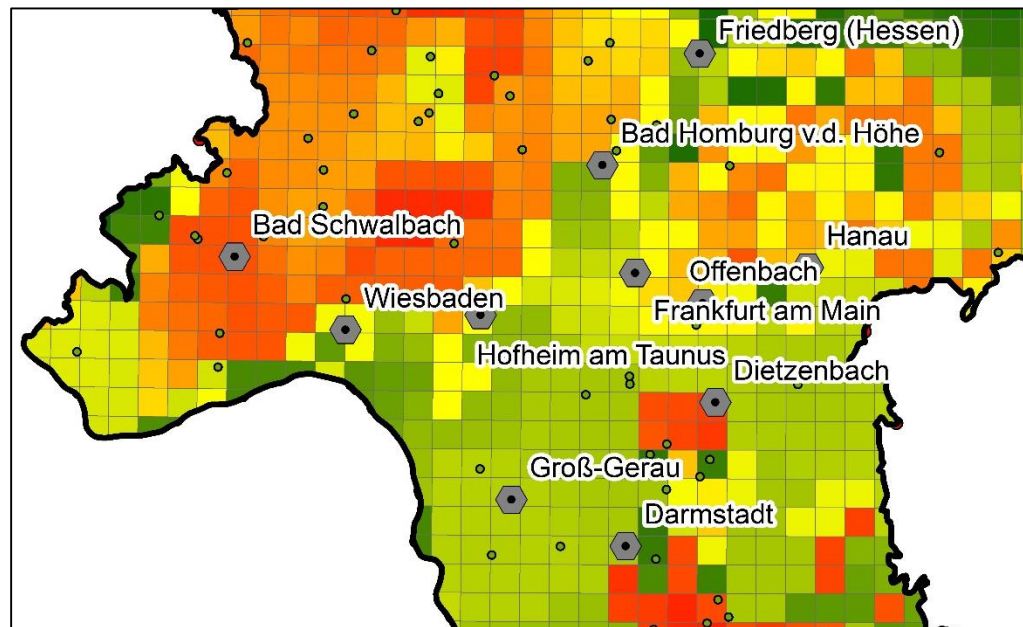
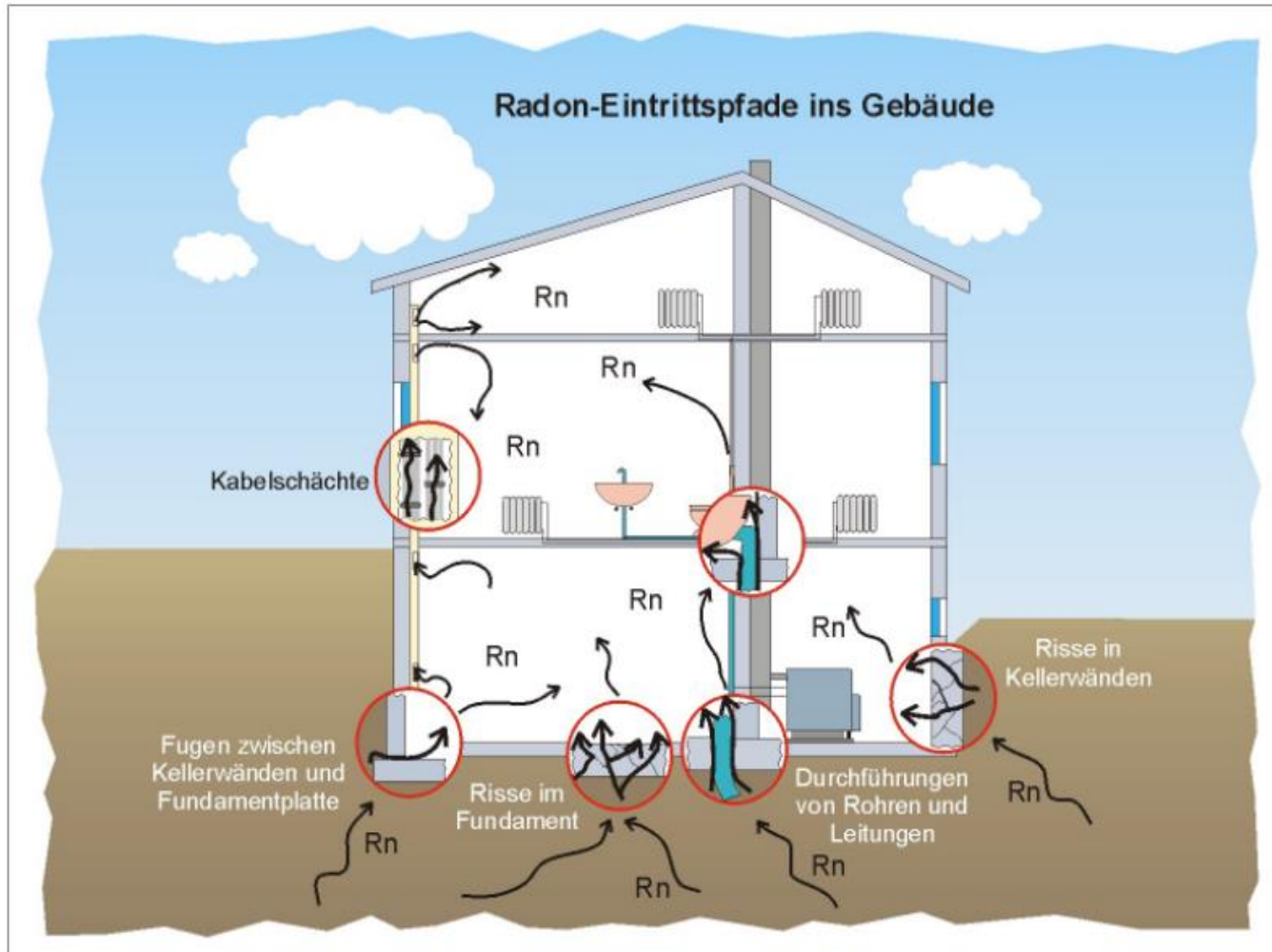


Geowissenschaftliche Begleitung des Messprogramms zur Festlegung von Radonschutzgebieten in Hessen

*Dipl.-Geol. Annemarie Militzer, M.Sc. TropHEE Abimbola Oluokuwu
Dr. Rouwen Lehné*

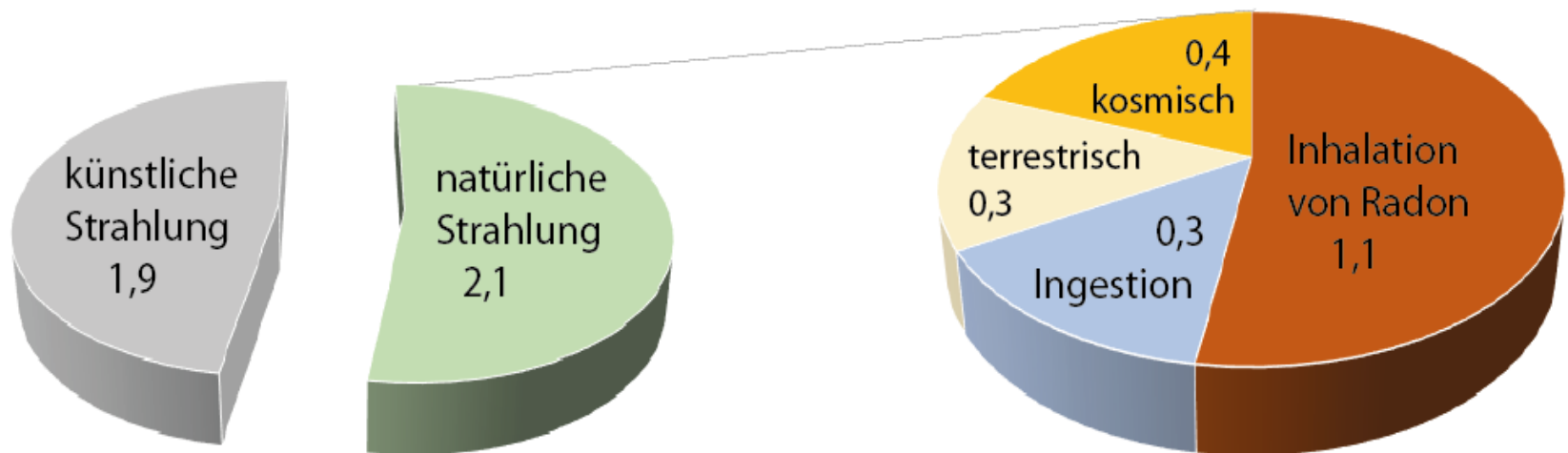


Warum ist Radon ein Thema?



Schemazeichnung der Eintrittspfade für Radon in Gebäuden (Kemski & Partner, 2004)

Strahlenexposition



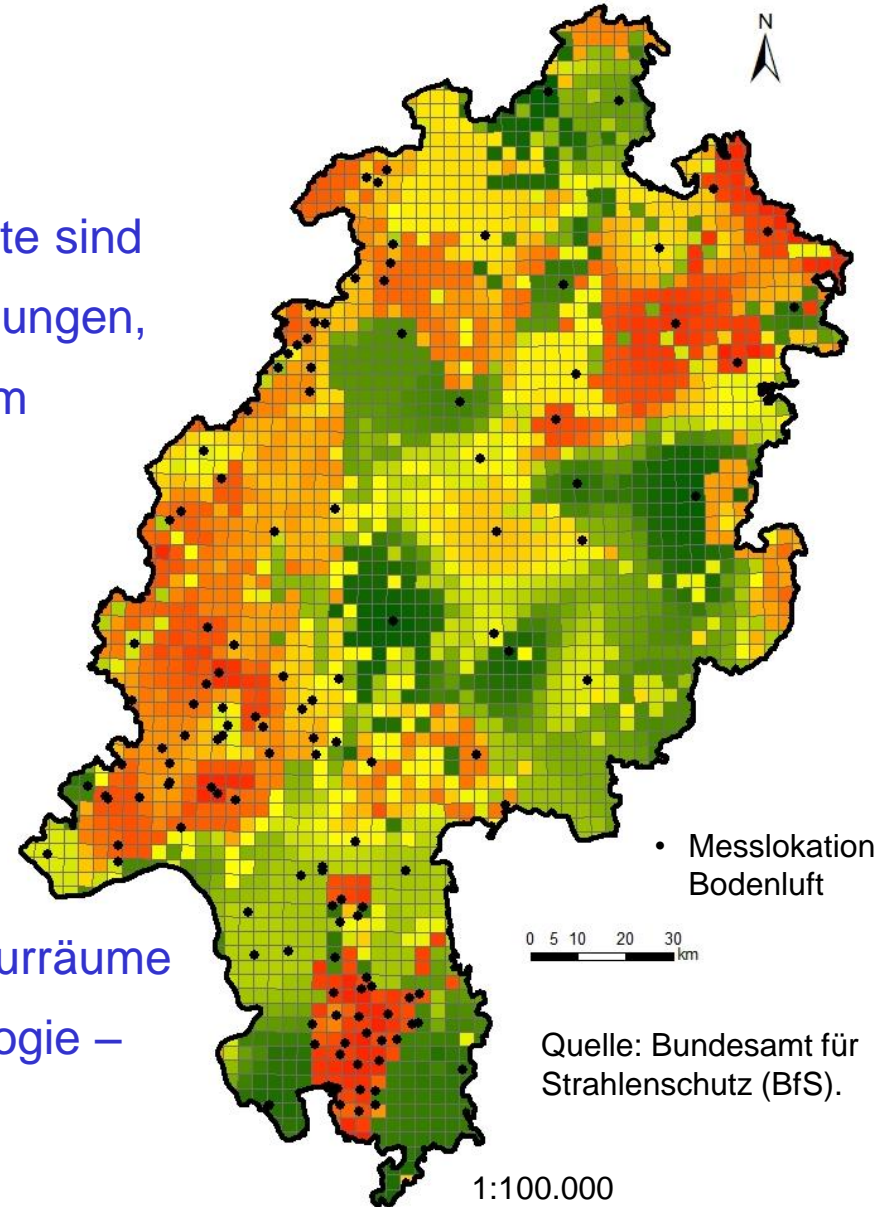
[mSv/a] durchschnittliche Strahlenexposition in Deutschland

Hintergrund – neue Gesetzgebung

- Grundnormen der EU-Kommission 2013/59 EURATOM: Richtlinie für Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen; gesetzliche Umsetzung durch Mitgliedsstaaten bis 2018
- StrlSchG vom 27.06.2017: §121 Festlegung von Gebieten 2 Jahre nach Inkrafttreten einer Rechtsverordnung durch zuständige Behörde
- Gebiete = Landkreise in denen die Radonkonzentration in der Raumluft mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit im Jahresmittel den Grenzwert von **300 Bq/m³** überschreitet (auf Basis von Bodenluftmessungen)
- HMUKLV bat um geowissenschaftliche Begleitung des Messprogramms zur Festlegung von Radonschutzgebieten in Hessen

