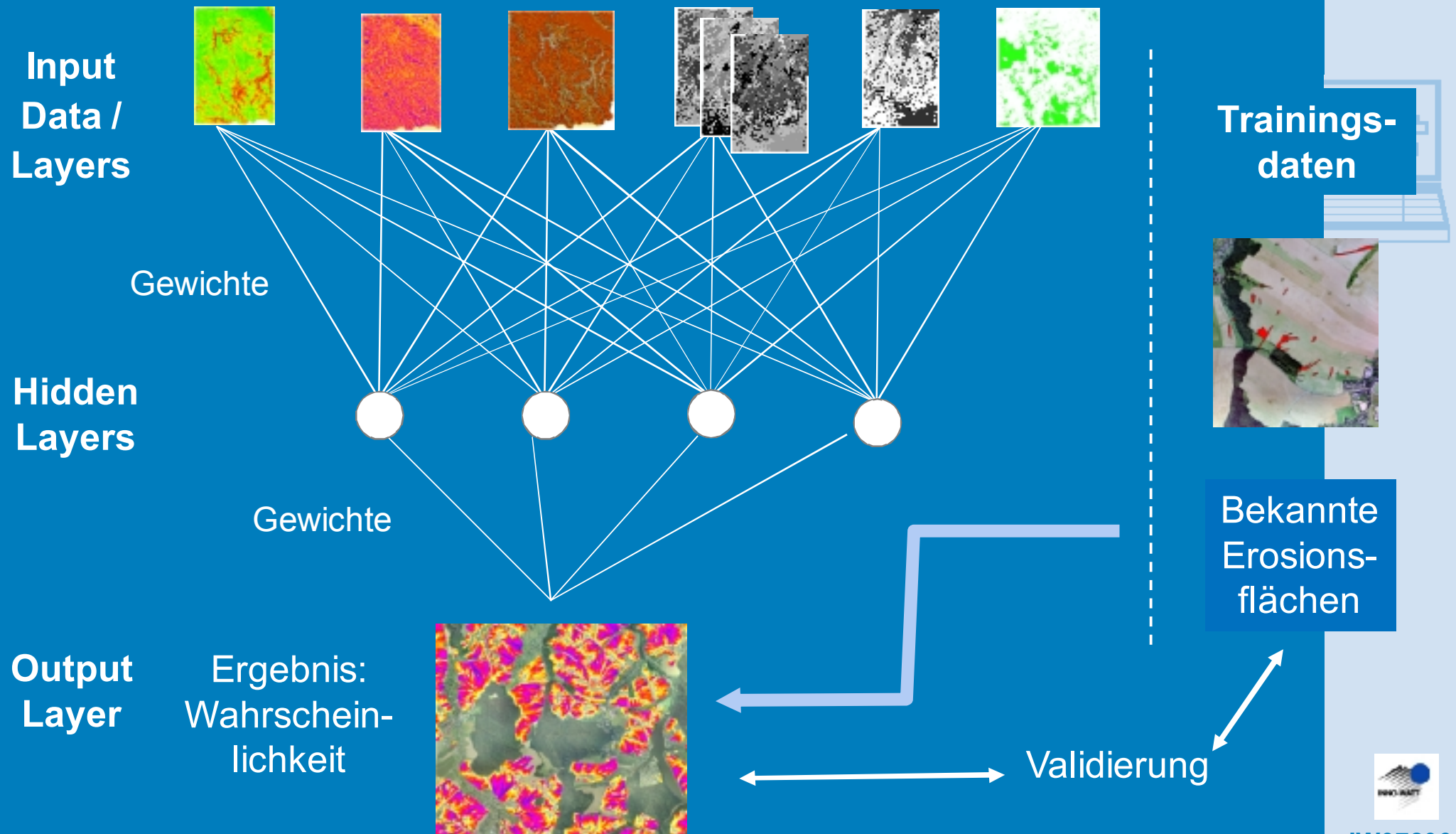
Kartierte Erosionsrinnen



IW072061



# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag



IW072061

# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

Eingangsdaten:

*Hangneigung*

*Schluff, Ton, Sand im  
Gesamtboden*



Eintrittswahrscheinlichkeit

- 0.5 - 0.55
- 0.55 - 0.6
- 0.6 - 0.65
- 0.65 - 0.7
- 0.7 - 0.75
- 0.75 - 0.8
- 0.8 - 0.85
- 0.85 - 0.9
- 0.9 - 1

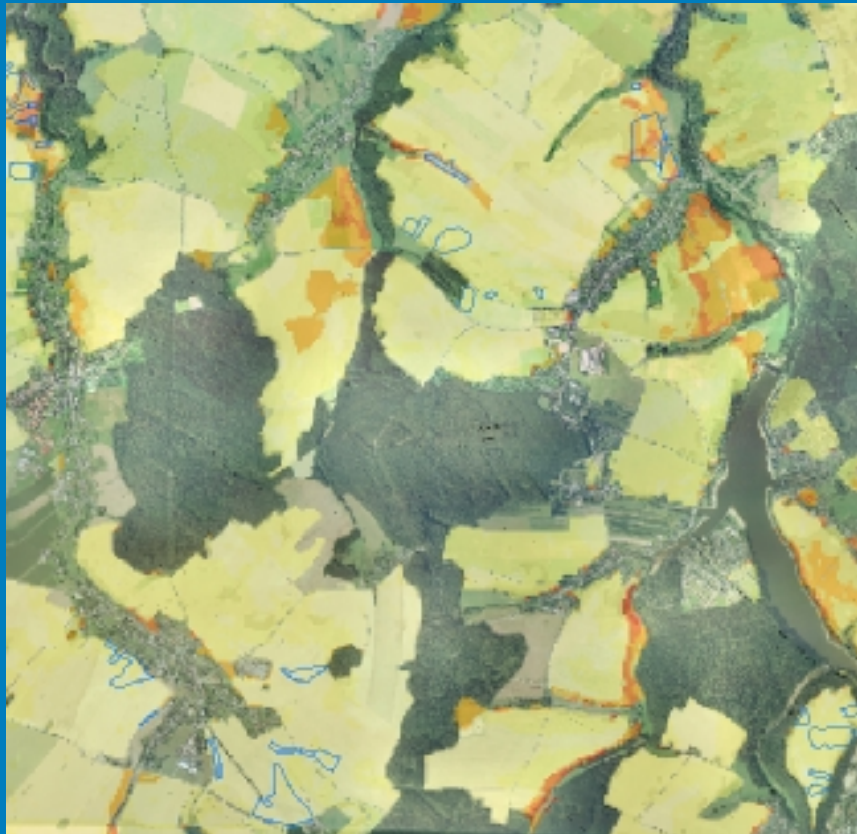


IW072061

# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

## Eingangsdaten:

Hangneigung, Schluff, Ton, Sand im Gesamtboden  
+ Landnutzung



### Eintrittswahrscheinlichkeit

□	0.5 - 0.55
□	0.55 - 0.6
□	0.6 - 0.65
□	0.65 - 0.7
□	0.7 - 0.75
□	0.75 - 0.8
□	0.8 - 0.85
□	0.85 - 0.9
□	0.9 - 1

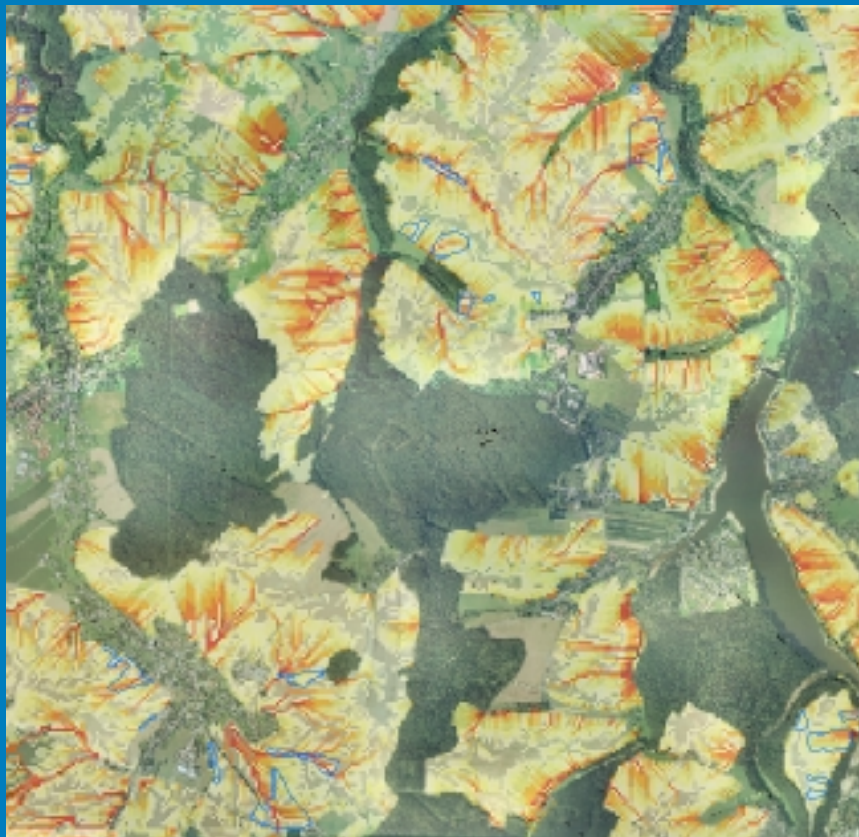


IW072061

# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

## Eingangsdaten:

Hangneigung, Schluff, Ton, Sand im Gesamtboden, Landnutzung  
+ Fließlänge



### Eintrittswahrscheinlichkeit

□	0.5 - 0.55
□	0.55 - 0.6
□	0.6 - 0.65
□	0.65 - 0.7
□	0.7 - 0.75
□	0.75 - 0.8
□	0.8 - 0.85
□	0.85 - 0.9
□	0.9 - 1

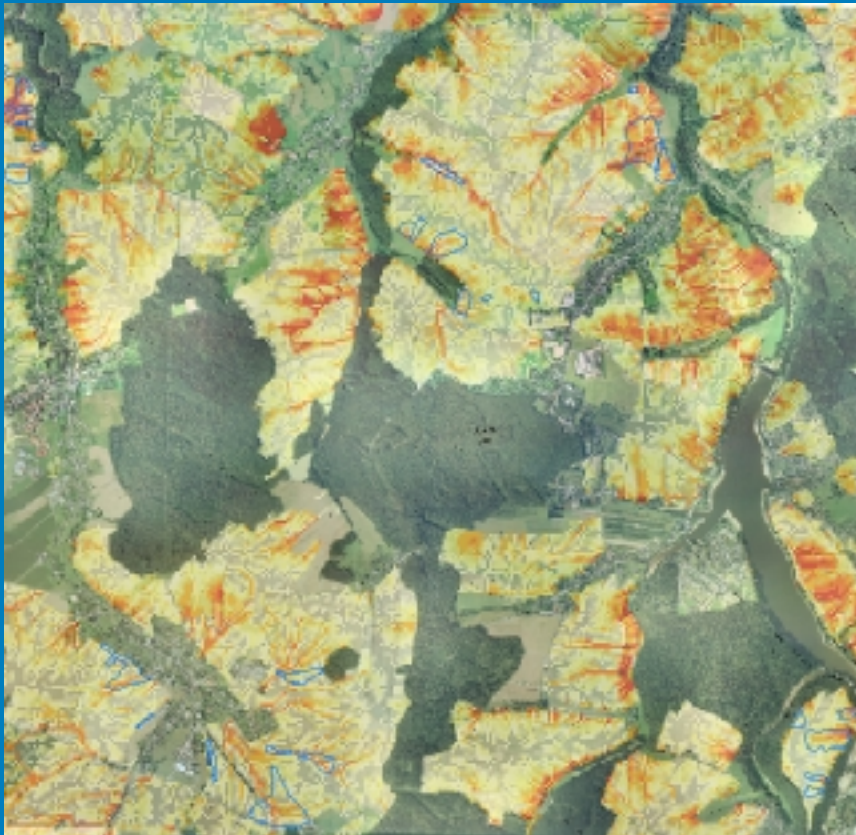


IW072061

# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

## Eingangsdaten:

Hangneigung, Schluff, Ton, Sand im Gesamtboden, Landnutzung, Fließlänge  
+ Horizontale konkave Wölbung



### Eintrittswahrscheinlichkeit

□	0.5 - 0.55
□	0.55 - 0.6
□	0.6 - 0.65
□	0.65 - 0.7
□	0.7 - 0.75
□	0.75 - 0.8
□	0.8 - 0.85
□	0.85 - 0.9
□	0.9 - 1