Karte zur Rn-Bodenluft

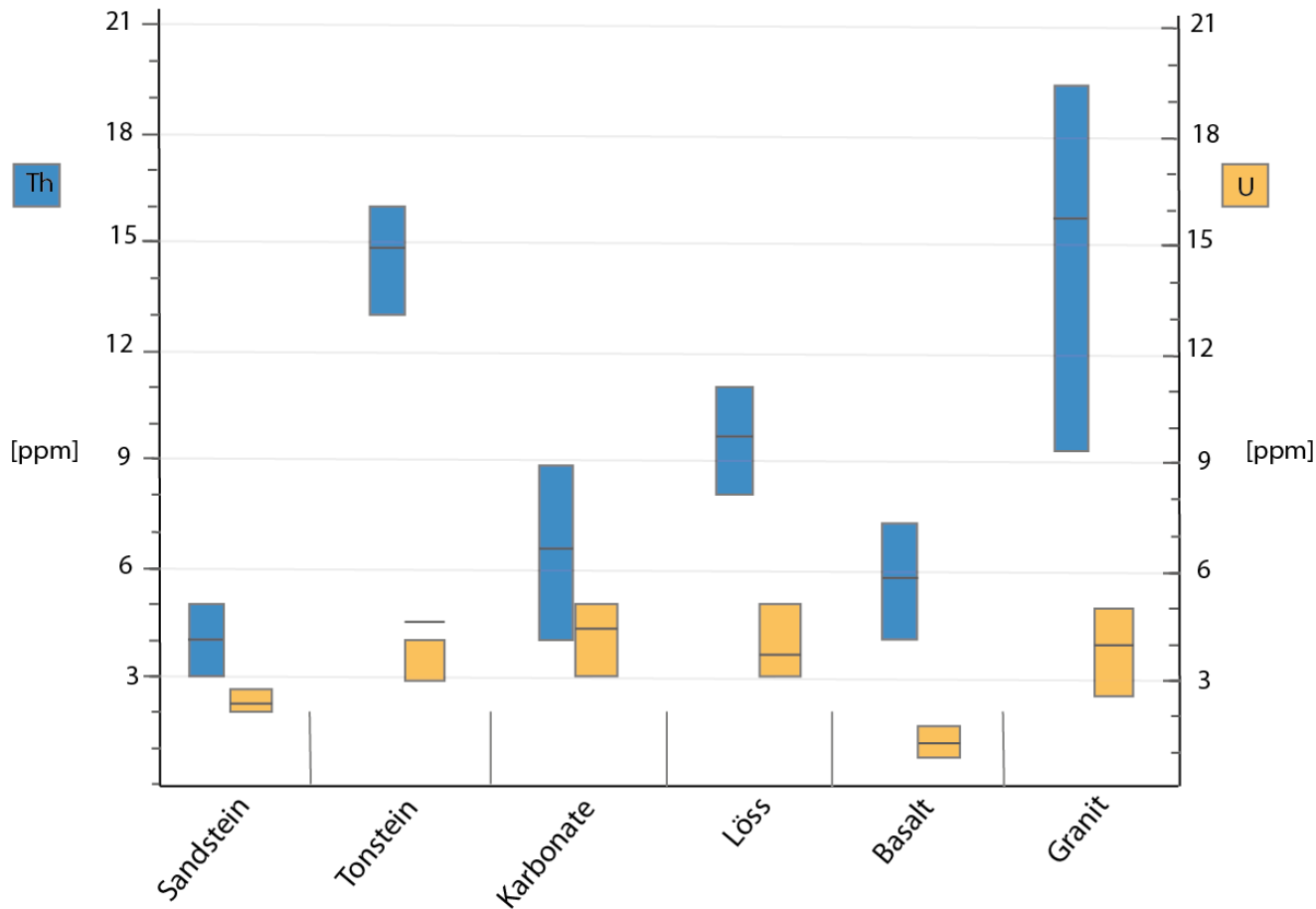
- Basis der aktuellen Radonbodenluftkarte sind ungleichmäßig verteilte Bodenluftmessungen, einige Regionen sind gar nicht bis kaum repräsentiert
- Trotzdem sind die geologischen Strukturräume grob erkennbar: Zusammenhang Geologie – Radon?!



Radioaktiver Zerfall natürlicher Elemente

- $^{238}\text{U} \rightarrow \dots ^{222}\text{Rn} (3,8\text{d}) \rightarrow \dots ^{206}\text{Pb}$
 - $^{232}\text{Th} \rightarrow \dots ^{220}\text{Rn} (55,6\text{s}) \rightarrow \dots ^{208}\text{Pb}$
- } >60% der natürlichen Strahlenexposition
- ^{218}Rn und ^{219}Rn aufgrund kurzer Halbwertszeit radiologisch ohne Bedeutung
 - U und Th sind mit wenigen ppm in jedem Gestein enthalten.
Einbau im Kristallgitter von Mineralen wie Feldspat, Zirkon, Monazit, Titanit, Allanit, Tonmineralen und als Bestandteil sekundärer Vererzungen.

Th- und U-Gehalte



→ Th- und U-Gehalte verschiedener Gesteinstypen sind in sich homogen, aber untereinander heterogen.

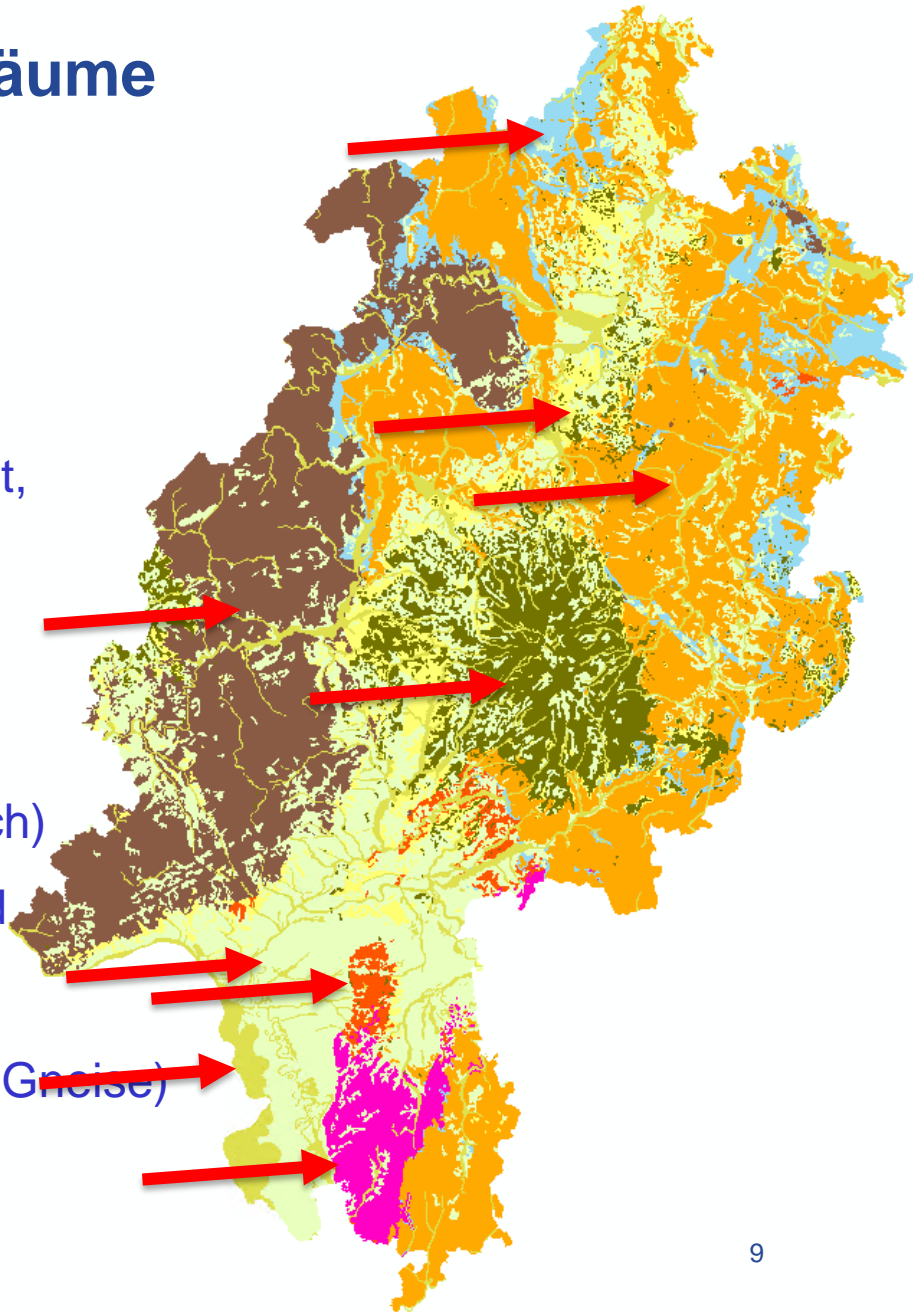
→ Unterteilung in geologische Großeinheiten.

Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen

Definition geologische Großräume

- Auenablagerungen
- Quartäre Sedimente
- Tertiäre Sedimente
- Tertiäre Vulkanite (hauptsächlich Basalt, wenige differenziert)
- Buntsandstein
- Mesozoikum/Zechstein
- Rotliegend (sedimentär und magmatisch)
- Rhenohertzynikum (Metasedimente und -vulkanite des Devons/Karbons)
- Kristallines Grundgebirge (Granite und Gneise)



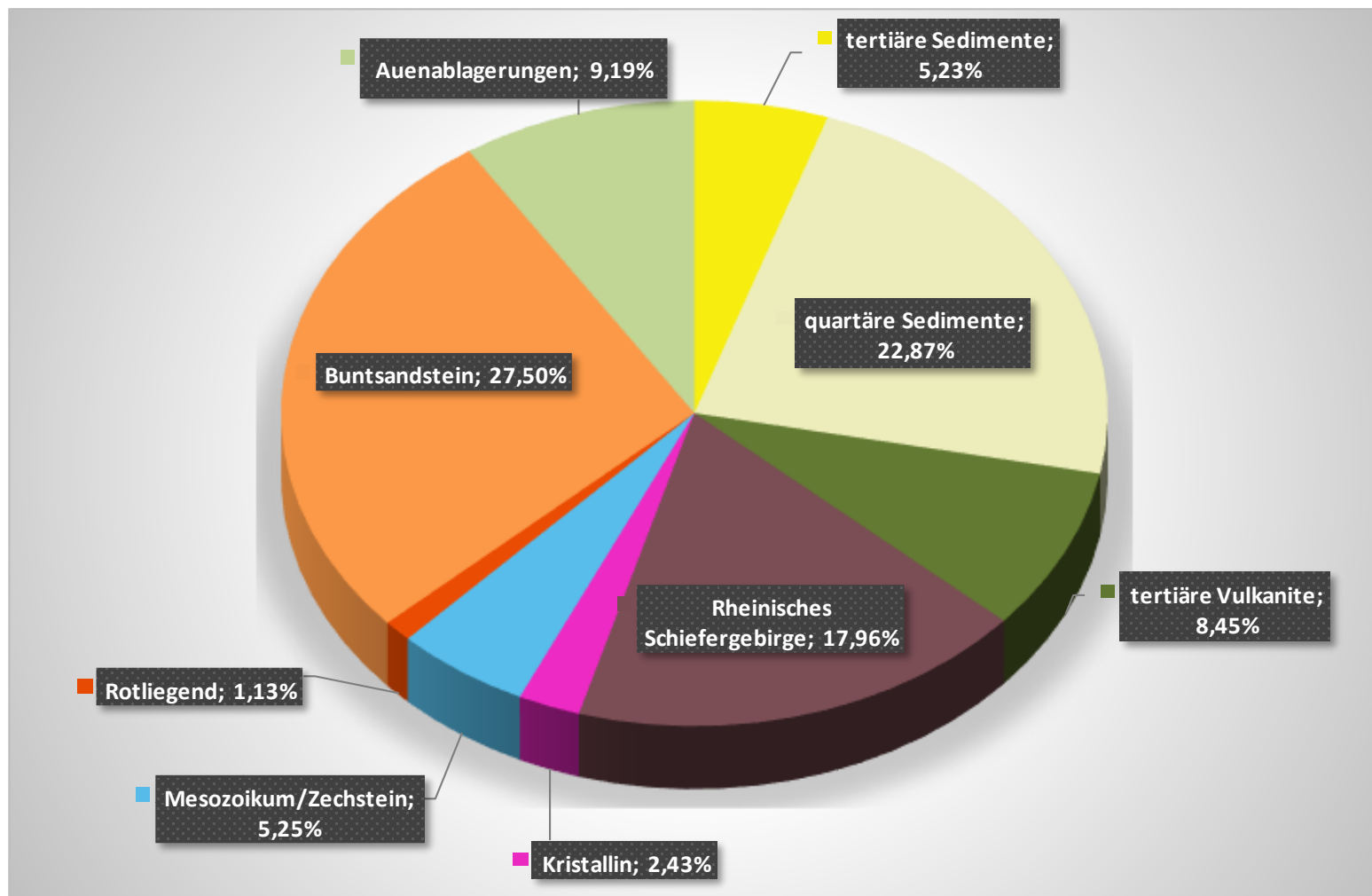
Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen

Flächenbetrachtung Geologie in Hessen

	Fläche [km ²]	Flächenanteil [%]
Auenablagerungen	1938,85	9,19
Quartäre Sedimente	4827,43	22,87
Tertiäre Sedimente	1104,06	5,23
Tertiäre Vulkanite	1783,55	8,45
Buntsandstein	5804,06	27,50
Mesozoikum/Zechstein	1108,74	5,25
Rotliegend	239,57	1,13
Renoherzynikum	3790,17	17,96
Kristallin	512,17	2,43
Total	21108,60	100,00

Flächenbetrachtung Geologie in Hessen



Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum

Flächenbetrachtung Geologie in Hessen

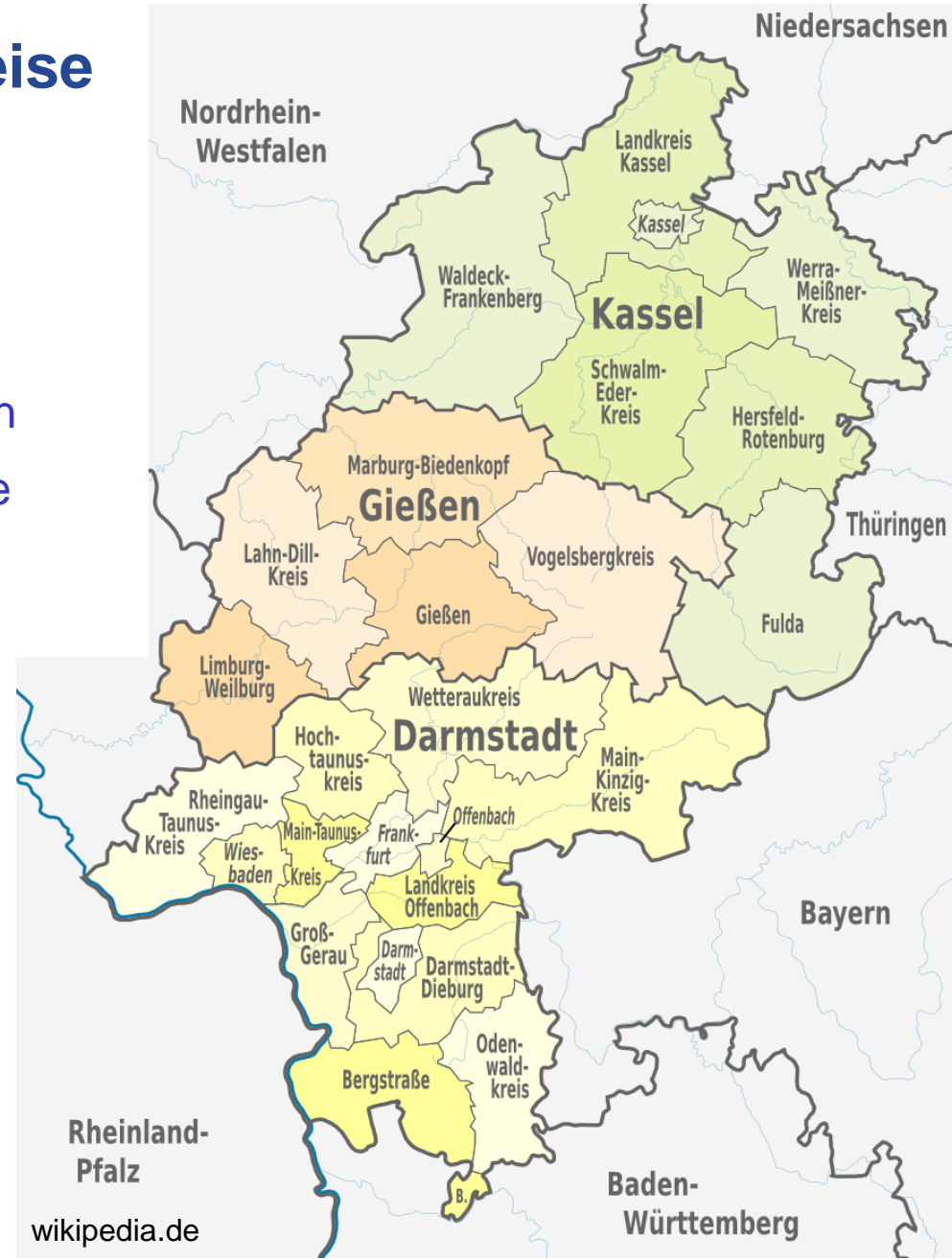
	Fläche [km ²]	Flächenanteil [%]	Anzahl Messungen
Auenablagerungen	1938,85	9,19	39
Quartäre Sedimente	4827,43	22,87	172
Tertiäre Sedimente	1104,06	5,23	39
Tertiäre Vulkanite	1783,55	8,45	63
Buntsandstein	5804,06	27,50	207
Mesozoikum/Zechstein	1108,74	5,25	39
Rotliegend	239,57	1,13	8
Renoherzynikum	3790,17	17,96	135
Kristallin	512,17	2,43	18
Total	21108,60	100,00	750

Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum
4. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Landkreisen

Politische Grenze Landkreise

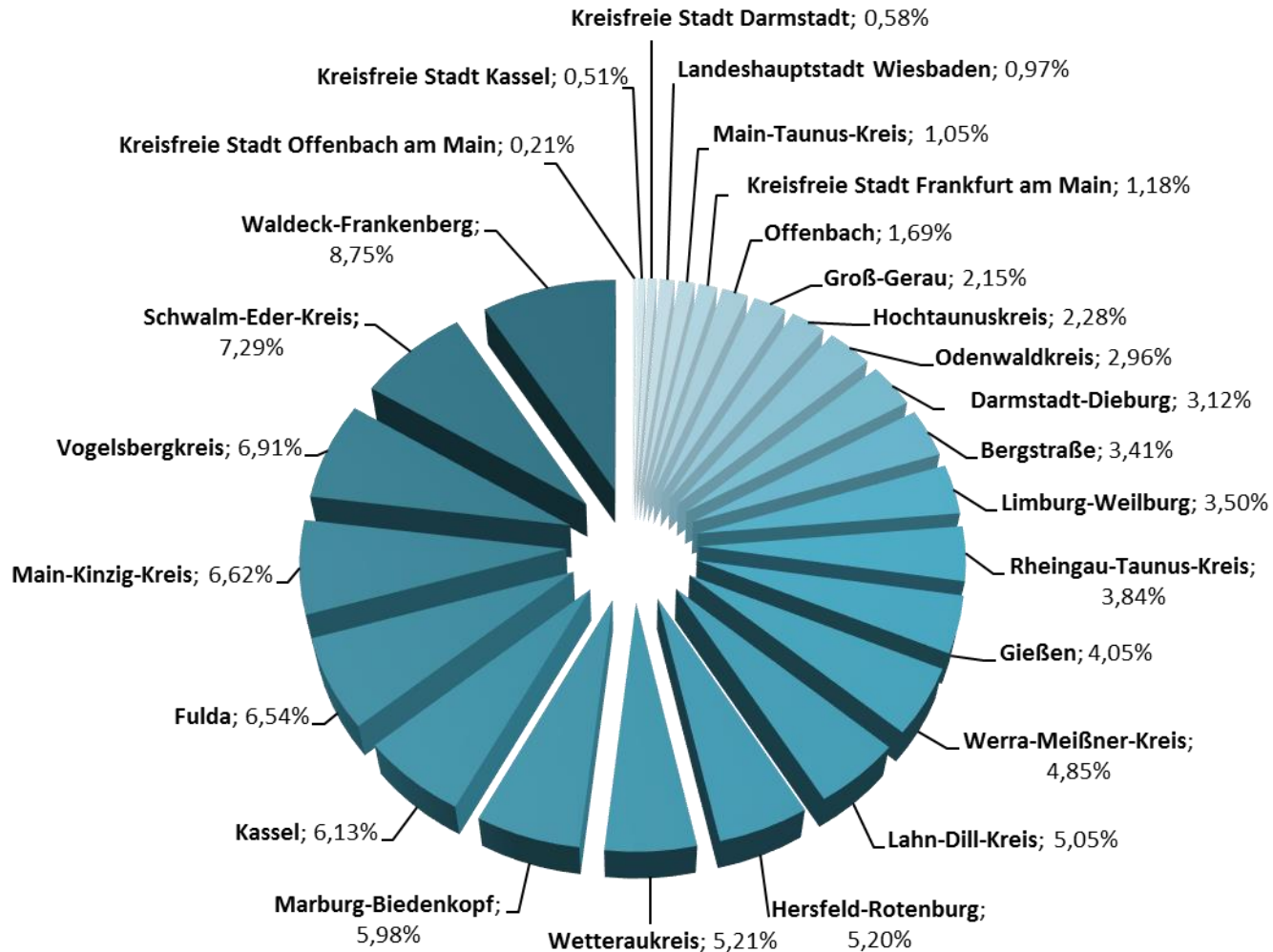
Da die spätere Ausweisung der „Radonschutzgebiete“ auf Landkreisebene geschehen wird, sollen diese bei der Auswahl der Messgebiete eine maßgebliche Rolle spielen.



Berechnung Flächenanteile der hessischen Landkreise

	Fläche [km ²]	Flächenanteil [%]
Kreisfreie Stadt Offenbach am Main	44,86	0,21
Kreisfreie Stadt Kassel	106,67	0,51
Kreisfreie Stadt Darmstadt	122,13	0,58
Landeshauptstadt Wiesbaden	203,73	0,97
Main-Taunus-Kreis	222,32	1,05
Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main	248,16	1,18
Offenbach	355,96	1,69
Groß-Gerau	452,70	2,15
Hochtaunuskreis	481,51	2,28
Odenwaldkreis	623,56	2,96
Darmstadt-Dieburg	657,93	3,12
Bergstraße	718,90	3,41
Limburg-Weilburg	737,94	3,50
Rheingau-Taunus-Kreis	810,82	3,84
Gießen	853,90	4,05
Werra-Meißner-Kreis	1023,94	4,85
Lahn-Dill-Kreis	1065,35	5,05
Hersfeld-Rotenburg	1096,88	5,20
Wetteraukreis	1099,84	5,21
Marburg-Biedenkopf	1261,48	5,98
Kassel	1292,36	6,13
Fulda	1379,64	6,54
Main-Kinzig-Kreis	1396,04	6,62
Vogelsbergkreis	1457,63	6,91
Schwalm-Eder-Kreis	1537,83	7,29
Waldeck-Frankenberg	1847,23	8,75
Gesamt	21099,31	100,00

Prozentuale Flächenanteile der Landkreise in Hessen



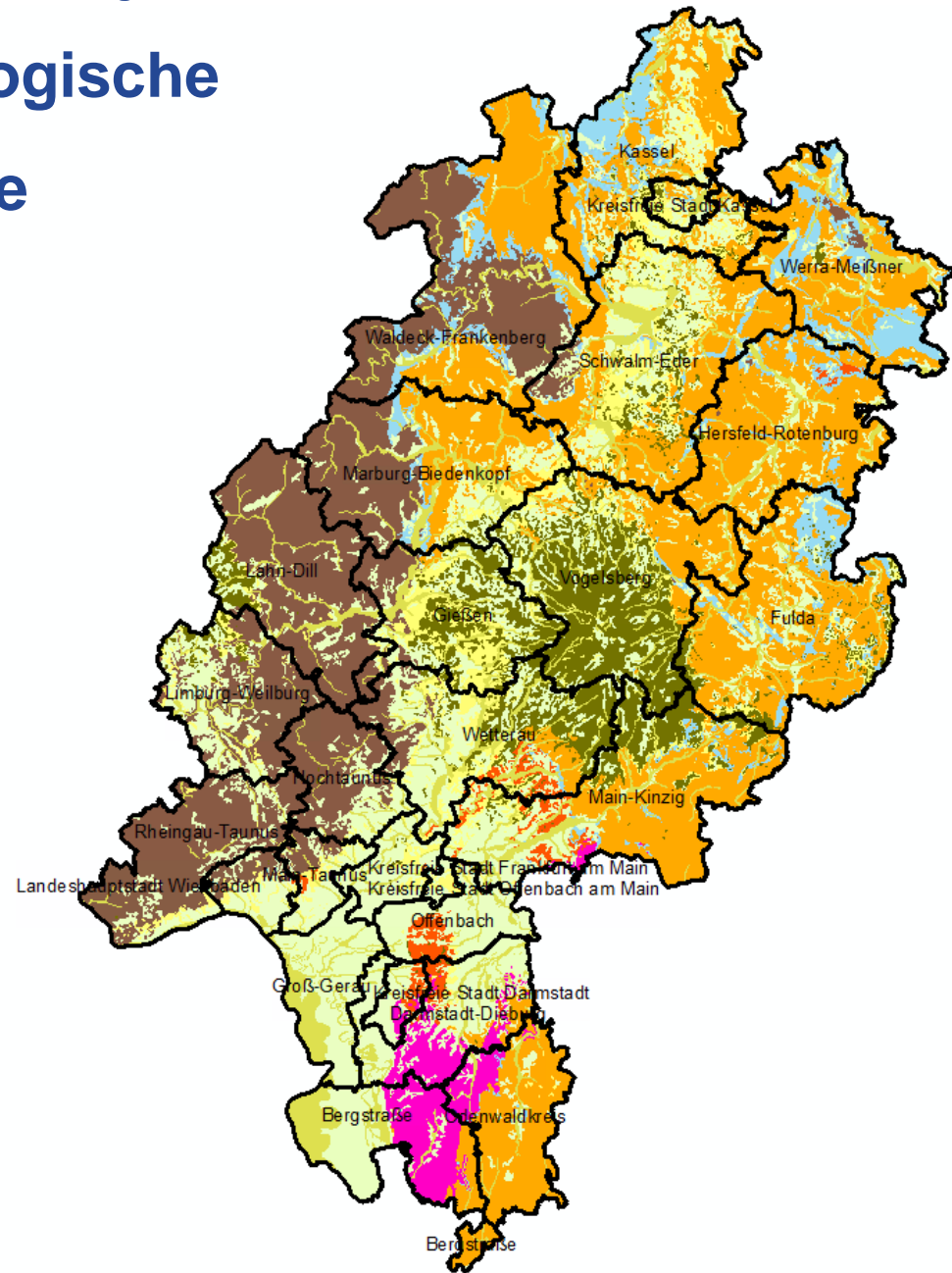
Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum
4. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Landkreisen
5. Zuweisung Messungen je Landkreis