## Anteil gefundener Flächen:

### Trainingsgebiet:

ca. 80 % der Erosionsflächen mit  $p > 75\%$

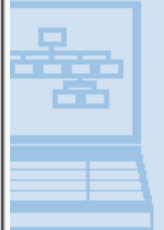
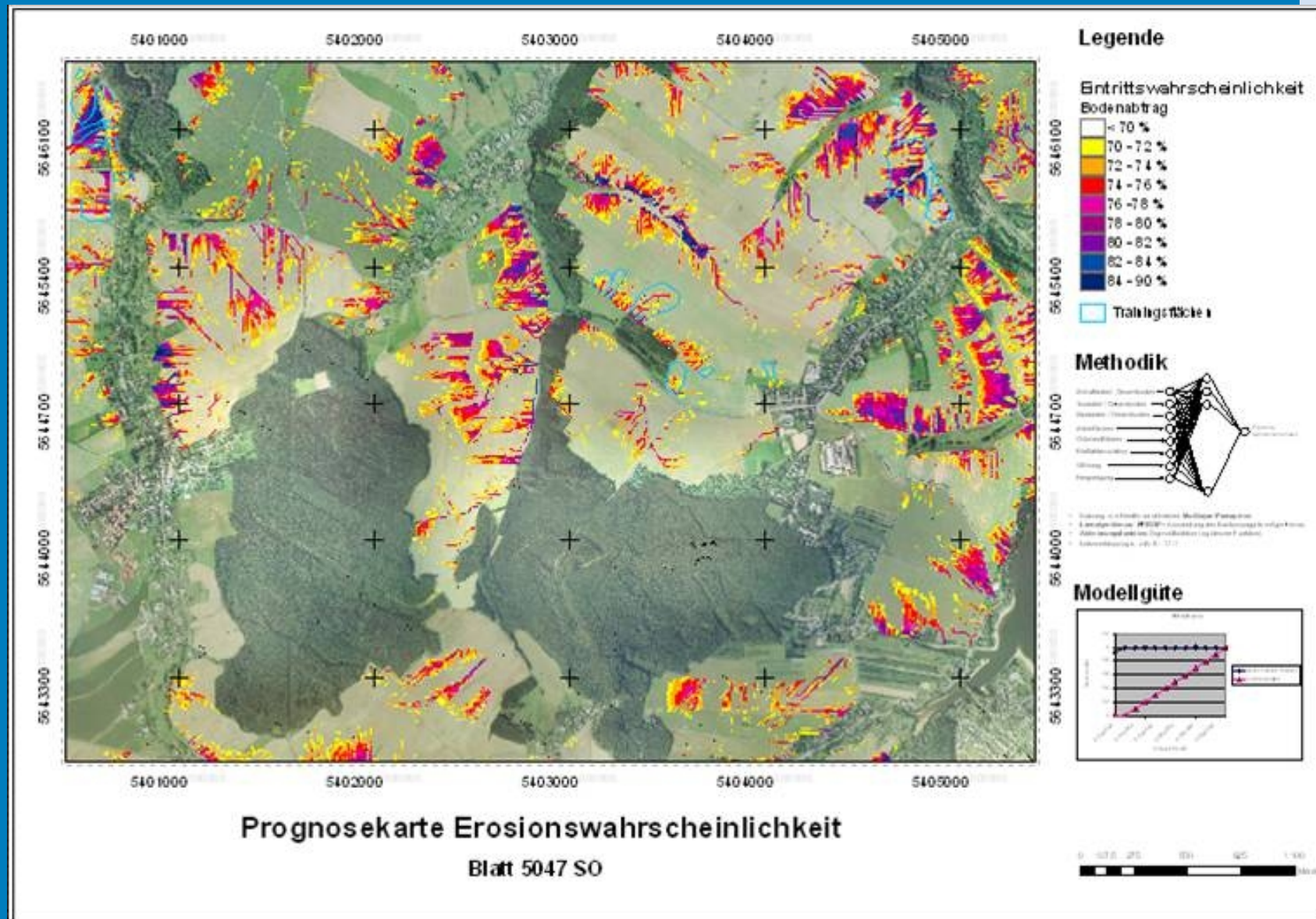
### Testgebiet:

ca. 90 % der Erosionsflächen mit  $p > 75\%$



IW072061

# Anwendungsbeispiel: Flächenhafter Bodenabtrag

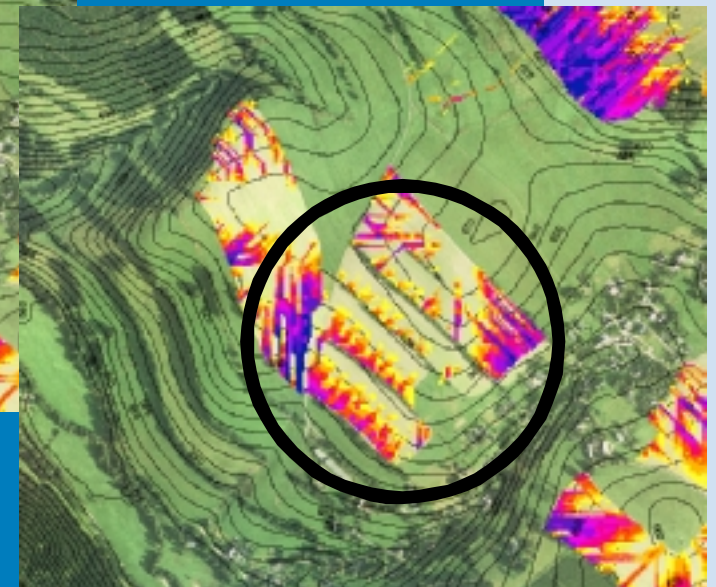
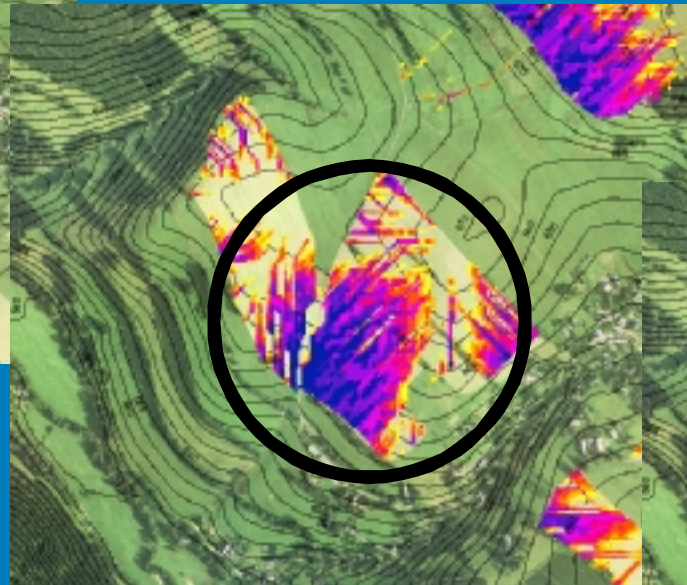


IW072061

## Validierung der Prognose im Gelände



## Optimierung von Schutzmaßnahmen



Manipulation des DGM

IW072061



# Weitere Anwendungsfälle

- Prognose von Mn-Knollen im Pazifik
- Regionalisierung von Punktdaten im Bodenschutz/  
Bodenkunde / Standortkartierung  
→ Kontaminationen, Feuchtestufen, Humusgehalte
- Hangrutschungen/ Bodenkriechen/ Rinnenerosion →  
Gebiet Tharandt/ Freital, Südafrika/ Limpoporegion,
- Lagerstättenprognose (Au, Pb/Zn, Cr) → Kosovo,  
Burkina Faso
- Geologische Kartierung → Kosovo, Burkina Faso
- Forstschädlinge → Osterzgebirge, Tharandter Wald
- Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels
- Kohlebrände → China ...



IW072061

# Prognose der Verteilung von Mn - Knollen



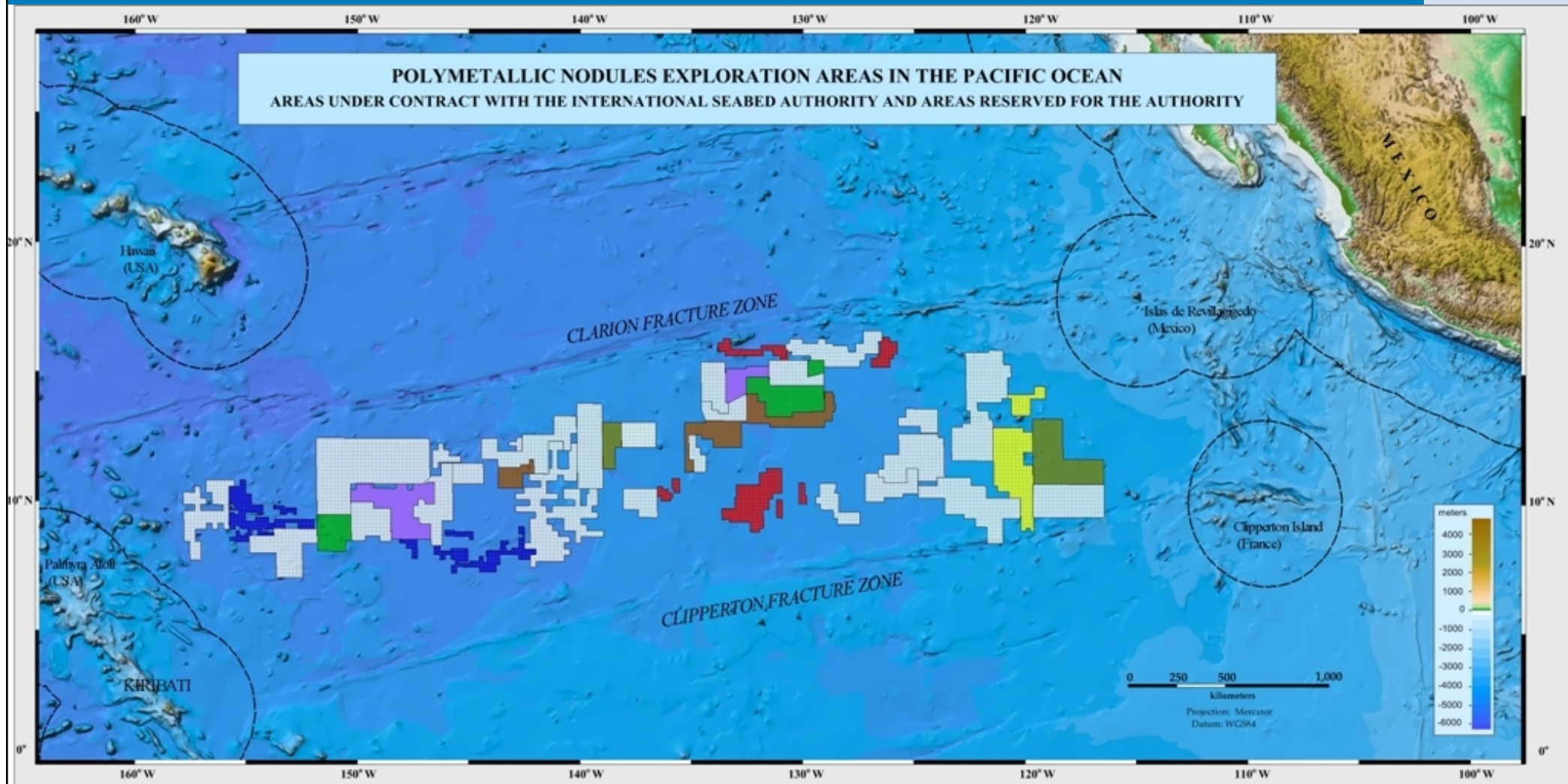
Quelle: BGR



IW072061

**beak**  
CONSULTANTS

# Arbeitsgebiet: Clarion-Clipperton-Zone



*\*\*The Area\* is defined as "the seabed and ocean floor and subsoil thereof, beyond the limits of national jurisdiction" (1982 United Nations Conventions on the Law of the Sea, article 1, paragraph 1 (1)). The chart of the Area is indicative only of claimed and potential maritime limits.*

**Legend**

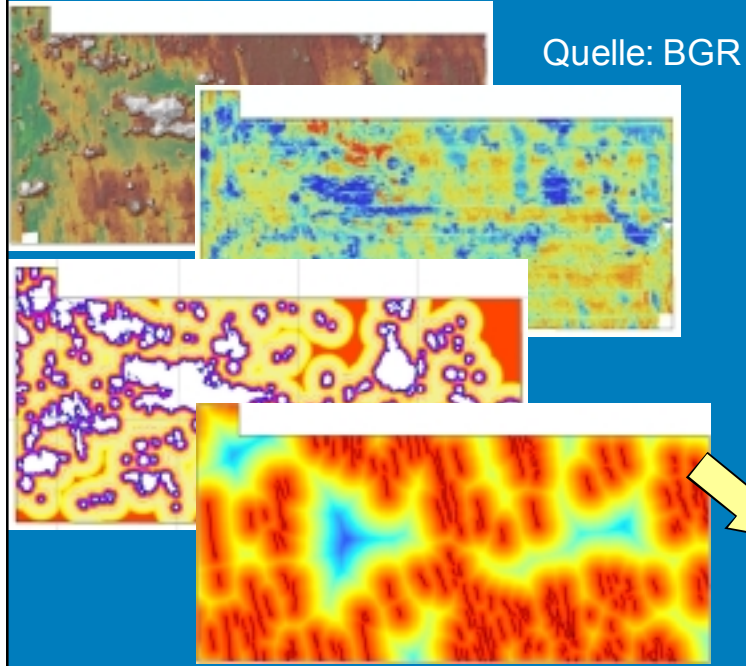
<span style="color: blue;">■</span> Contractor Areas	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> Reserved Areas
<span style="color: purple;">■</span> COMRA (China)	<span style="border: 1px dashed black; border-radius: 50%; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> The Area*
<span style="color: red;">■</span> DORD (Japan)	
<span style="color: green;">■</span> Government of Korea	
<span style="color: yellow;">■</span> IFREMER/AFERNOD (France)	
<span style="color: orange;">■</span> Interoceanmetal	
<span style="color: brown;">■</span> Yuzhmorgeologia (Russian Federation)	
<span style="color: grey;">■</span> FIGNR (Germany)	



# Eingangsparameter

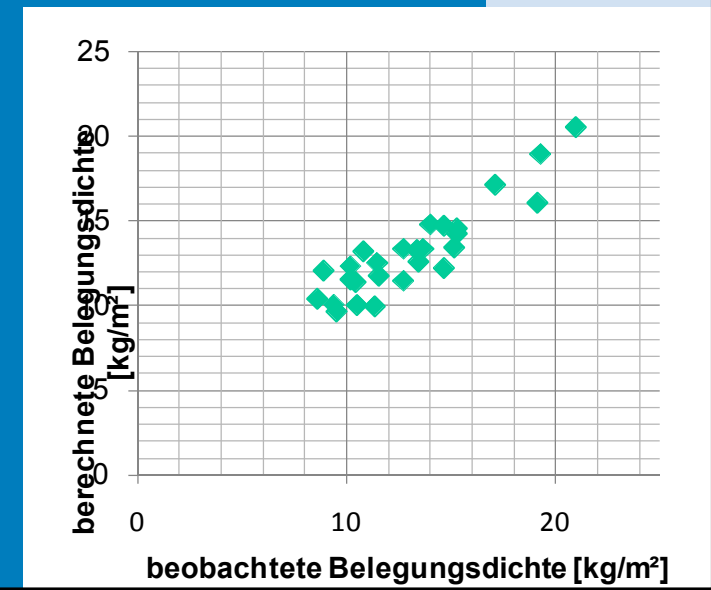
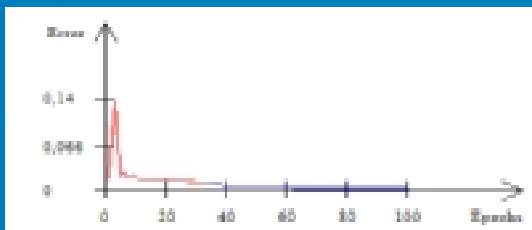
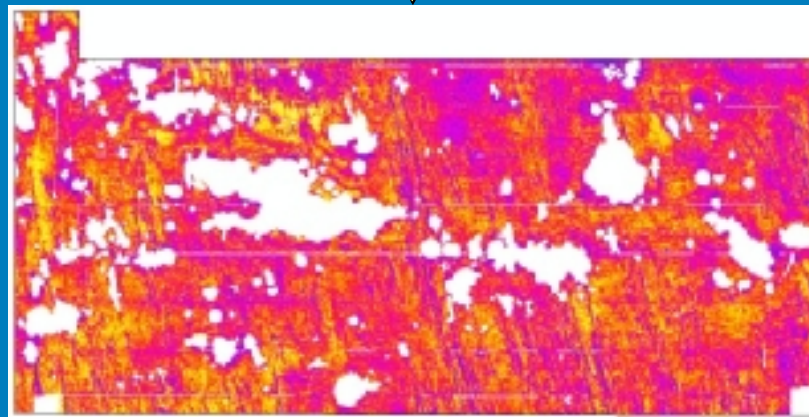
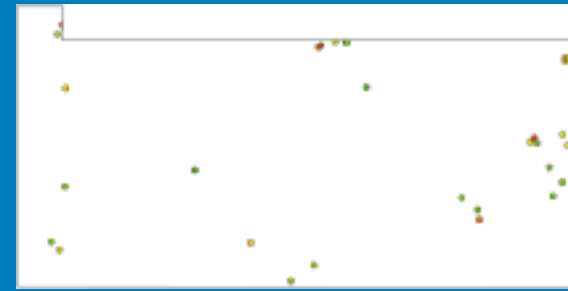
# Vorgehensweise

Bathymetrie und deren Derivate  
Schallhärte  
Strukturen



## Training

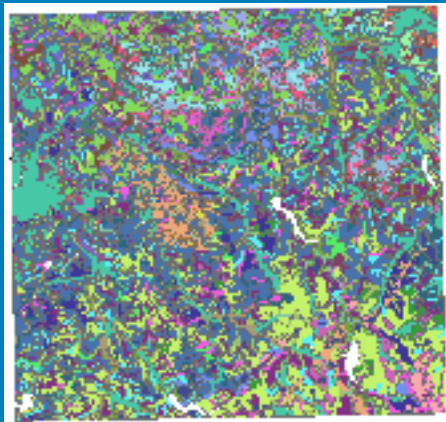
29 Probenpunkte



# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: *Feuchtestufe*

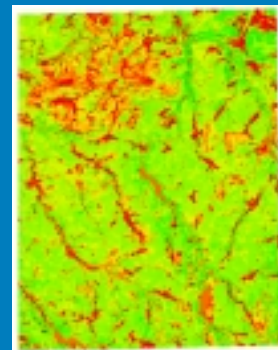
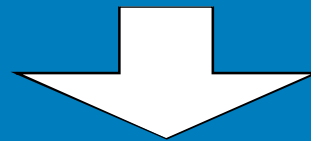
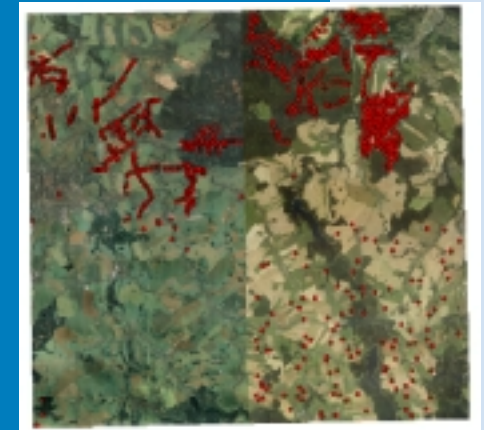
## Eingangsdaten:

Höhenmodell und dessen Derivate  
Bodenkarte  
Klimadaten  
Flächennutzung



## Trainingsdaten:

Peilstangen-  
Sondierungen  
(1252 Punkte)



→ feu1 – feu6

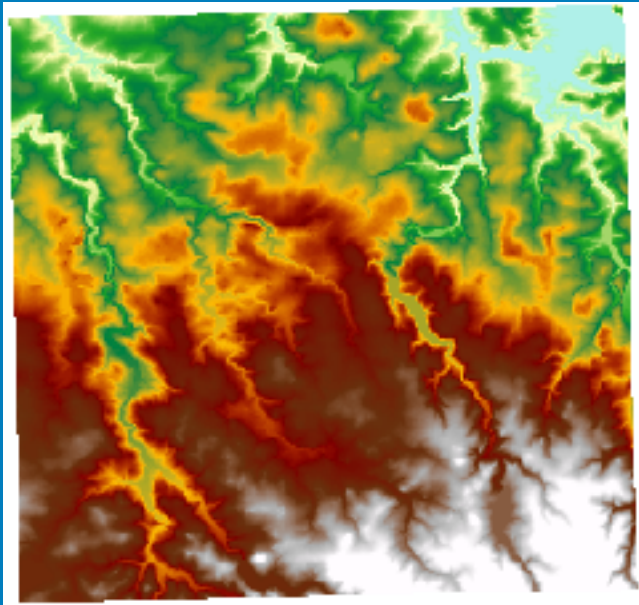
TK 5046, 5047, 5146, 5147



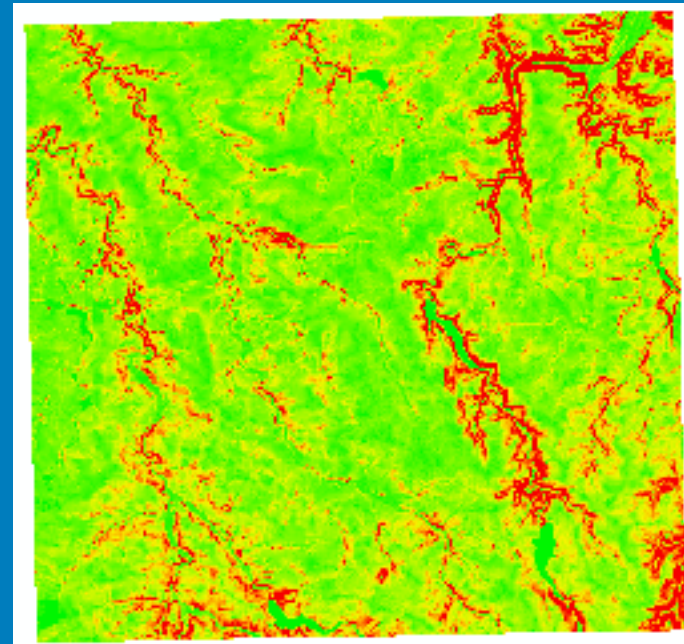
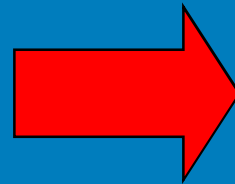
IW072061

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

Eingangsdaten: Ableitung des Digitalen Geländemodells  
→ Hangneigung



DGM Sachsen 20m



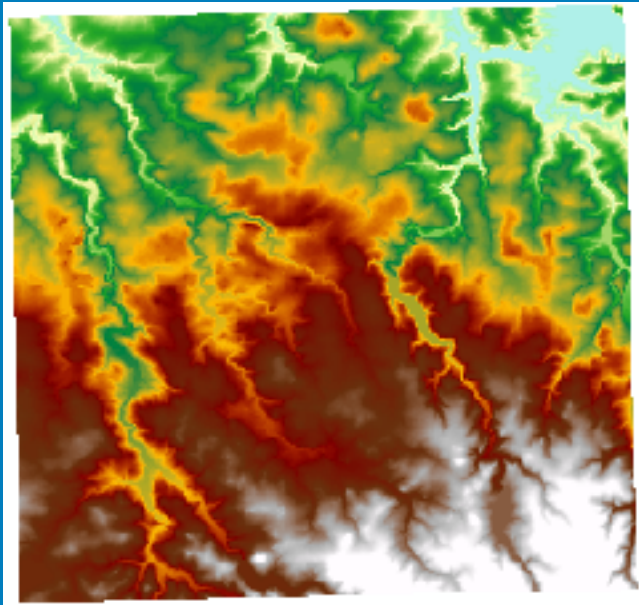
Hangneigung [°]



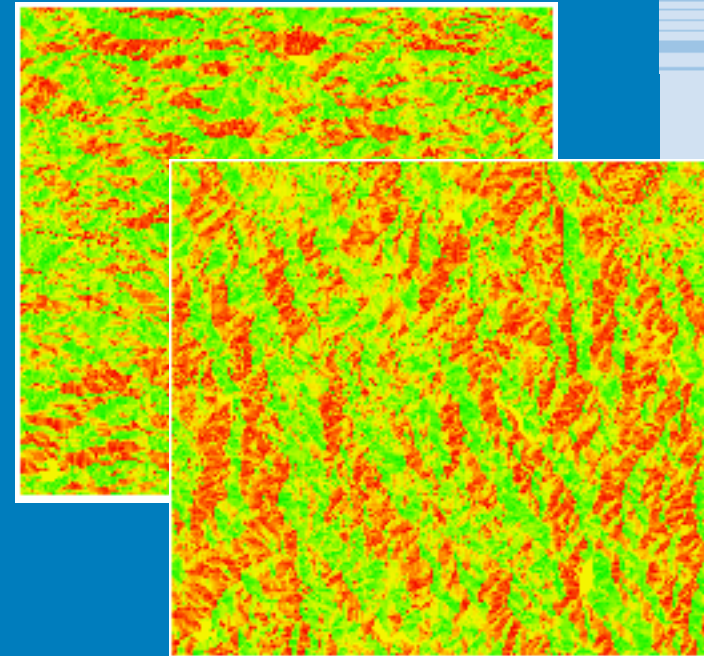
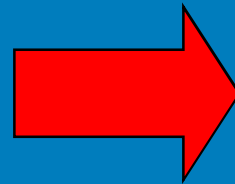
IW072061

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

**Eingangsdaten:** Ableitung des Digitalen Geländemodells  
→ Exposition (N-S, W-E)



DGM Sachsen 20m



Exposition N-S / W-E

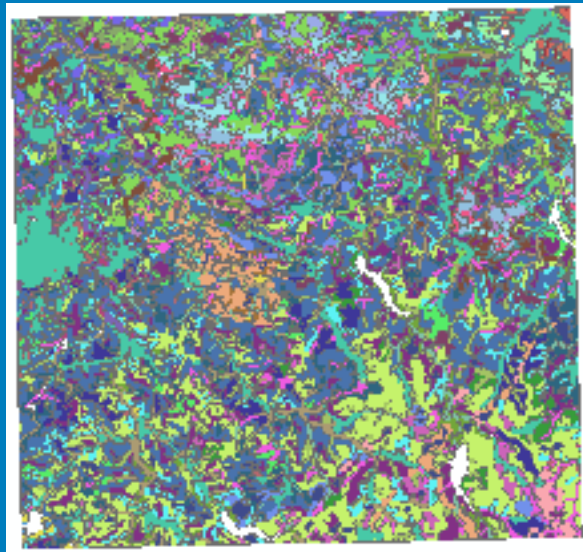


IW072061

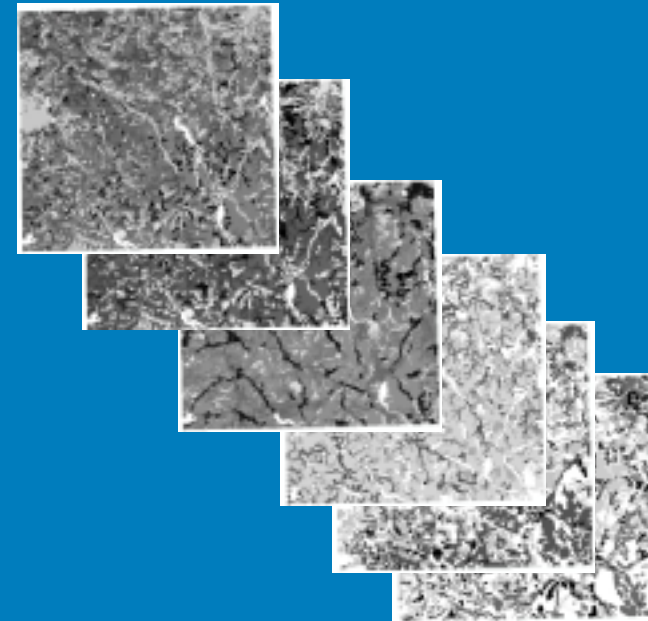
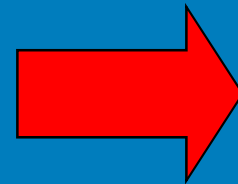
# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