Messungen je Landkreis

	Fläche [km ²]	Flächenanteil [%]	Anzahl Messungen
Kreisfreie Stadt Offenbach am Main	44,86	0,21	2
Kreisfreie Stadt Kassel	106,67	0,51	4
Kreisfreie Stadt Darmstadt	122,13	0,58	4
Landeshauptstadt Wiesbaden	203,73	0,97	7
Main-Taunus-Kreis	222,32	1,05	8
Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main	248,16	1,18	9
Offenbach	355,96	1,69	13
Groß-Gerau	452,7	2,15	16
Hochtaunuskreis	481,51	2,28	17
Odenwaldkreis	623,56	2,96	22
Darmstadt-Dieburg	657,93	3,12	23
Bergstraße	718,9	3,41	26
Limburg-Weilburg	737,94	3,5	26
Rheingau-Taunus-Kreis	810,82	3,84	29
Gießen	853,9	4,05	30
Werra-Meißner-Kreis	1023,94	4,85	36
Lahn-Dill-Kreis	1065,35	5,05	38
Hersfeld-Rotenburg	1096,88	5,2	39
Wetteraukreis	1099,84	5,21	39
Marburg-Biedenkopf	1261,48	5,98	45
Kassel	1292,36	6,13	46
Fulda	1379,64	6,54	49
Main-Kinzig-Kreis	1396,04	6,62	50
Vogelsbergkreis	1457,63	6,91	52
Schwalm-Eder-Kreis	1537,83	7,29	55
Waldeck-Frankenberg	1847,23	8,75	66
Gesamt	21099,31	100	750

Flächenbetrachtung geologische Großräume vs. Landkreise



Messungen je Landkreis und Strukturraum

	Auenab- lagerungen	Buntsand- stein	Kristallin	Renoherzynikum	Rotliegend	Quartäre Sedimente	Tertiäre Sedimente	Tertiäre Vulkanite	Mesozoikum Zechstein
Kreisfreie Stadt Darmstadt			1		1	3			
Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main	1					7	1		
Kreisfreie Stadt Offenbach am Main						1	1		
Landeshauptstadt Wiesbaden	1			2		3	1		
Bergstraße	6	4	9			8			
Darmstadt-Dieburg	2	1	5		1	12			
Groß-Gerau	5					11			
Hochtaunuskreis	1			11		4			
Main-Kinzig-Kreis	5	20	1		2	10	3	8	2
Main-Taunus-Kreis	1			2		4	1		
Odenwaldkreis	1	16	3			1			
Offenbach	1				2	10			
Rheingau-Taunus-Kreis	1			22		5	1		
Wetteraukreis	5	2		4	2	13	4	9	
Gießen	3			5		7	6	9	
Lahn-Dill-Kreis	2			28		4	1	2	
Limburg-Weilburg	1			13		9	2	1	
Marburg-Biedenkopf	5	13		16		7	2	1	2
Vogelsbergkreis	5	11				10	3	24	
Kreisfreie Stadt Kassel	1	1				1	1		
Fulda	3	28				7	1	4	6
Hersfeld-Rotenburg	3	28			1	4			3
Kassel	5	20				11	4	1	8
Schwalm-Eder-Kreis	6	21		2		14	7	4	2
Waldeck-Frankenberg	4	23		29		3			7
Werra-Meißner-Kreis	3	19		1		3			10
SUMME	69	207	18	135	8	172	39	63	39

Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum
4. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Landkreisen
5. Zuweisung Messungen je Landkreis
6. Definition von Ausschlussgebieten (Grabbarkeit, Nässe, Tektonik)

Definition von Ausschlussgebieten - Grabbarkeit

10: Oberboden

20: fließende Bodenarten (BA)

31: leicht lösbare BA (speziell Kiese)

31: leicht lösbare BA (Rest)

32: leicht lösbare BA (feste Torfe)

40: mittelschwer lösbare BA (Rest ohne SS, Lehmtone)

51: schwer lösbare BA (Rest mit GBAnt 5)

51: schwer lösbare BA (Auswahl mit GBAnt 4)

52: schwer lösbare BA (Auswahl mit GBAnt 4)

60: leicht lösbarer Fels (Bk/Br) mit Grobbodenanteil 5/6

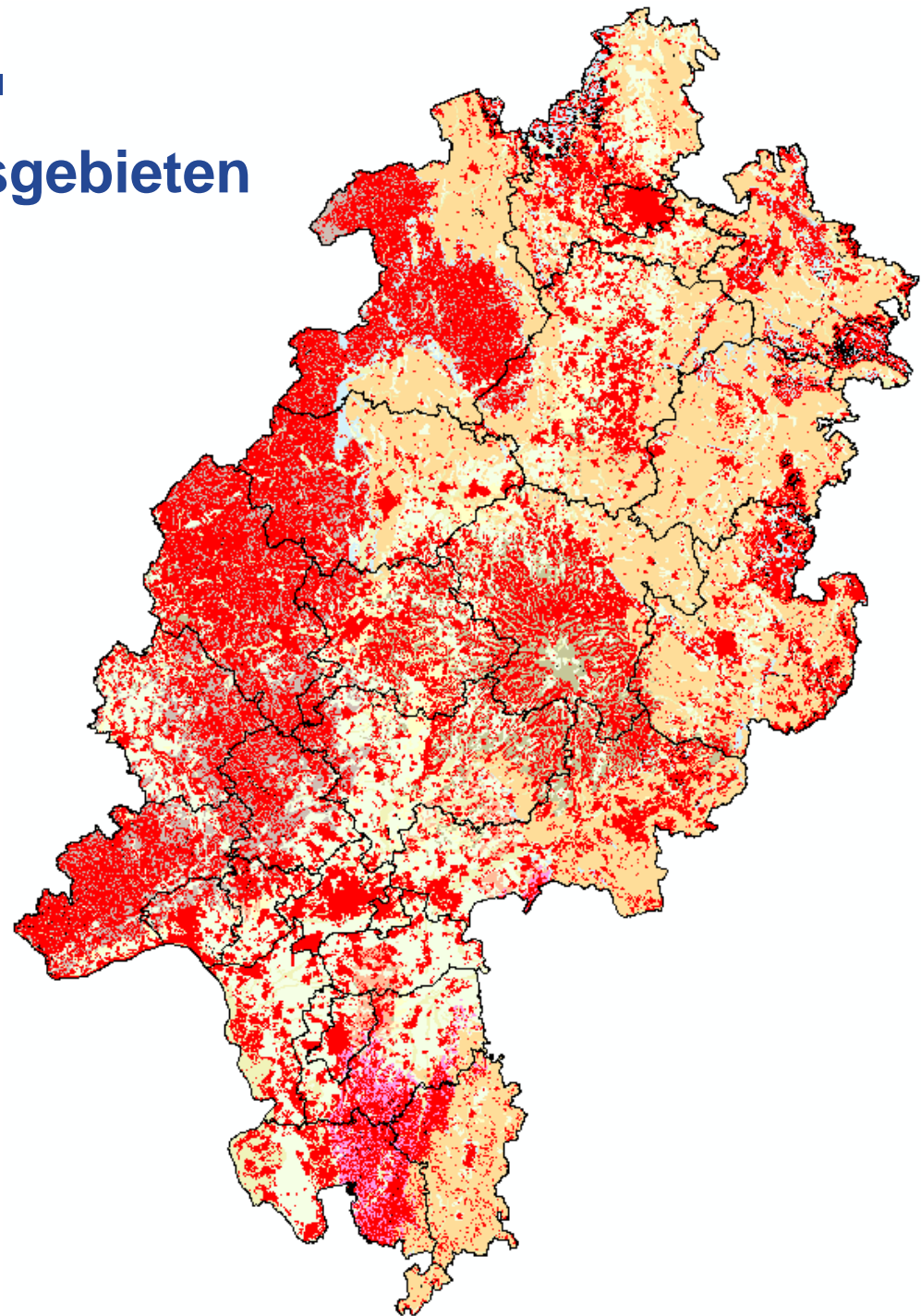
60: leicht lösbarer Fels (Rest ohne Kiese) mit GBAnt 6