## Eingangsdaten: Bodenkarte

→ Feinboden (Ton, Schluff, Sand) Feinskelett,  
Grobskelett, Humusstufe



Bodenkarte



Feinboden (Ton, Schluff, Sand),  
Feinskelett, Grobskelett, Humusstufe

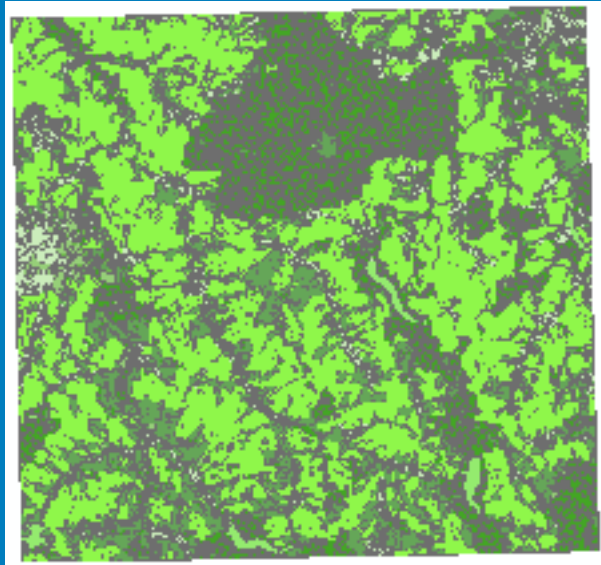


IW072061

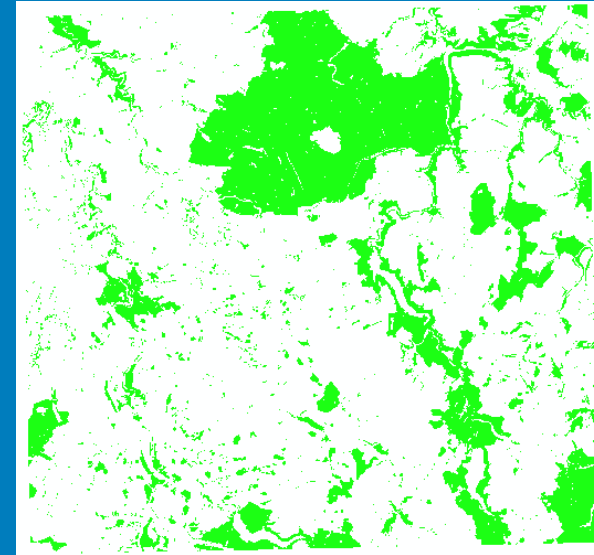
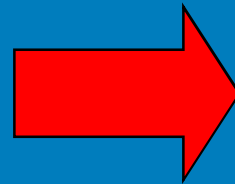


# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

**Eingangsdaten: Flächennutzung (Biotoptypenkartierung)**  
→ Wald, Acker, Dauergrünland, etc.



Flächennutzung (Biotoptypen)



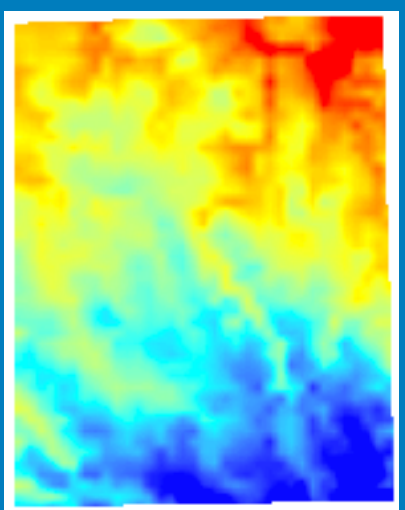
Einzel-Raster für jede Flächennutzungsart  
(Wald, Acker, Dauergrünland, etc.)



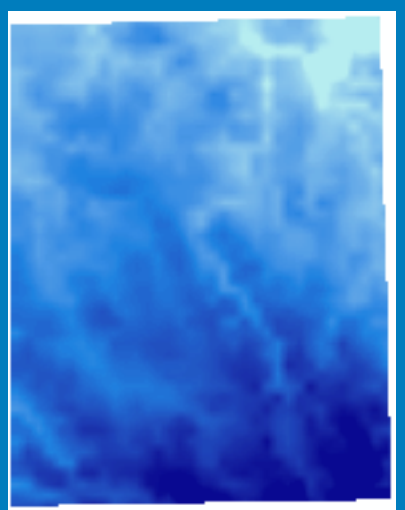
IW072061

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

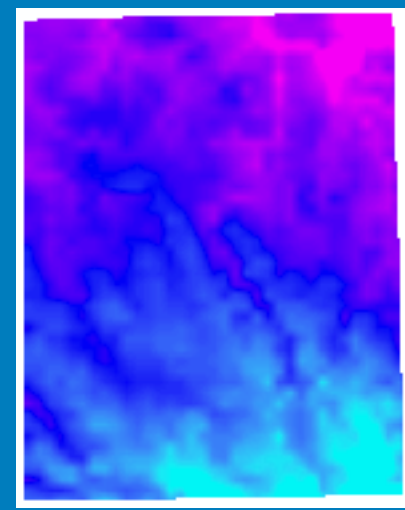
**Eingangsdaten: Klimadaten**  
→ Verdunstung, Niederschlag, relative Feuchte



**Verdunstung [mm]**



**Niederschlag [mm]**



**Relative Feuchte [%]**



IW072061

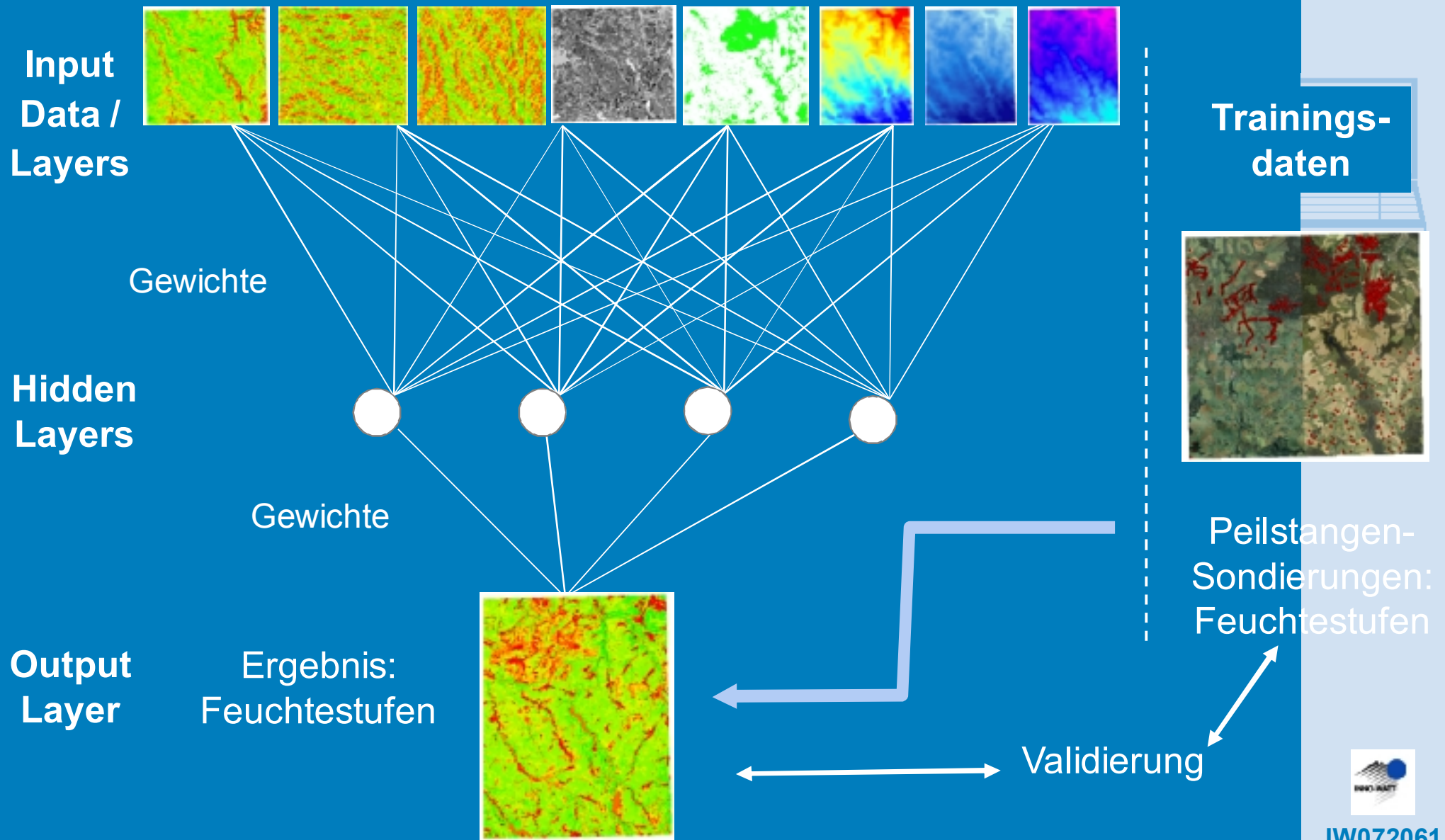
# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

Trainingsdaten: 1252 Peilstangensondierungen mit Feuchtestufen  
→ feu1 – feu6



IW072061

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe



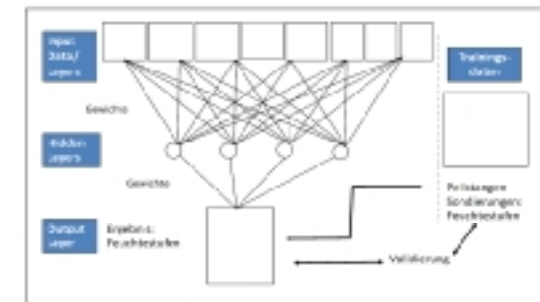
IW072061

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

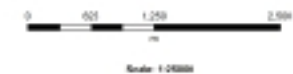
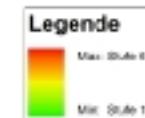
## Bodenmonitoring Sachsen

Prognosekarte

-Bodenfeuchtestufe-



Projekt: Bodenmonitoring Sachsen  
 Bearbeitung: A. Kretsch, M. K. Zedler  
 Datum: 30.05.2011

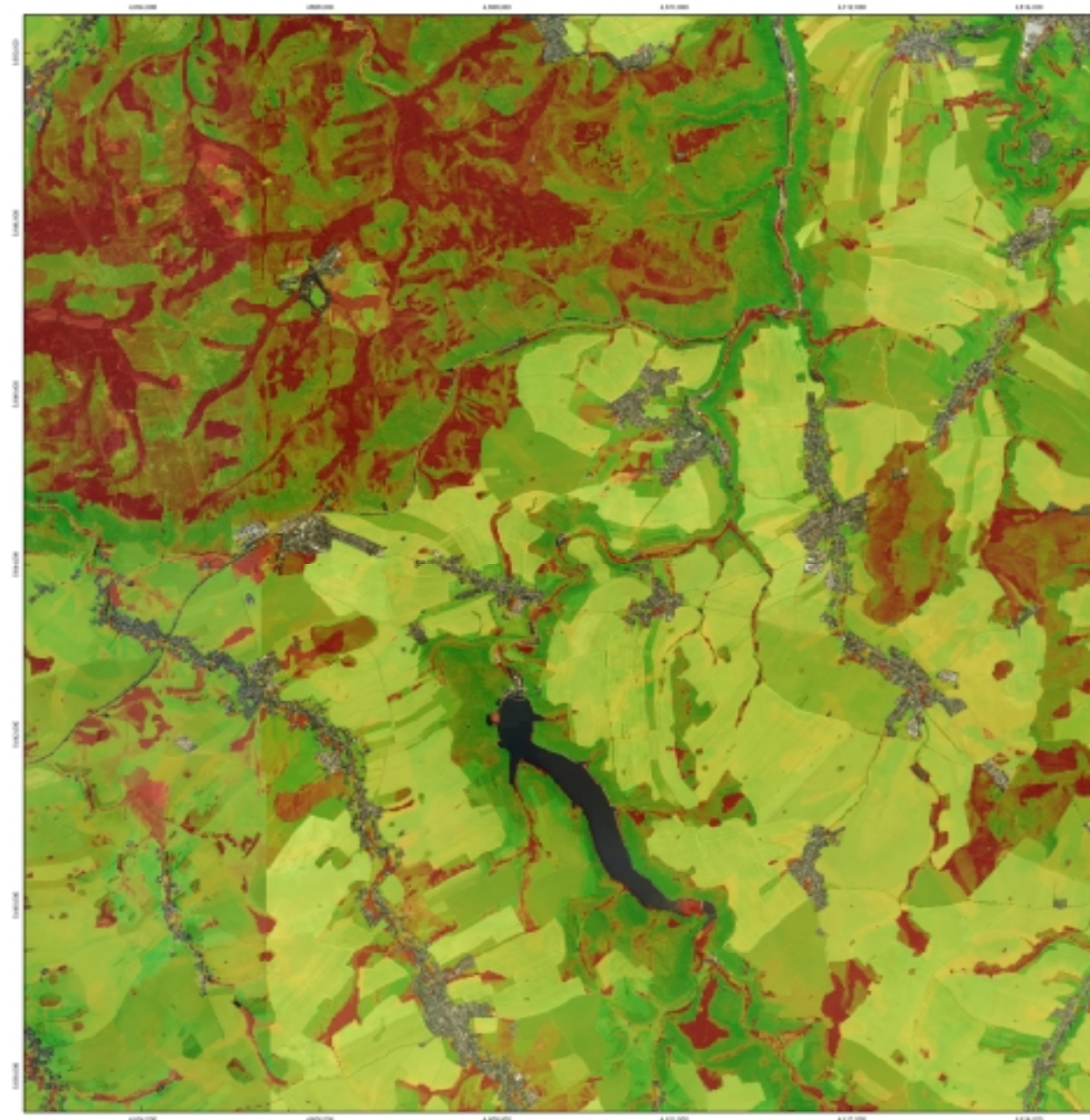


Layout:  
 Automatically created by:

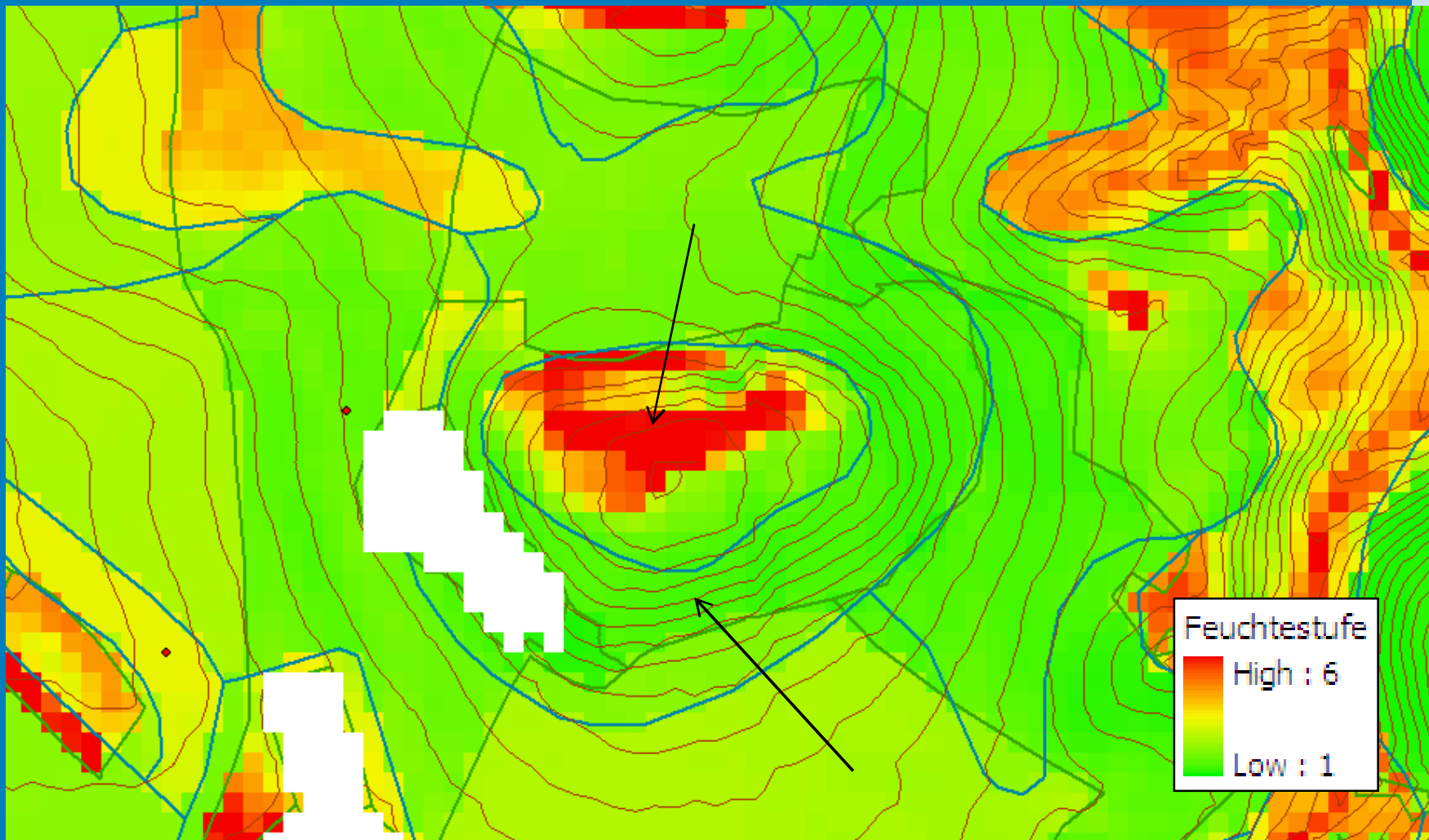
advangeo

beak

Am 25. März / Herbst 13  
 05500 Freiberg  
 26304011



# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe



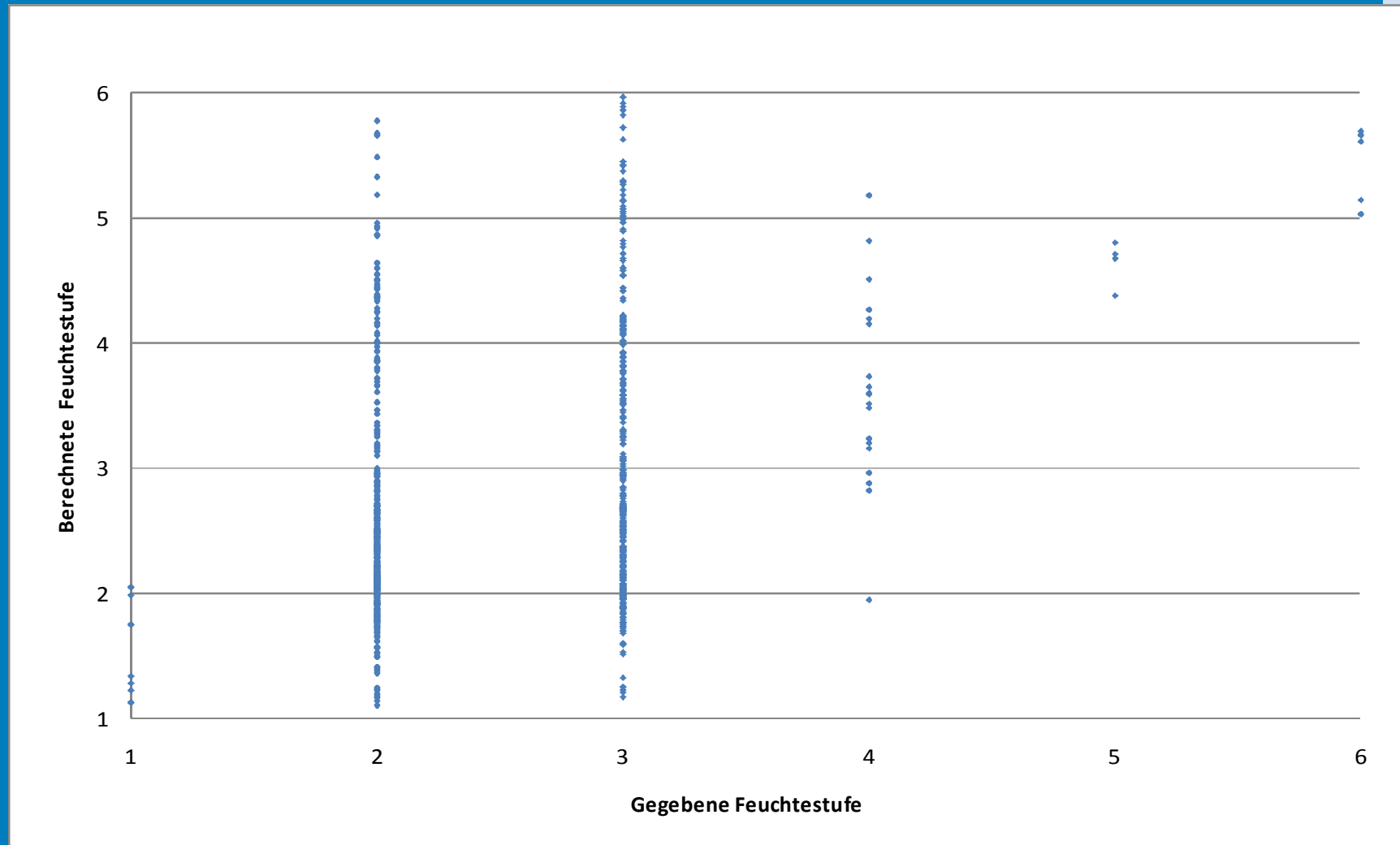
Einfluss der Hangexposition (hier: N-Hang) / Klima (Niederschlagsverteilung)



IW072061

**beak**  
CONSULTANTS

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: Feuchtestufe

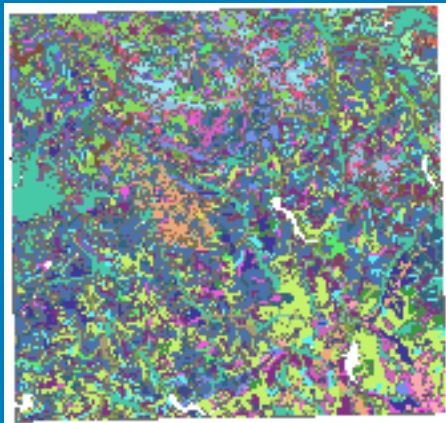


IW072061

# Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: *Humusstufe*

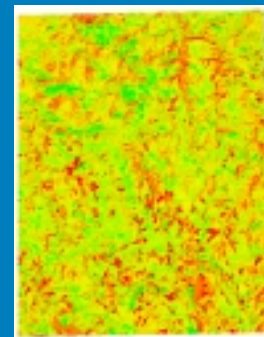
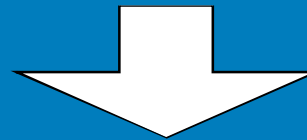
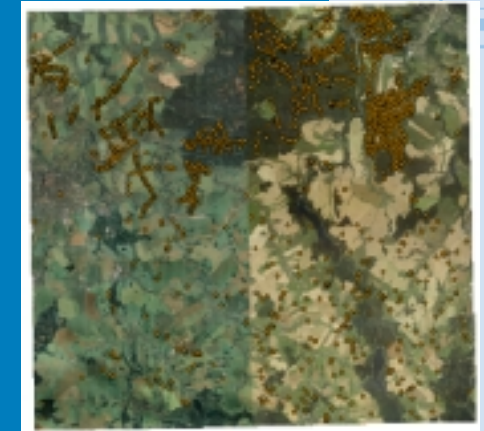
## Eingangsdaten:

Höhenmodell und dessen Derivate  
Bodenkarte  
Klimadaten  
Flächennutzung



## Trainingsdaten:

Peilstangen-  
Sondierungen  
(1725 Punkte)



→ h0 – h7

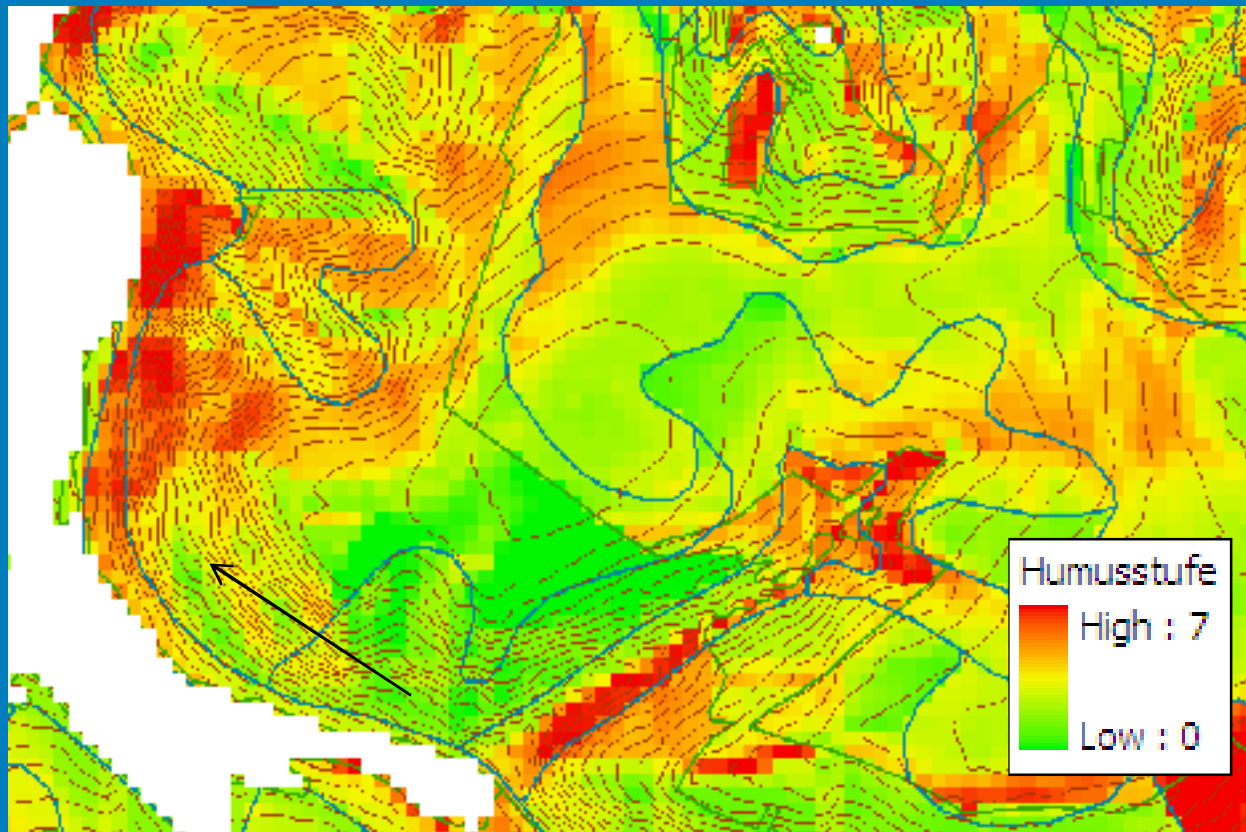
TK 5046, 5047, 5146, 5147



IW072061



## Regionalisierung bodenkundlicher Parameter: *Humusstufe*



Rasterkarten für ausgewählte physikalische und chemische Parameter könnten die traditionellen geowissenschaftlichen Karte ersetzen.