70: schwer lösbarer Fels

Definition von Ausschlussgebieten

– Grabbarkeit

 = eher ungeeignet



Definition von Ausschlussgebieten - Nässe

0 = günstig

1 = Grundnässe 4-6

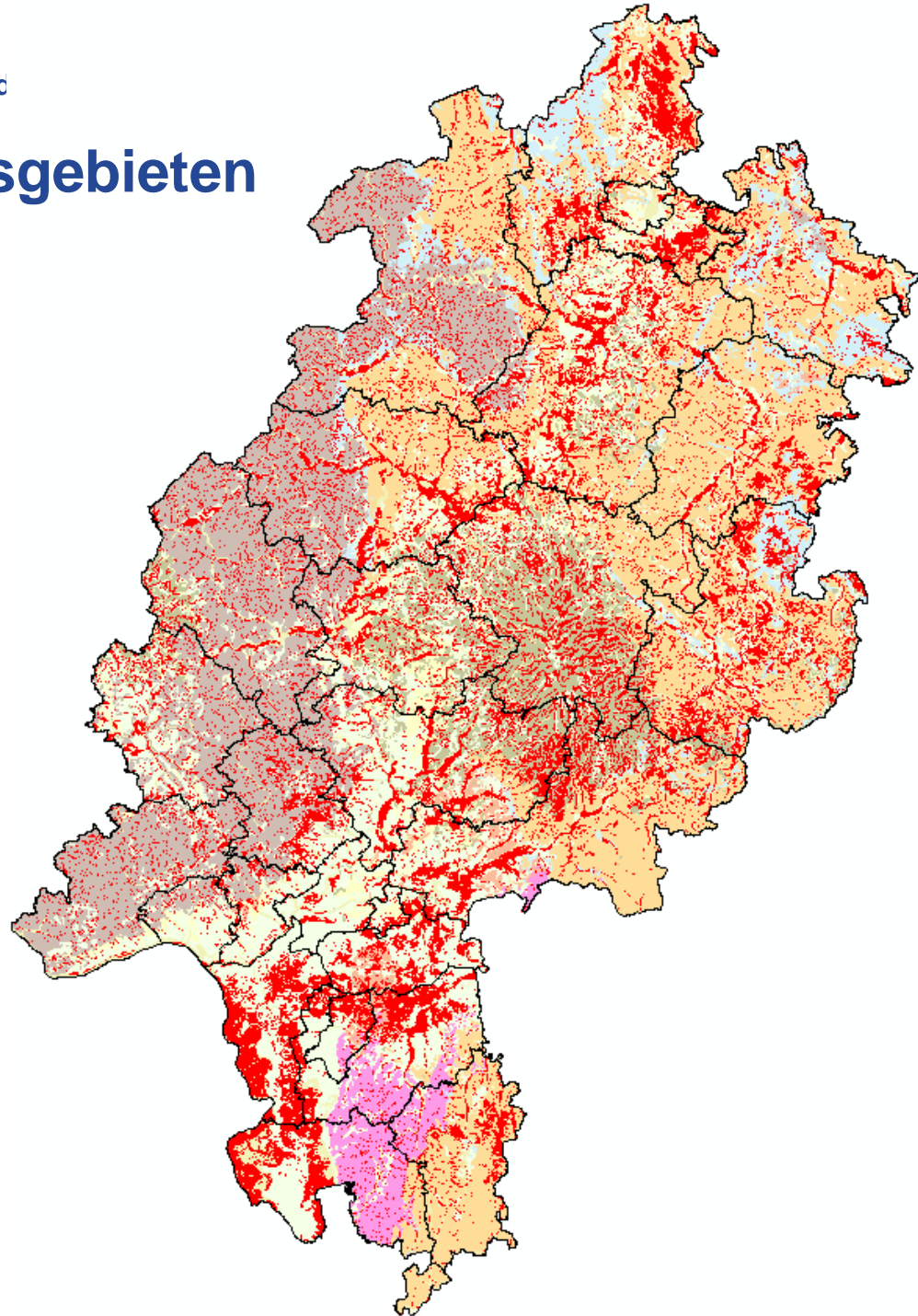
2 = Grundnässe 1-3

3 = Staunässe 3-6 und Hangnässe 3-6

Definition von Ausschlussgebieten

Stau- und Grundnässe

 = eher ungeeignet

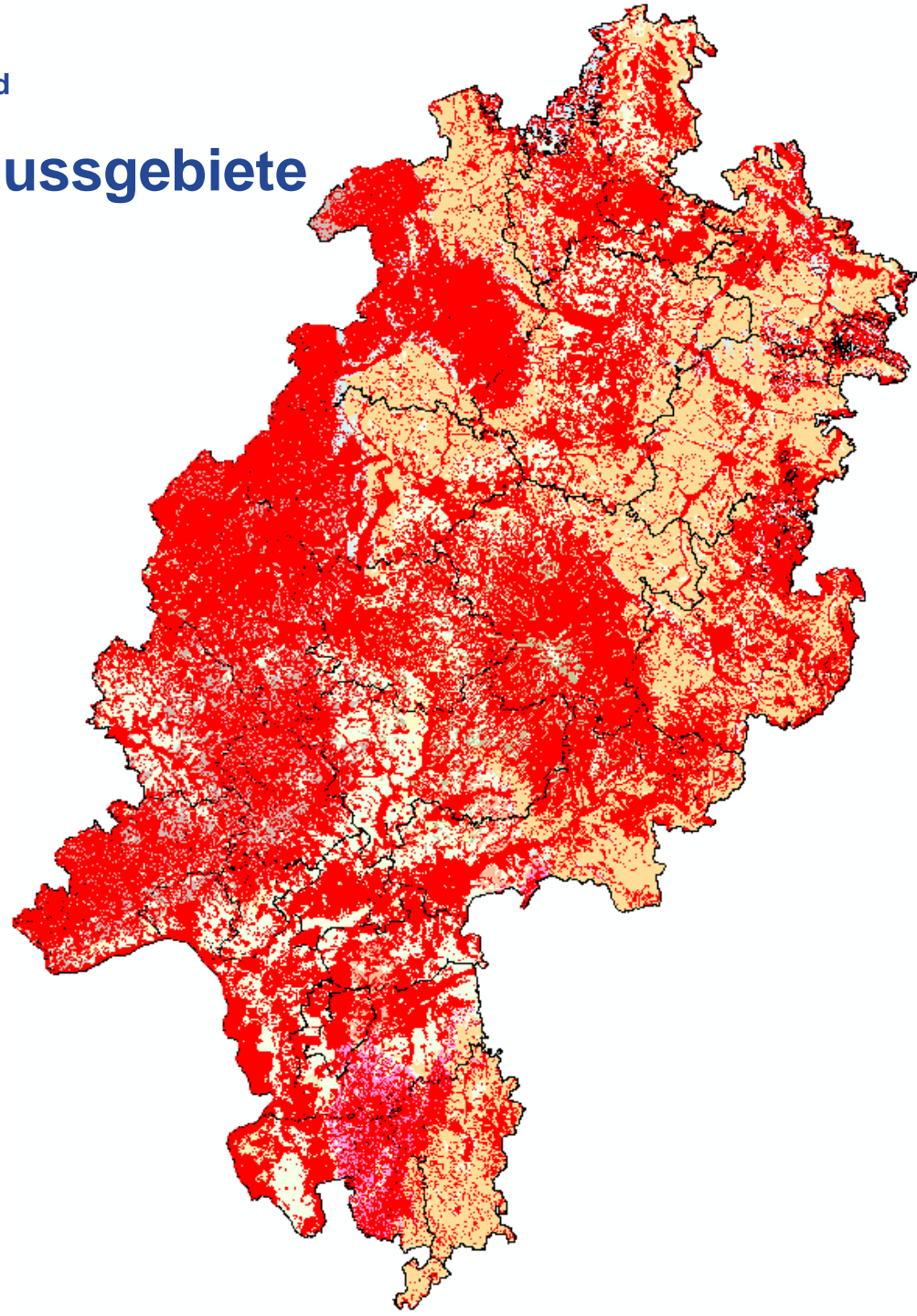


Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und

Zusammenschau Ausschlussgebiete

Grabbarkeit und Nässe

 = eher ungeeignet



Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

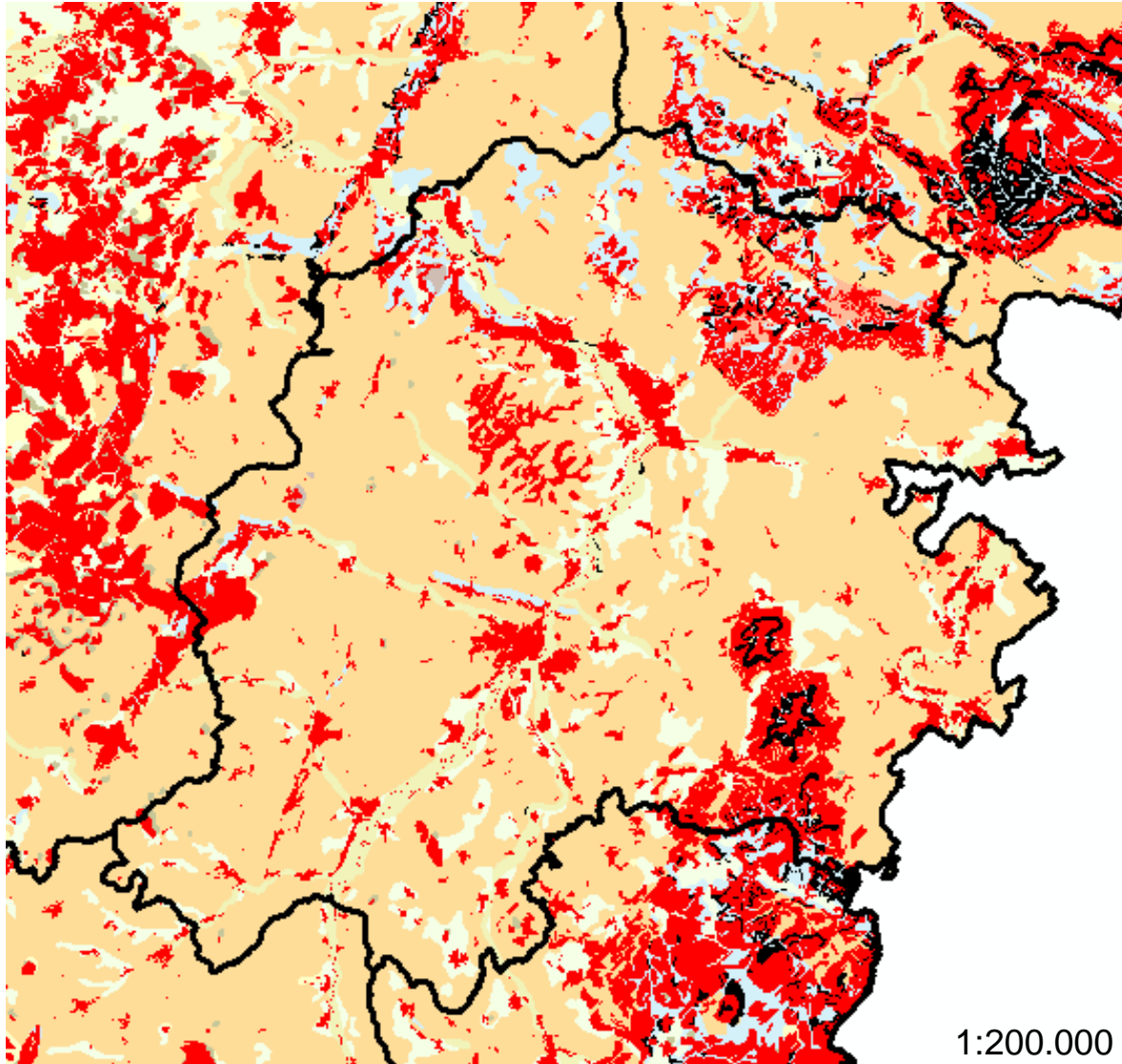
1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum
4. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Landkreisen
5. Zuweisung Messungen je Landkreis
6. Definition von Ausschlussgebieten (Grabbarkeit, Nässe, Tektonik)
7. Bestimmung von potenziellen Messgebieten

Bestimmung von potenziellen Messgebieten

Beispiel Landkreis Hersfeld-Rotenburg

	Fläche [km ²]	Anteil Landkreis [%]	Messungen
Auenablagerungen	76,16	6,96	2,72
Quartäre Sedimente	109,73	10,03	3,91
Tertiäre Sedimente	2,31	0,21	0,08
Tertiäre Vulkanite	6,74	0,62	0,24
Buntsandstein	798,29	72,98	28,46
Mesozoikum/Zechstein	87,22	7,97	3,11
Rotliegend	11,61	1,06	0,41
Rheinisches Schiefergebirge	1,78	0,16	0,06
Kristallin	0,00	0,00	0,00
Gesamtfläche	1093,85	100,00	39,00

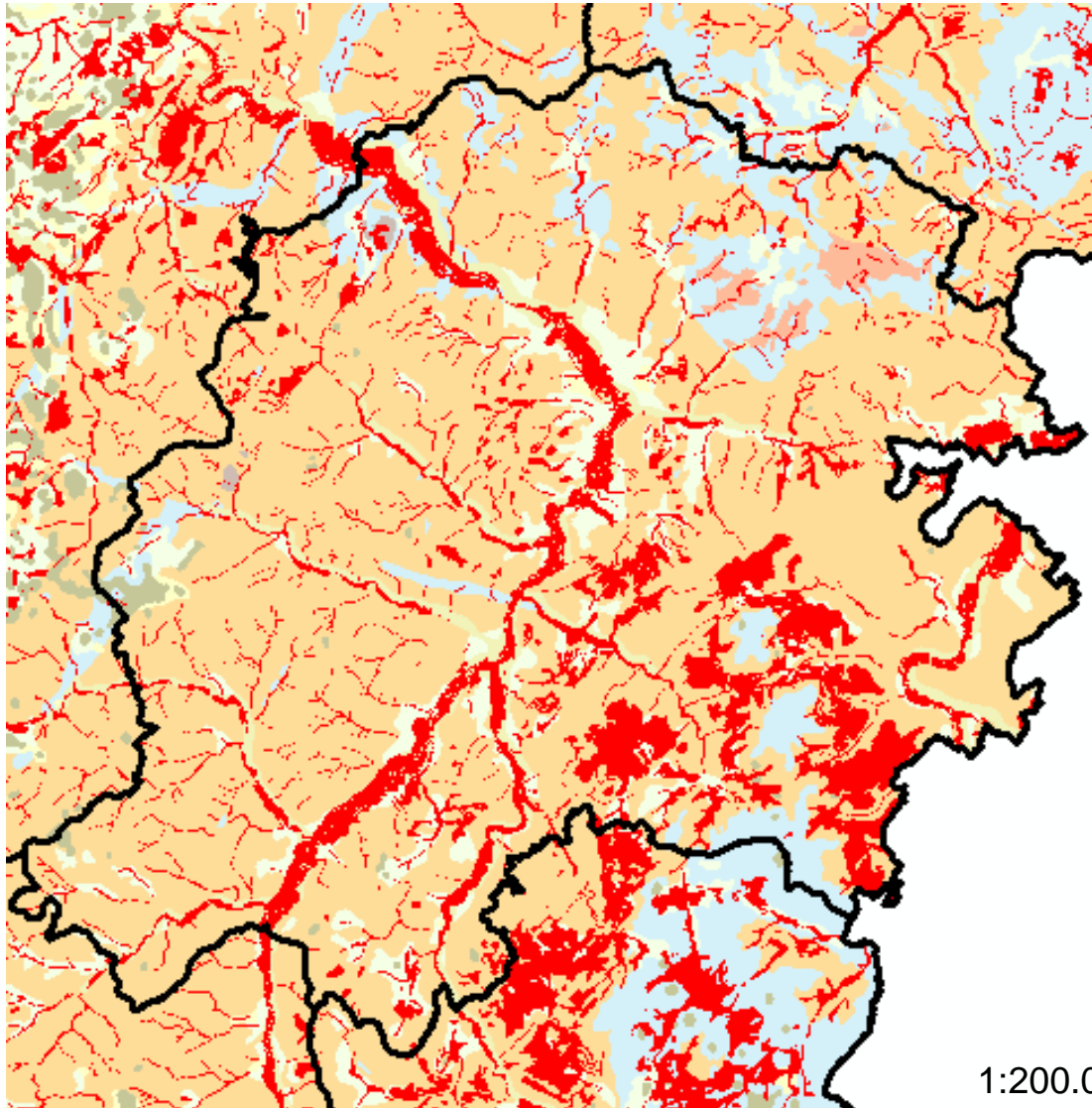
Landkreis Hersfeld-Rotenburg - Kriterium Grabbarkeit



 = eher ungeeignet

1:200.000

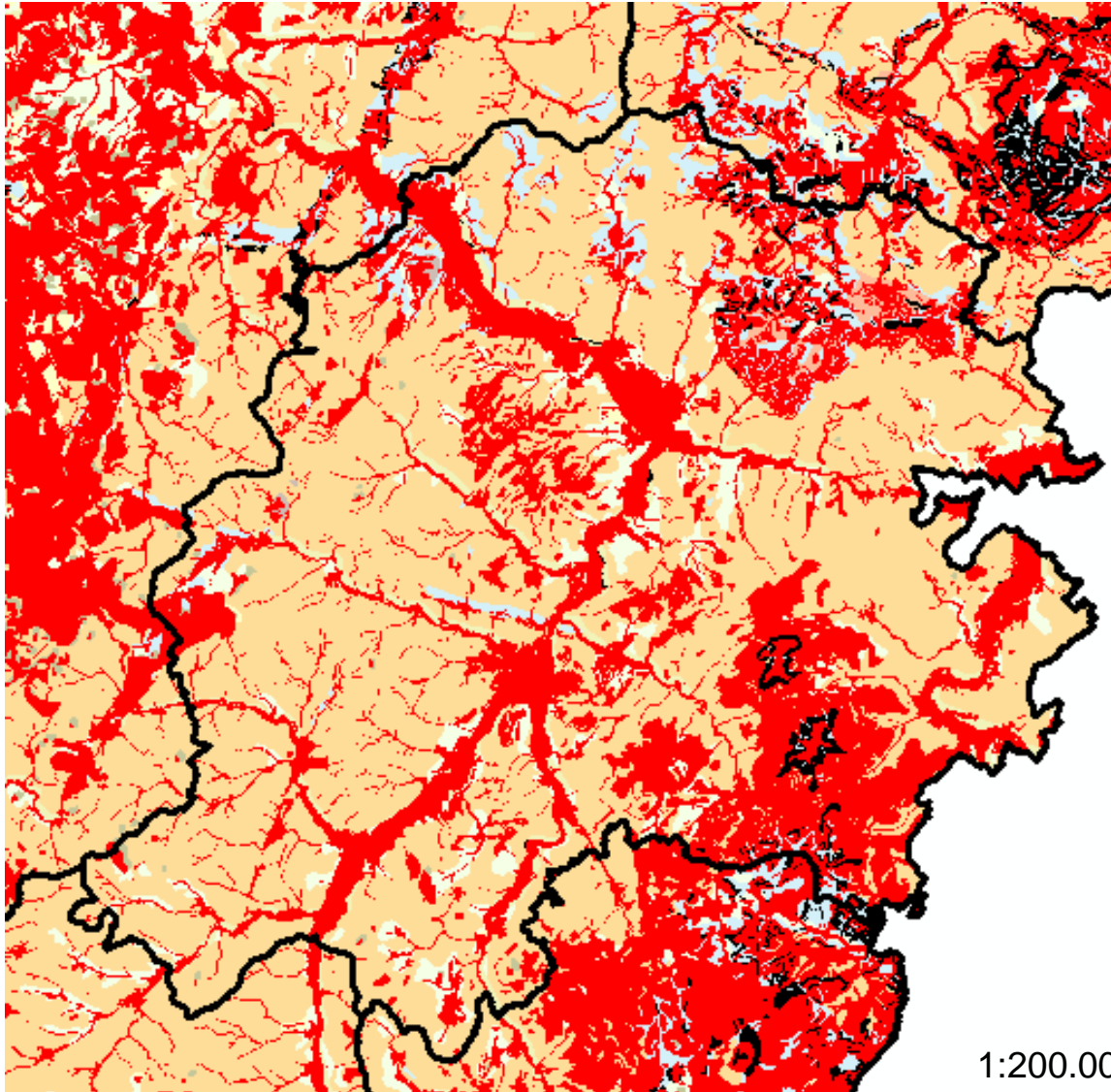
Landkreis Hersfeld-Rotenburg - Kriterium Nässe