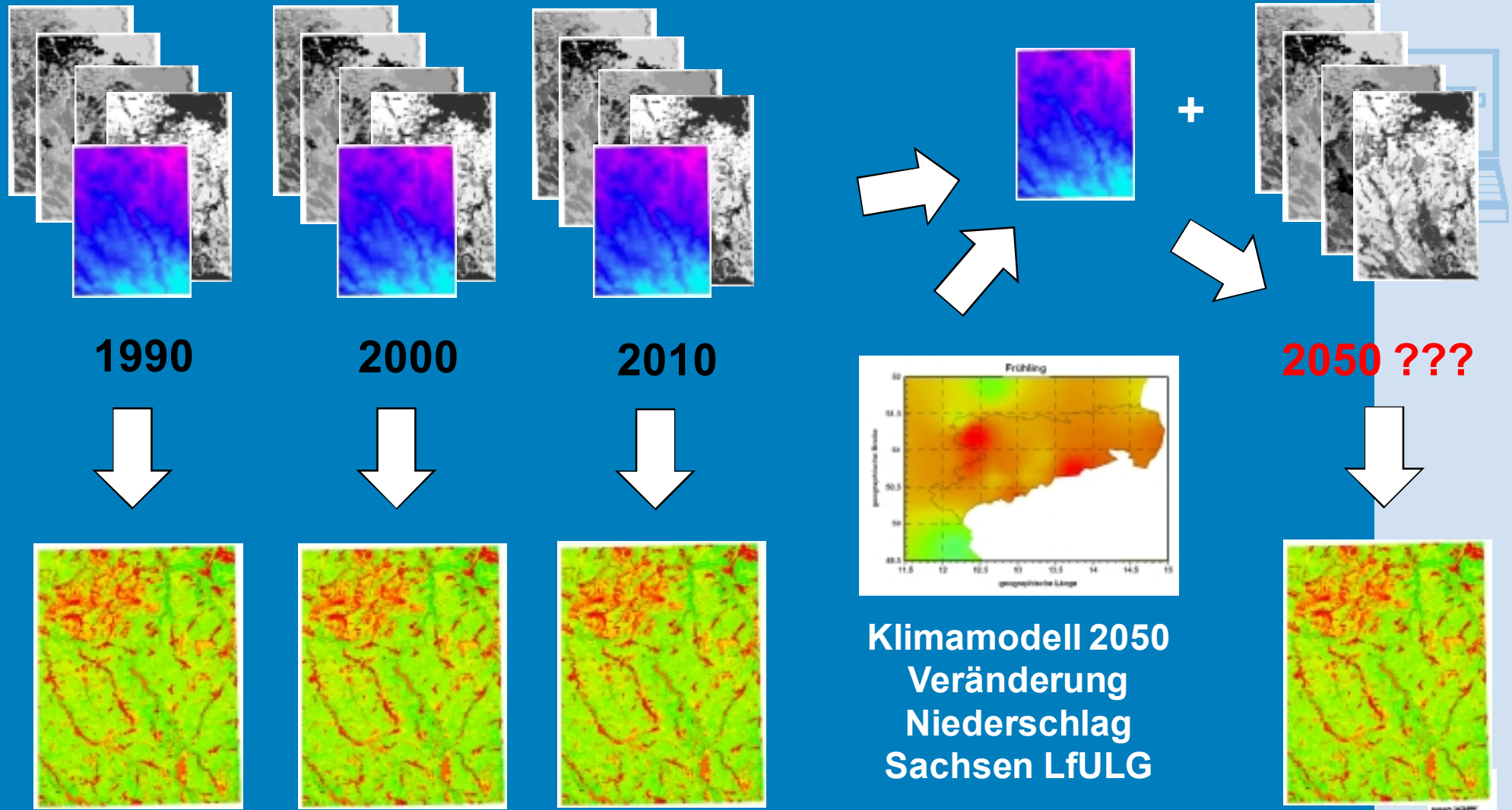
Rasterkarten bilden die natürlichen Gradienten der räumlichen Verteilung der Parameter sehr gut ab.



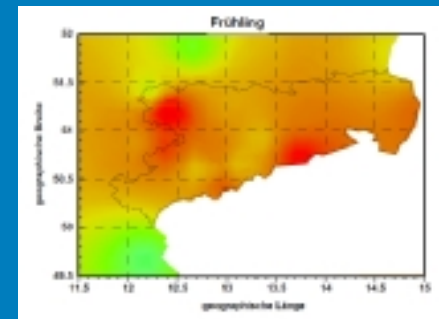
IW072061

beak  
CONSULTANTS

# Ausblick: Prognosen zur Berücksichtigung des Klimawandels



2050 ???



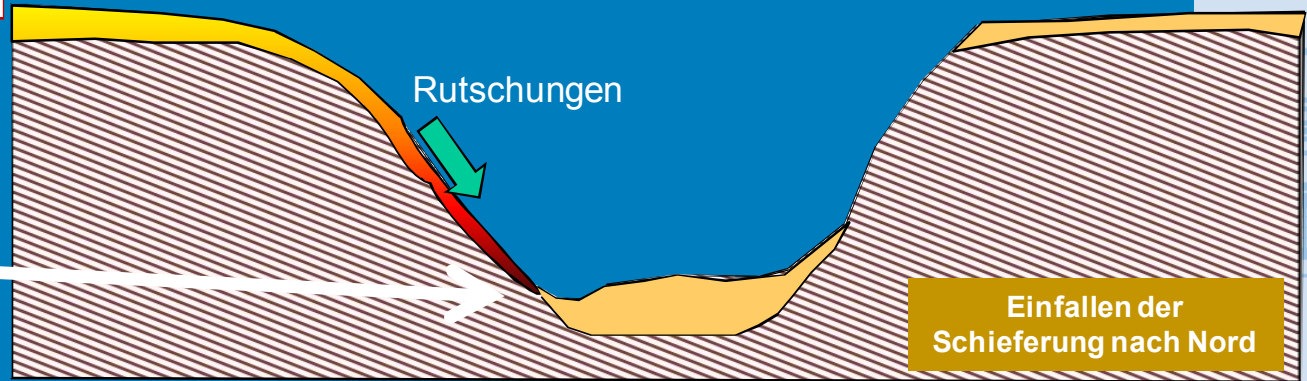
Klimamodell 2050  
Veränderung  
Niederschlag  
Sachsen LfULG

IW072061

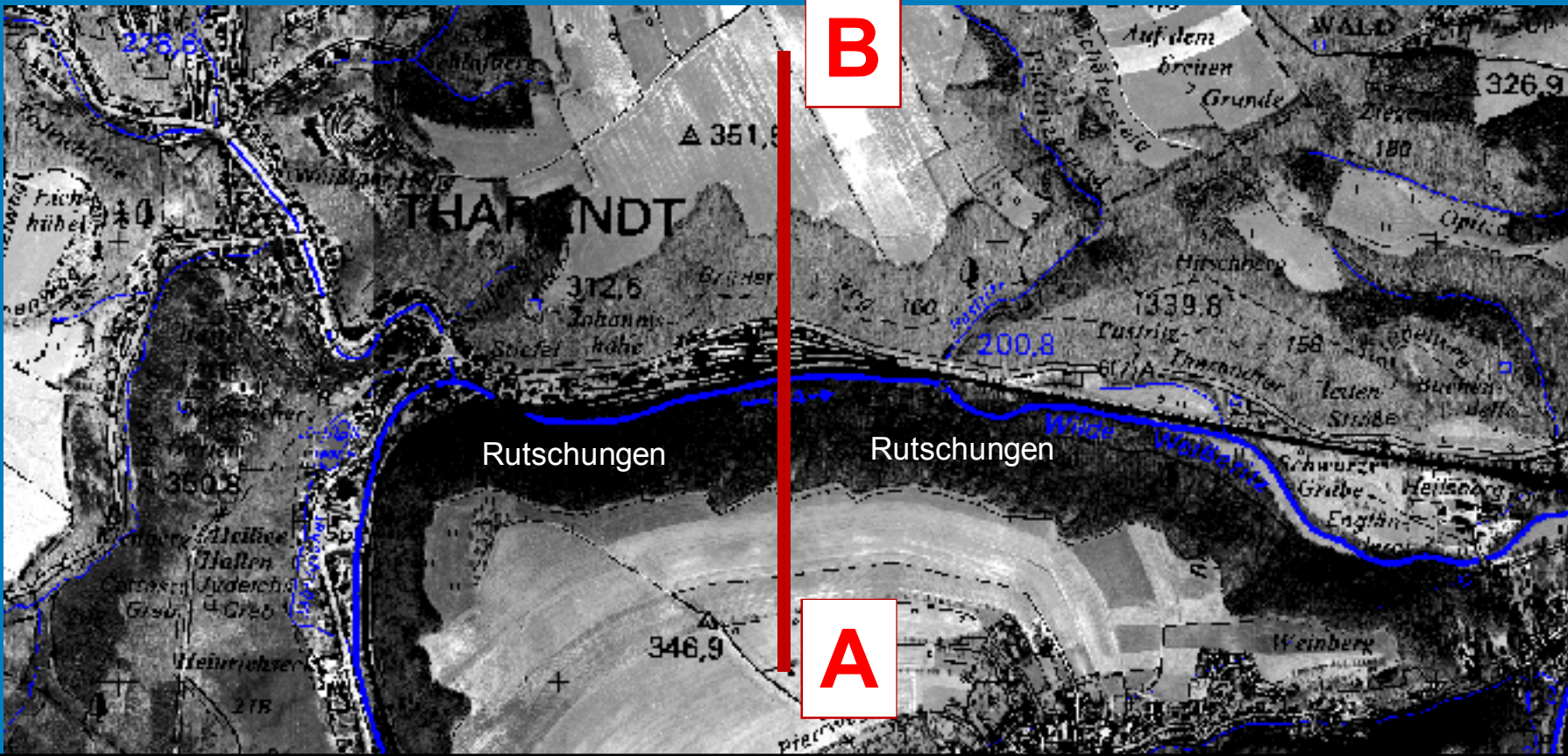
# Prognose von Hangprozessen



**A**



**B**

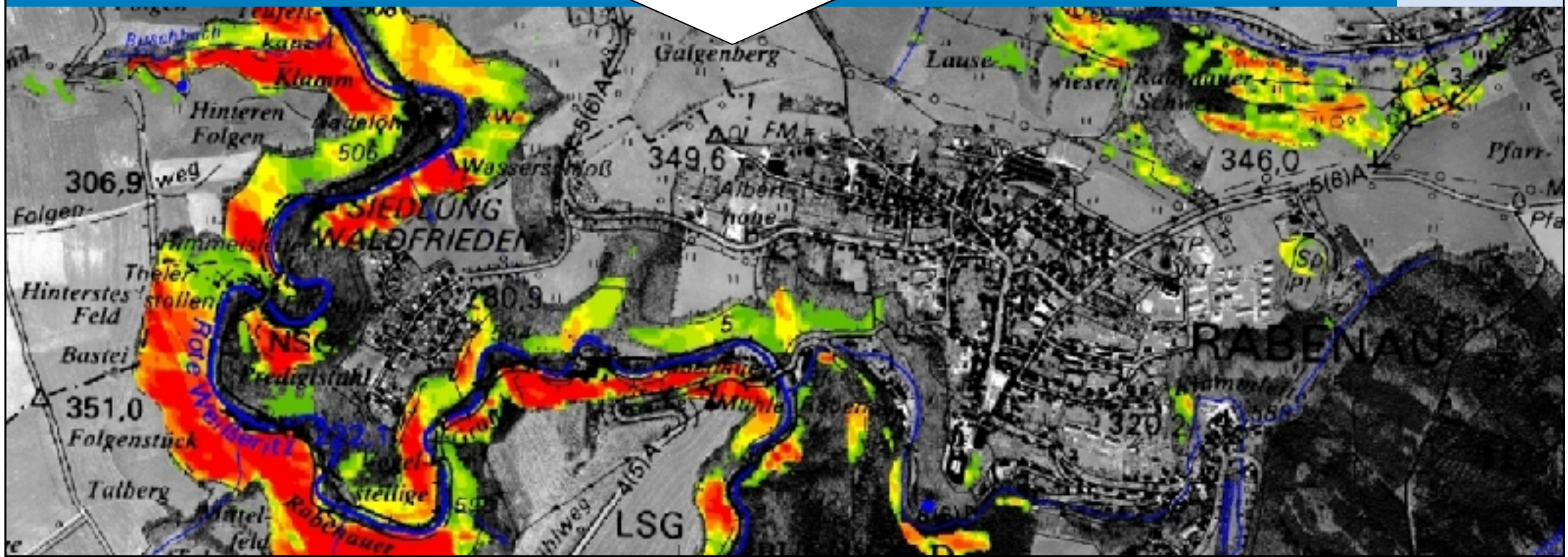


IW072061

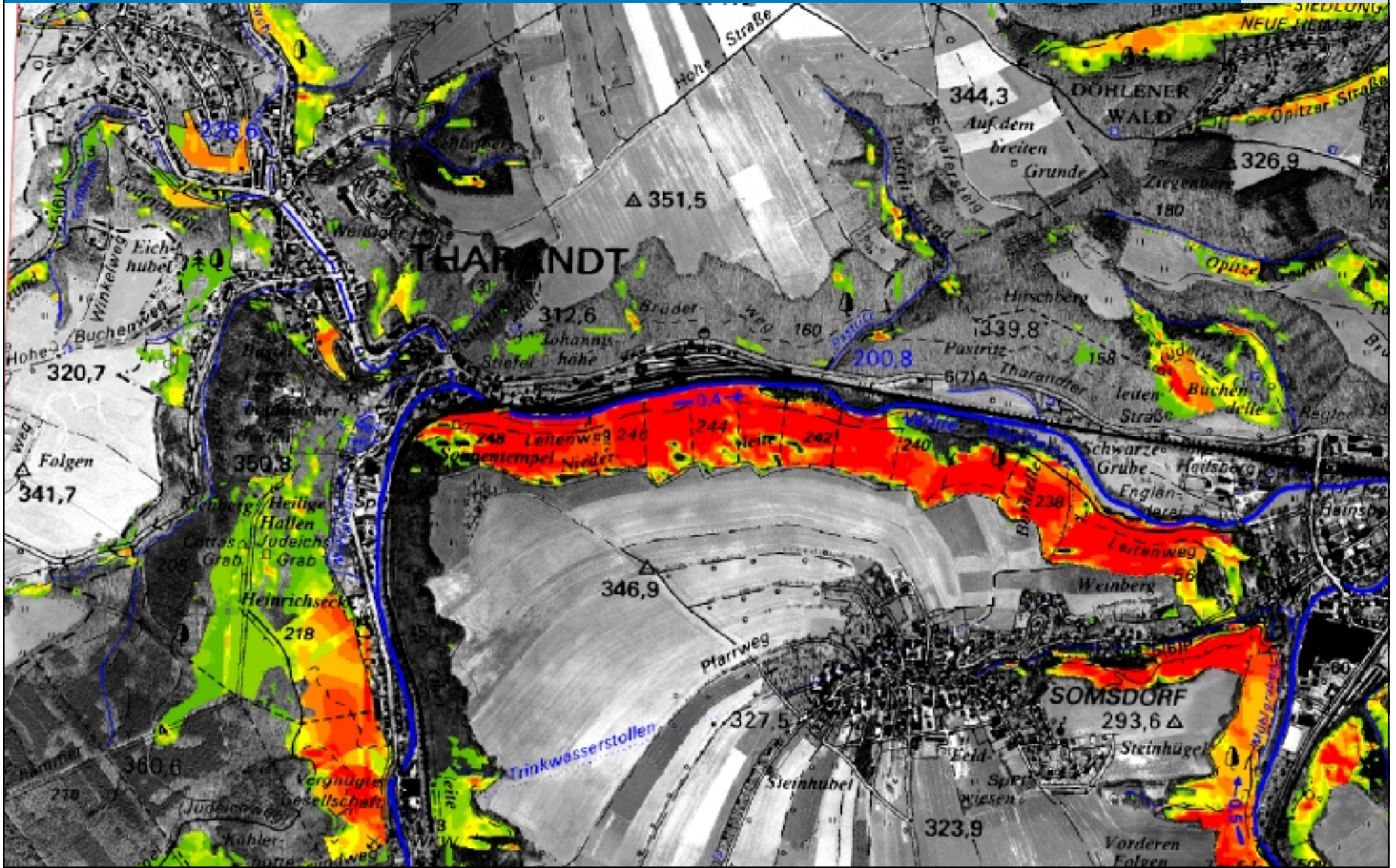
## Eingangsparameter

Höhenmodell und dessen Derivate  
Geologie: Lithologie, Schieferung  
Flächennutzung  
Bodenarten