 = eher ungeeignet

1:200.000

Landkreis Hersfeld-Rotenburg - Zusammenschau



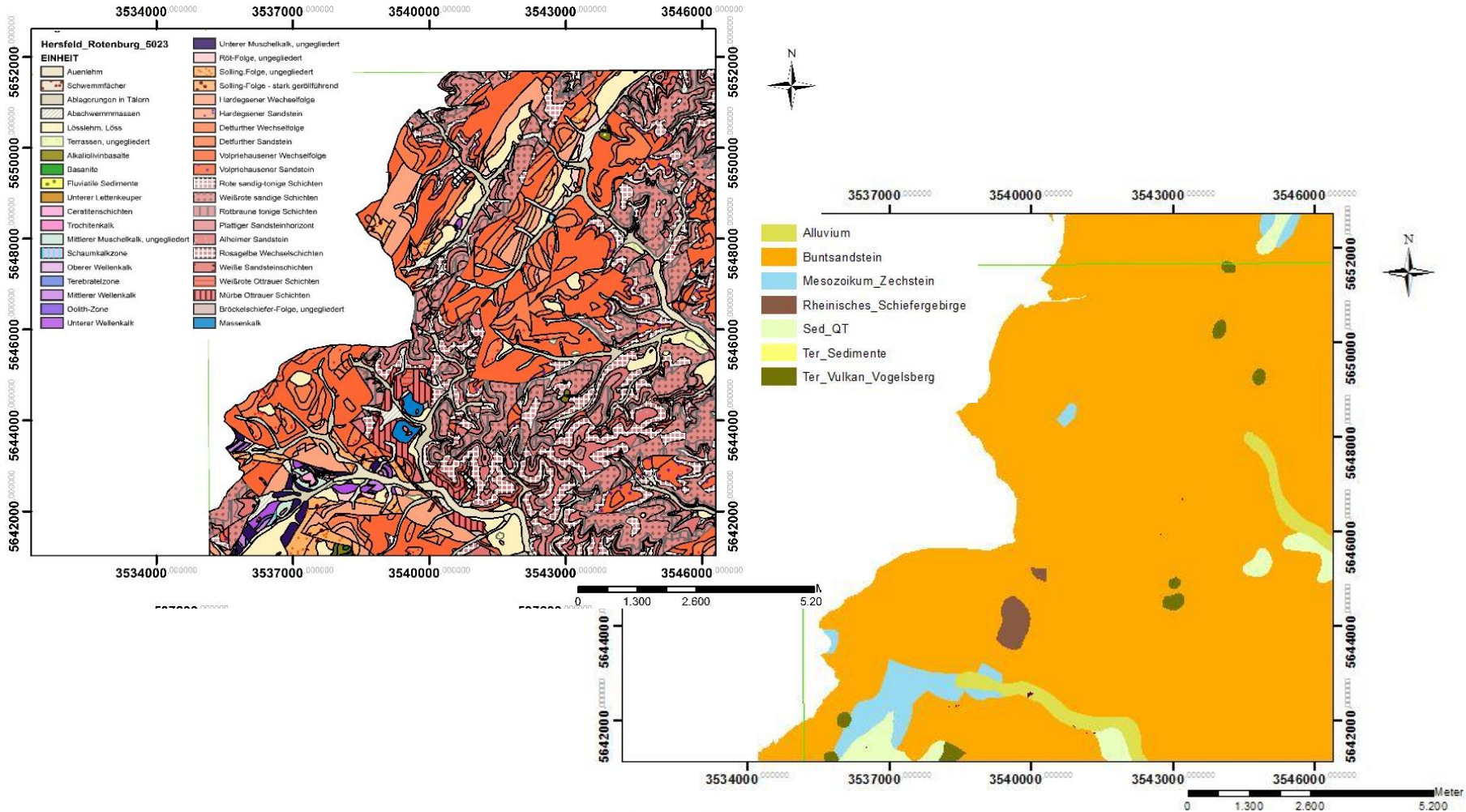
 = eher ungeeignet

1:200.000

Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

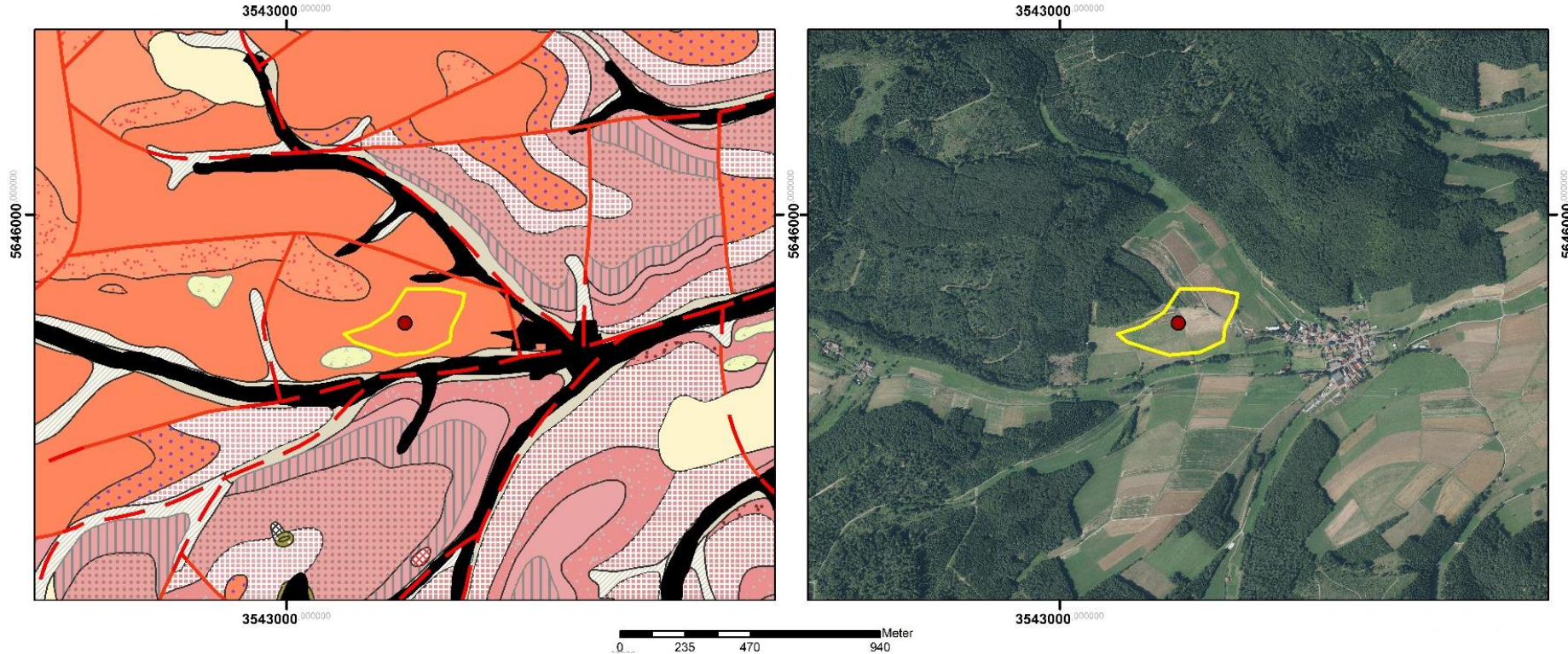
1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum
4. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Landkreisen
5. Zuweisung Messungen je Landkreis
6. Definition von Ausschlussgebieten (Grabbarkeit, Nässe, Tektonik)
7. Bestimmung von potenziellen Messgebieten
8. Verifizierung potenzieller Messgebiete durch Abgleich mit GK25

Verifizierung pot. Messgebiete durch Abgleich mit GK25



Ausweisung der Messgebiete unter Berücksichtigung der detaillierteren GK25 insbesondere im Hinblick auf Variabilität von Stratigraphie und Lithologie.

Verifizierung pot. Messgebiete durch Abgleich mit GK25



Berücksichtigung

- Raumausdehnung der Zieleinheiten
- Ausschluss Tektonik
- unterschiedlicher Standorte (Wald vs. Feld)

Konzept zur Ausweisung von Messgebieten

1. Definition von geologischen Großräumen
2. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Hessen
3. Zuweisung Messungen je geologischem Großraum
4. Flächenbetrachtung geologischer Großräume in Landkreisen
5. Zuweisung Messungen je Landkreis
6. Definition von Ausschlussgebieten (Grabbarkeit, Nässe, Tektonik)
7. Bestimmung von potenziellen Messgebieten
8. Verifizierung potenzieller Messgebiete durch Abgleich mit GK25
9. Erstellung von Karten für die Geländearbeit

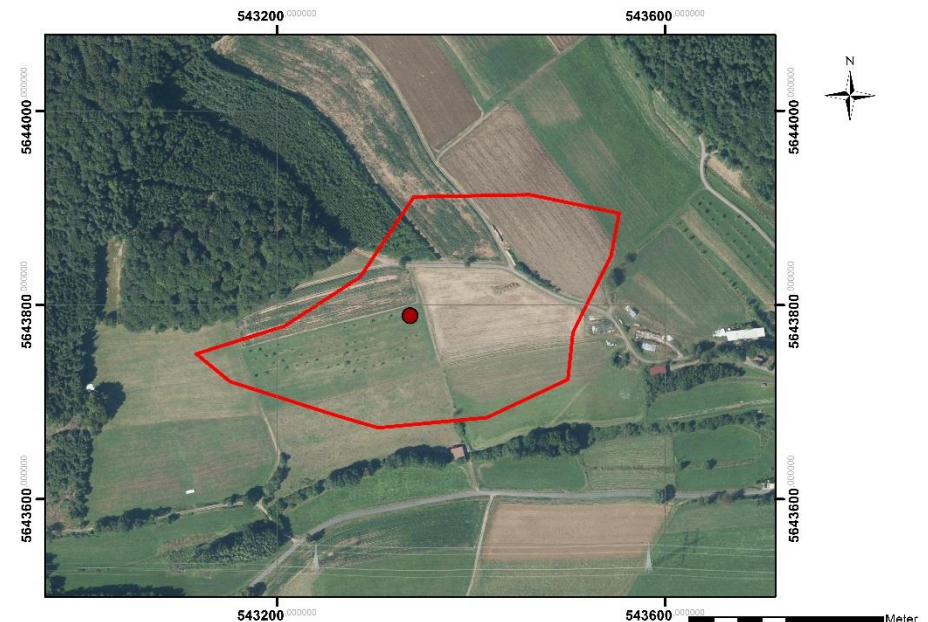
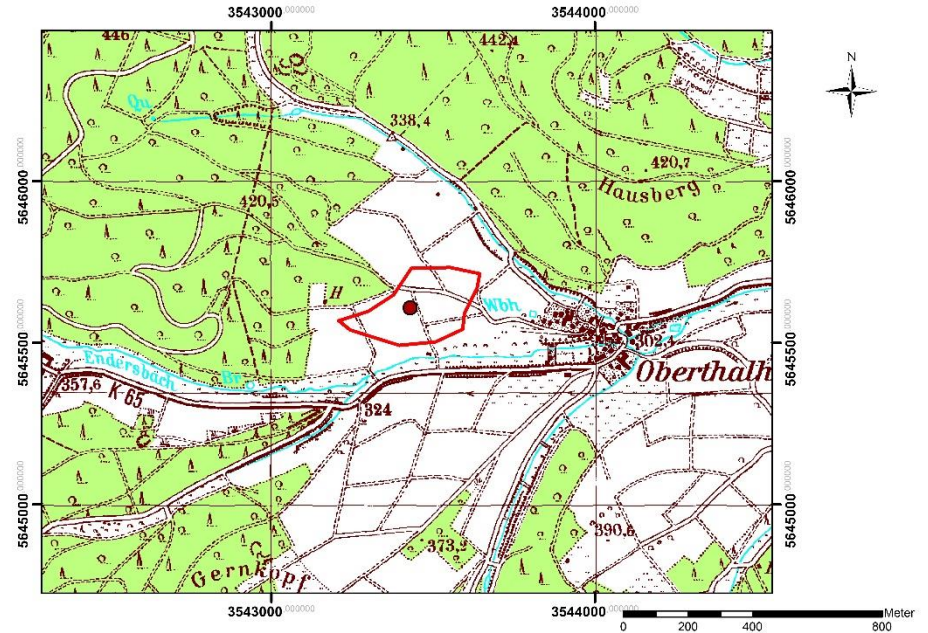
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt

Erstellung von Karten für die Geländearbeit

Sicherstellung der Erreichbarkeit des Messgebietes

Finales Layout des an die THM übermittelten Kartenmaterials beinhaltet:

- Ausschnitt TK25 (1:10.000)
- Ausschnitt Luftbild (1:5.000)
- Koordinaten und Kürzel des Messpunktes



Legende

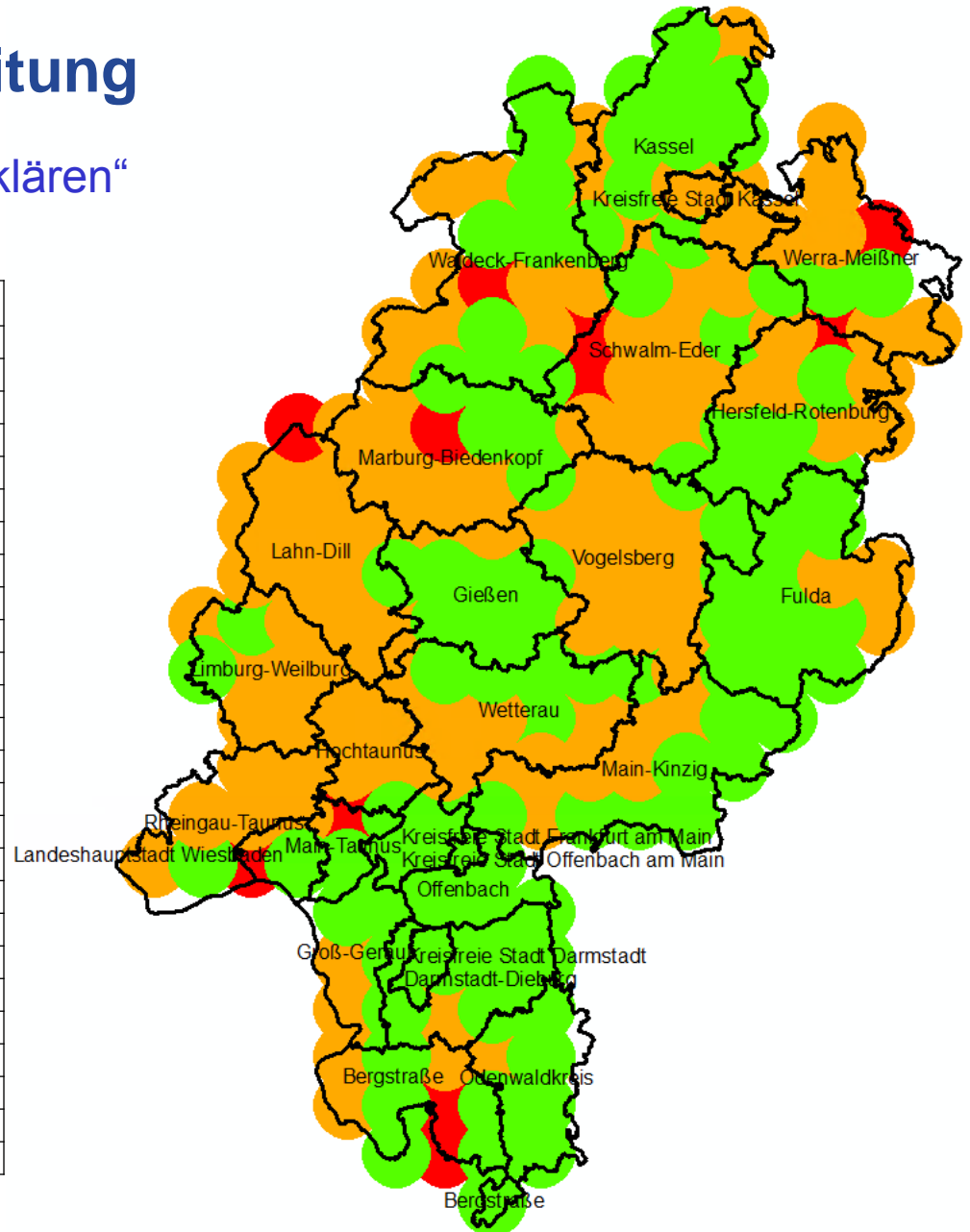
- Buntsandstein
- Messgebiet Vorschlag
- TK25-Blattschnitt
- Gewässer
- Waldflächen

Quelle Topographische Karte, Luftbild: (HVBG)
Autoren: Annemarie Milltzer, Abimbola Oluokuwu, Rouven Lehné
Dezember 2017

Reihenfolge der Bearbeitung

Priorität: orangefarbene Gebiete „klären“

Reihenfolge	Kreisname
1	Hochtaunus
2	Hersfeld-Rotenburg
3	Lahn-Dill
4	Vogelsberg
5	Limburg-Weilburg
6	Schwalm-Eder
7	Rheingau-Taunus
8	Wetterau
9	Werra-Meißner
10	Marburg-Biedenkopf
11	Bergstraße
12	Waldeck-Frankenberg
13	Main-Kinzig
14	Groß-Gerau
15	Kreisfreie Stadt Kassel
16	Kassel
17	Fulda
18	Darmstadt-Dieburg
19	Odenwaldkreis
20	Landeshauptstadt Wiesbaden
21	Main-Taunus
22	Gießen
23	Offenbach
24	Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main
25	Kreisfreie Stadt Darmstadt
26	Kreisfreie Stadt Offenbach am Main



Begleitung der Messungen durch Abt. G HLNUG

- Verifizierung Konzept
- Übernahme und Verarbeitung Geländebefunde
- 750 Bodenprofile (in Linern)
- 750 Radonmessungen (FISGE)



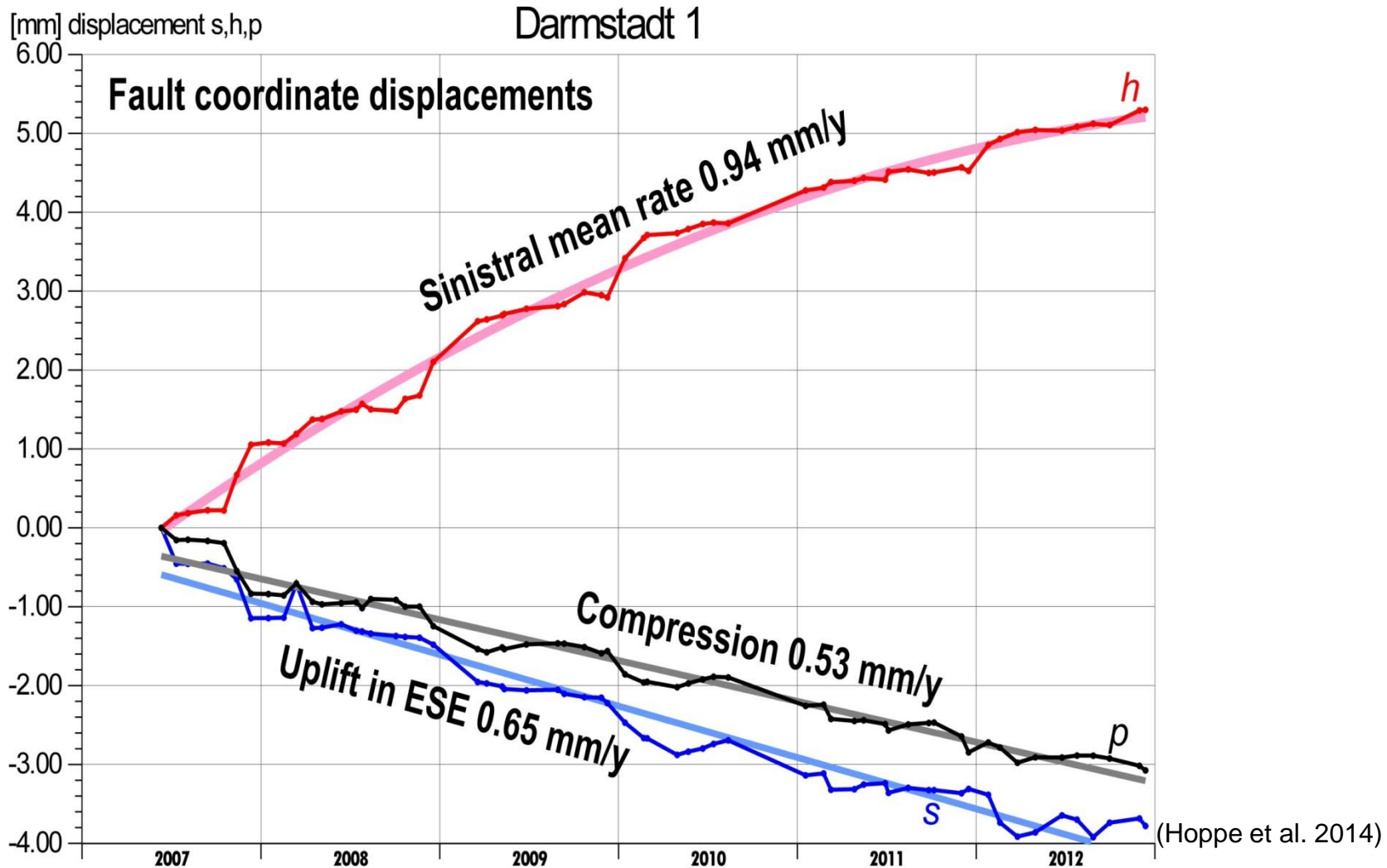
Zu vertiefender Kenntnisstand?



2 km

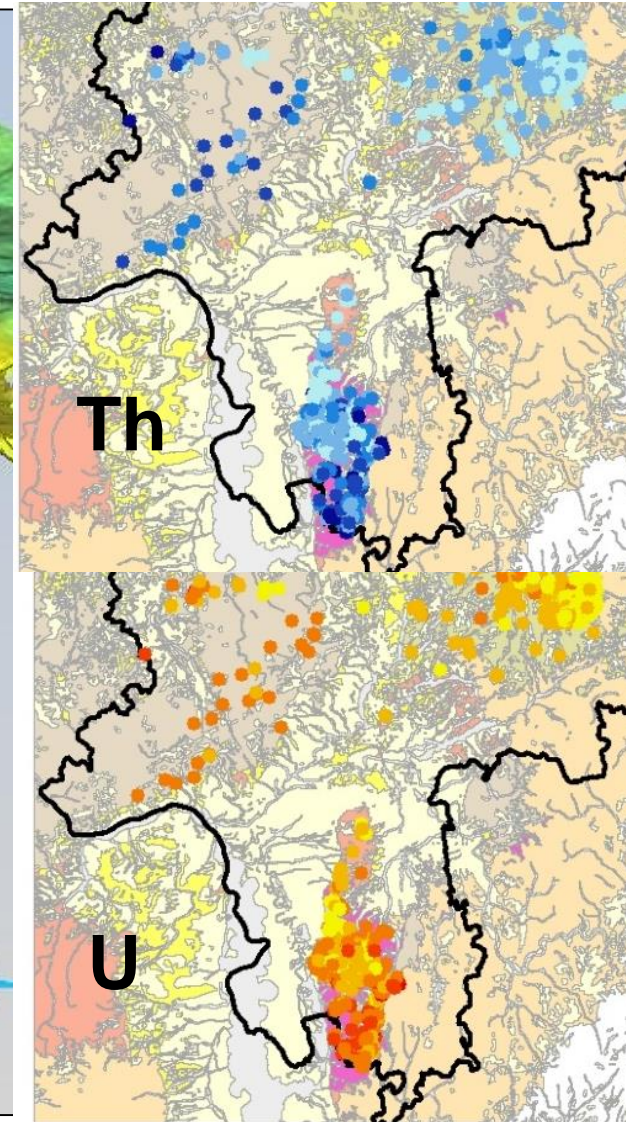
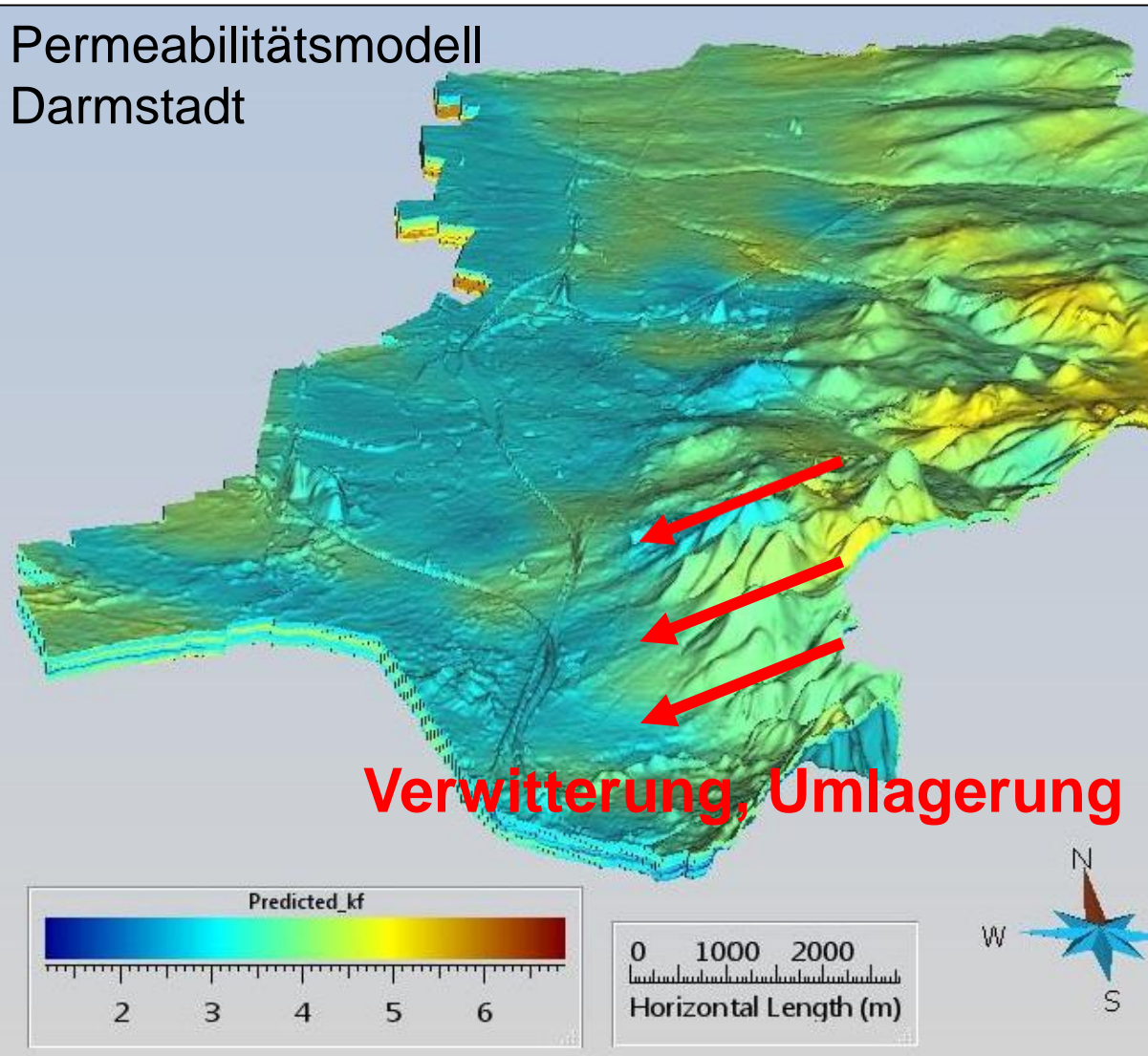
(Bing Maps)