Bekannte Flächen mit  
Rutschungsprozessen



# Vorhersage der gefährdeten Hänge



# Erosionsrinnen

## Eingangsparameter

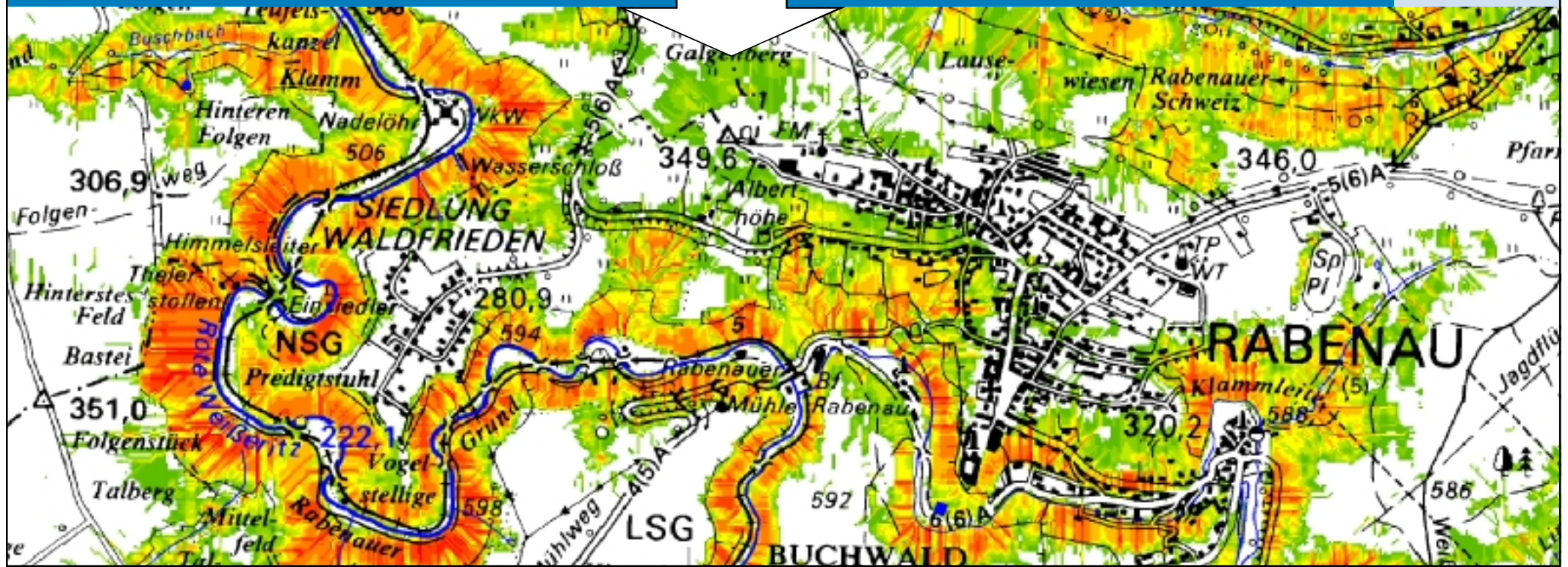
Höhenmodell und dessen Derivate  
Geologie: Lithologie, Schieferung  
Flächennutzung  
Bodenarten



advangeo®  
Prediction Software

## Training

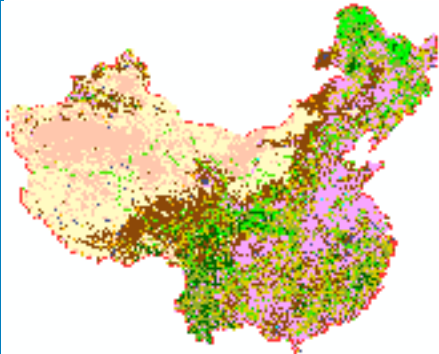
Bekannte Flächen mit  
Erosionsrinnen



# Kohlebrände

## Eingangsparameter

Kohleverbreitung und Kohleart  
Geologie  
Höhenmodell und dessen Derivate  
Flächennutzung,  
Physische Geographie



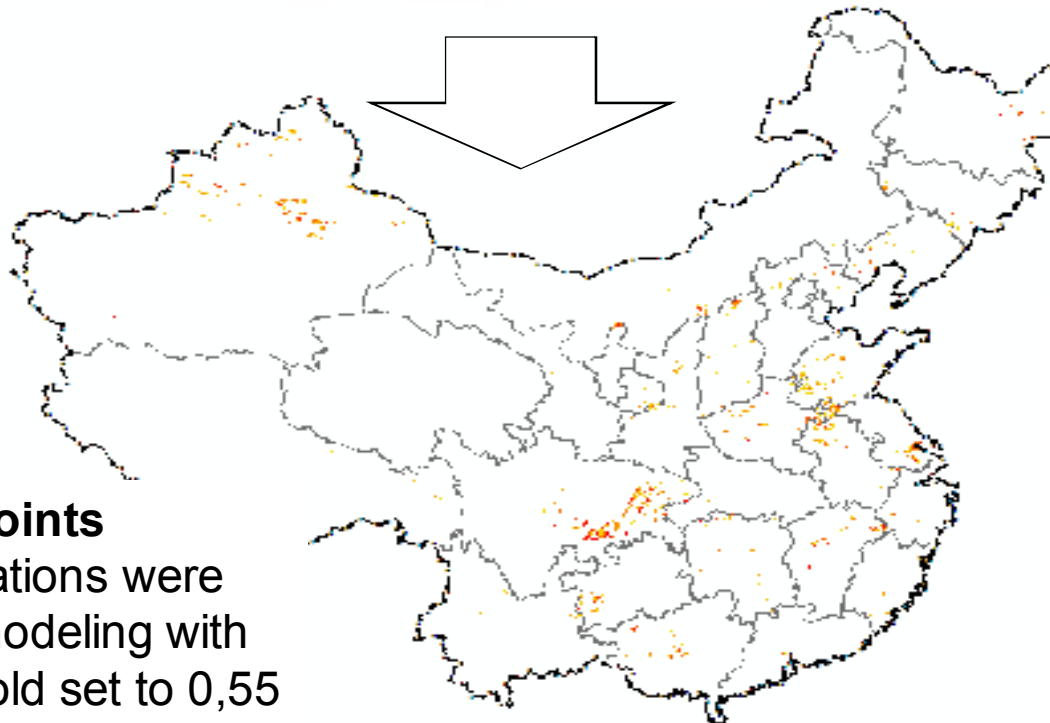
Coalfield Fire Distribution in Xinjiang



## Training

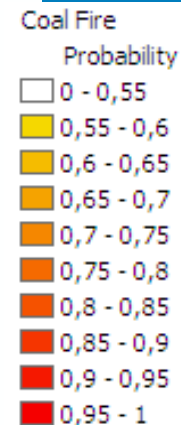
Bekannte Flächen mit  
Brandherden

advangeo®  
Prediction Software



## Training Points

96% of the locations were  
found through modeling with  
probability threshold set to 0,55



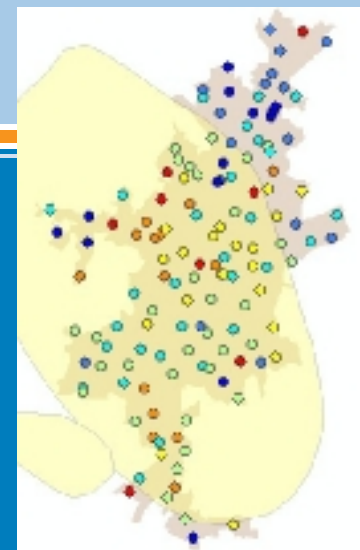
IW072061

beak  
CONSULTANTS

# Prognose der As-Gehalte im Oberboden (Annaberg)

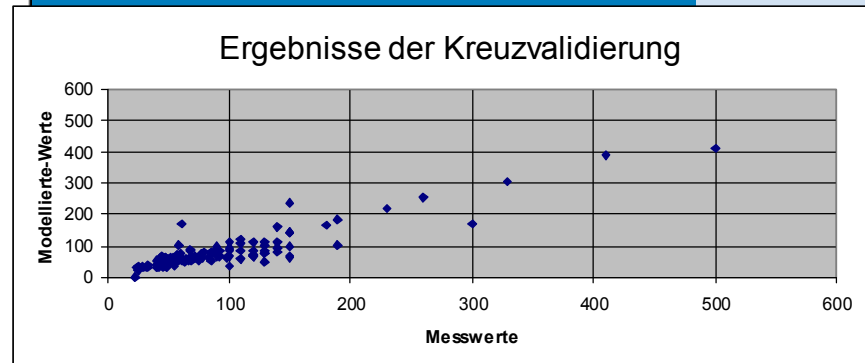
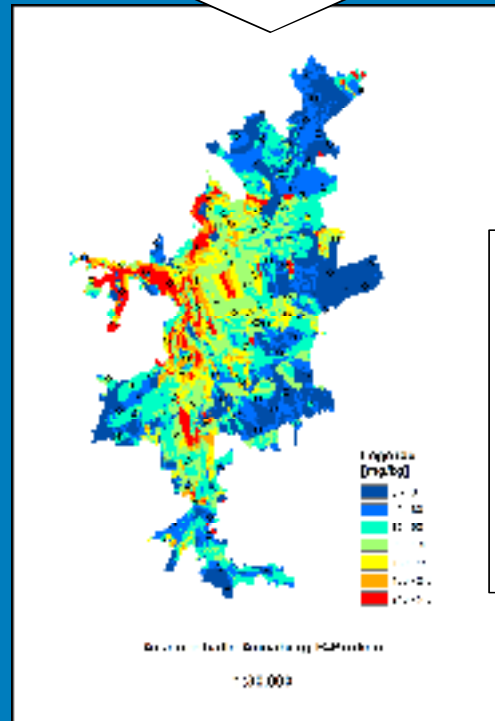
## Eingangsparameter

Höhenmodell und dessen Derivate  
Geologie: Lithologie, Alter, Gänge  
Flächennutzung  
Schlacke



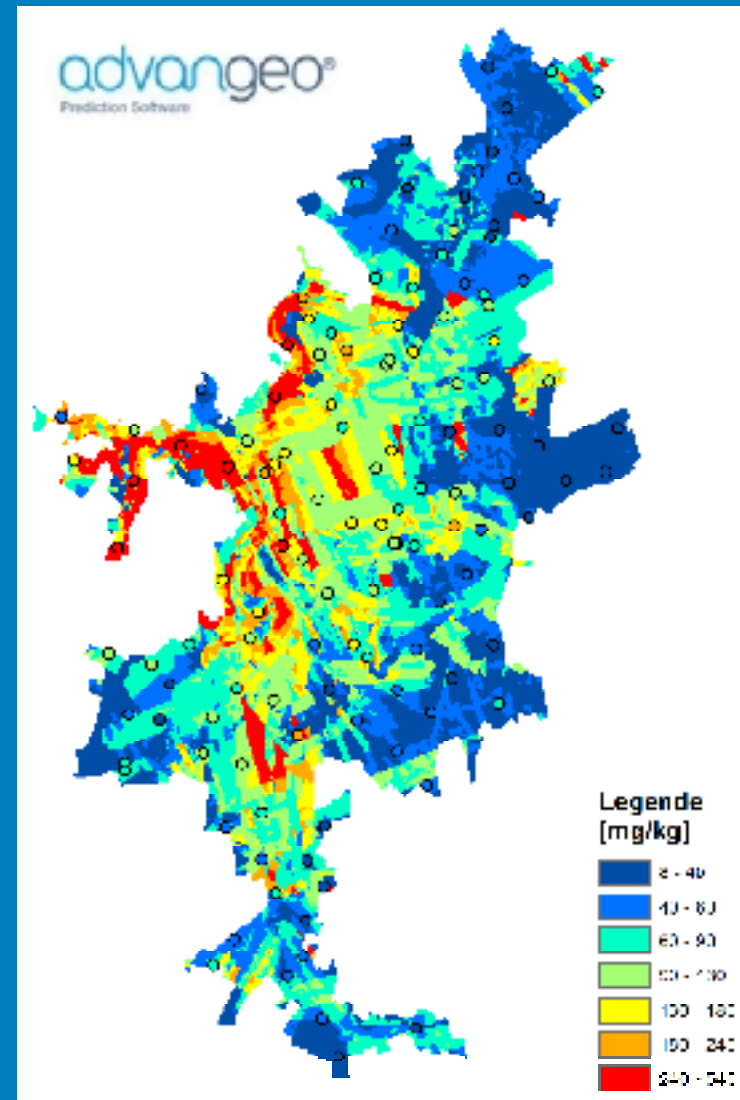
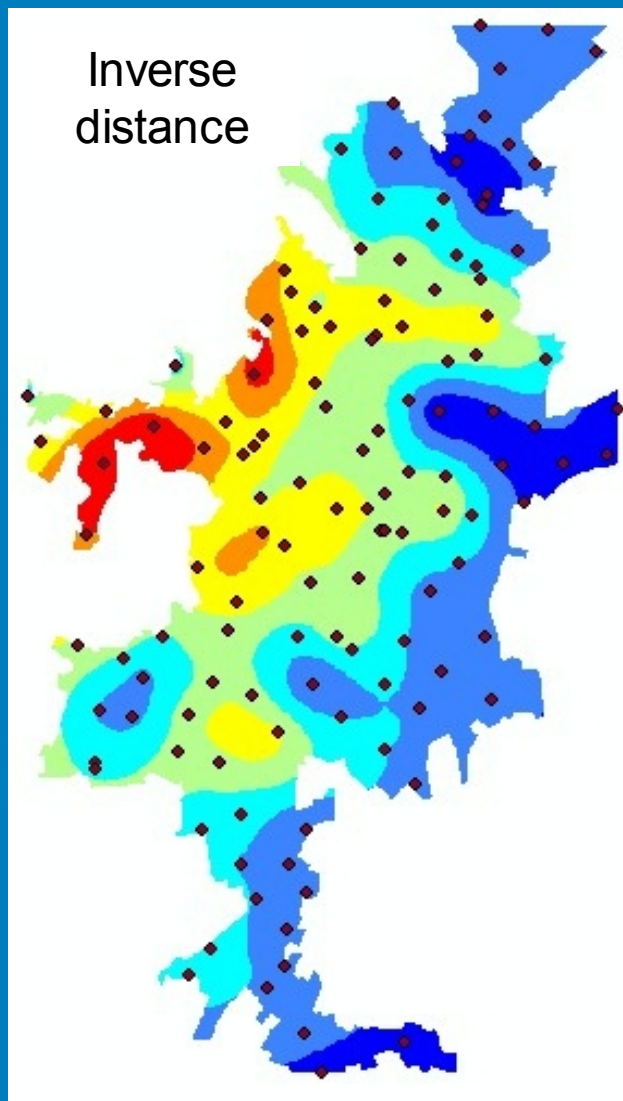
## Training

Bekannte Flächen mit bekannten Gehalten (130 Proben)





# Berechnung der Schadstoffverteilung (As) in Stadtböden

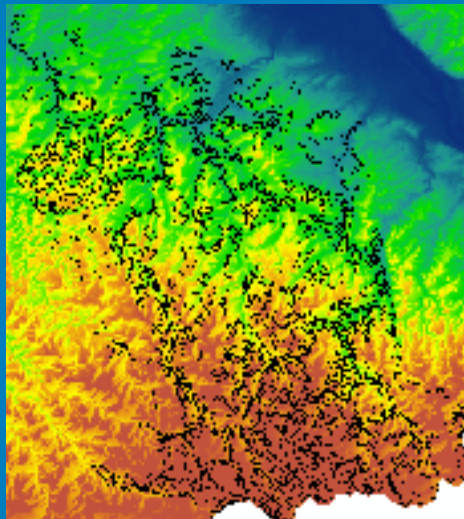


IW072061

# Anwendungsbeispiel: Gefährdung von Fichtenbeständen durch den Buchdrucker

## Eingangsdaten:

Höhenmodell und dessen Derivate,  
Bodenkarte,  
Bestandsdaten



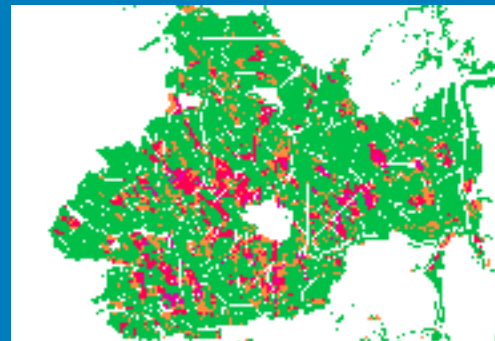
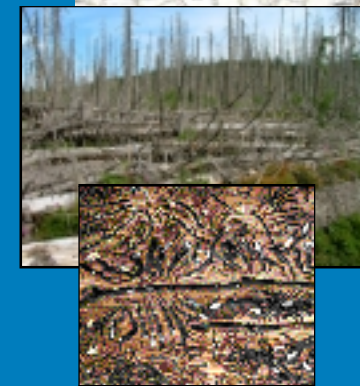
## Untersuchungsgebiet:

Forste im Osterzgebirge /  
Tharandter Wald

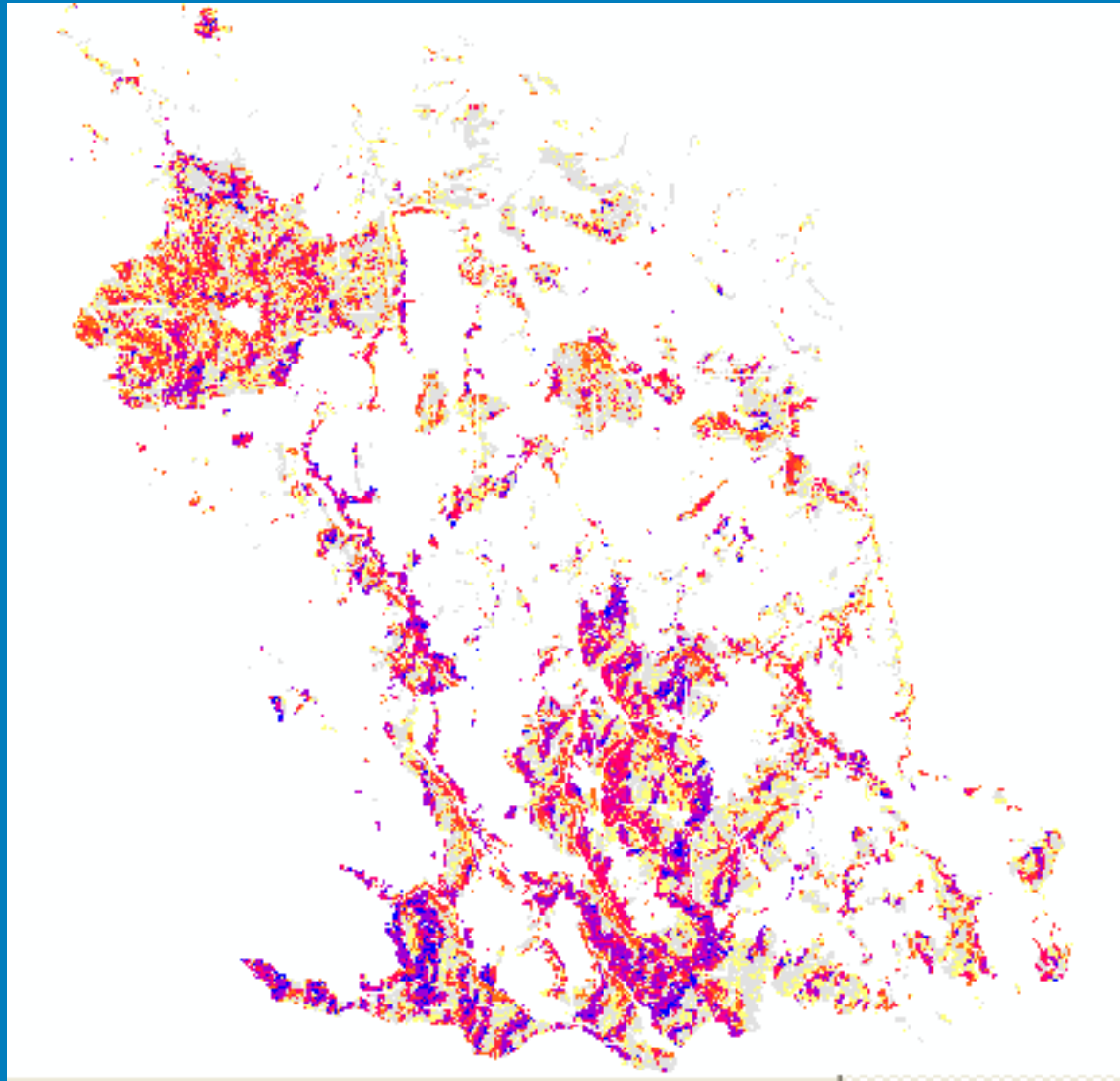


## Trainingsdaten:

Qualitative/  
Quantitative  
Befallsdaten



IW072061



**Ergebnis  
übertragen  
auf das gesamte  
Osterzgebirge  
(nur Waldflächen)**



IW072061

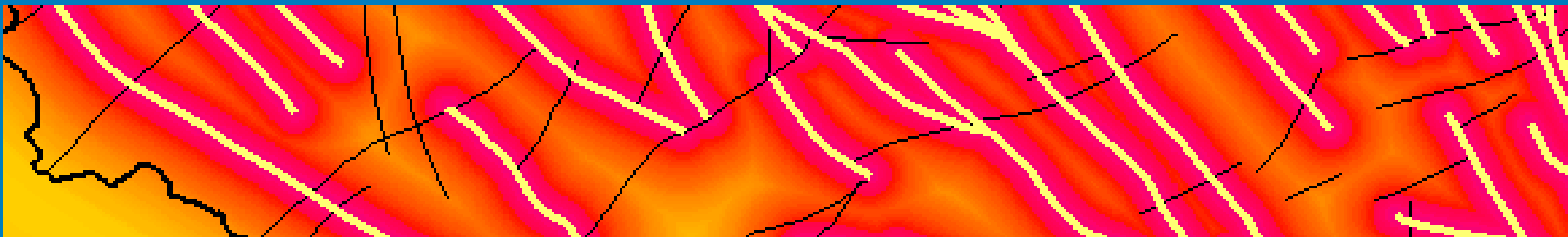
- **Weitere Entwicklung des Verfahrens durch Tests in gut untersuchten Gebieten: u.a. Neuinterpretation der Rohstoffperspektivität des Erzgebirges**
- **Entwicklung von advangeo - Fachschalen für verschiedene Sachverhalte → vorgefertigte Softwaretools für Georisiken, Rohstoffe**
- **Übergang zu echten 3 D Anwendungen**
- **Ausweitung des Konzeptes der Rasterkarten für geowissenschaftliche Kartenwerke**
- **Breiter Einsatz des Verfahrens**  
→ **Zusammenarbeit mit einer Vielzahl von Partnern**



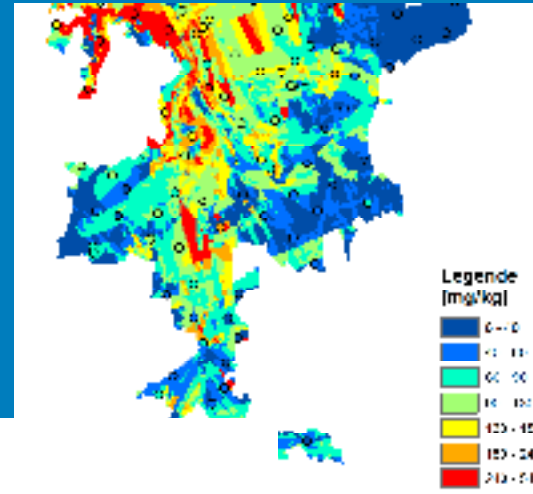
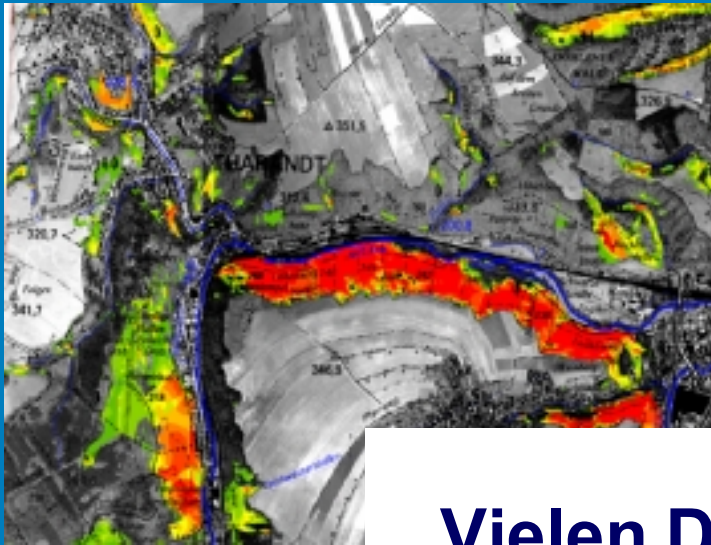
IW072061

# Zusammenfassung

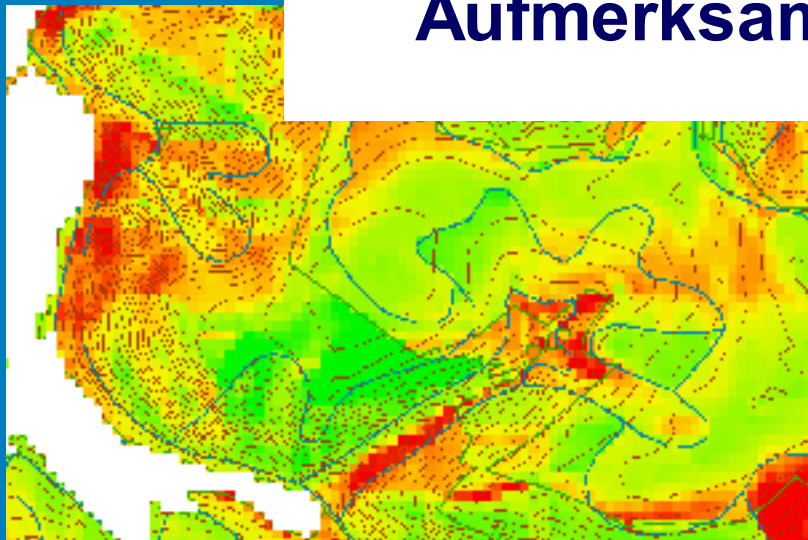
- **Neuronale Netze sind ein ausgezeichnetes Verfahren zur Interpretation und Analyse komplexer Daten**
- **Anwendbar in den verschiedensten Bereichen von Wirtschaft, Wissenschaft und Technik**
- **Advangeo macht das Verfahren für den normalen GIS-Nutzer in seinem gewohnten Arbeitsumfeld verfügbar**



IW072061



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**



[www.advangeo.com](http://www.advangeo.com),  
[www.beak.de](http://www.beak.de)

[andreas.barth@beak.de](mailto:andreas.barth@beak.de)



IW072061

**beak**  
CONSULTANTS