Bewegungen an östlicher Haupttrandverwerfung

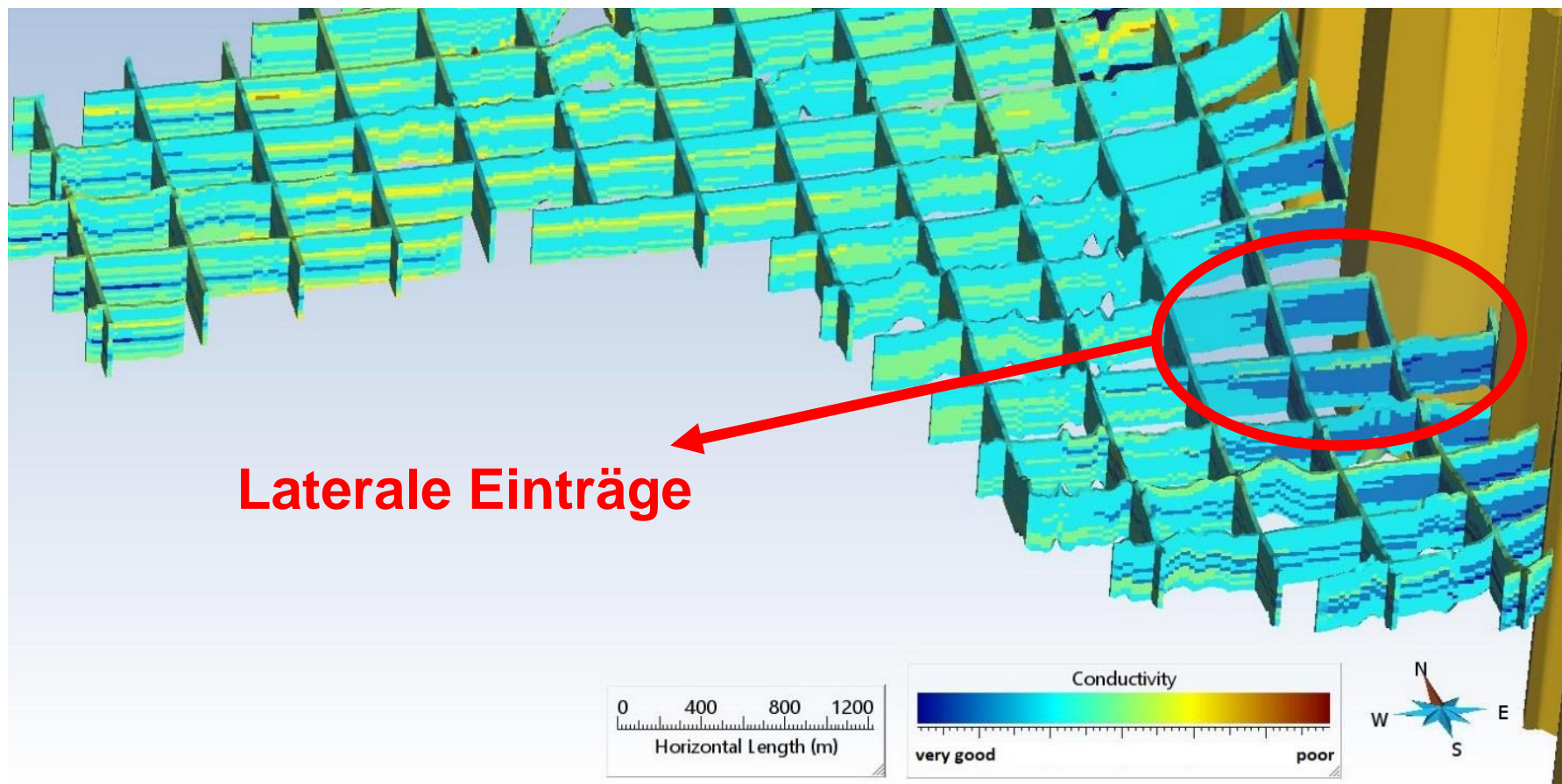


Herausforderung heterogener Untergrund

Permeabilitätsmodell
Darmstadt

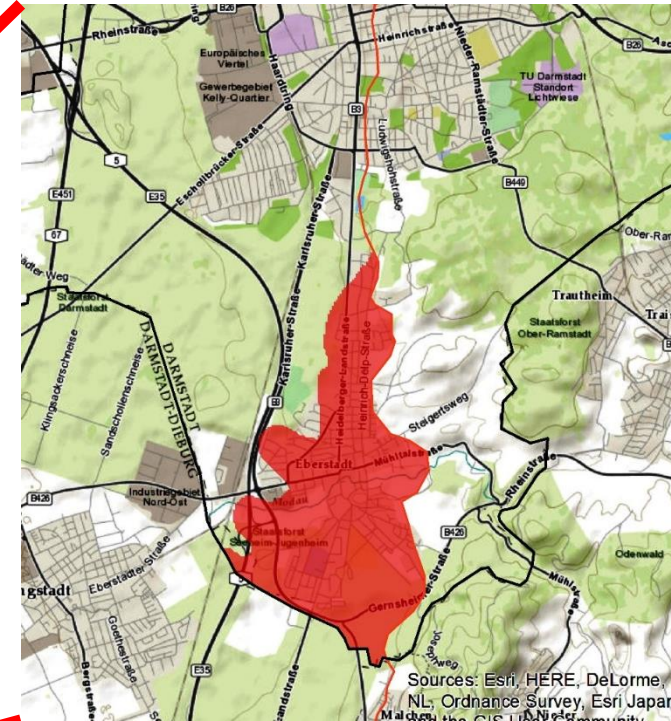
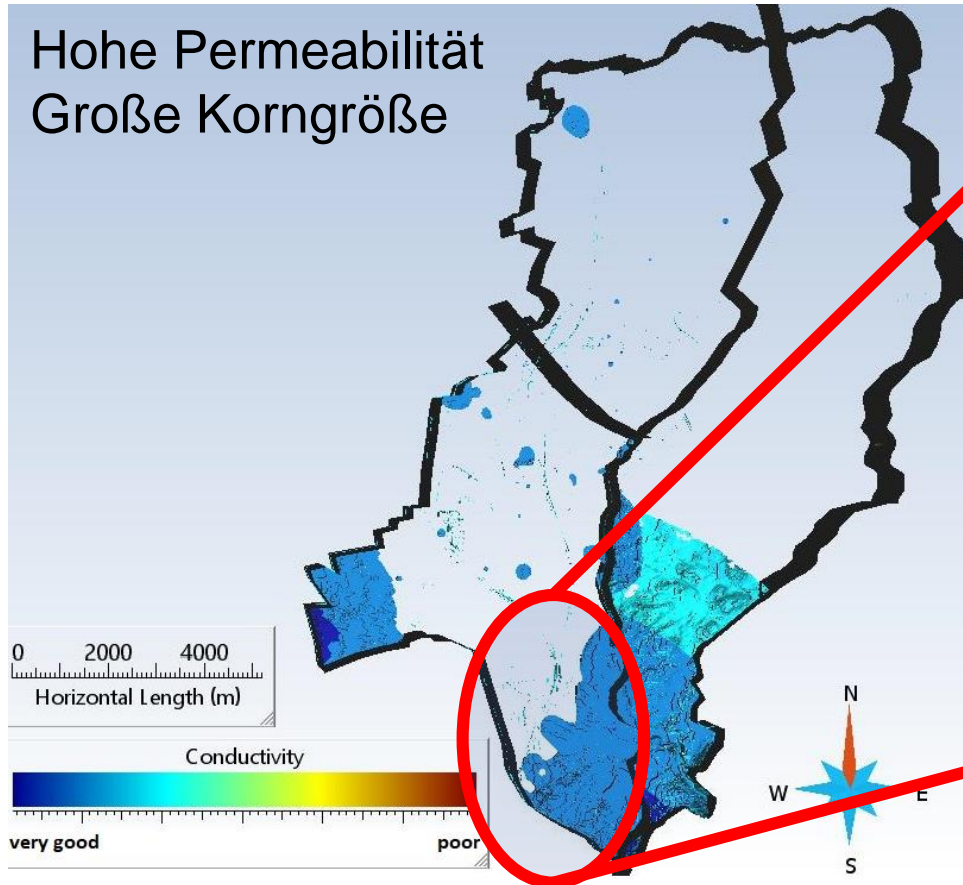


Ansatz: Nutzung geologischer 3D-Modelle



Ansatz: Nutzung geologischer 3D-Modelle

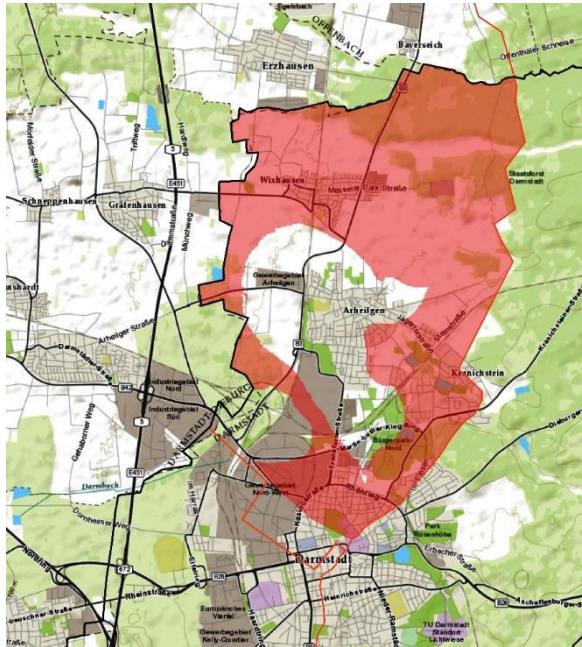
Hohe Permeabilität
Große Korngröße



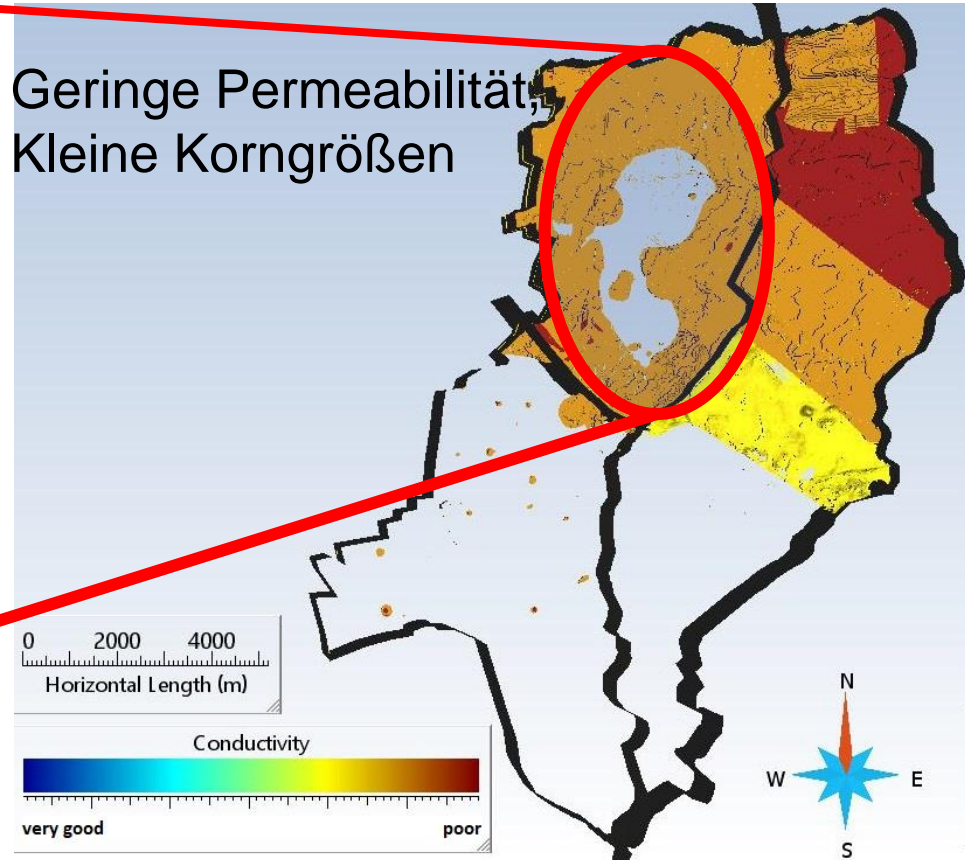
Erstellung von Indikationskarten zur gezielten Durchführung von Bodenluftmessungen

Verwitterter und umgelagerter Granodiorit (Grus)

Ansatz: Nutzung geologischer 3D-Modelle



Geringe Permeabilität,
Kleine Korngrößen



Erstellung von Indikationskarten
zur gezielten Durchführung von
Bodenluftmessungen

Schlammströme von der Grabenschulter

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit