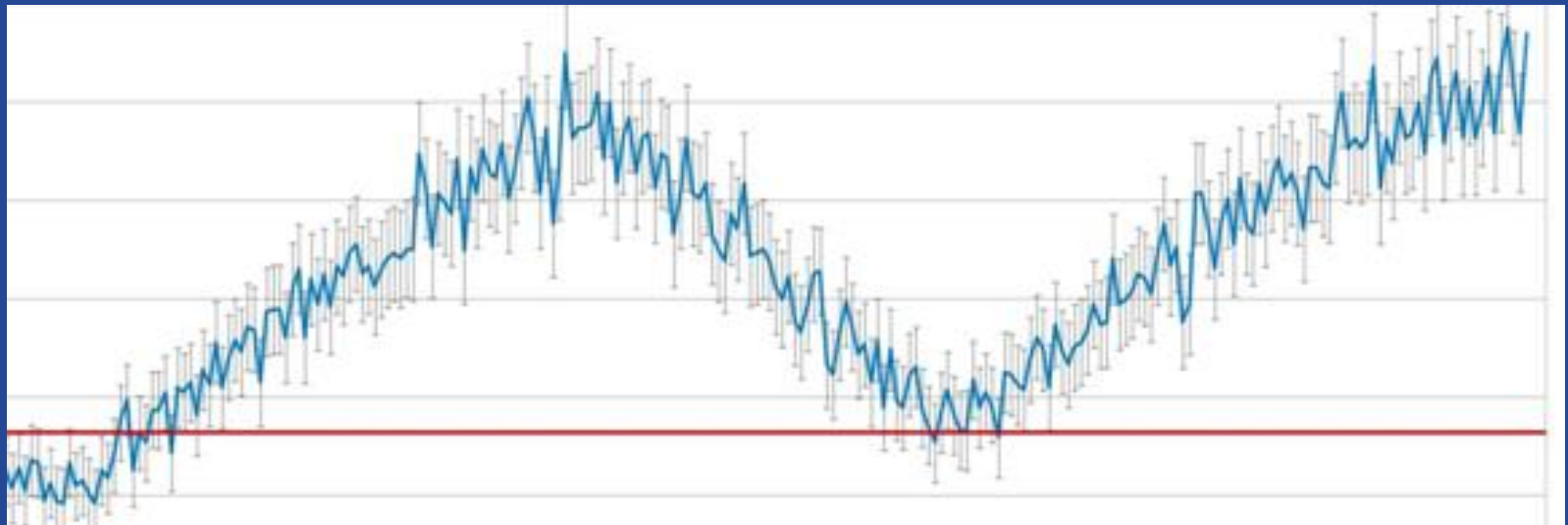


Ergebnisse der Radonmessungen im Bereich Trebur



Dr. Rouven Lehné, MSc. Geow. Georg Kuhn, Dr. Hans-Gerhard Fritsche

22.09.2015

Überblick Oberrheingraben



Source: ArcGlobe

Dimensionen:

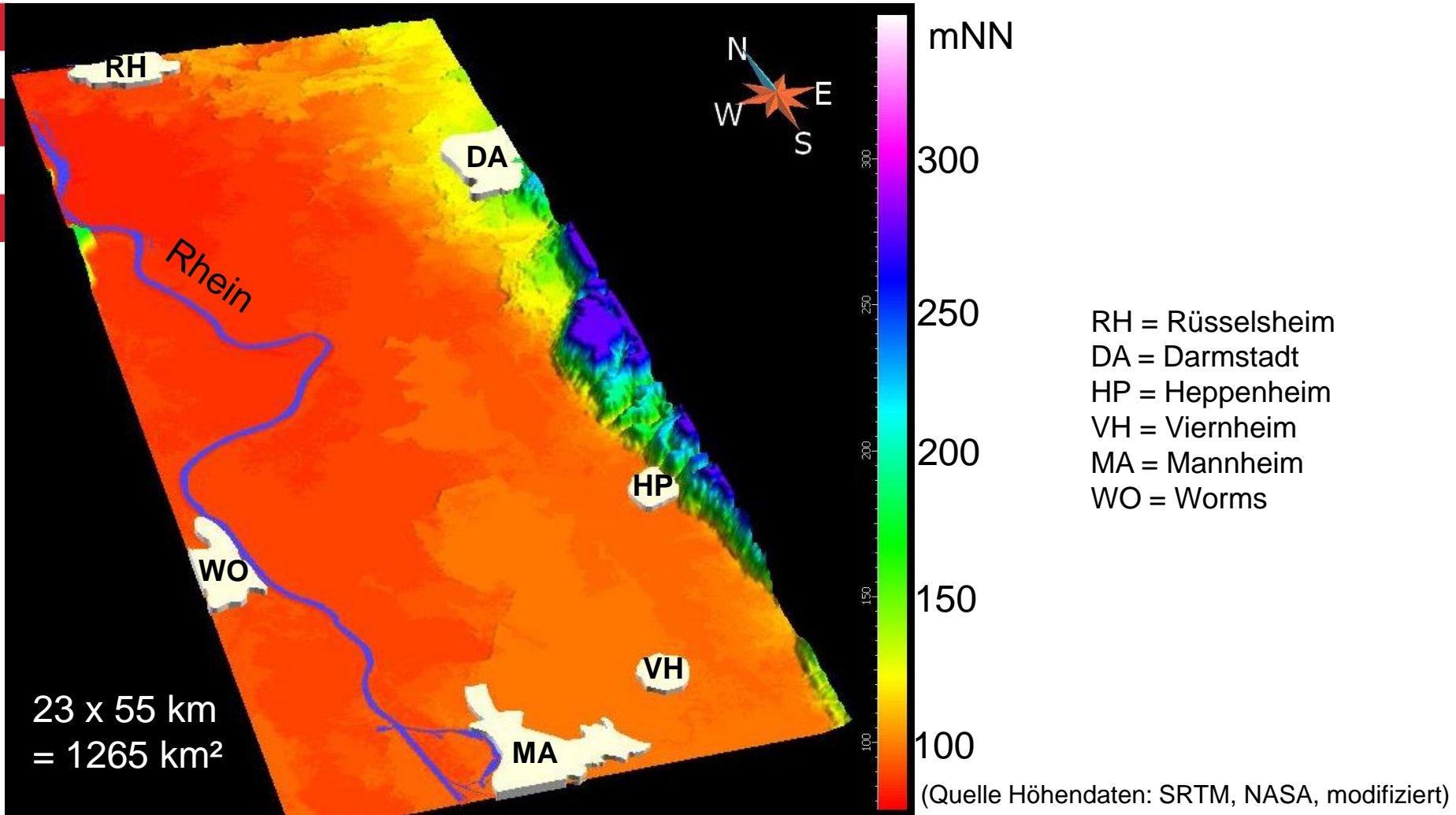
300 km Länge

30-40 km Breite

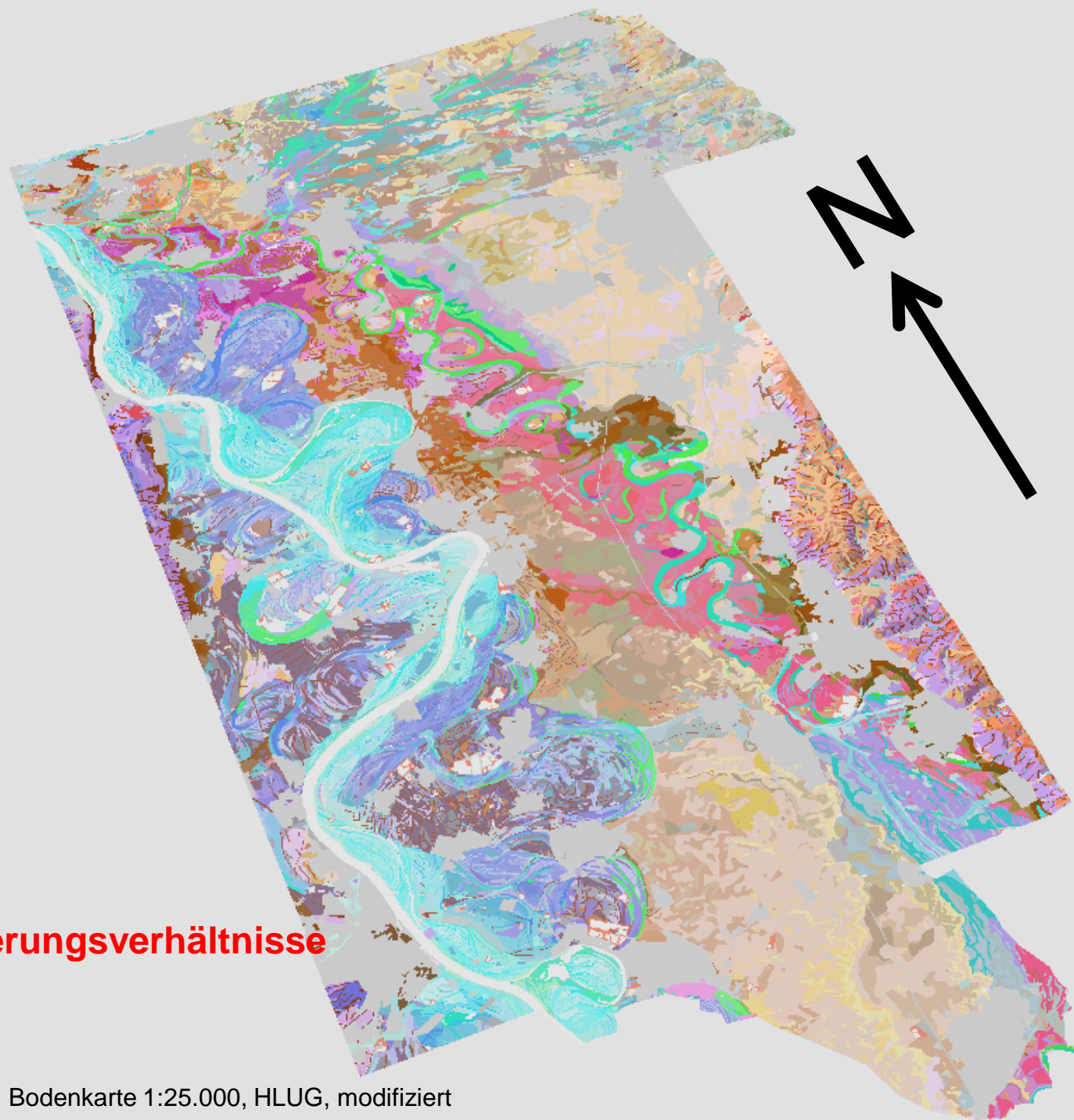
>5000 m Tiefe

NNE-SSW orientiert

Übersicht nördlicher Oberrheingraben

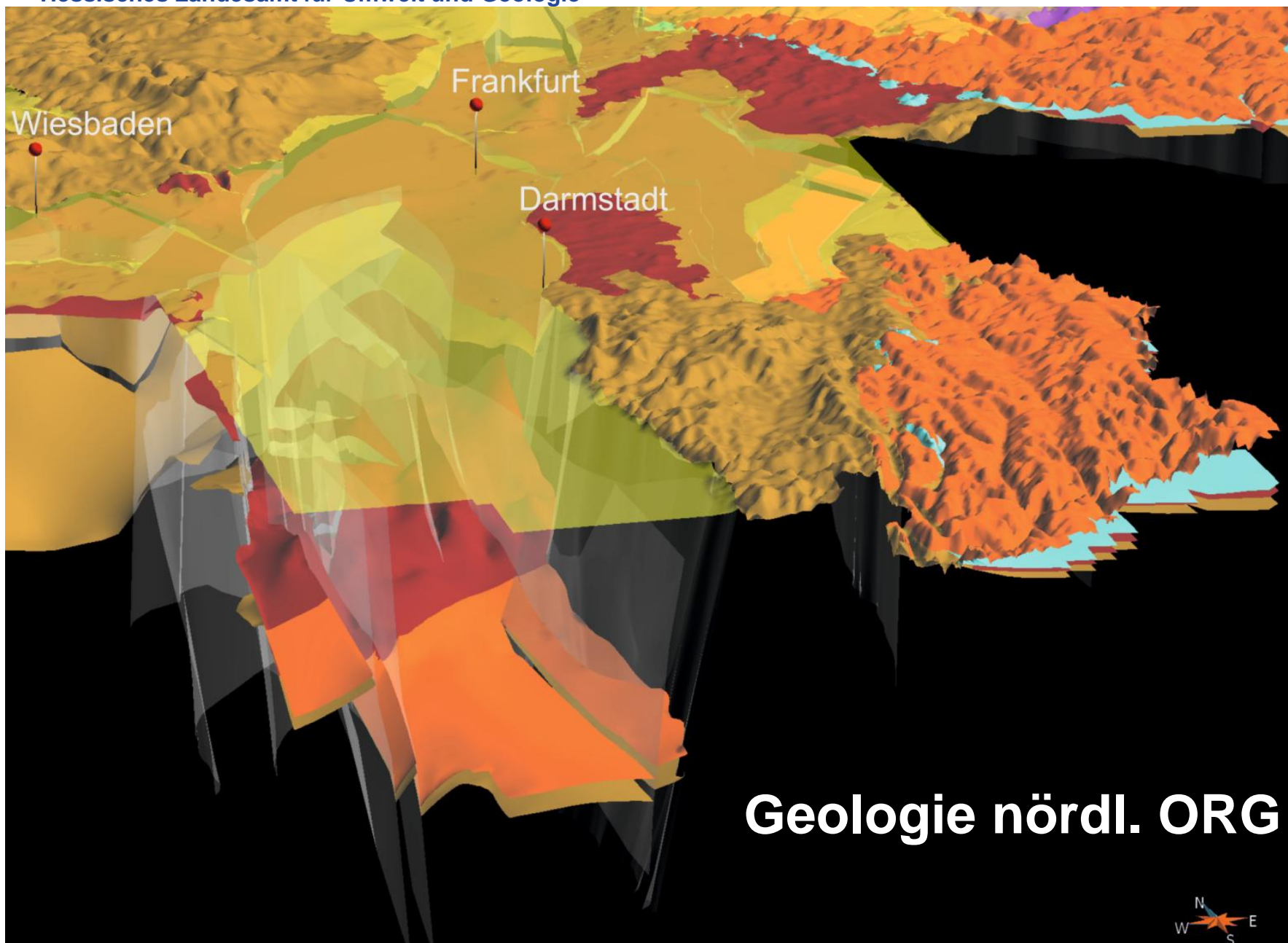


Böden



Sehr komplexe Lagerungsverhältnisse

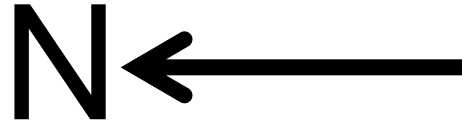
Bodenkarte 1:25.000, HLUG, modifiziert



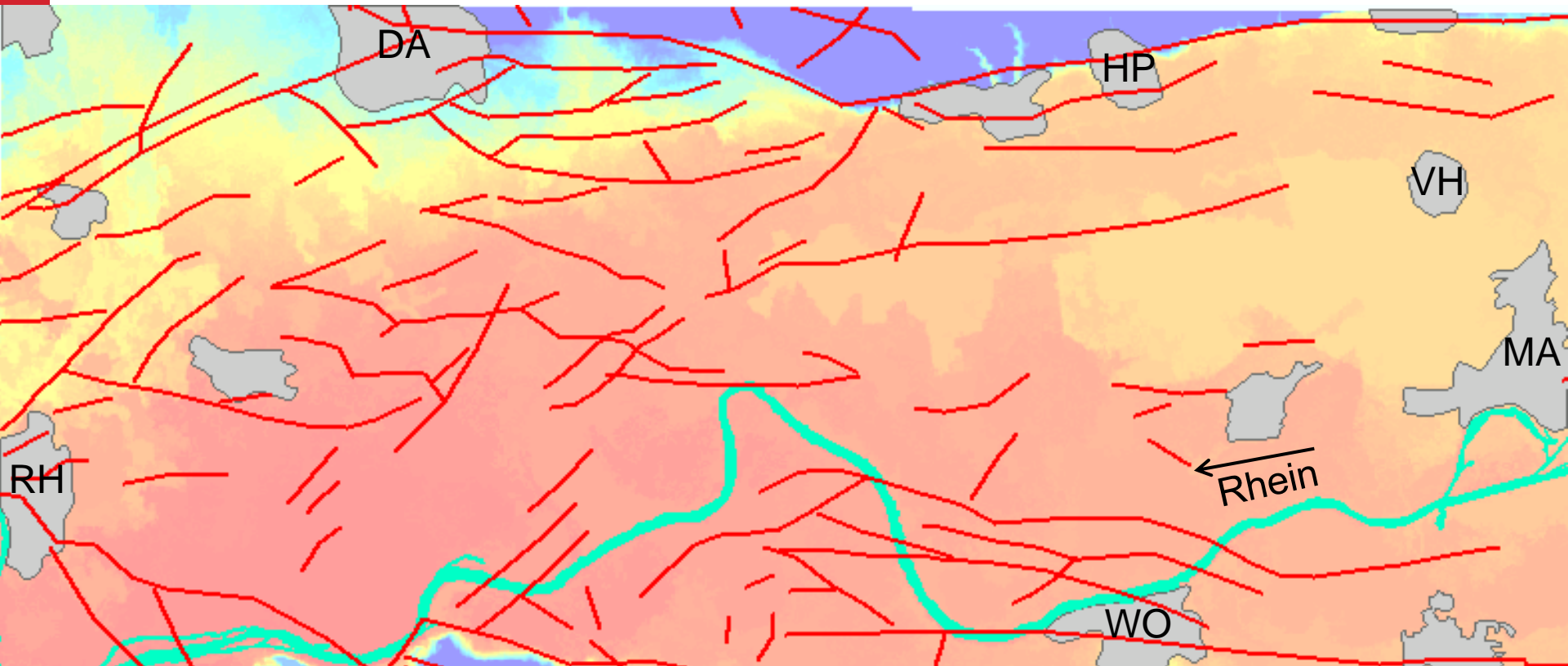
Geologie nördl. ORG

Tektonik

Störungen im Projektgebiet

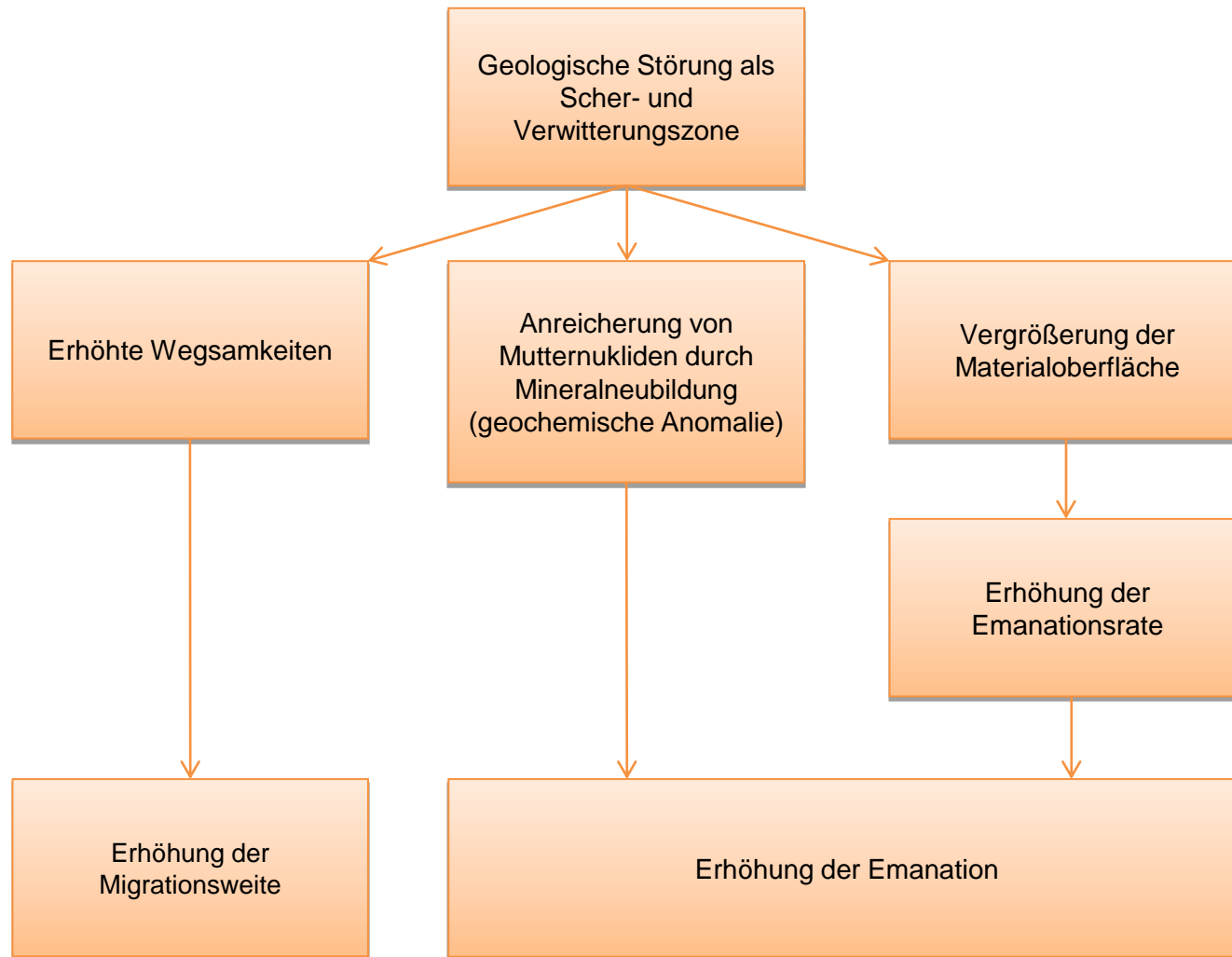


RH = Rüsselsheim VH = Viernheim
DA = Darmstadt MA = Mannheim
HP = Heppenheim WO = Worms



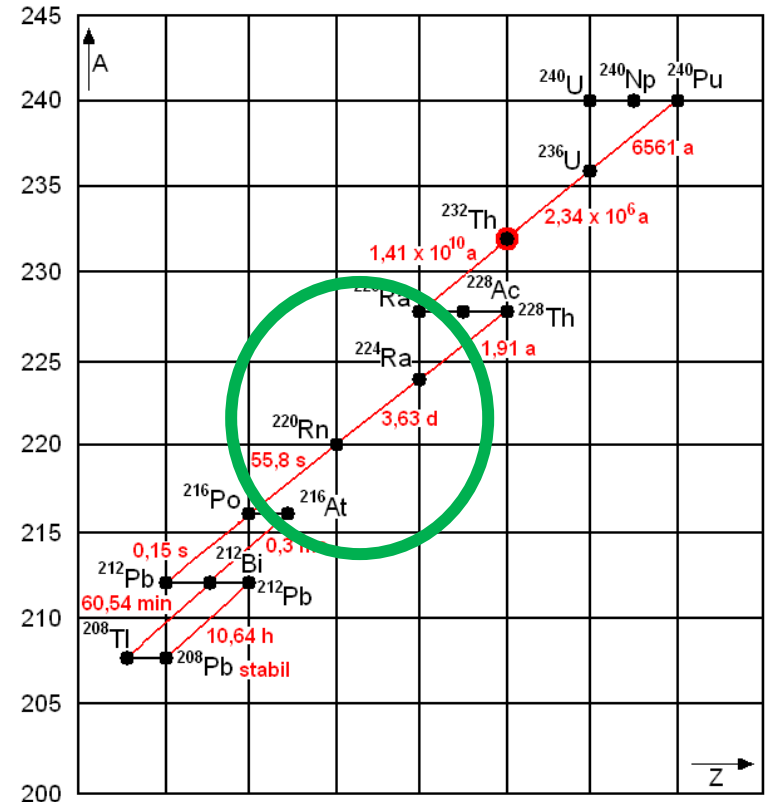
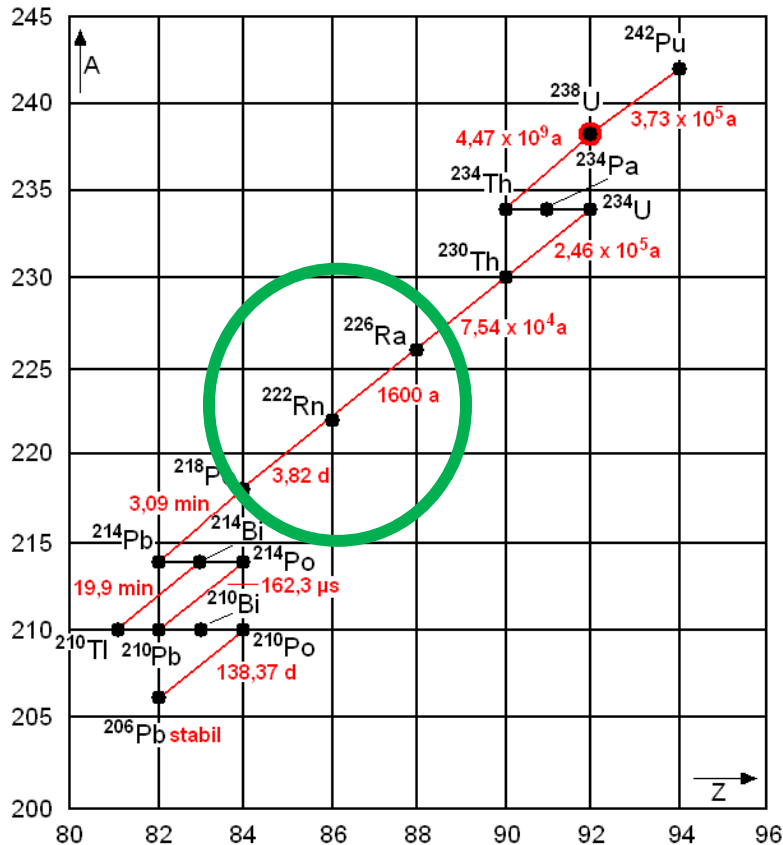
— Störung (modifiziert nach Peters 2007)

Zusammenhang Radon / Störungen



Radon Grundlagen

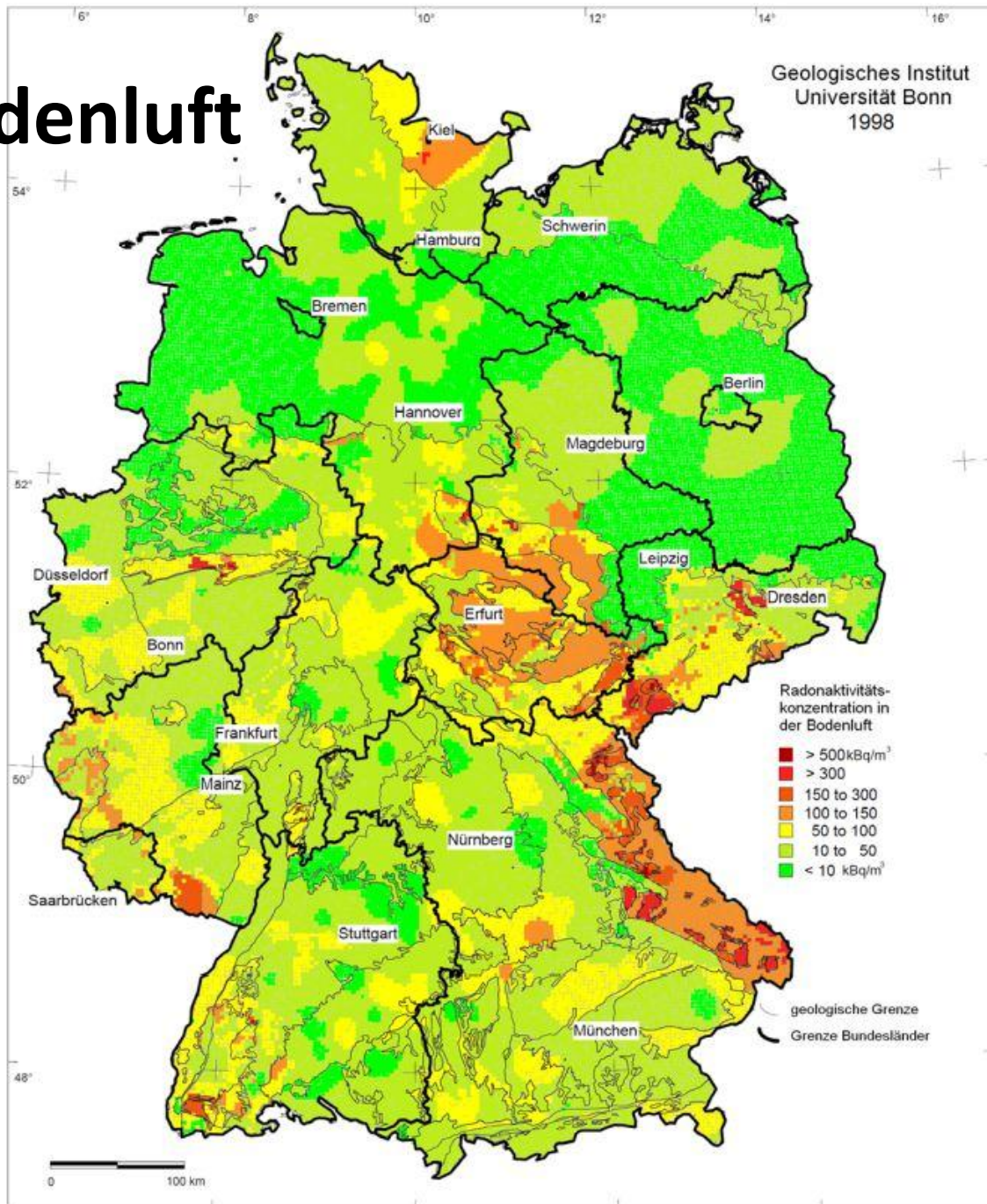
- Radioaktives natürlich vorkommendes Edelgas
- Entsteht als Zerfallsprodukt aus Zerfallsreihen Uran und Thorium
- Mutternuklide Th-232, Ra-226, Uran
- Maß für die Radonverfügbarkeit = Radonaktivitätskonzentration



Radon in der Bodenluft

Geologisches Institut
Universität Bonn
1998

- 3 x3 km Raster
- Felder ohne Messwert interpoliert
- Aussagekraft gering
- Geologie und Böden nur untergeordnet berücksichtigt
- Lokale Werte nicht aus Karte ableitbar



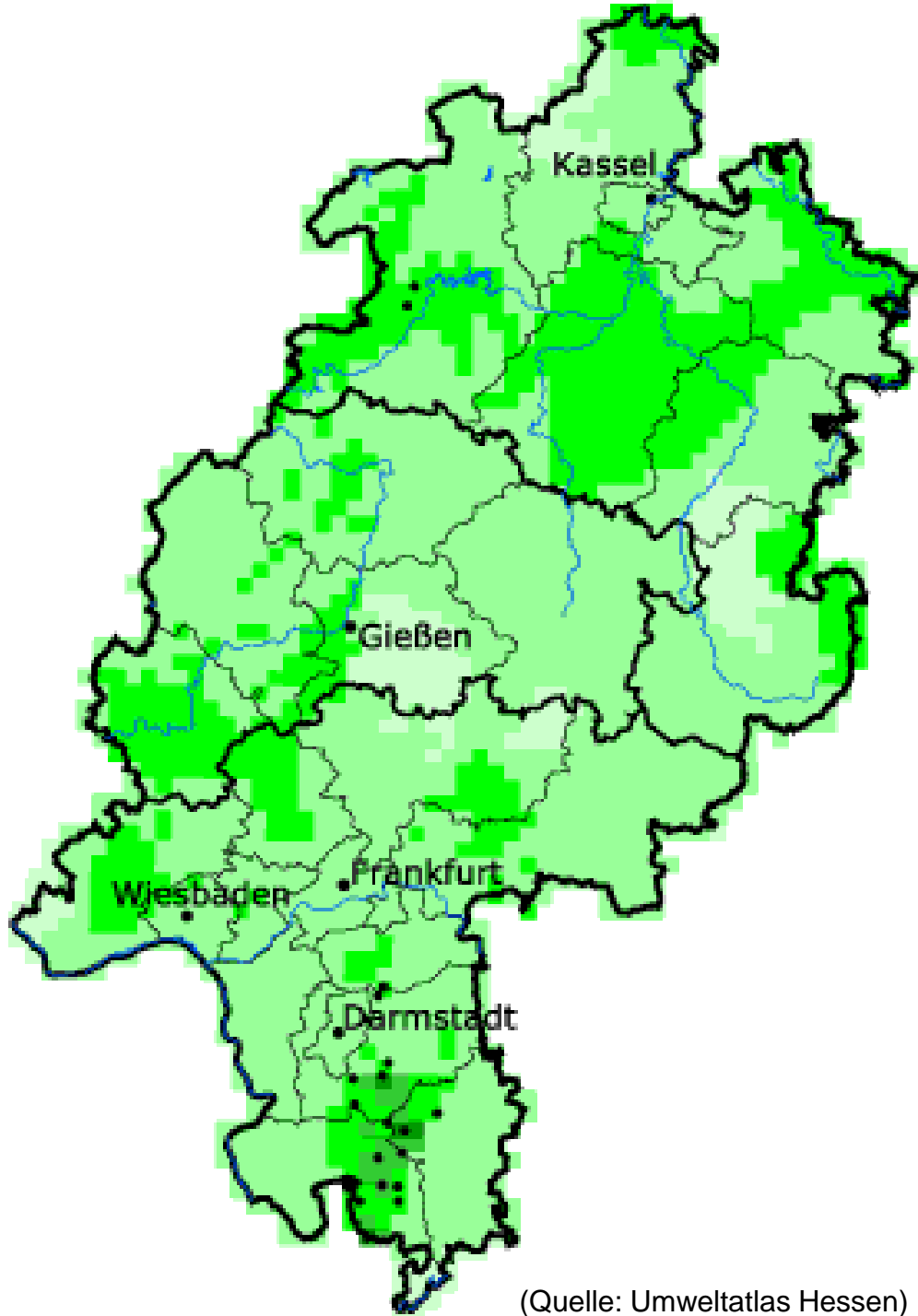
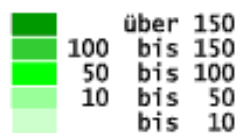
Radon Bodenluft

Hessen

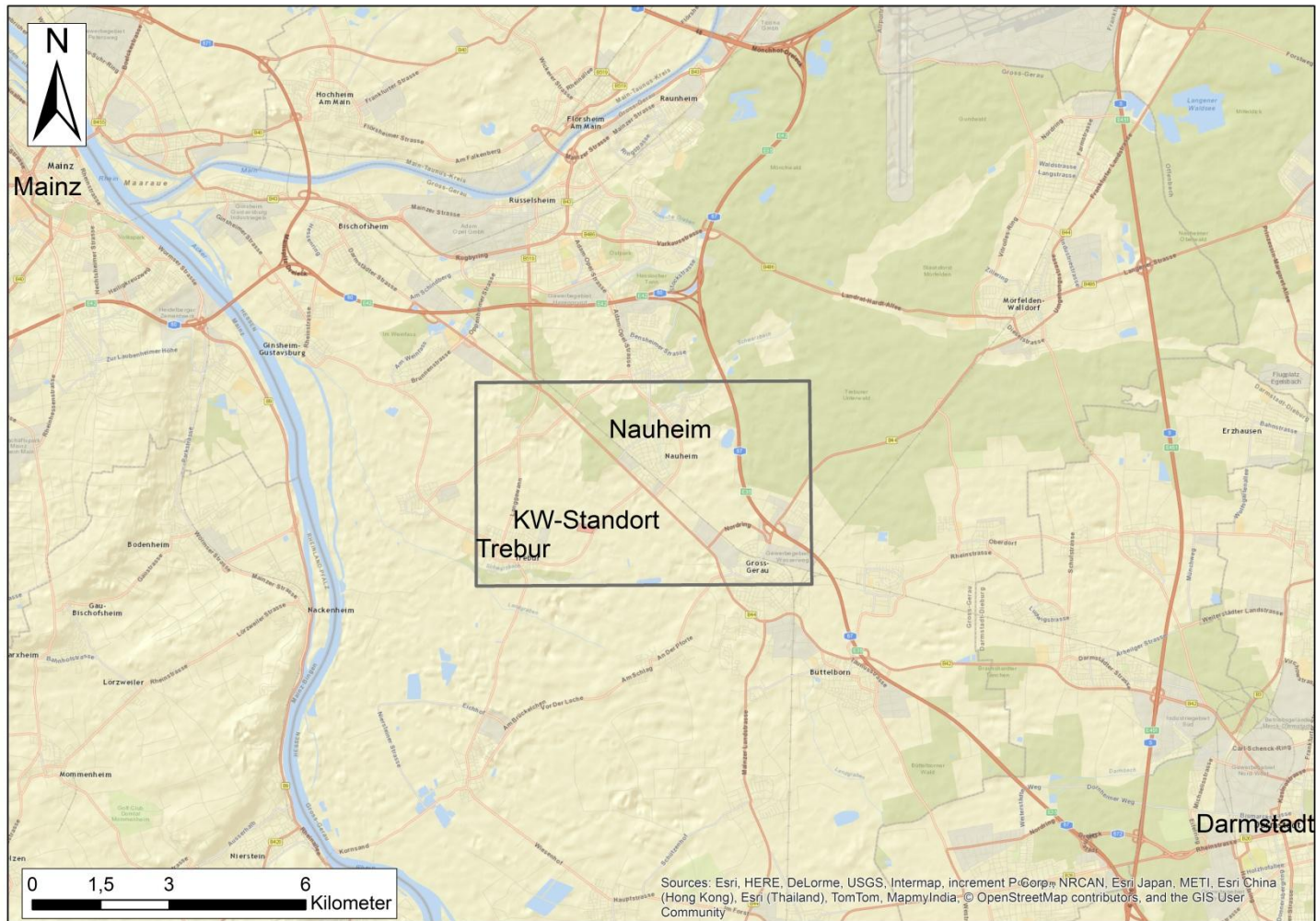
Radonaktivitätskonzentration
in der Bodenluft in kBq/m³

□ Kreisgrenzen

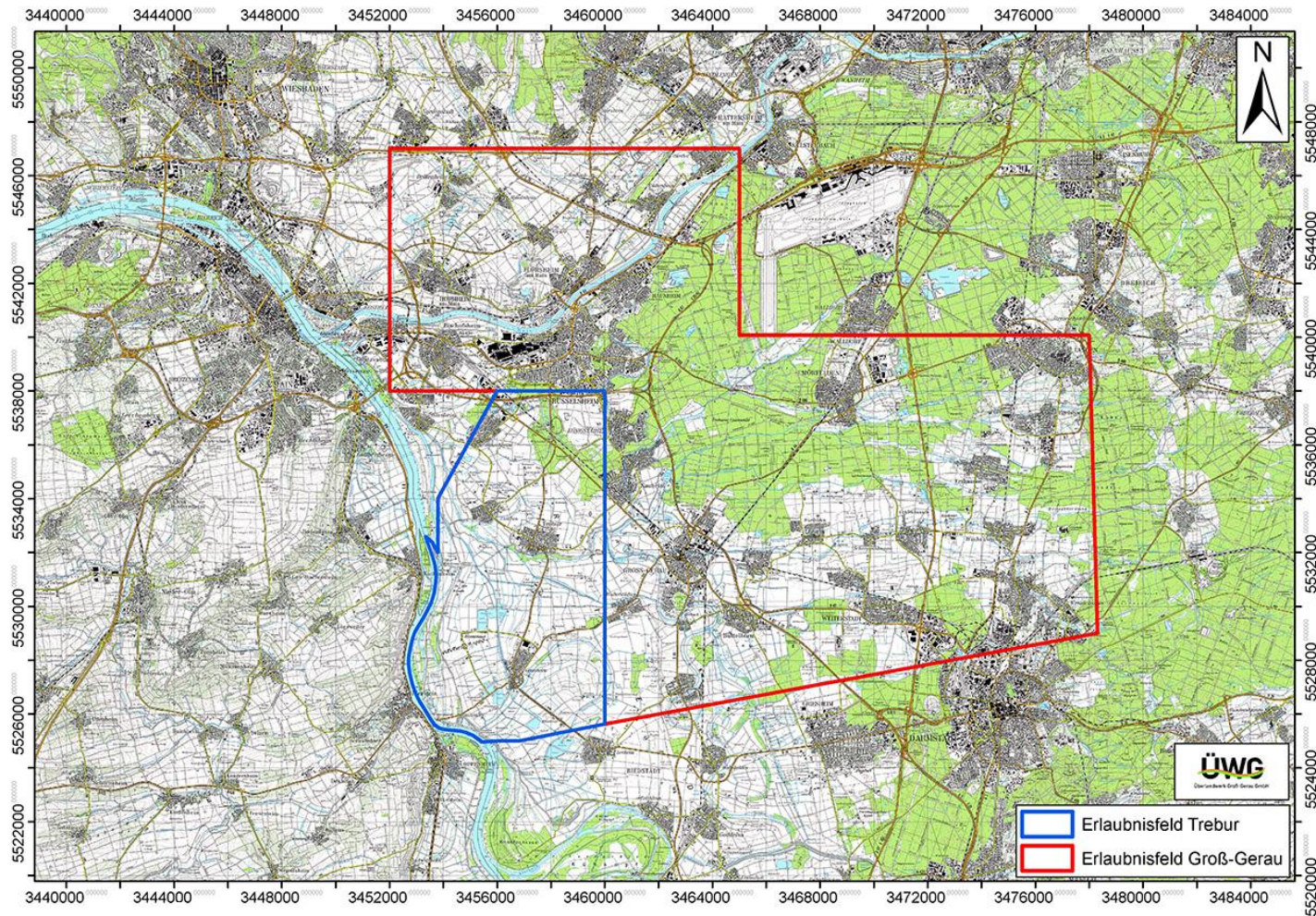
• Messorte



Messungen Trebur



Messungen Trebur

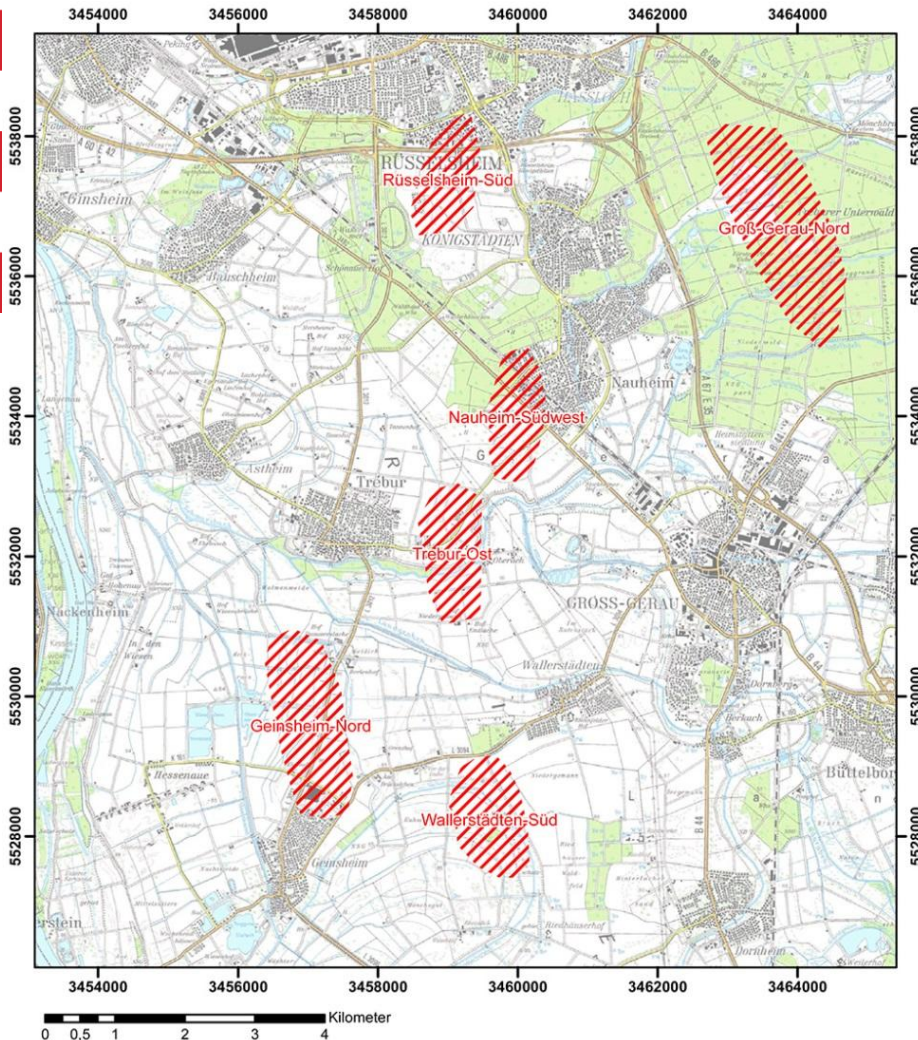


Feld GG:
340 km²

Feld Trebur:
78 km²

(Quelle: ÜWG)

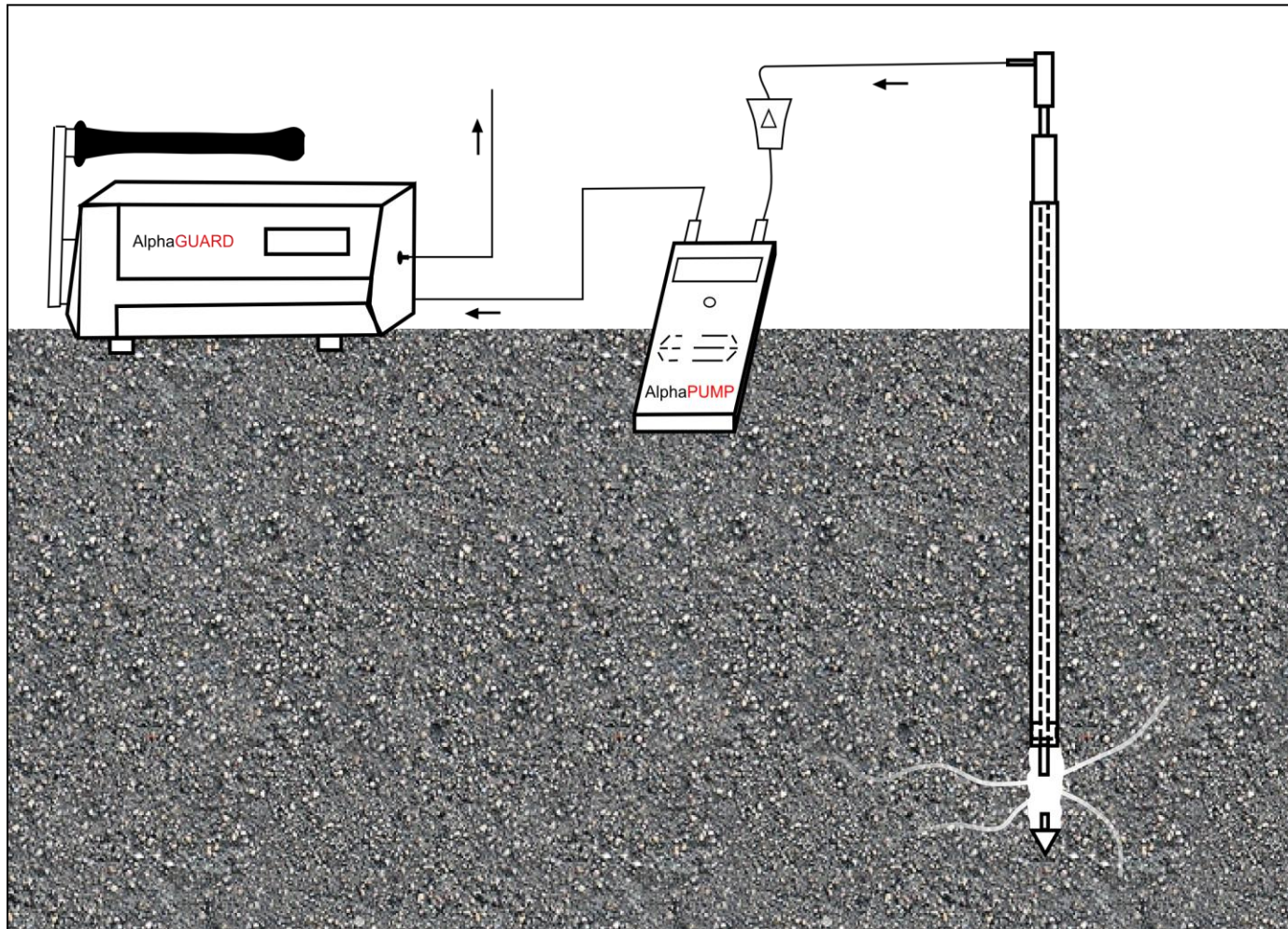
Messungen Trebur



- Seismische, gravimetrische und weitere geophysikalische Messreihen
- 6 potentielle Standorte für mögliches Geothermiekraftwerk

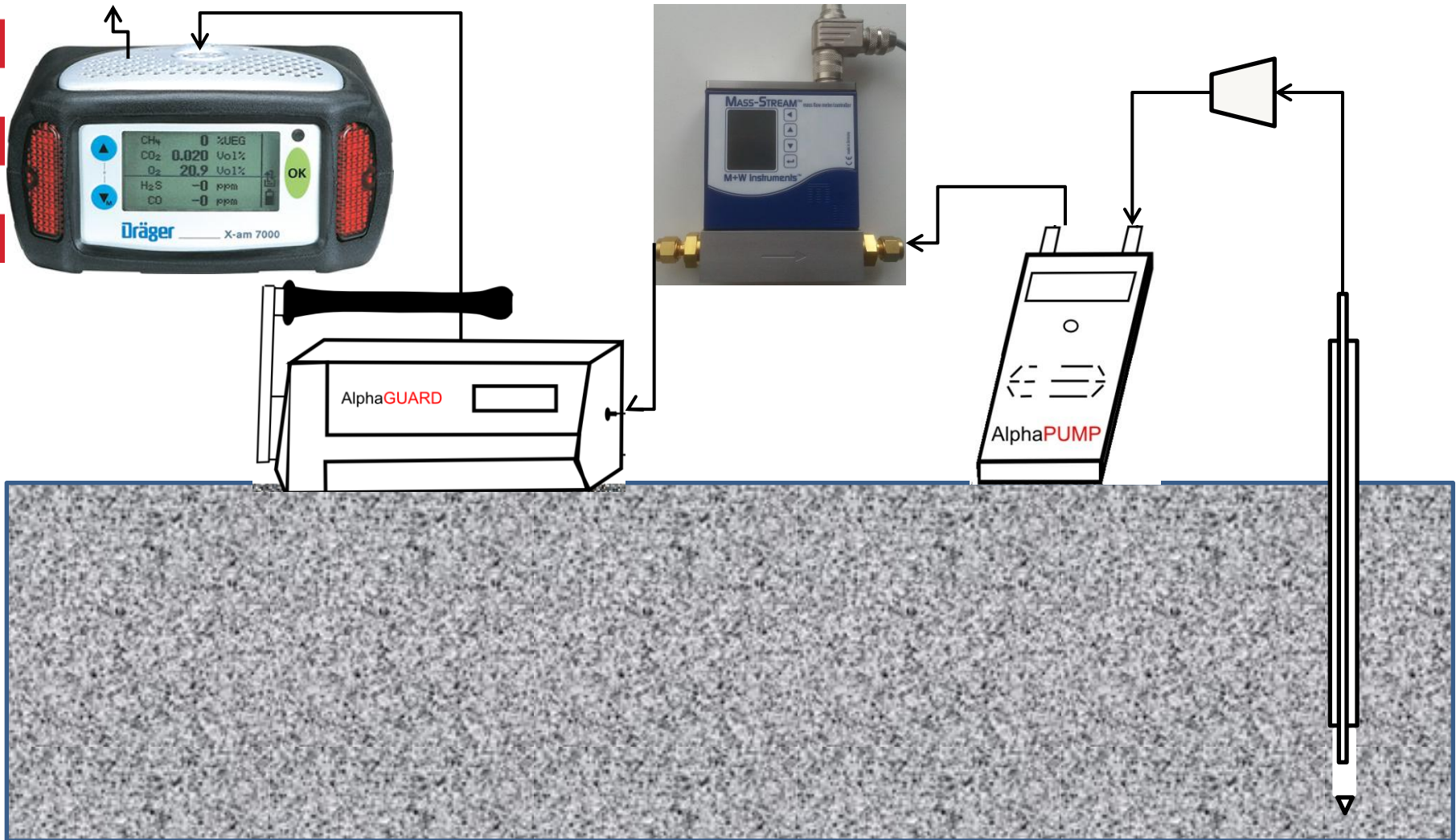
(Quelle: ÜWG)

Bodenluftmessungen



Quelle: Verändert nach S.32 User Manual Portable Radon Monitor "AlphaGUARD" 12/98 (Quelle: Wewior, 2013)

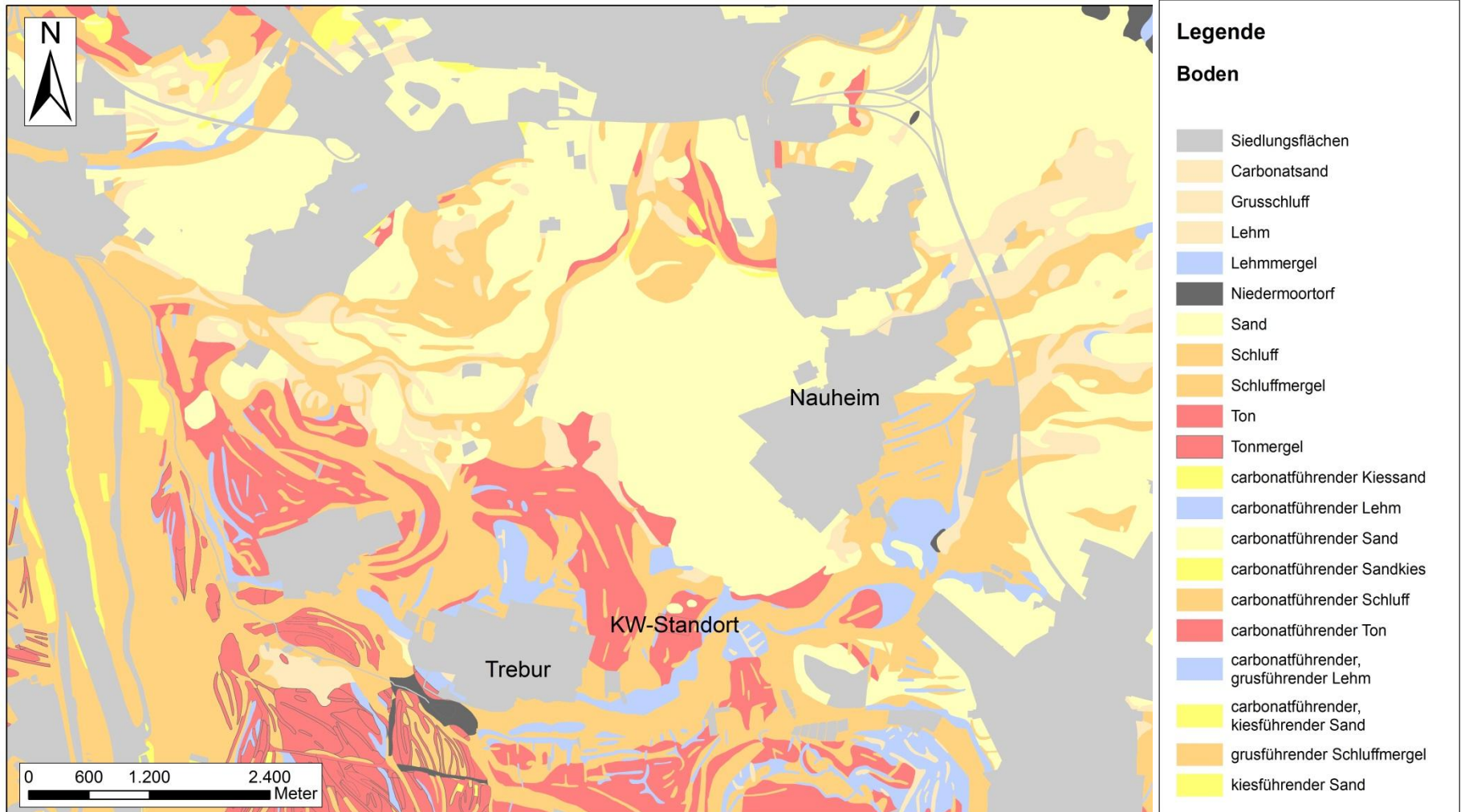
Erweiterte Messanordnung Bodenluft



Bodenluftmessungen

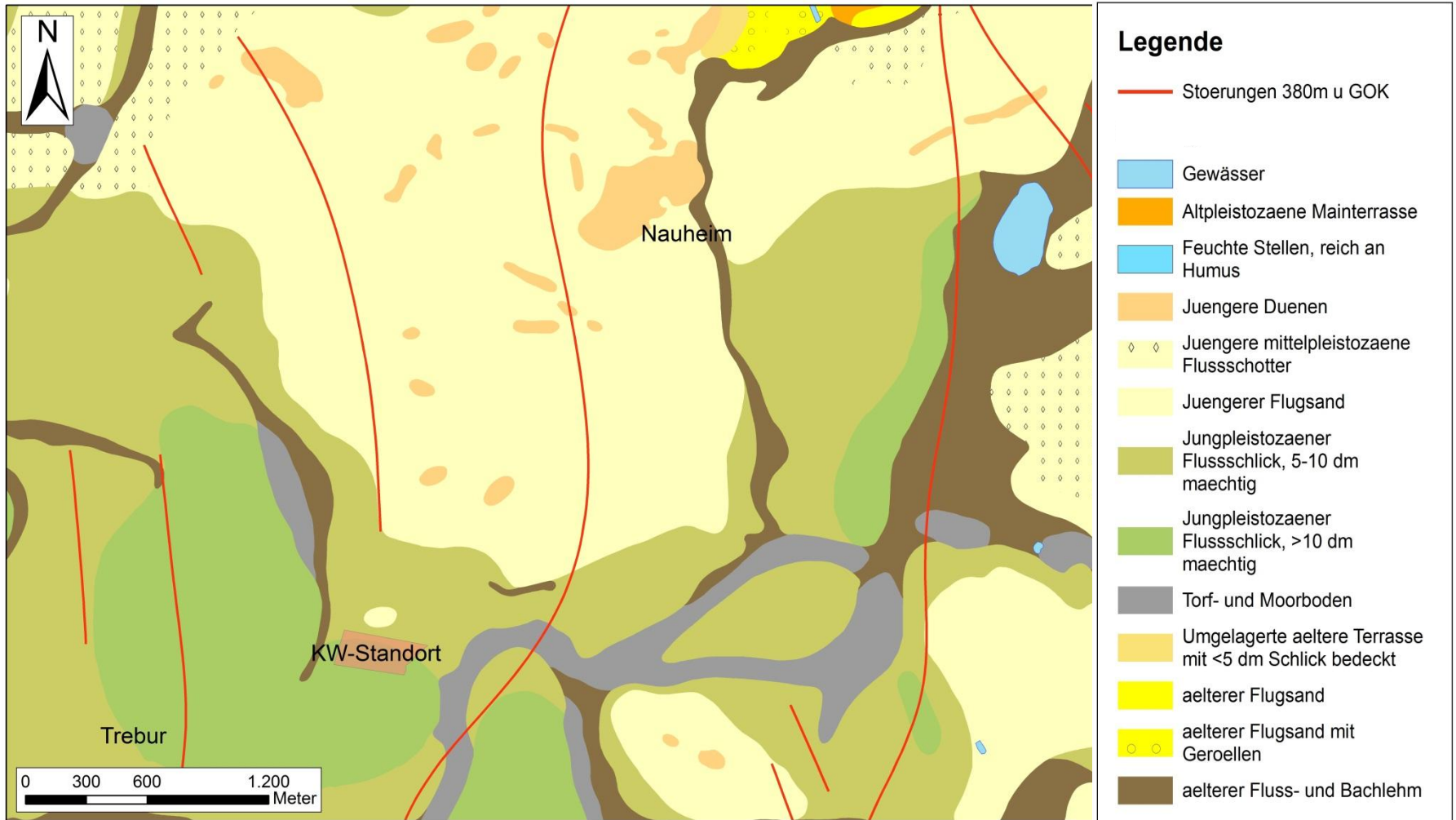


Datengrundlage Boden



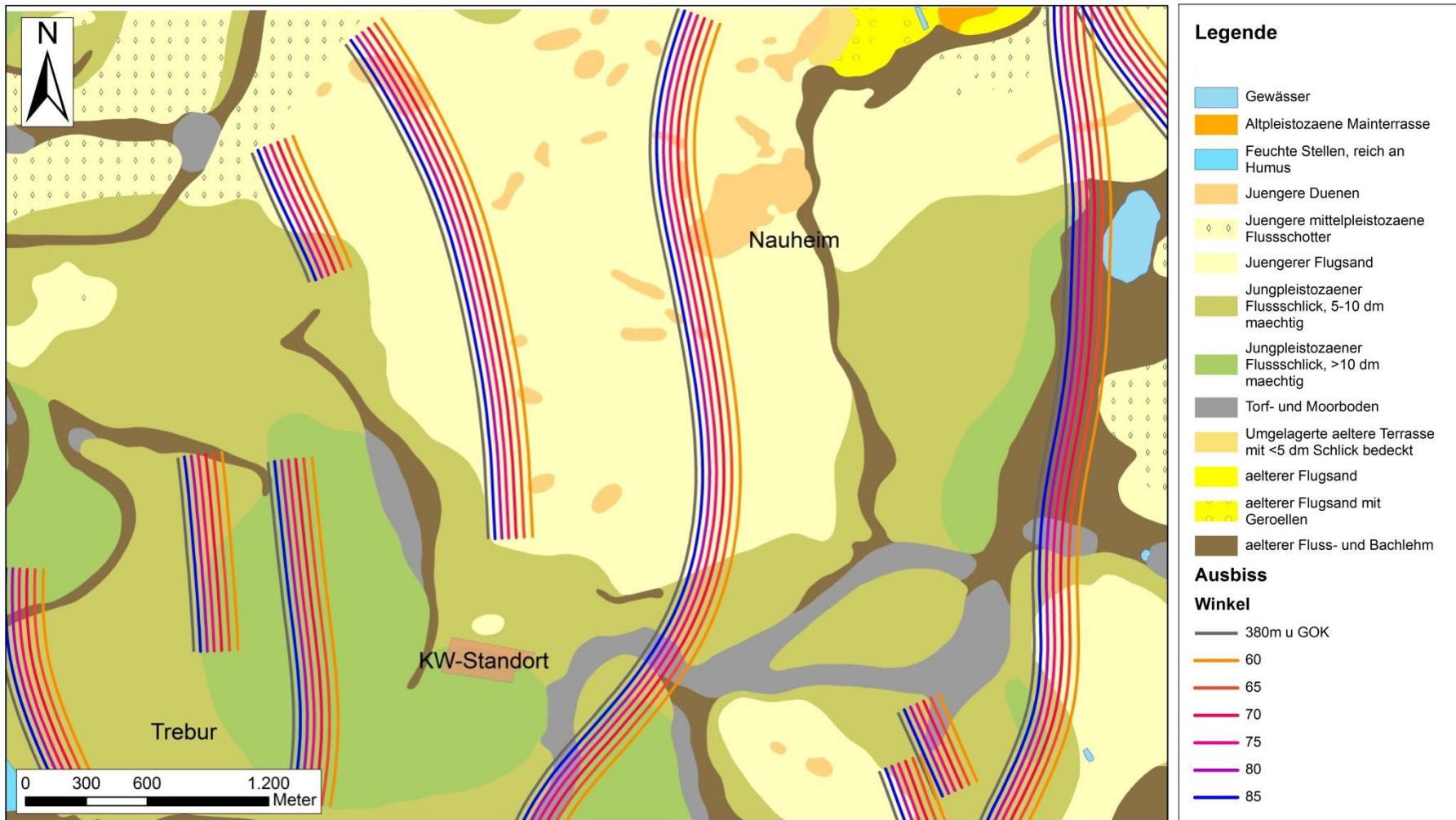
(Quelle: HLUG, BÜK 50, Weidner, 1990)

Geologische Karte



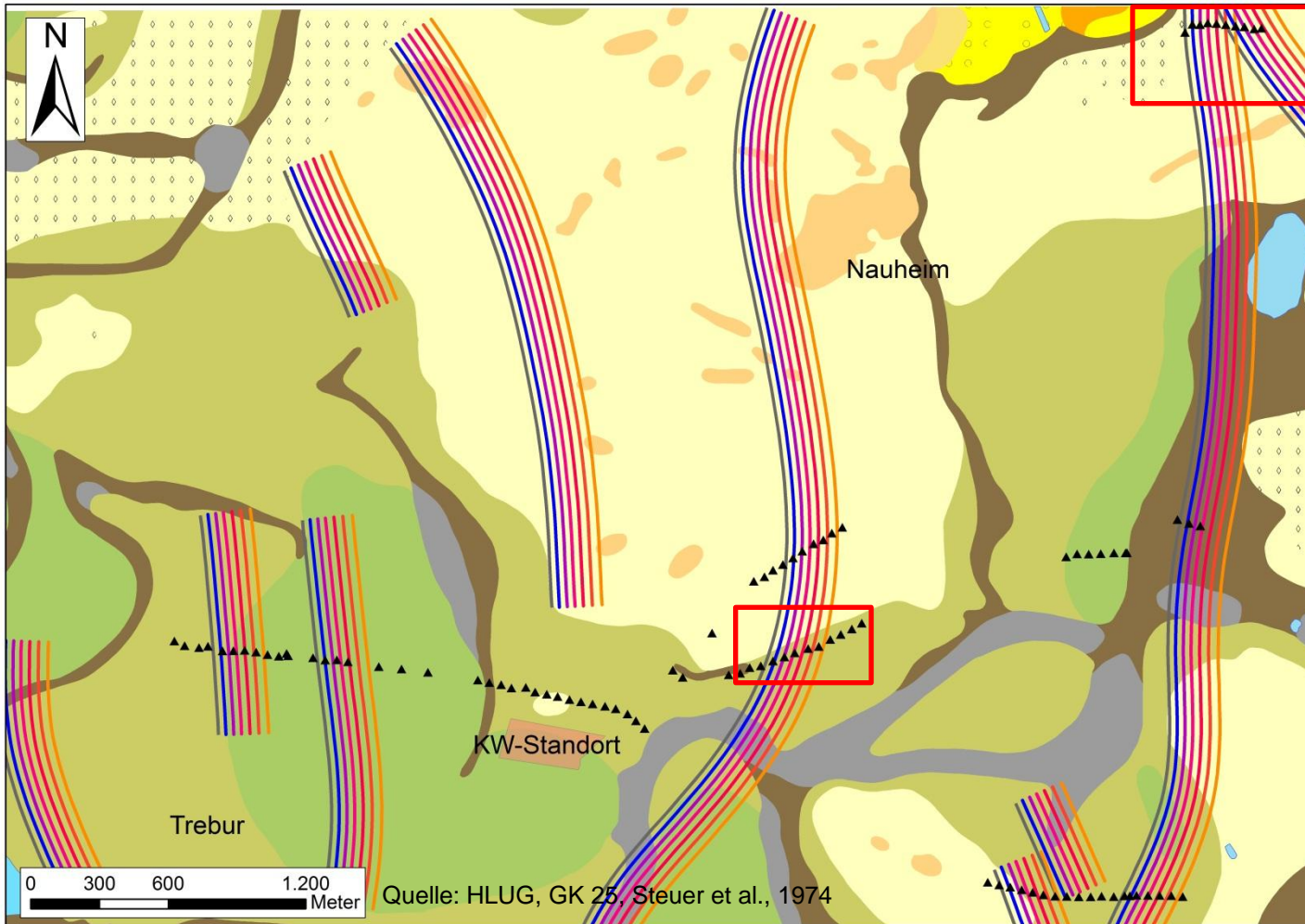
(Quelle: HLUG, GK 25, Steuer et al., 1974)

Projizierter Störungsausbiss



(Quelle: HLUG, GK 25, Steuer et al., 1974)

Messungen Trebur



Legende

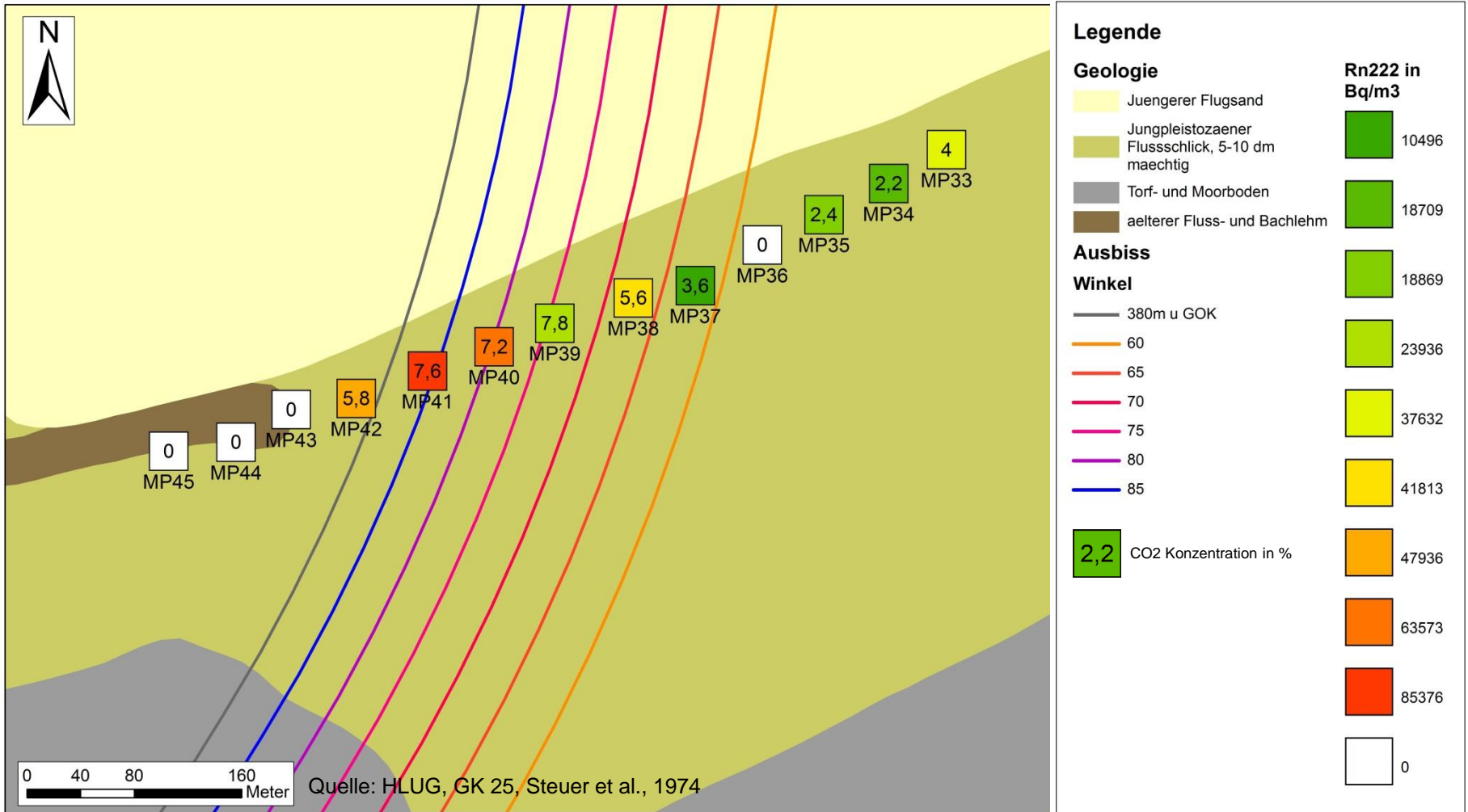
- Gewässer
- Altpleistozäne Mainterrasse
- Feuchte Stellen, reich an Humus
- Jüngere Duenen
- Jüngere mittelpleistozäne Flussschotter
- Jüngerer Flugsand
- Jungpleistozäner Flussschlick, 5-10 dm mächtig
- Jungpleistozäner Flussschlick, >10 dm mächtig
- Torf- und Moorboden
- Umgelagerte ältere Terrasse mit <5 dm Schlack bedeckt
- älterer Flugsand
- älterer Flugsand mit Geroellen
- älterer Fluss- und Bachlehm

Ausbiss

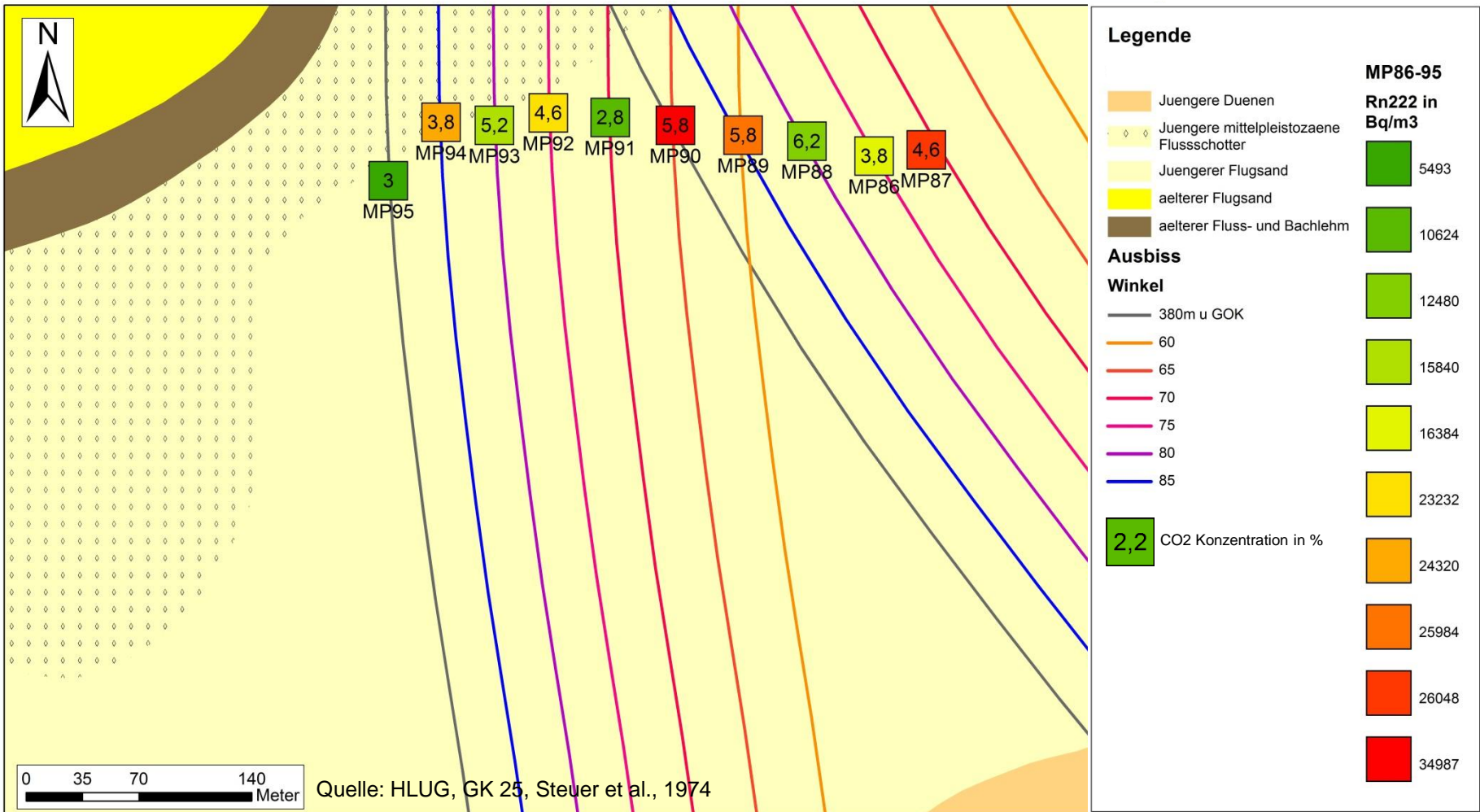
Winkel

- 380m u GOK
- 60
- 65
- 70
- 75
- 80
- 85
- ▲ MP 1- 95

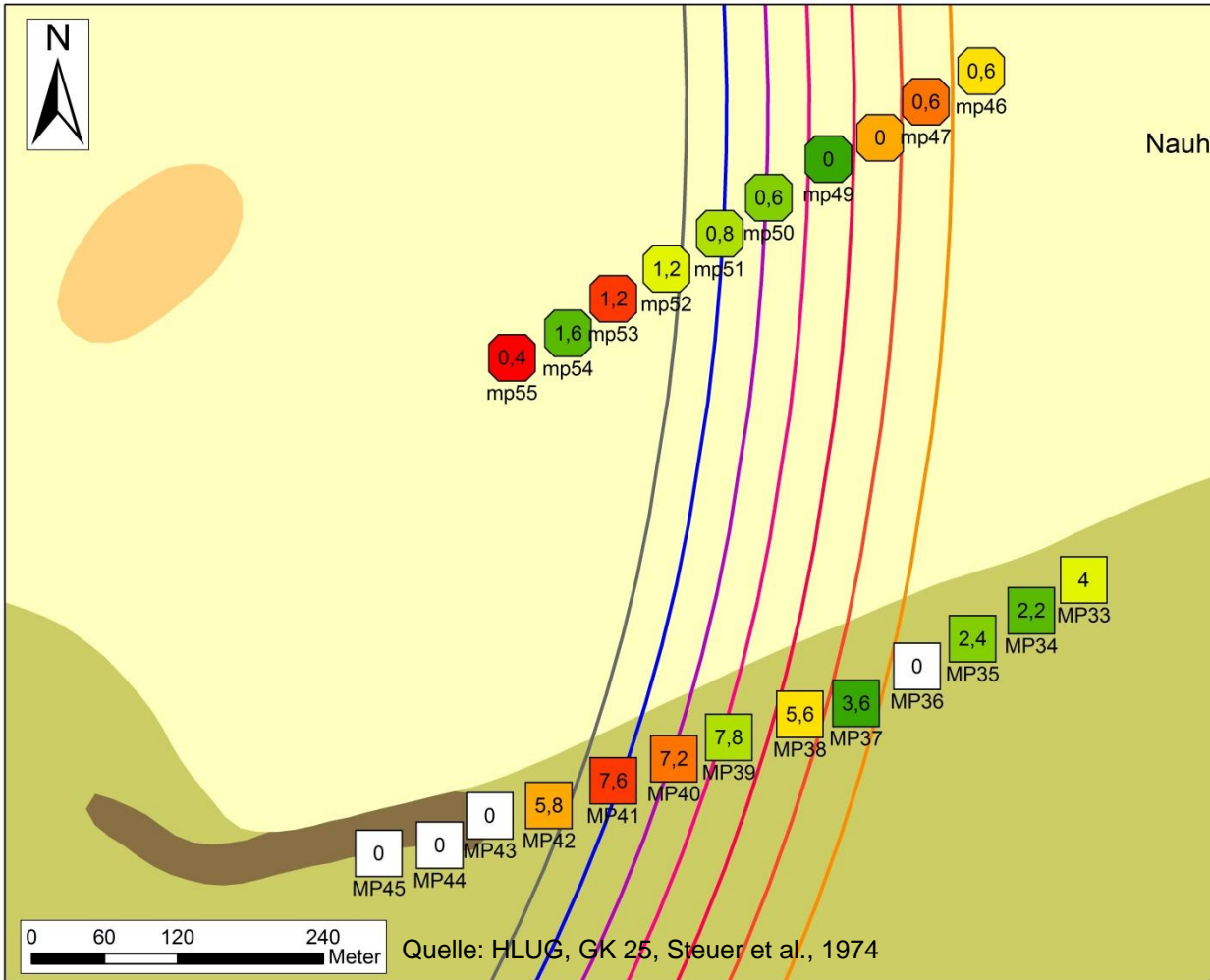
Messungen Trebur- MP 33 – 45



MP 86 - 95



MP 33 - 55



Legende

- Juengere Duenen
- Juengerer Flugsand
- Jungpleistozäner Flussschlick, 5-10 dm mächtig
- Torf- und Moorboden
- aelterer Fluss- und Bachlehm

Ausbiss

Winkel

- 380m u GOK
- 60
- 65
- 70
- 75
- 80
- 85

Rn222 in Bq/m ³	Rn222 in Bq/m ³
 85	 10496
 3315	 18709
 3426	 18869
 5312	 23936
 5584	 37632
 8821	 41813
 10960	 47936
 11056	 63573
 85376	 85376
 0	 0

Analyse Bodenproben

Probe	A (Ra 226) [Bq/kg TM]	Gesamtanalysenfehler [Bq/kg TM]
Ref 1	24,4	2,6
MP 02	26,9	2,3
MP 03	33,9	2,5
MP 04	26,3	3,2
MP 05	27,1	2,4
MP 06	22,6	2,5
MP 07	33,3	2,1
MP 08	15,7	3,1
MP 09	30,6	1,5
MP 10	37,5	2,8
MP 11	-	3,5
MP12	36,1	-
MP 13	43,6	3,4
MP14	22,8	4,1
MP 15	23,9	2,1
MP 16	25,6	2,2
MP 17	28,9	2,4
MP 18	32,1	2,7
MP 19	27,4	3,0
MP 20	20,9	2,5
MP 21	18,5	1,9
MP 22	28,9	1,7
MP 23	29,8	2,7
MP 24	32,1	2,8
MP 25	26,0	3,0
MP 26	40,3	2,4
MP 27	17,7	3,7
Ref KW	27,6	1,6

Bewertung der Messergebnisse

- Ra-226 Aktivität der Bodenproben
 - zwischen 17,7 Bq/kg TM (MP 27) und 43,6 Bq/kg TM (MP 13);
 - Mittelwert von 28,64 Bq/kg TM
 - Liegen im üblichen Bereich für Radium-226 in Böden
 - Keine Ausreißer nach oben oder unten
 - Bundesamt für Strahlenschutz:
 - Sand 1 – 39 Bq/kg (Mw 15 Bq/kg)
 - Ton/Lehm von <20 – 90 Bq/kg (Mw < 40 Bq/kg)*
- (Haller, 2014)

Ergebnisse Radon- und CO₂- Messungen

- Tendenz zu erhöhten Radonwerten in der Störungszone
- Radonwerte zeigen deutliche Abhängigkeit zur Bodenart: je kleiner Kornfraktion und geringer die Permeabilität, desto höhere Werte
- Tendenz zu erhöhten CO₂ – Werten in der Störungszone
- Keine Abhängigkeit des CO₂ – Wertes von der Bodenart erkennbar

Offene Fragen

Methodisch

- Kombination verschiedener Detektoren, Bodengase/Permeabilität, Berücksichtigung FlowMeter → integrierten Messvorrichtung
- Entwicklung von Messstandards

Wissenschaftlich

- Ableitung Aktivität Störungen
- Einfluss Bodentypen auf Radonkonzentration
- Korrelation von Boden- und Raumluft in störungsaktiven Gebieten
- Differenzierung geogenes/anthropogenes Radon
- Störungsverläufen in oberflächennahen Lockersedimenten

Weitere Schritte Messungen

- Korrelation Radiummessungen mit Radonwerten
- Abschätzung des in situ Radonpotentials , Aufstieg Radon aus größeren Tiefen
- Integration FlowMeters, bessere Vergleichbarkeit der Messungen
- Messungen in der Region Kelsterbach
- Integration der Messungen aus der Region Egelsbach (Wewior, 2013)
- Ziel: besseres Verständnis über die rezente Aktivität der Störungen in nördlichen ORG

Danke!!

Radon in der Raumluft

- Nach Rauchen zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs
- Auswirkung auf Sterblichkeit, linearer Anstieg mit Konzentration
- Hohen Dosen $< 30.000 \text{ Bq/m}^3$ über kurze Zeit zur Rheumatherapie

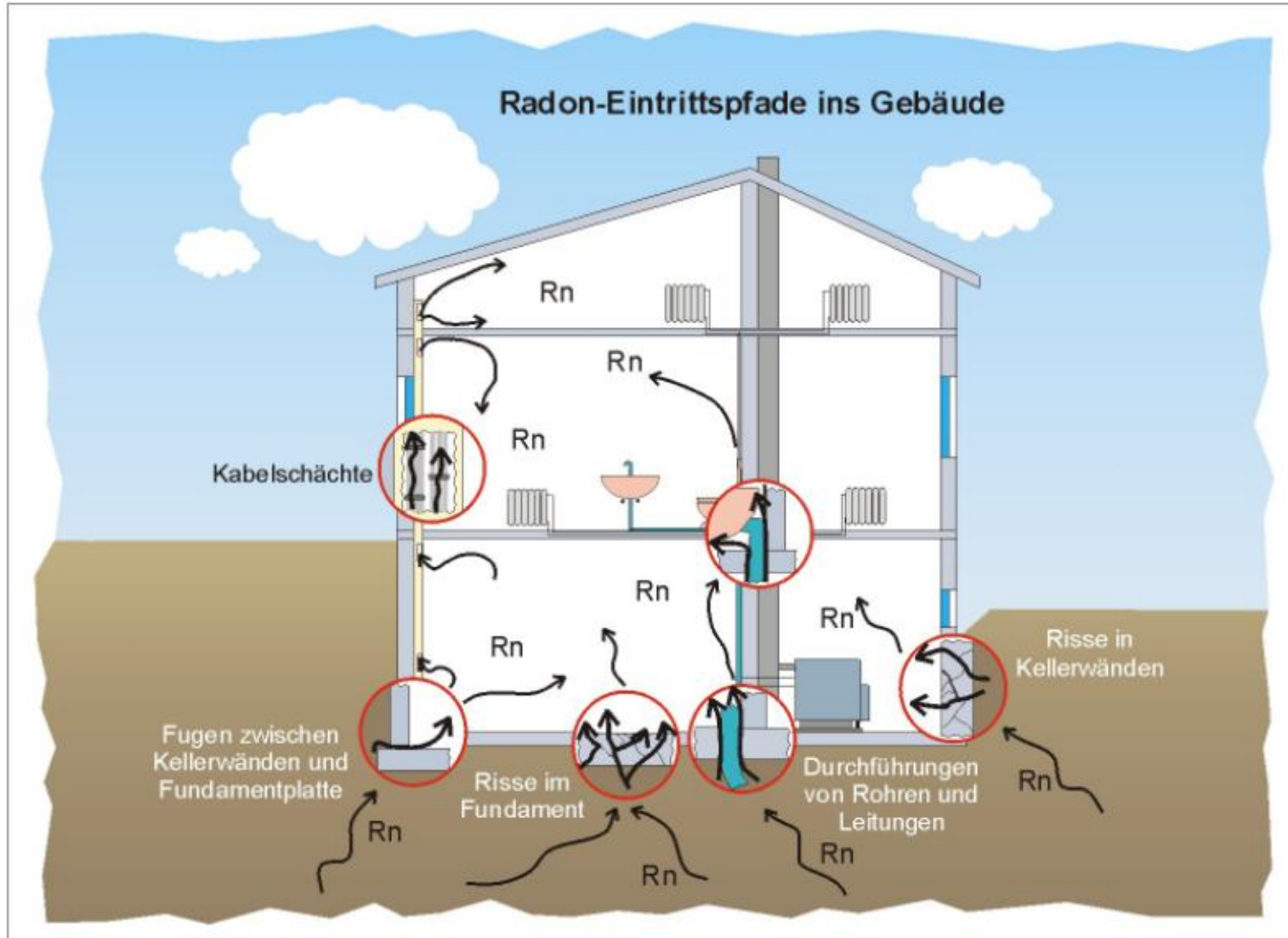
Absolutes Risiko...

...bis zum Alter von 75 Jahren an Lungenkrebs zu versterben für:

	0 Bq/m ³	800 Bq/m ³
Lebenslange Nichtraucher	0,4 %	0,7 %
Raucher (15-24 Zigaretten pro Tag bis zum 30. Lebensjahr)	2,3 %	3,7 %
Raucher (15-24 Zigaretten pro Tag bis zum 50. Lebensjahr)	4,3 %	7,2 %
Raucher (15-24 Zigaretten pro Tag bis zum 75. Lebensjahr)	10,4 %	16,9 %

Quelle: Brüske-Hohlfeld, 2006

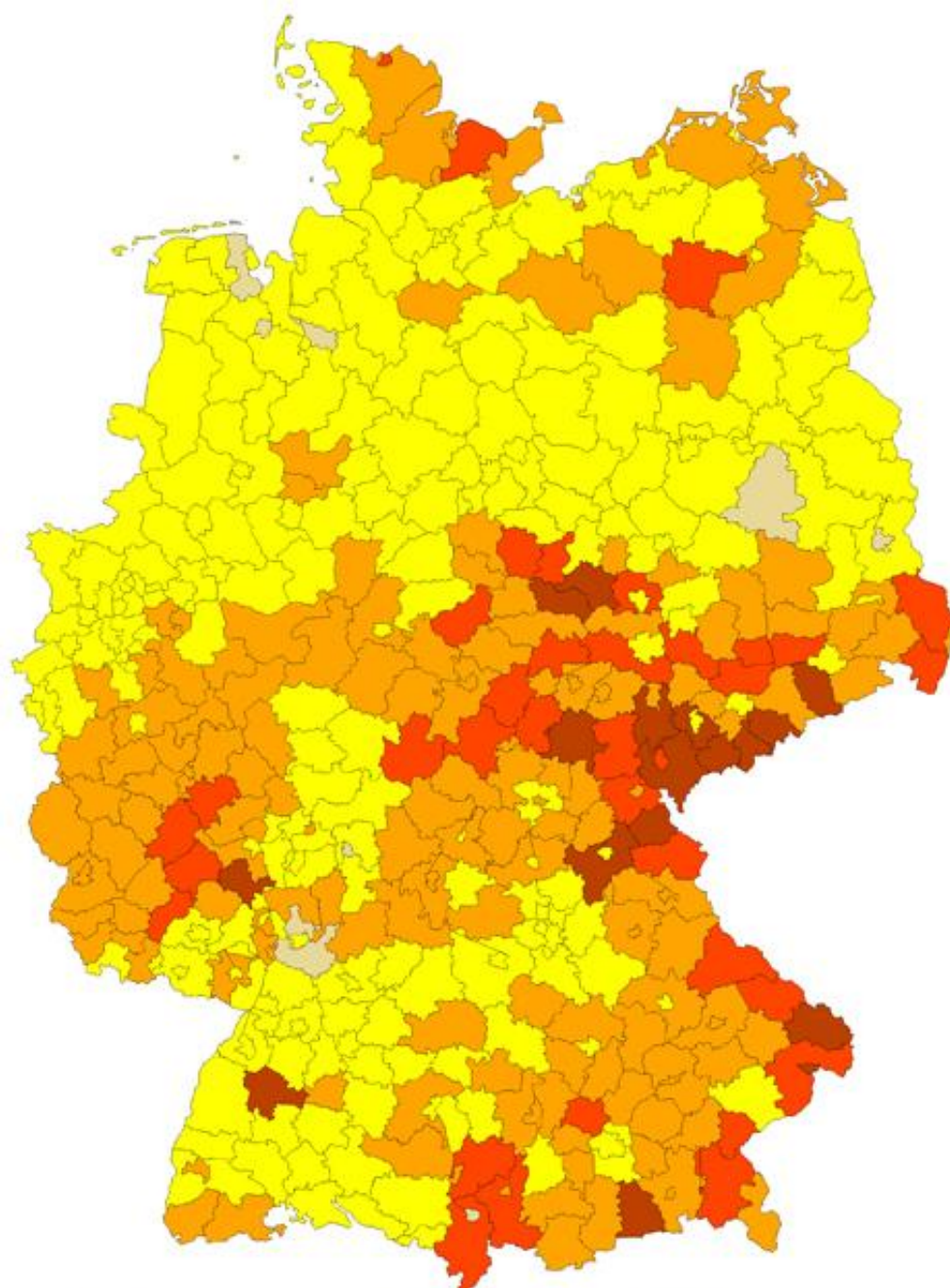
Radon in der Raumluft



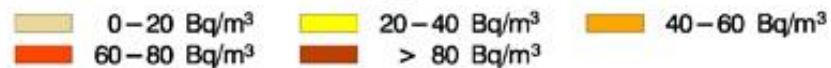
Schemazeichnung der Eintrittspfade für Radon in Gebäude (Kemski & Partner, 2004)

Radon in der Raumluft

Deutschland



Übersichtskarte über die, in einem Wohngebäude zu erwartende, durchschnittliche Radonbelastung nach Landkreisen gegliedert. (Mentzler et al., 2006)



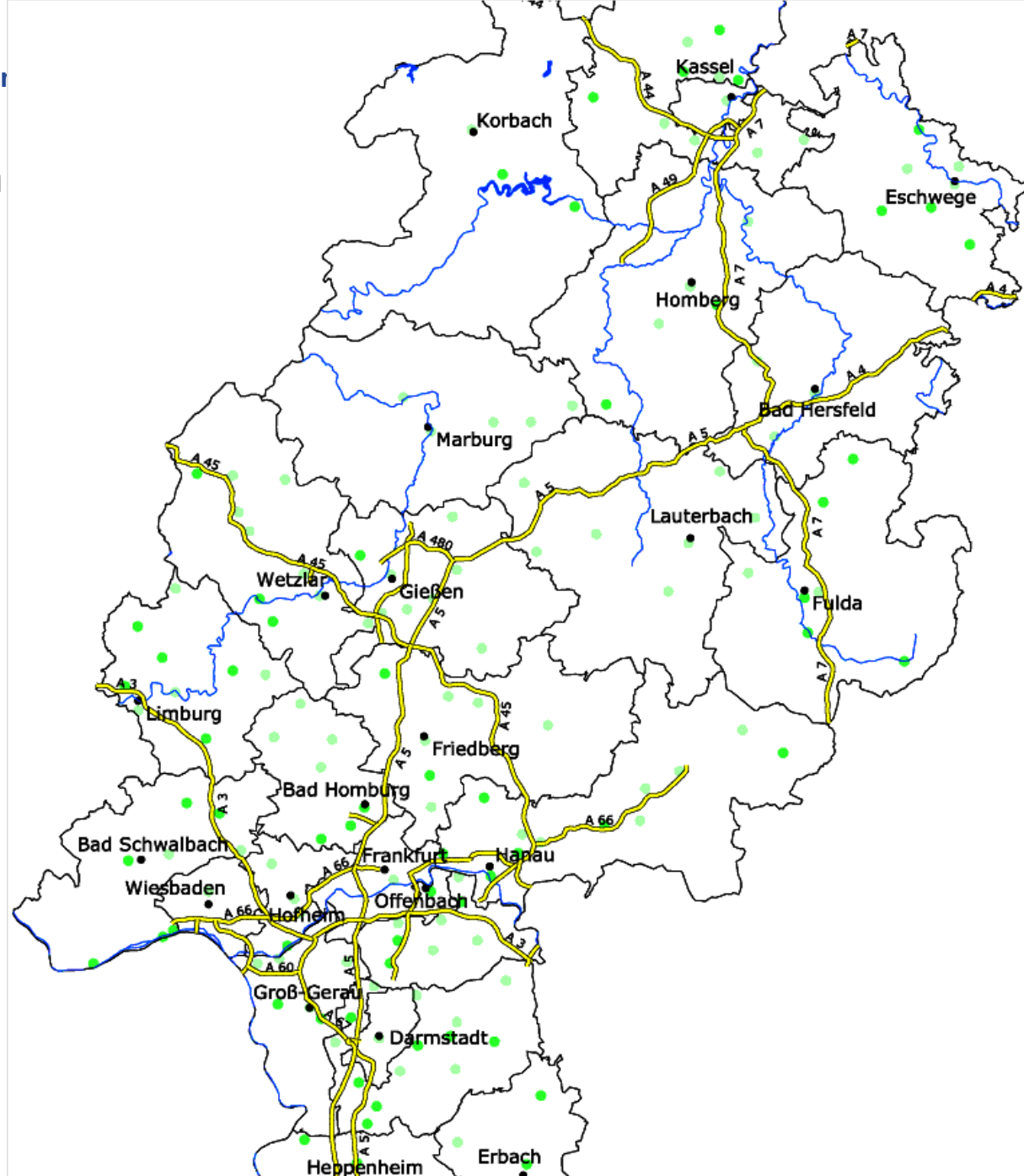
Radon in Gebäuden

Hessen

Radonkonzentration
in Gebäuden
in Bq/m³

- über 1000
- 251 bis 1000
- 51 bis 250
- bis 50

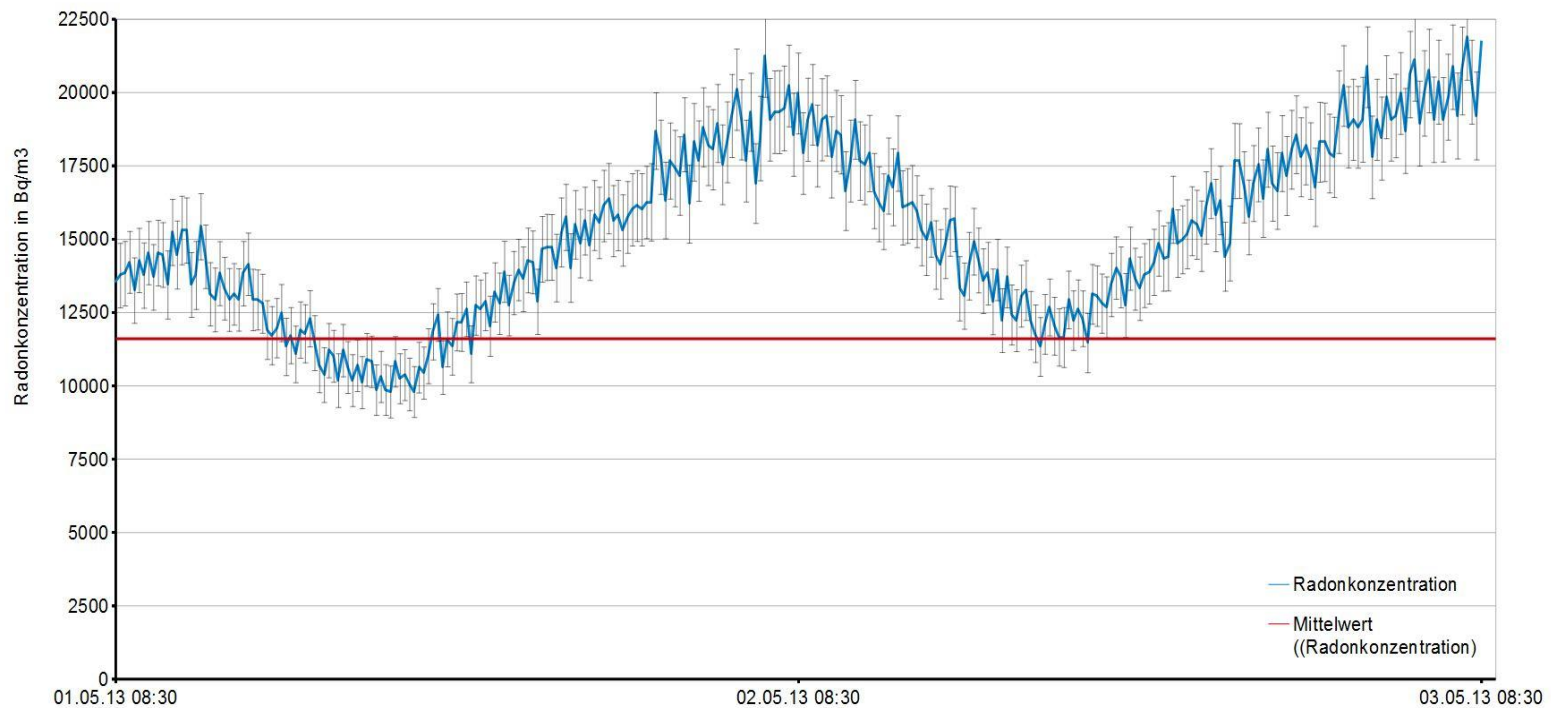
□ Kreisgrenzen



Messungen darmstadtium

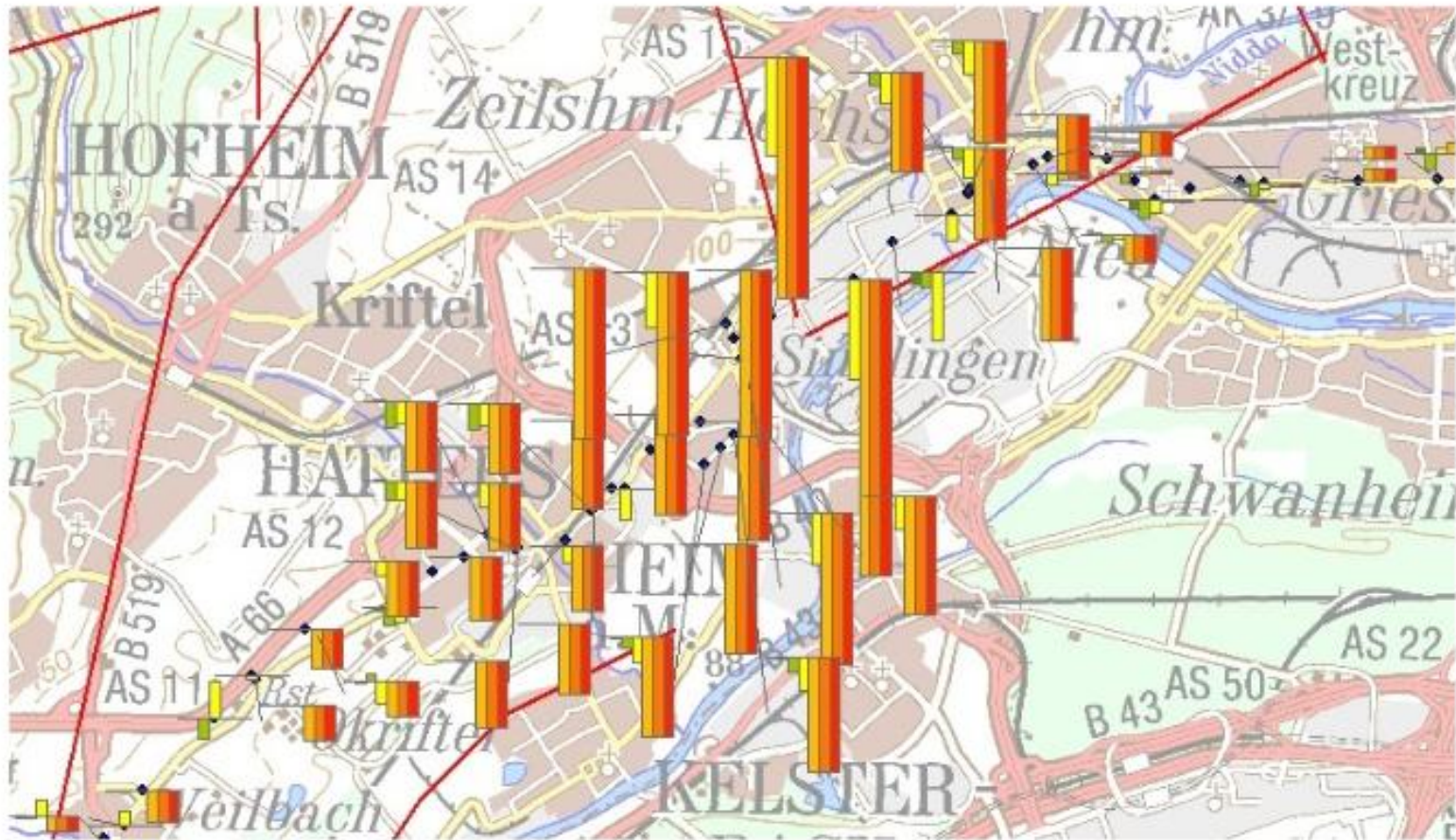
Ort	Höchstwert in Bq/m ³	Mittelwert in Bq/m ³
Störungsmessraum	21.888	11.607
Technikraum neben Störungsmessraum	9.865	6.081
Foyer an historischer Stadtmauer	187	15

Raumluftmessung Darmstadtium - Störungsmessraum



(Quelle: Hoppe et al., 2014)

Oberflächendeformation



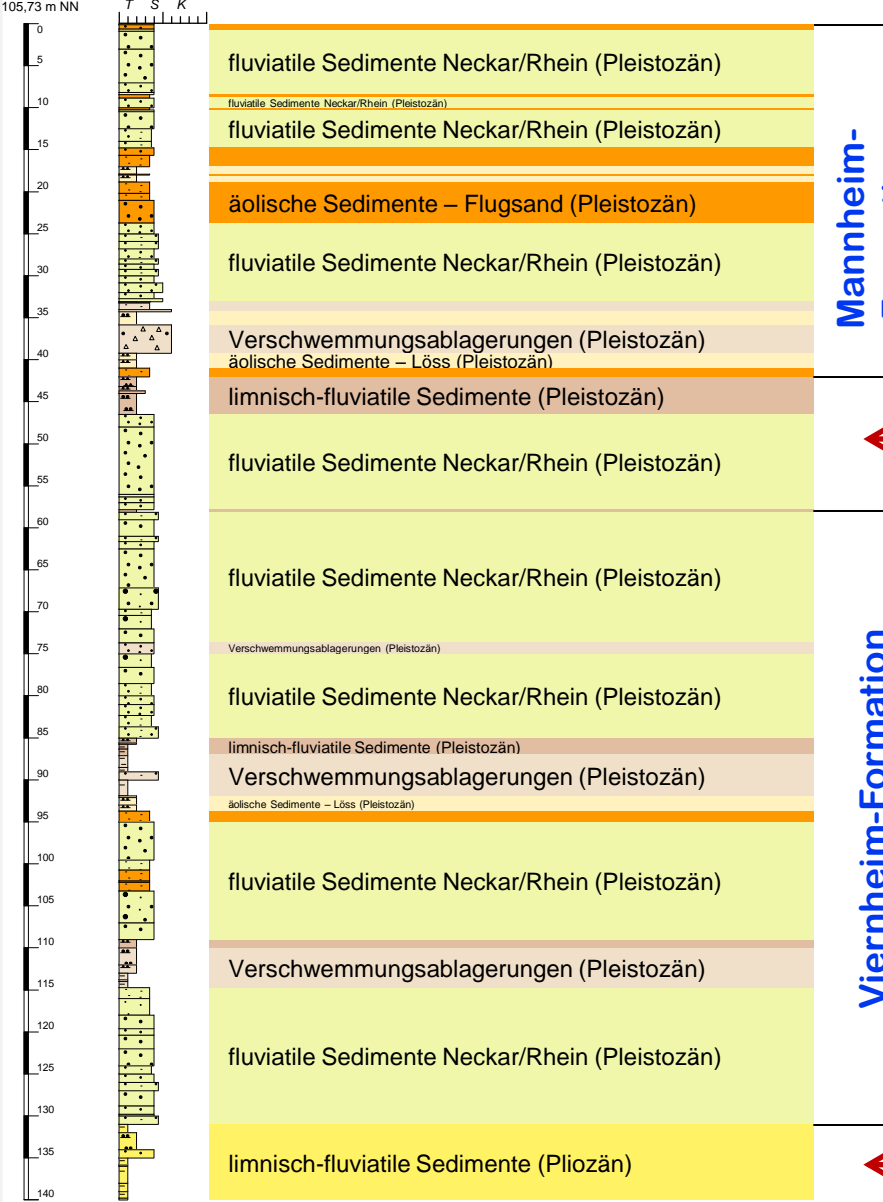
(Post 2013)

Subsidenz bis zu 10 mm/Jahr

Heterogene Ablagerungen

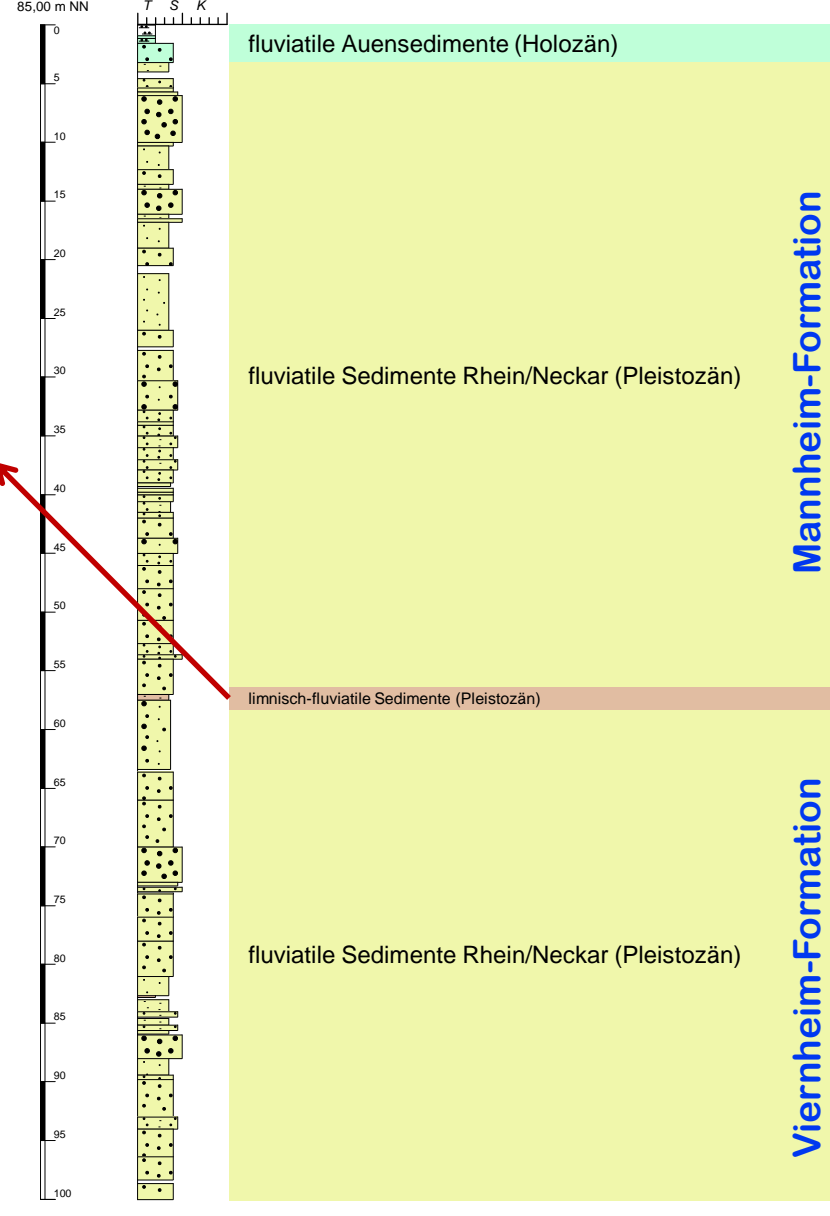
9063 WW Pfungstadt GWM 1.3 SWP-PF-H03

Bohransatzhöhe
105,73 m NN

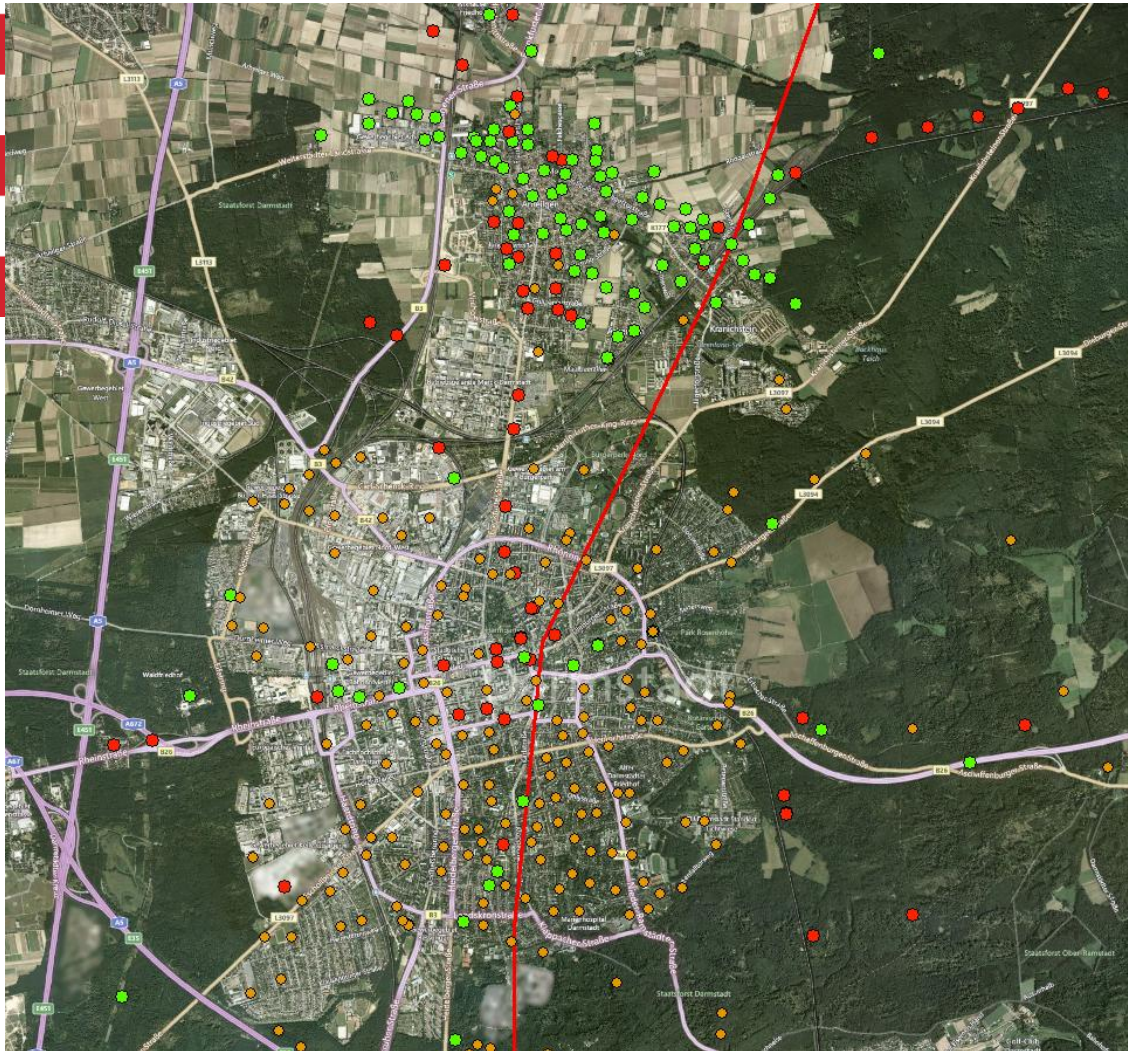





9016 FB Geinsheim BK 1

Bohransatzhöhe
85,00 m NN



Geodynamik Darmstadt

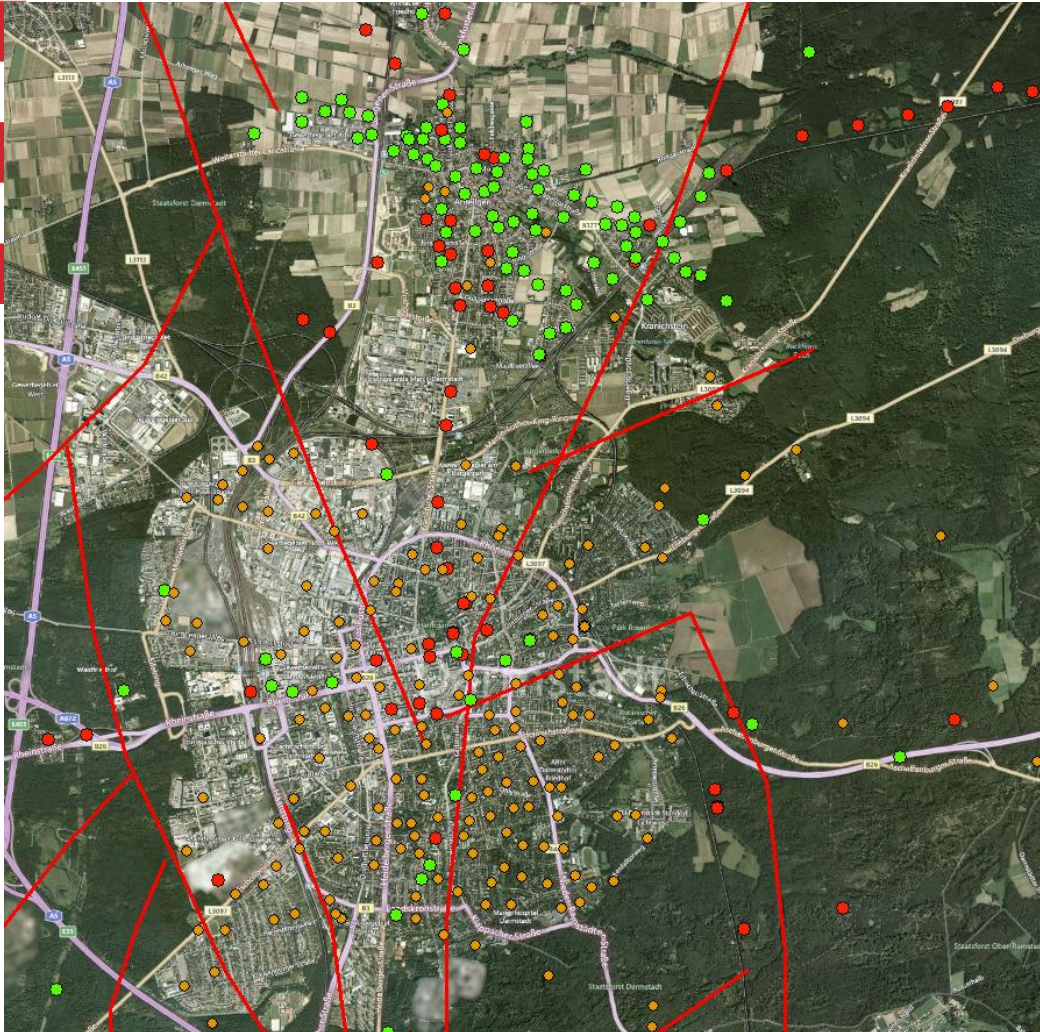


- Darmstadt
- Ar_Da_Eb_Wx_nivp_wl
 - ◆ <all other values>
- Bewegung
 - 
 -  Hebung
 -  Senkung

Schwankungsbreite
-42 mm/a - +50 mm/a

2 km

Geodynamik Darmstadt

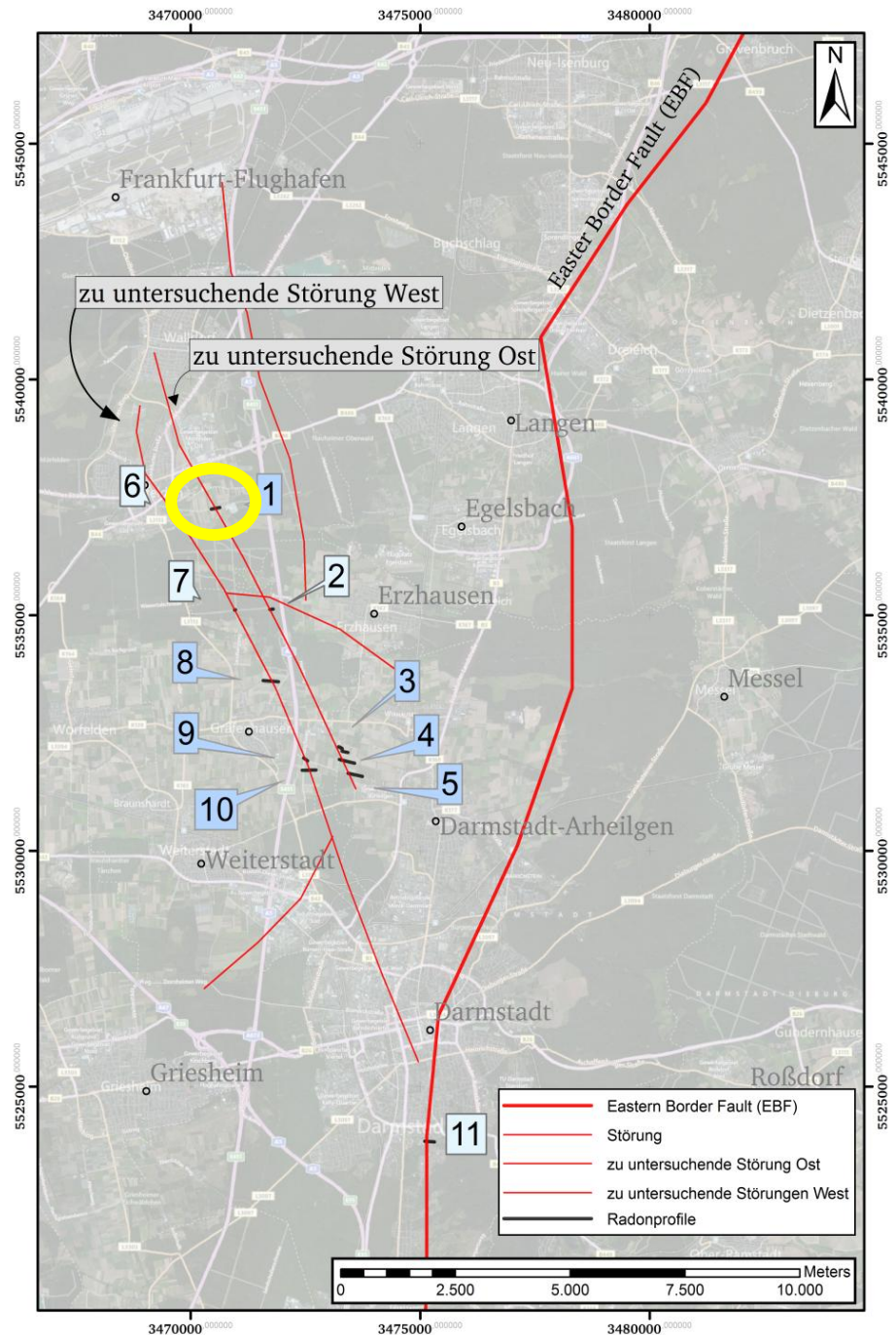


Aber es gibt sehr
viel mehr Störungen

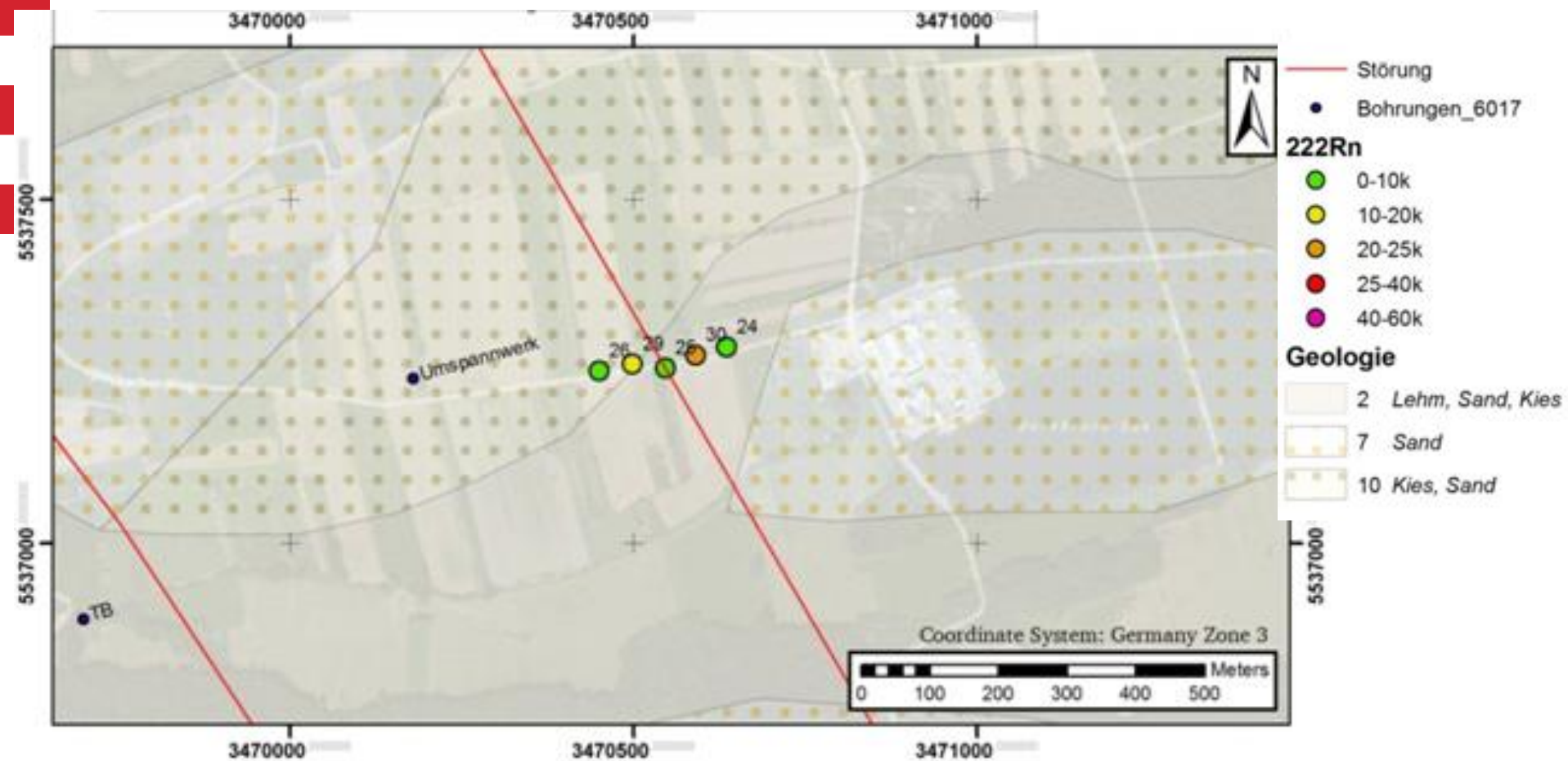
2 km

Bodenluftmessungen

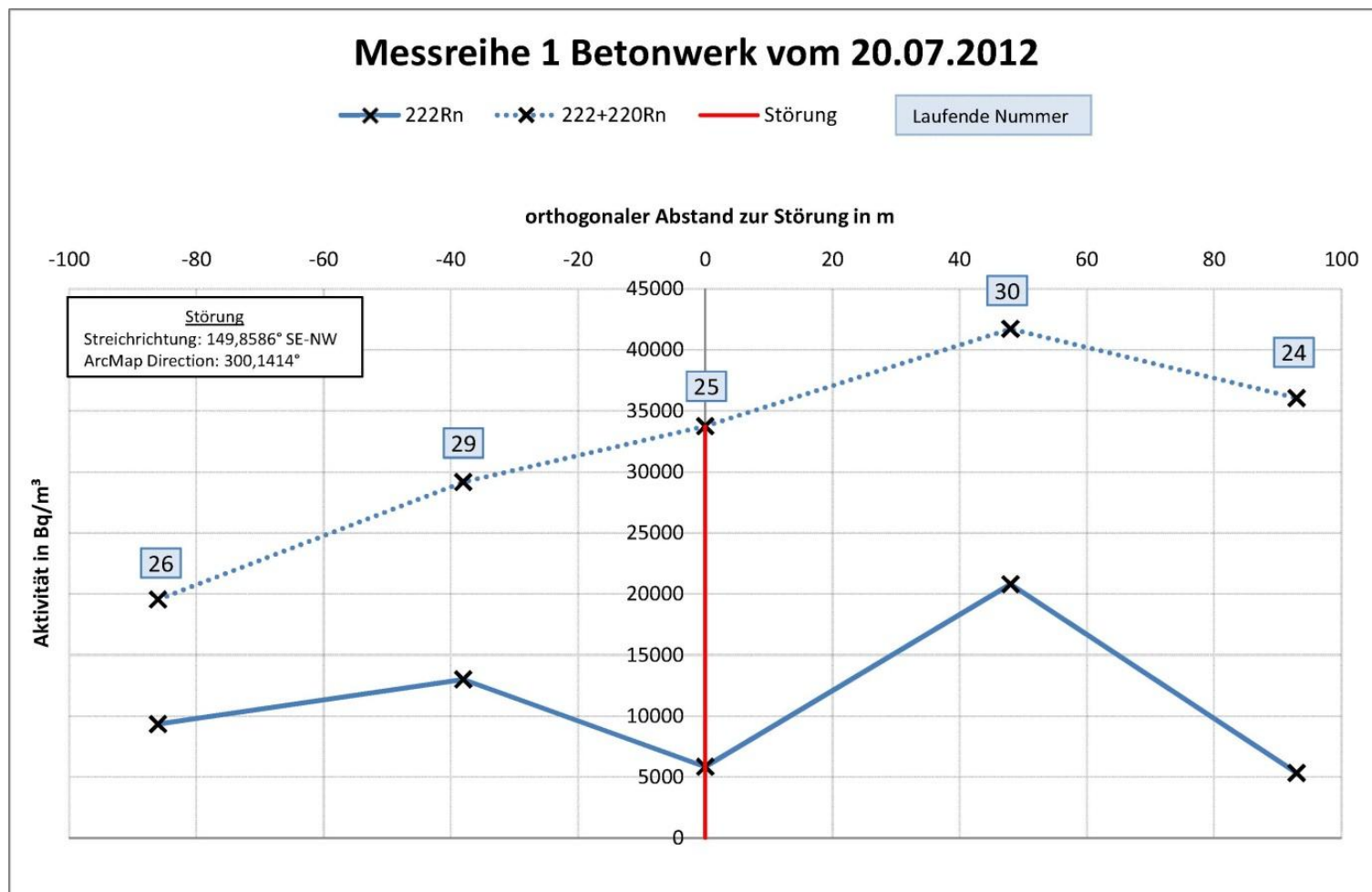
..... im Raum Darmstadt



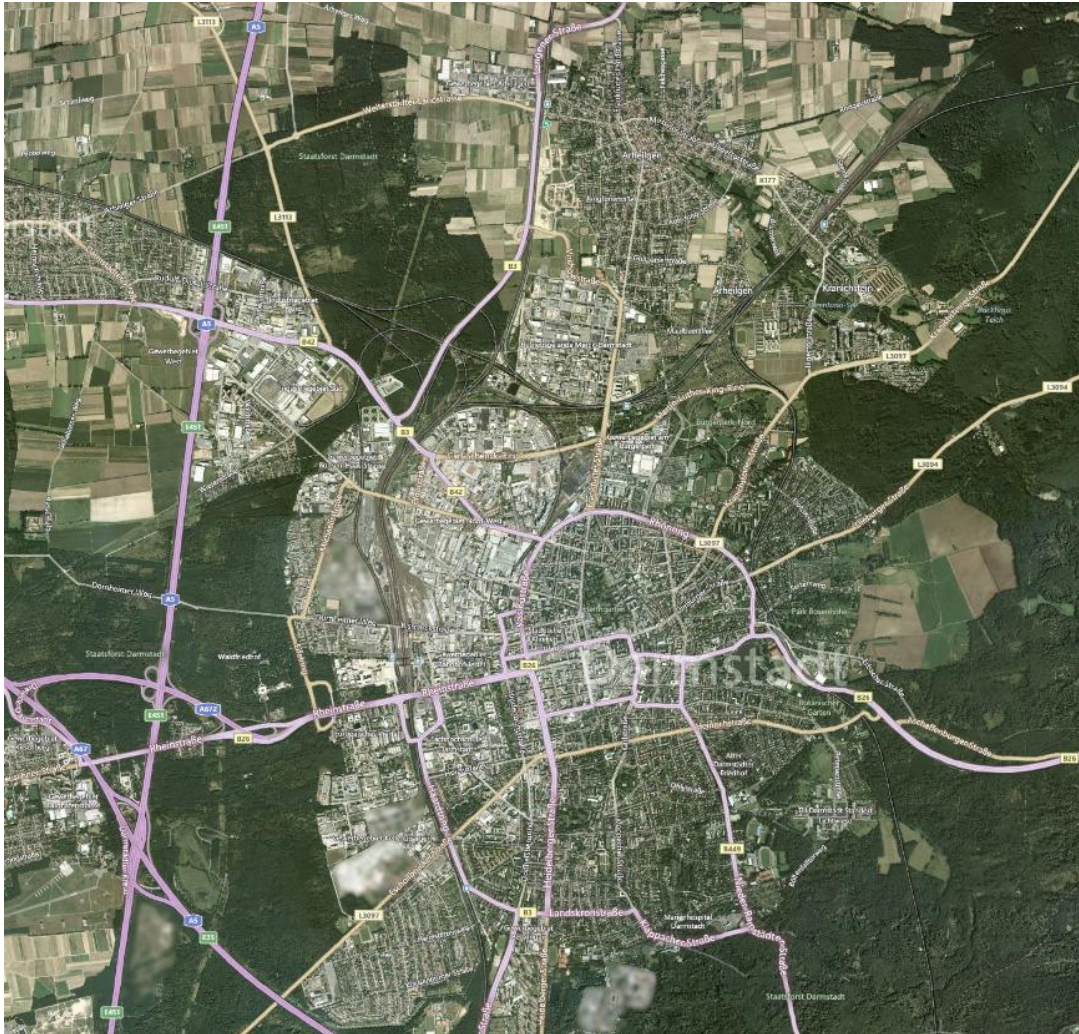
Profil 1



Profil 1



Geodynamik Darmstadt

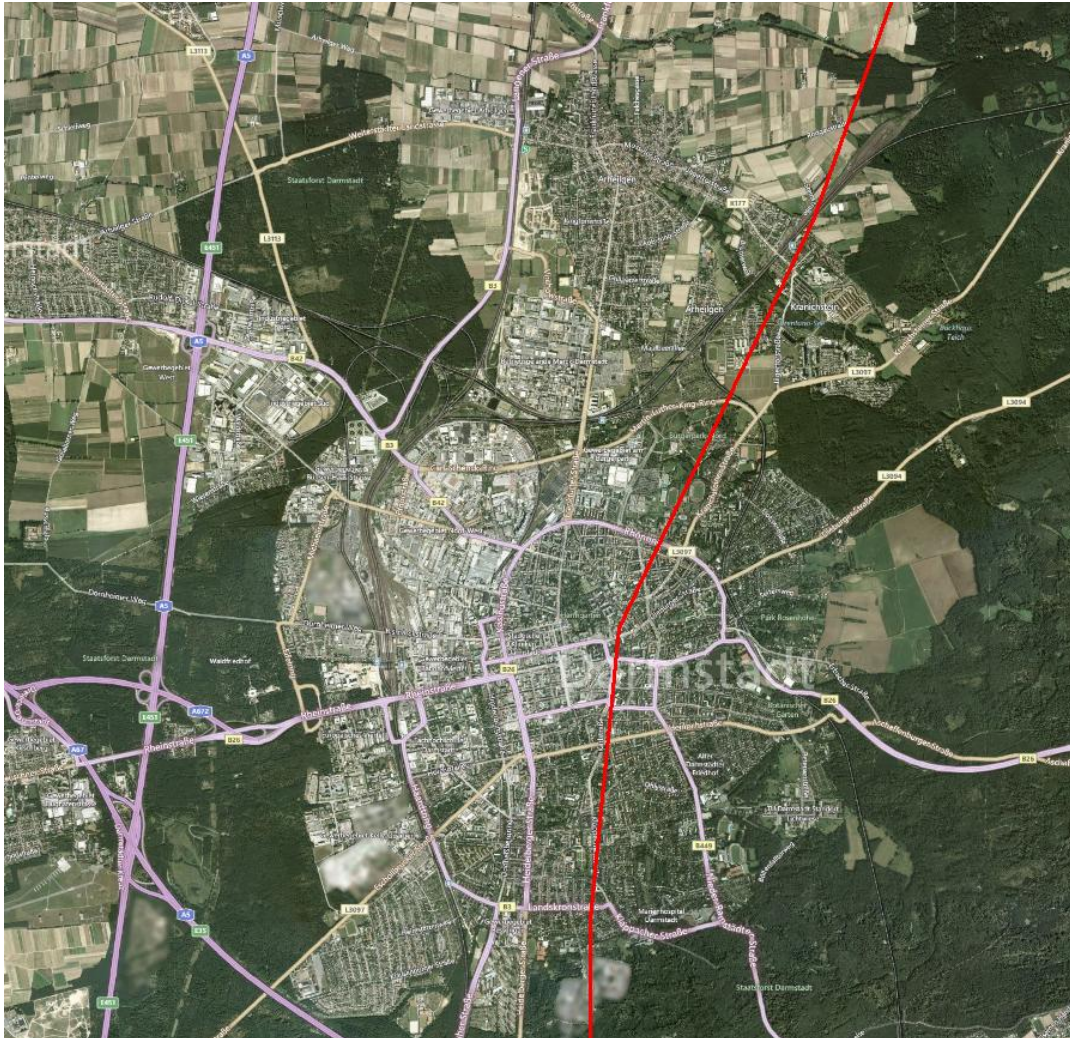


Beispiel Darmstadt

2 km

(Quelle: Bing Maps)

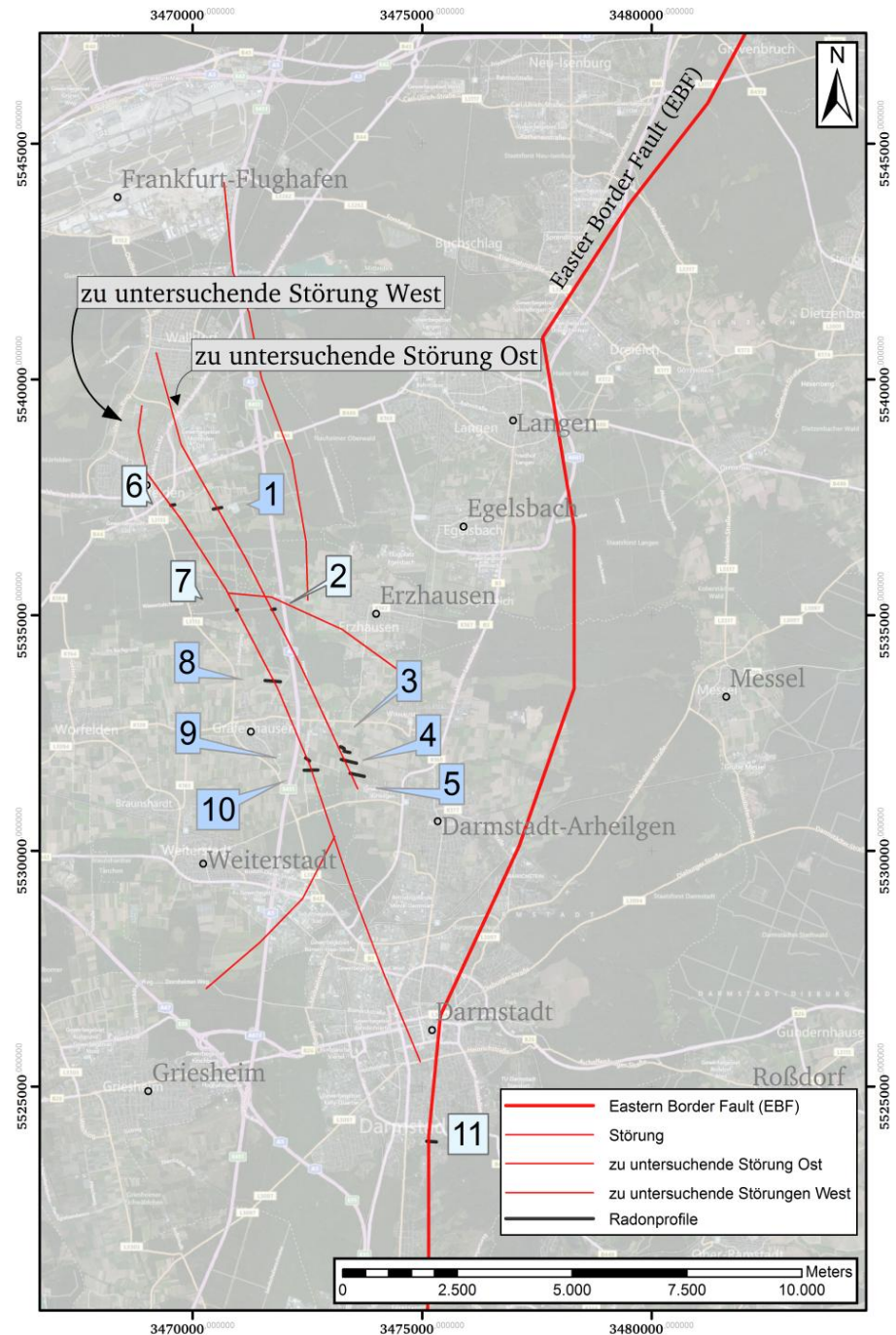
Geodynamik Darmstadt



(Quelle: Bing Maps)

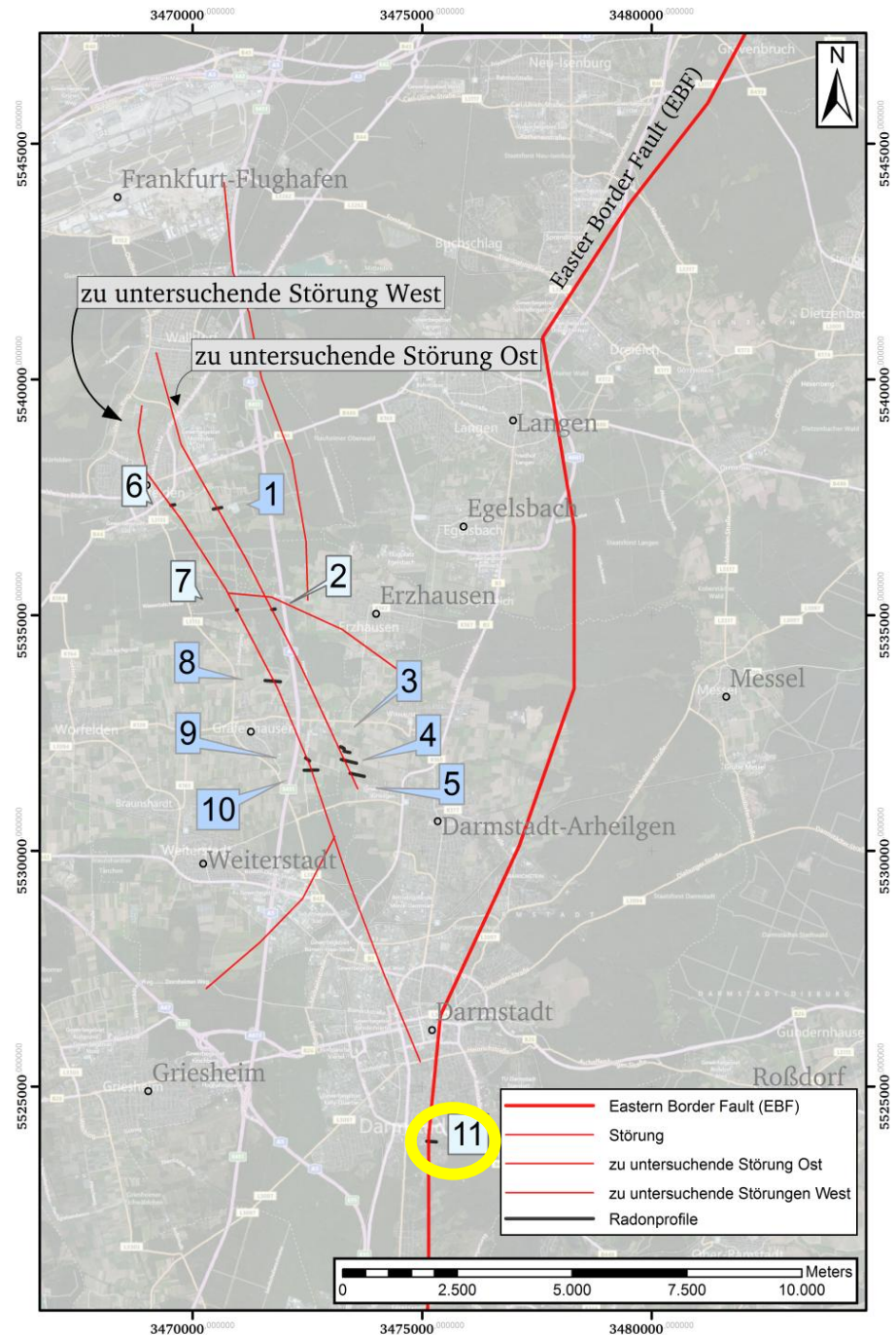
Bodenluftmessungen

..... im Raum Darmstadt



Bodenluftmessungen

..... im Raum Darmstadt



Profil 11

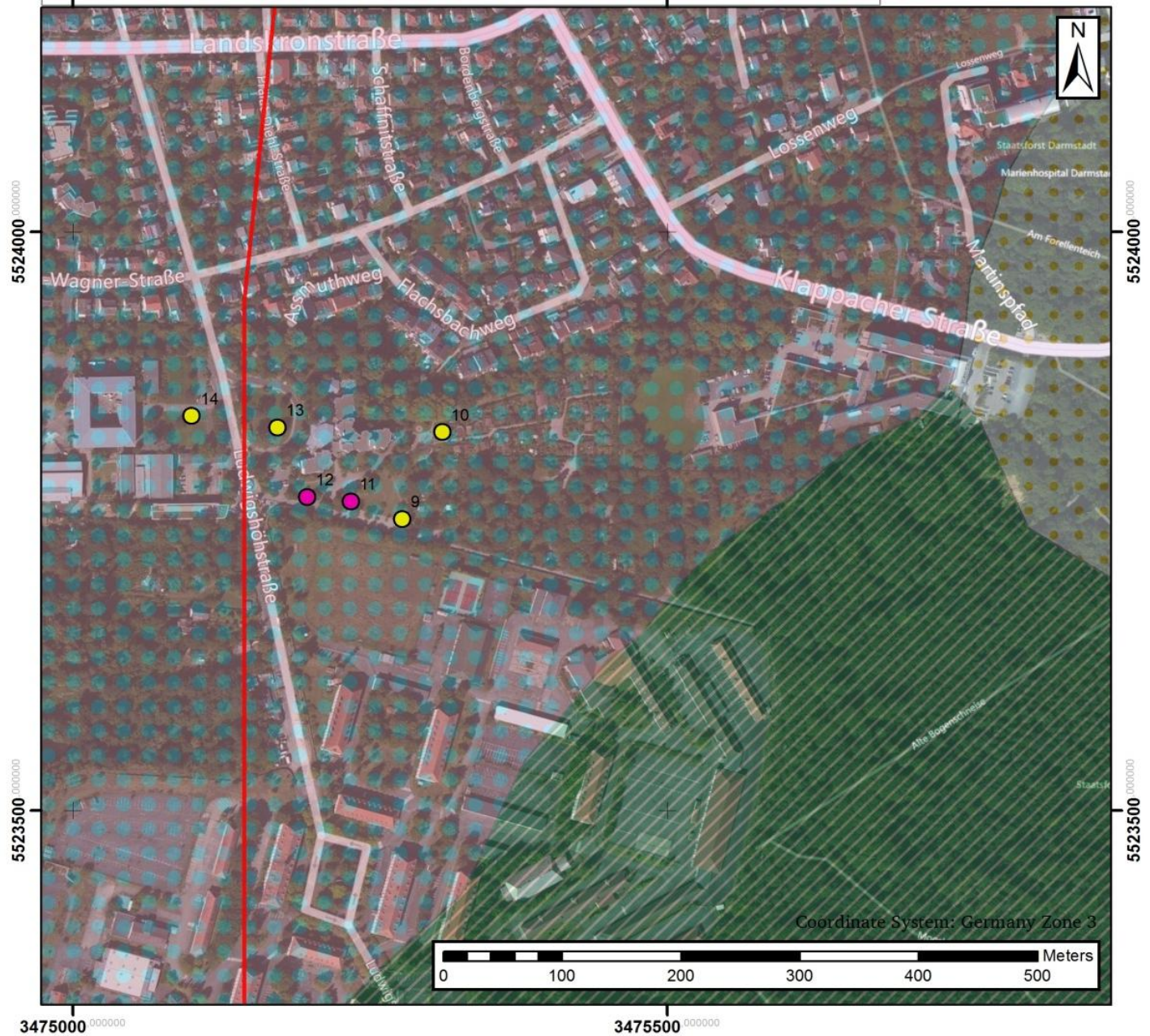
— Störung

222Rn

- 0-10k
- 10-20k
- 20-25k
- 25-40k
- 40-60k

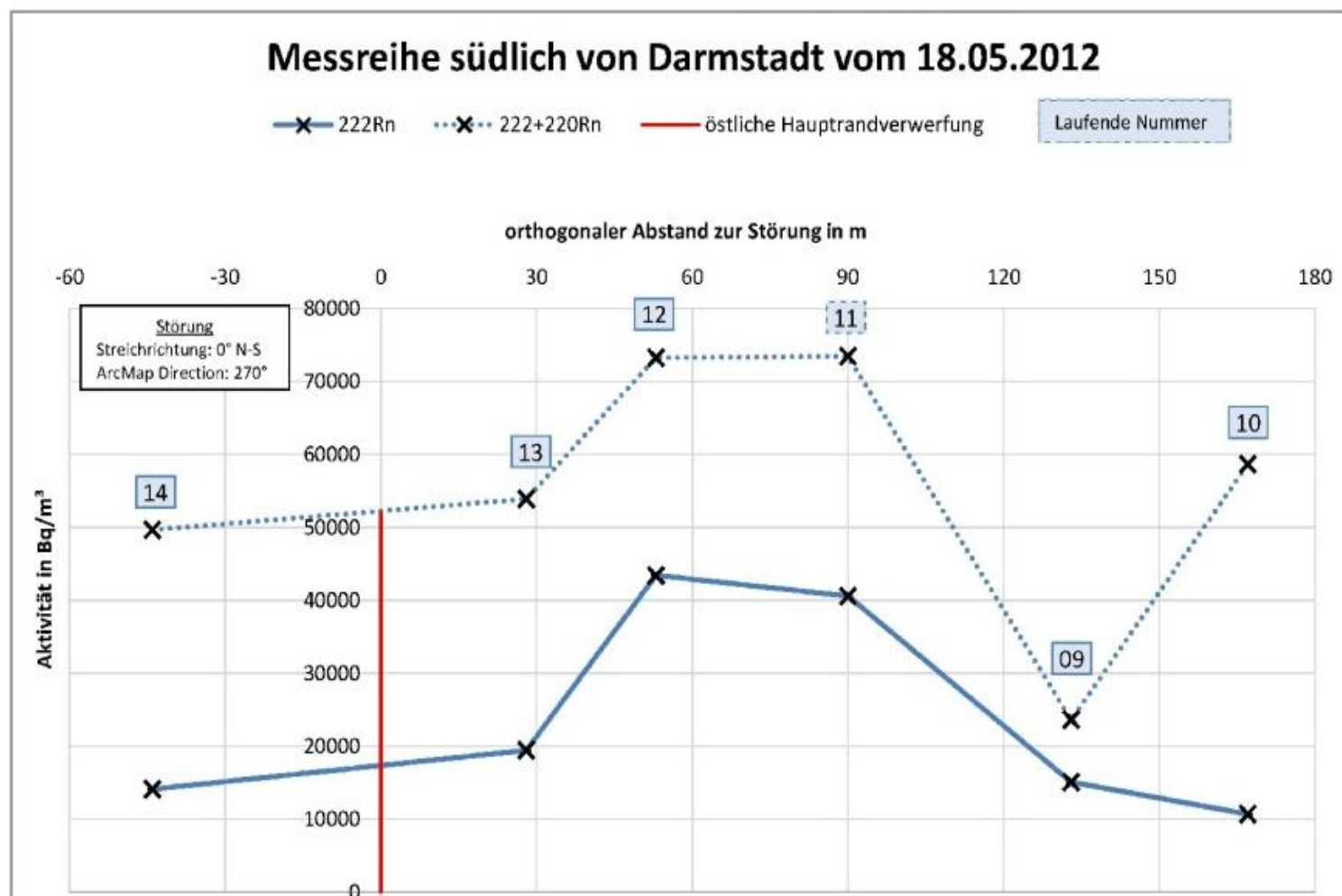
Geologie

- 7 Sand
- 86 Amphibolit
- 99 Granodiorit

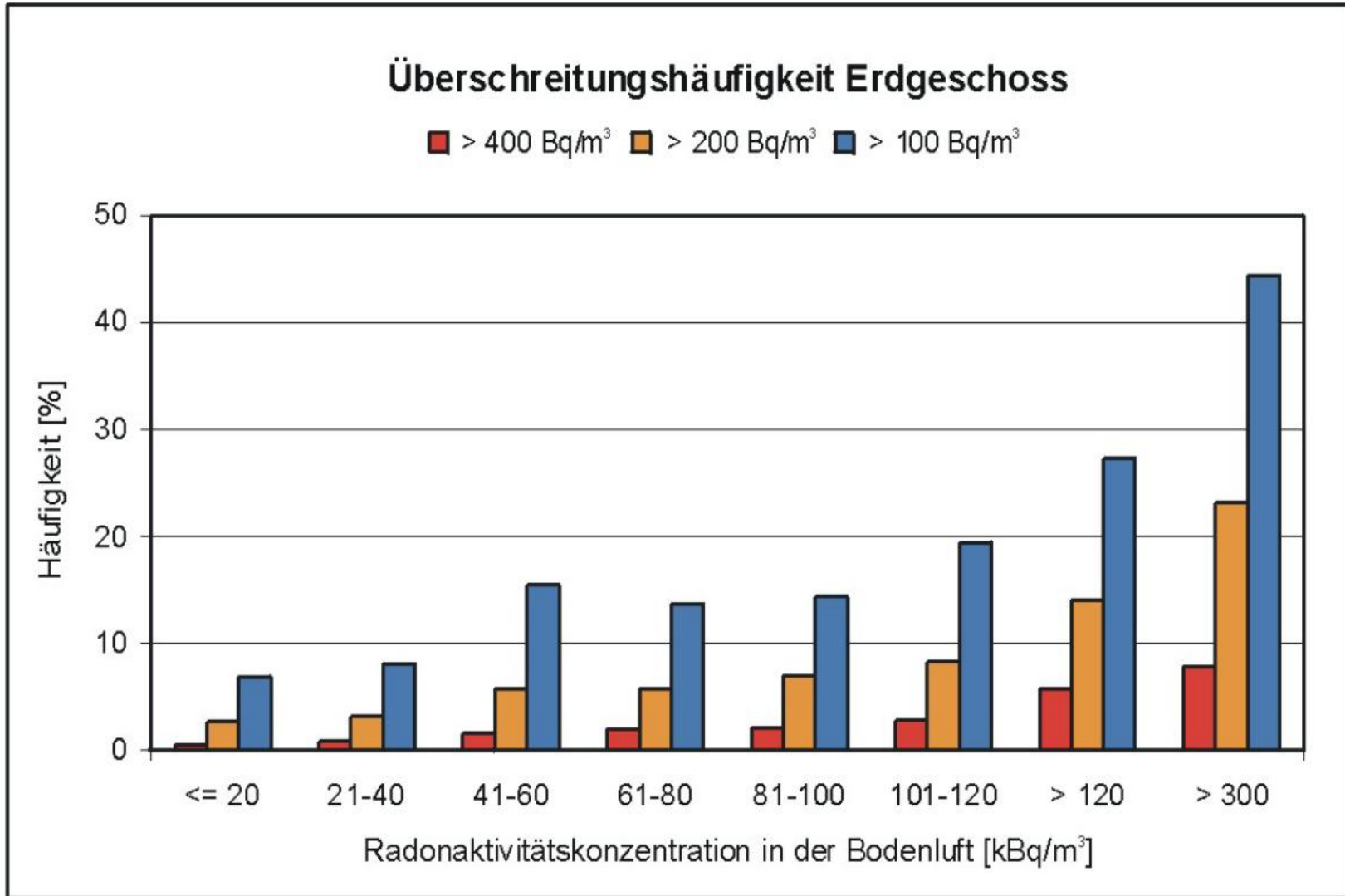


Östliche Haupttrandverwerfung

Profil 11

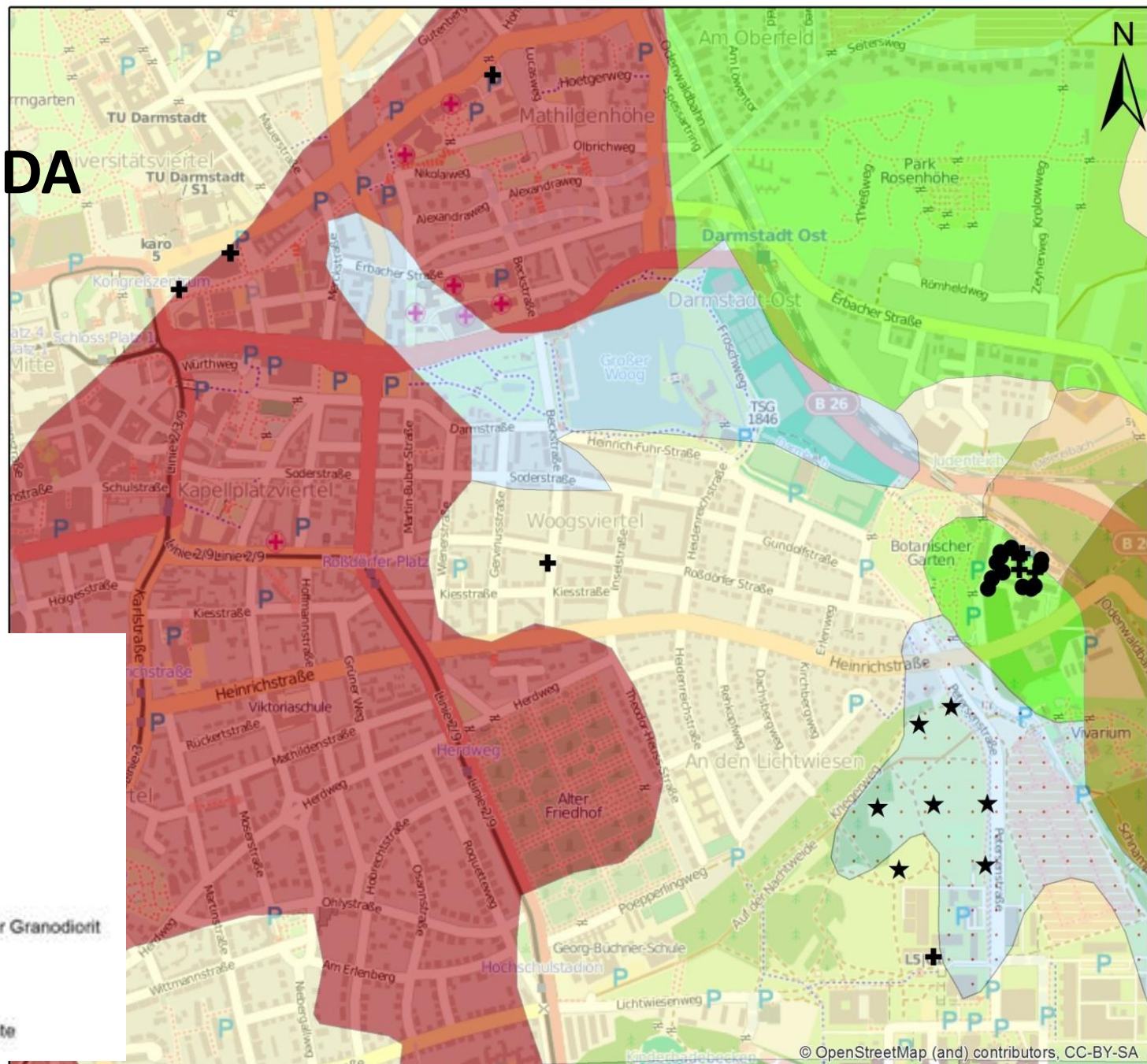


Radon in der Raumluft



Hessisches Landes

Übersicht DA



- ✚ Raumluft
- Botanischer Garten
- ★ Lichtwiese

GUEK200

Geologie

- Flugsand
- Granodiorit; Typ: Maichen
- Hochflutablagerungen
- Hochflutablagerungen / vergruster Granodiorit
- Oberrotliegendes
- Unterrotliegendes
- basische bis intermediäre Vulkanite

Legende

(Quelle: Kuhn, 2014)

0 375 750 1.500 Meter

© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Messung darmstadtium

Legende

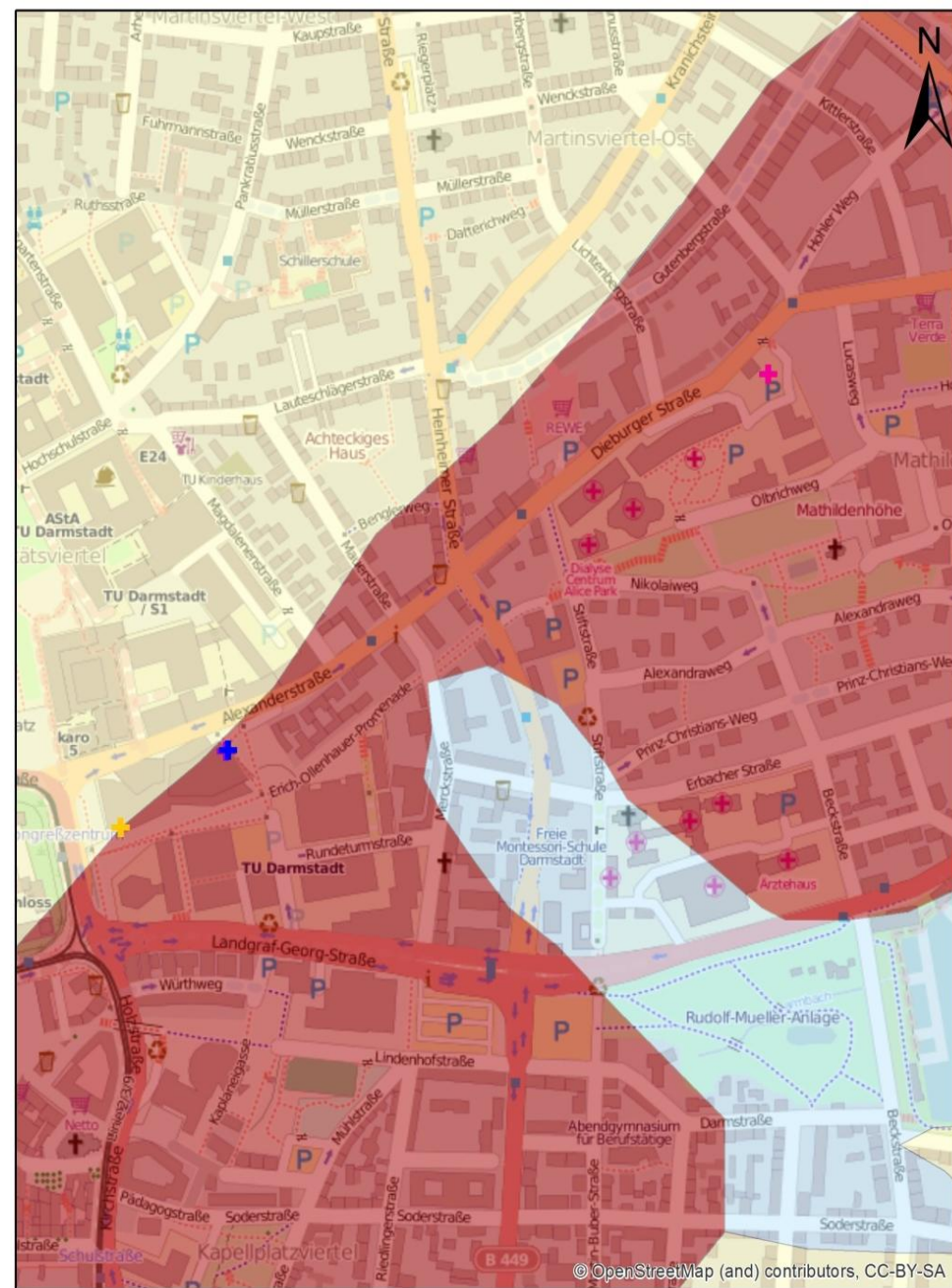
Raumluft Bq/m³

- + 15
- + 25,92
- + 41
- + 54
- + 136
- + 341
- + 6081
- + 11607

GUEK200

Geologie

- Flugsand
- Granodiorit; Typ: Malchen
- Hochflutablagerungen
- Hochflutablagerungen / vergruster Granodiorit
- Oberrotliegendes
- Unterrotliegendes
- basische bis intermediäre Vulkanite



0 190 380 760 Meter

(Quelle: Kuhn, 2014)

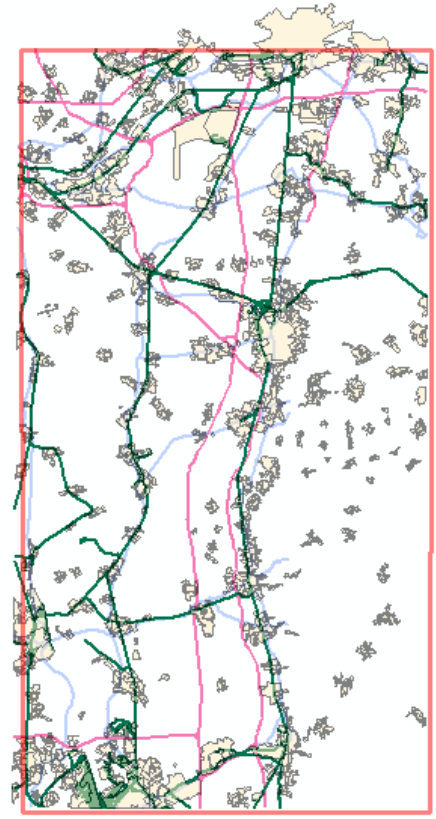
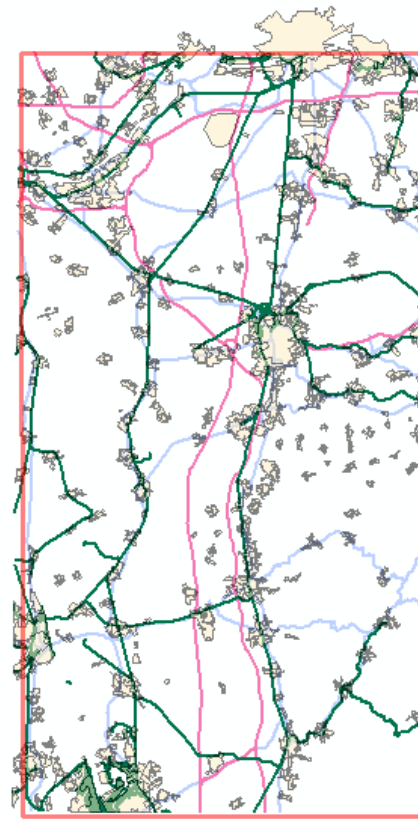
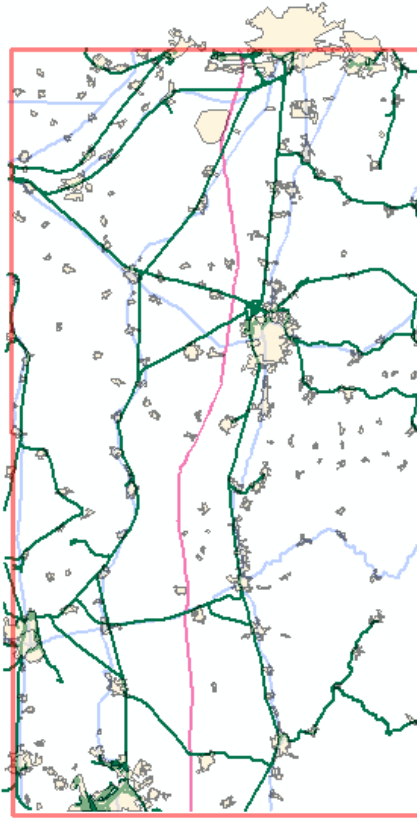
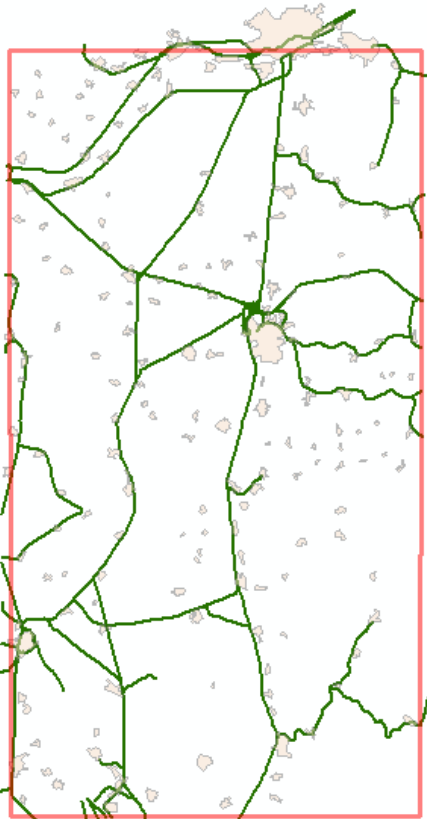
Entwicklung Metropolregion Rhein-Main

1910:
115 km²; 6,2%

1950:
186 km²; 10%

1980:
341 km²; 18,4%

2010:
445 km²; 24%



0 2 4 8 12 16
Kilometers

(Lehné et al. 2013)

Bedarf eines urbanen Raums / Rhein-Main

Boden + Massenrohstoffe + Grundwasser

2004/2005

Einwohner: 654964 (Statistisches Jahrbuch Frankfurt am Main 2005)

Trinkwasser: 49 Mio m³/year (Privat 37,6 / Industrie 7,7 / Leckagen 3,2 -
Statistisches Jahrbuch Frankfurt am Main 2005)

Preis Trinkwasser: 1,74 € /m³ ENTEGA 2005)

Preis für eine Familie: 78,90 € / month (240 m³/a, 4-Personen; 43,70
water / 35,20 Abwasser - FR-Online – Dossiers 29.6.2006)

Sand & Kies: ~ca. 3 Mio t oder 33 Mio € /Jahr (4,5 t/c-a x
11,32 € x 655000 Einwohner)

Aufgabe

Tertiäre und Quartäre Sedimentfüllung lokal mehr als 3000 m mächtig

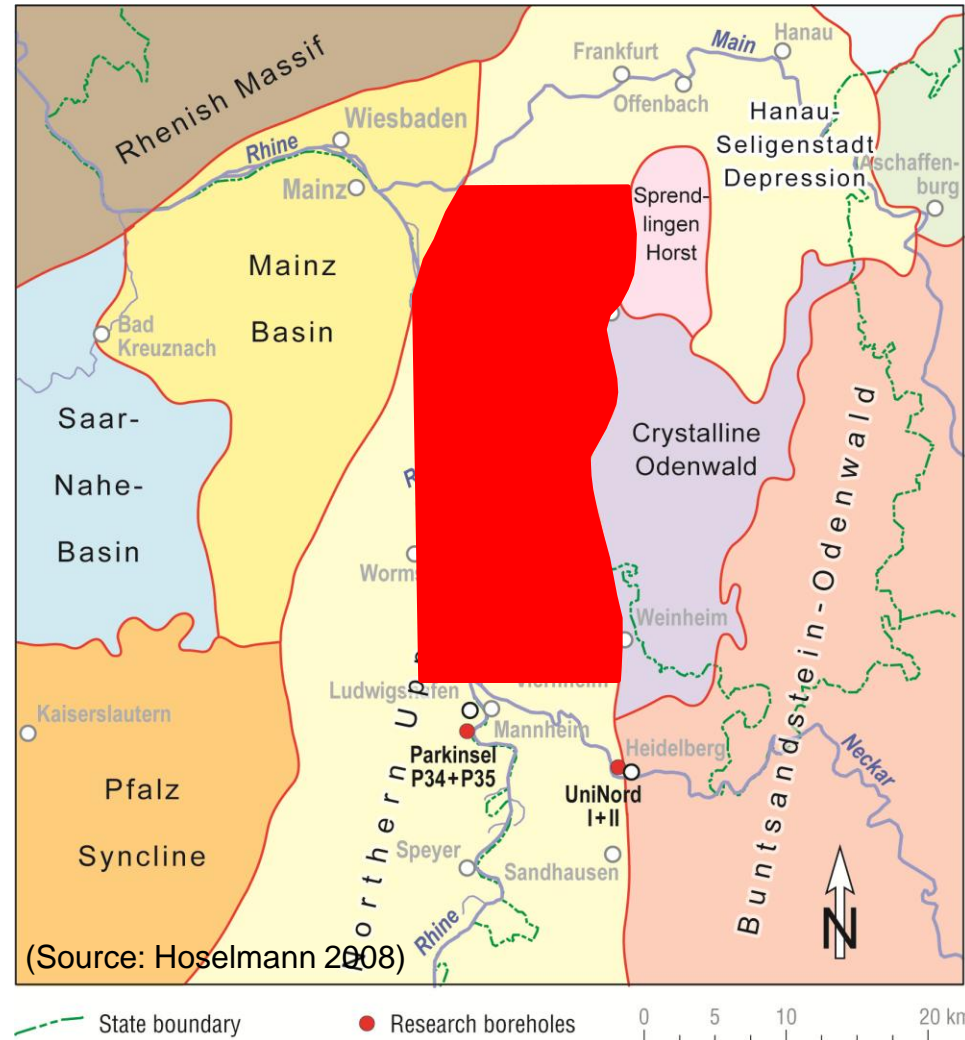
Quartäre Ablagerungen bis zu 400 m mächtig im Heidelberger Becken

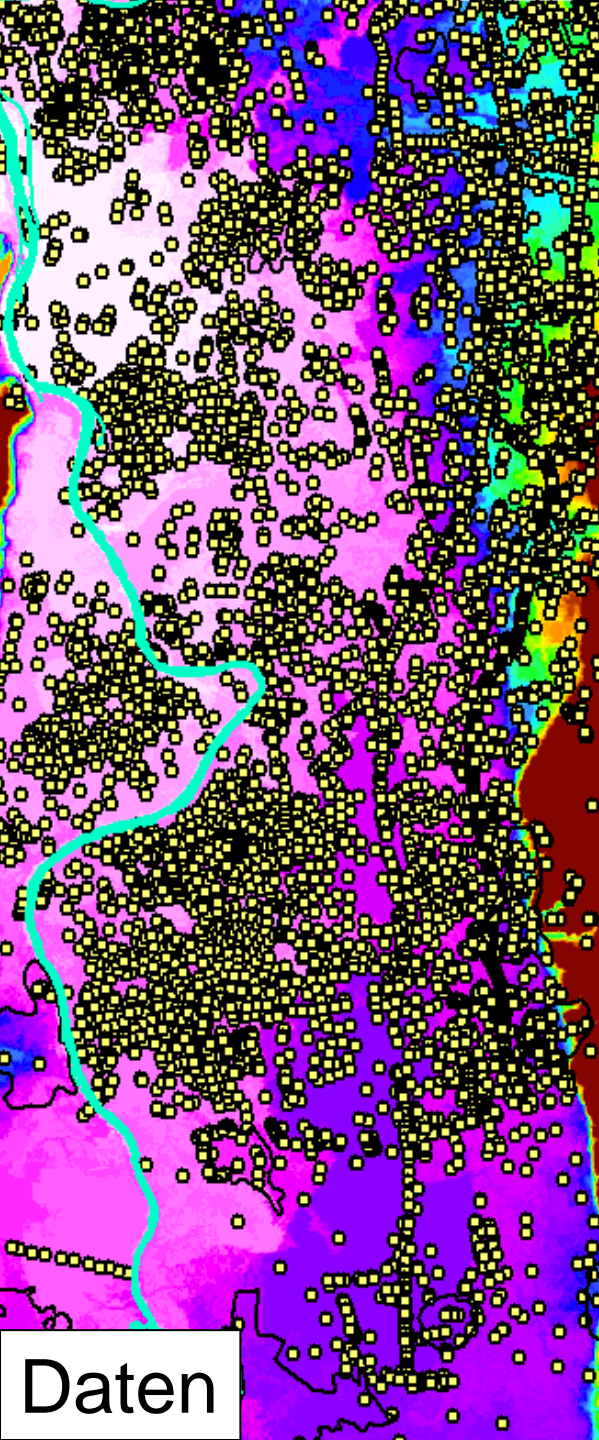
Unkonsolidierte Sedimente bilden einen der größten Aquifere Europas (ca. 45 mrd m³)

Rhein: Quelle & Lieferant für Wasser, Massenrohstoffe, flache Geothermie

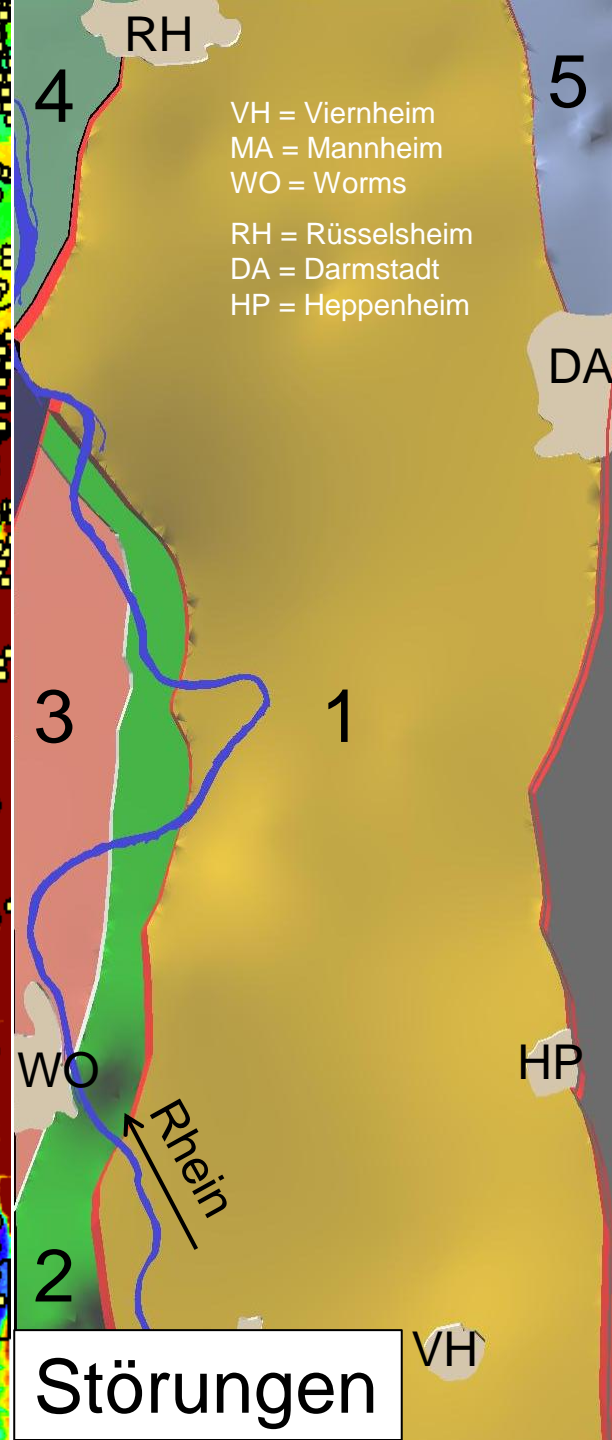
Ziel: 3D-Visualisierung des Quartärs

Eingangsdaten: Bohrungen

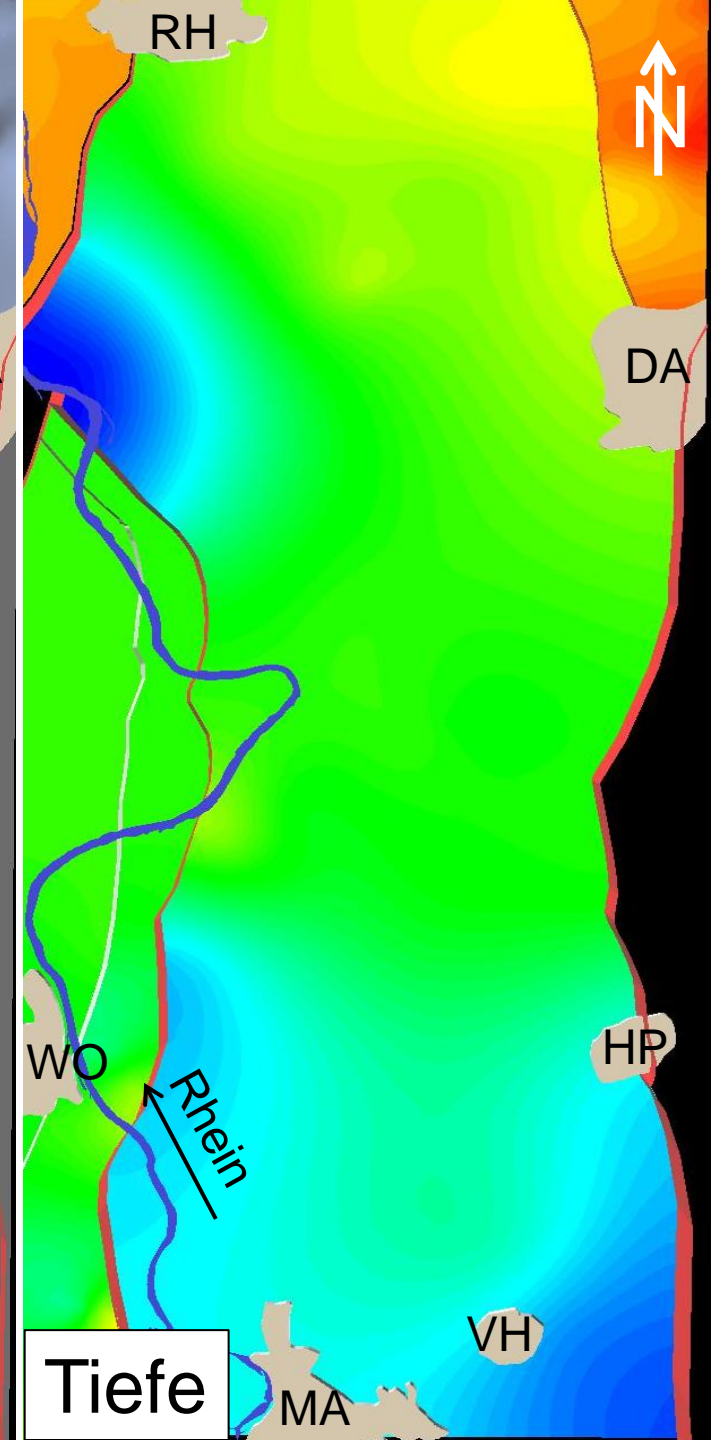




Daten



Störungen



Tiefe

RH

5

VH = Viernheim
MA = Mannheim
WO = Worms

RH = Rüsselsheim
DA = Darmstadt
HP = Heppenheim

DA

3

1

WO

Rhein

2

HP

WO

Rhein

HP

VH

VH

MA

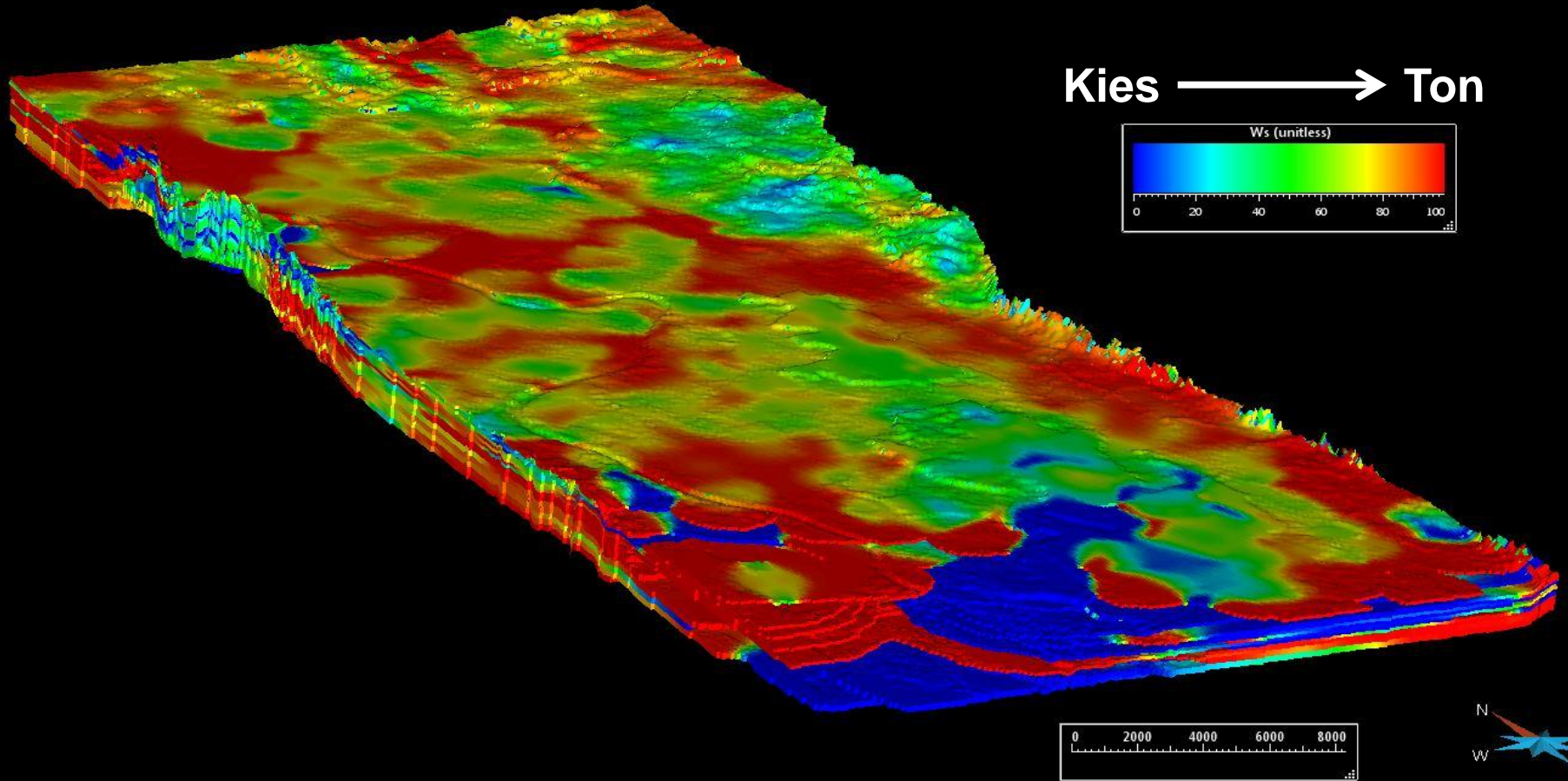
DA

HP

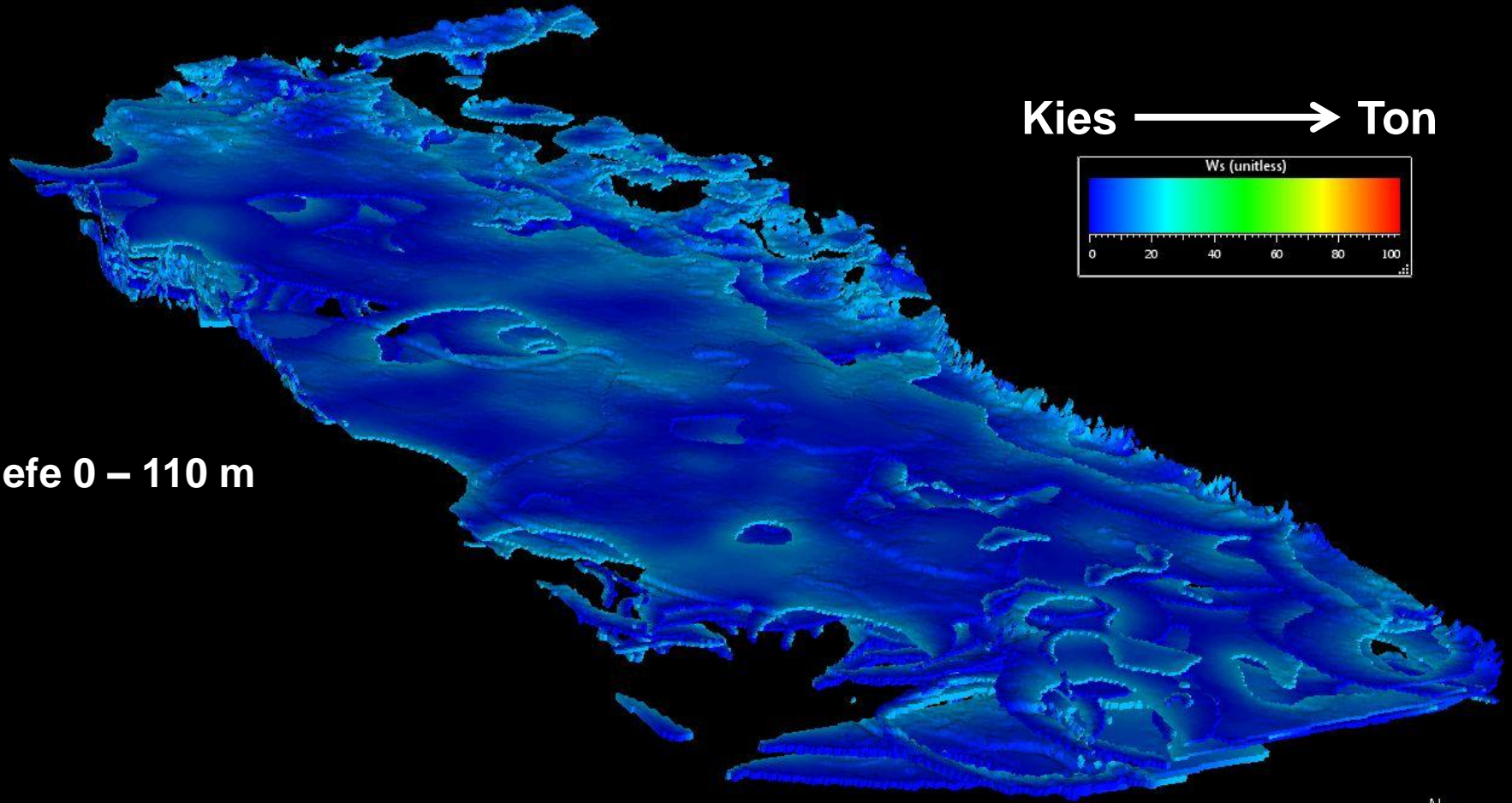
VH



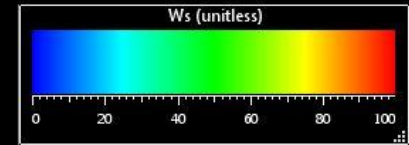
Parametrisierung



Verbreitung Kies/Sand



Kies → Ton



Tiefe 0 – 110 m

26 Mrd. m³ = 46,8 Mrd. Tonnen



Fragen

Grundwasser

- Welche Störungen sind im Betrachtungsraum vorhanden/aktiv?
- Gibt es Interaktion zw. verschiedenen Aquiferen?

Fragen

Grundwasser

- Welche Störungen sind im Betrachtungsraum vorhanden/aktiv?
- Gibt es Interaktion zw. verschiedenen Aquiferen?

Massenrohstoffe

- Können wir Homogenitätsbereiche ausweisen?

Fragen

Grundwasser

- Welche Störungen sind im Betrachtungsraum vorhanden/aktiv?
- Gibt es Interaktion zw. verschiedenen Aquiferen?

Massenrohstoffe

- Können wir Homogenitätsbereiche ausweisen?

Baugrund

- Wo gibt es rezente Oberflächendeformationen (geogen/anthropogen)?

Fragen

Grundwasser

- Welche Störungen sind im Betrachtungsraum vorhanden/aktiv?
- Gibt es Interaktion zw. verschiedenen Aquiferen?

Massenrohstoffe

- Können wir Homogenitätsbereiche ausweisen?

Baugrund

- Wo gibt es rezente Oberflächendeformationen (geogen/anthropogen)?

Altlasten

- Wo vorhanden? Gibt es Migration?

Fragen

Grundwasser

- Welche Störungen sind im Betrachtungsraum vorhanden/aktiv?
- Gibt es Interaktion zw. verschiedenen Aquiferen?

Massenrohstoffe

- Können wir Homogenitätsbereiche ausweisen?

Baugrund

- Wo gibt es rezente Oberflächendeformationen (geogen/anthropogen)?

Altlasten

- Wo vorhanden? Gibt es Migration?

Geothermie

- Können Migrationen entlang von Störungen stattfinden?

Fragen

Grundwasser

- Welche Störungen sind im Betrachtungsraum vorhanden/aktiv?
- Gibt es Interaktion zw. verschiedenen Aquiferen?

Massenrohstoffe

- Können wir Homogenitätsbereiche ausweisen?

Baugrund

- Wo gibt es rezente Oberflächendeformationen (geogen/anthropogen)?

Altlasten

- Wo vorhanden? Gibt es Migration?

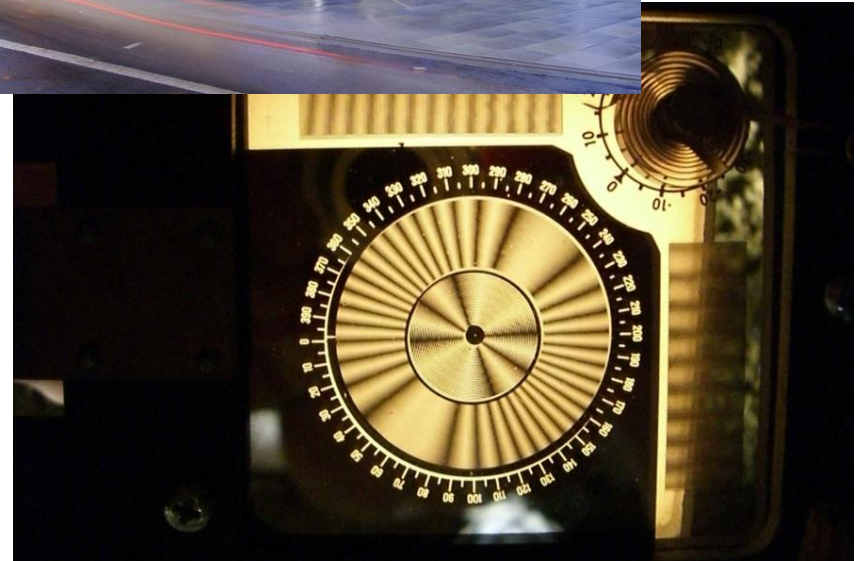
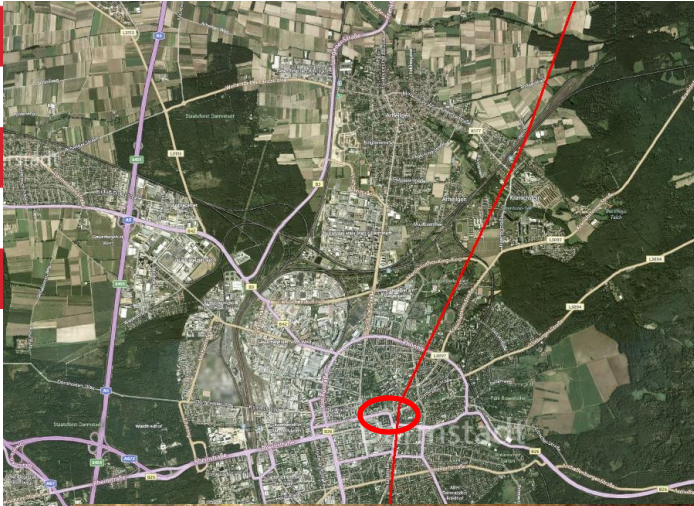
Geothermie

- Können Migrationen entlang von Störungen stattfinden?

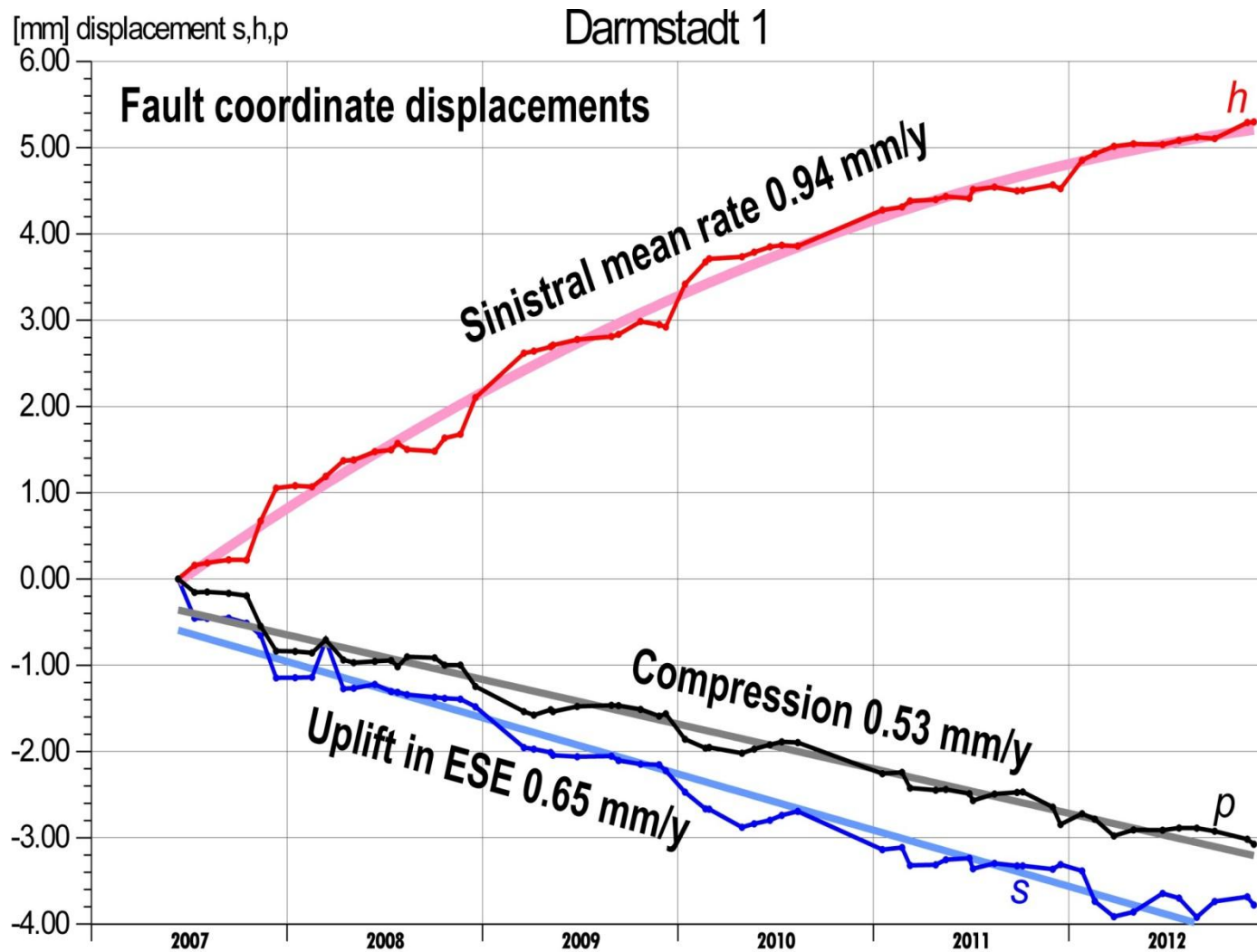
Radionuklide

- Konzentration? Migration?

Geodynamik Darmstadt



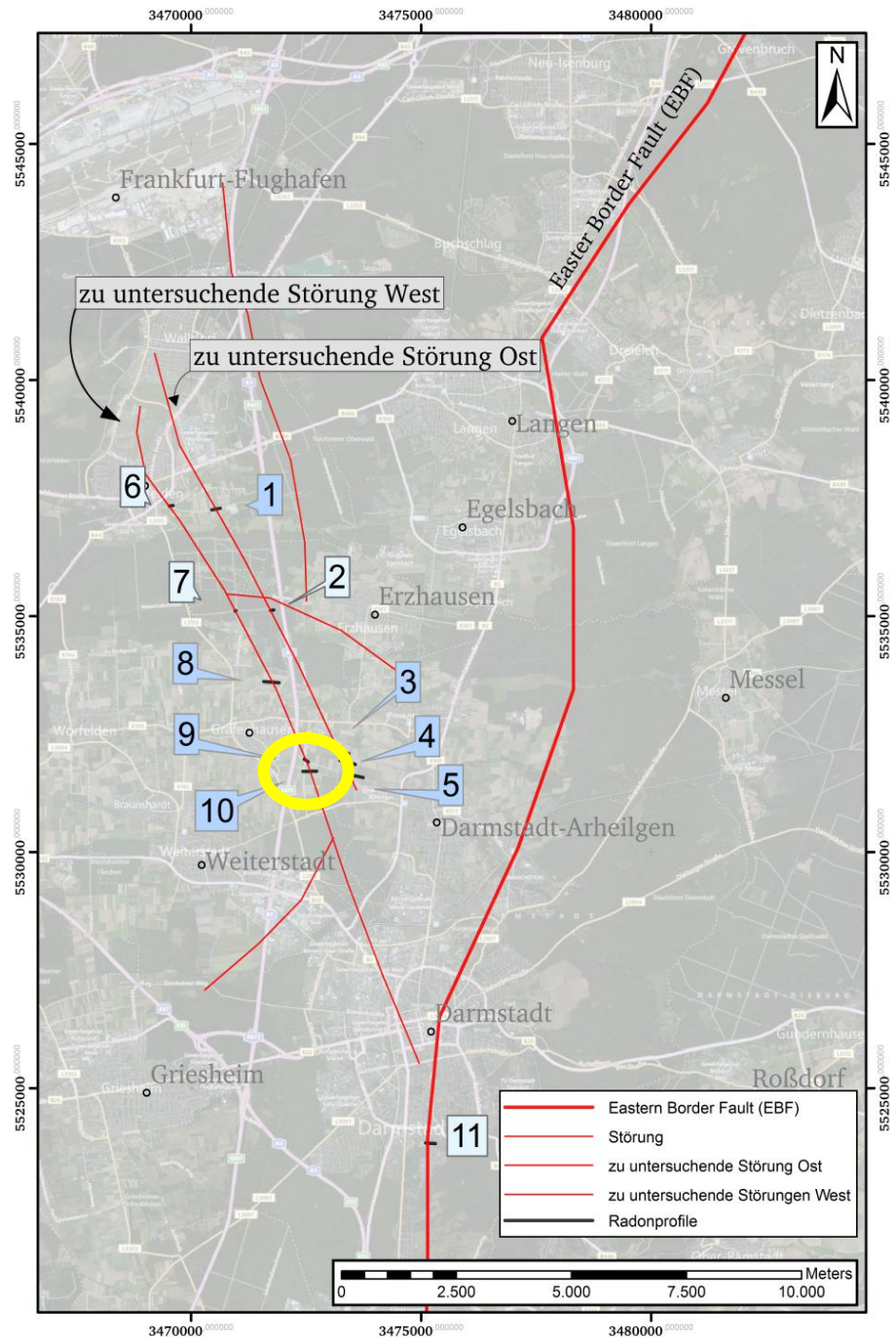
Geodynamik Darmstadt



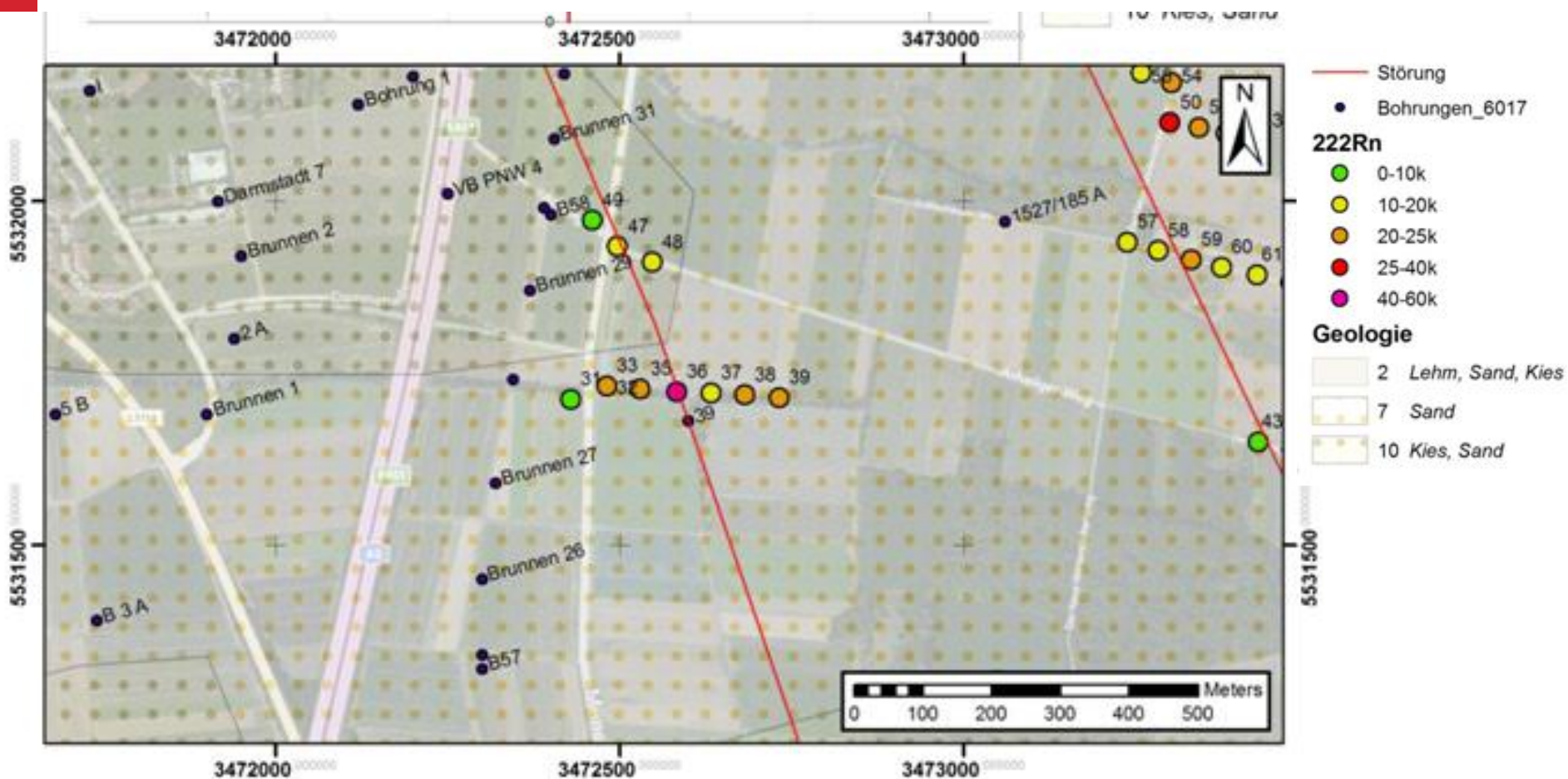
(Hoppe et al. 2014)

Bodenluftmessungen

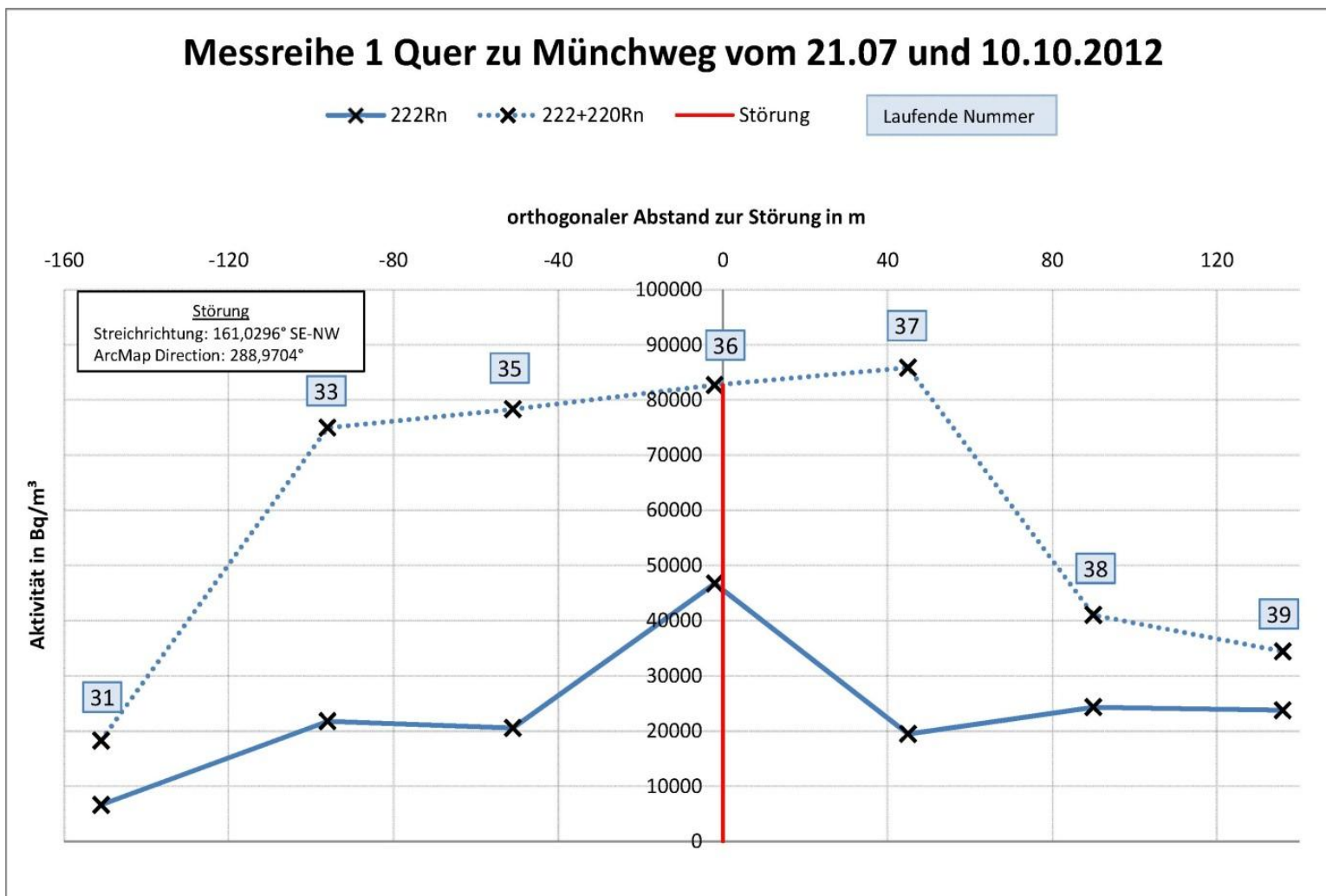
..... im Raum Darmstadt



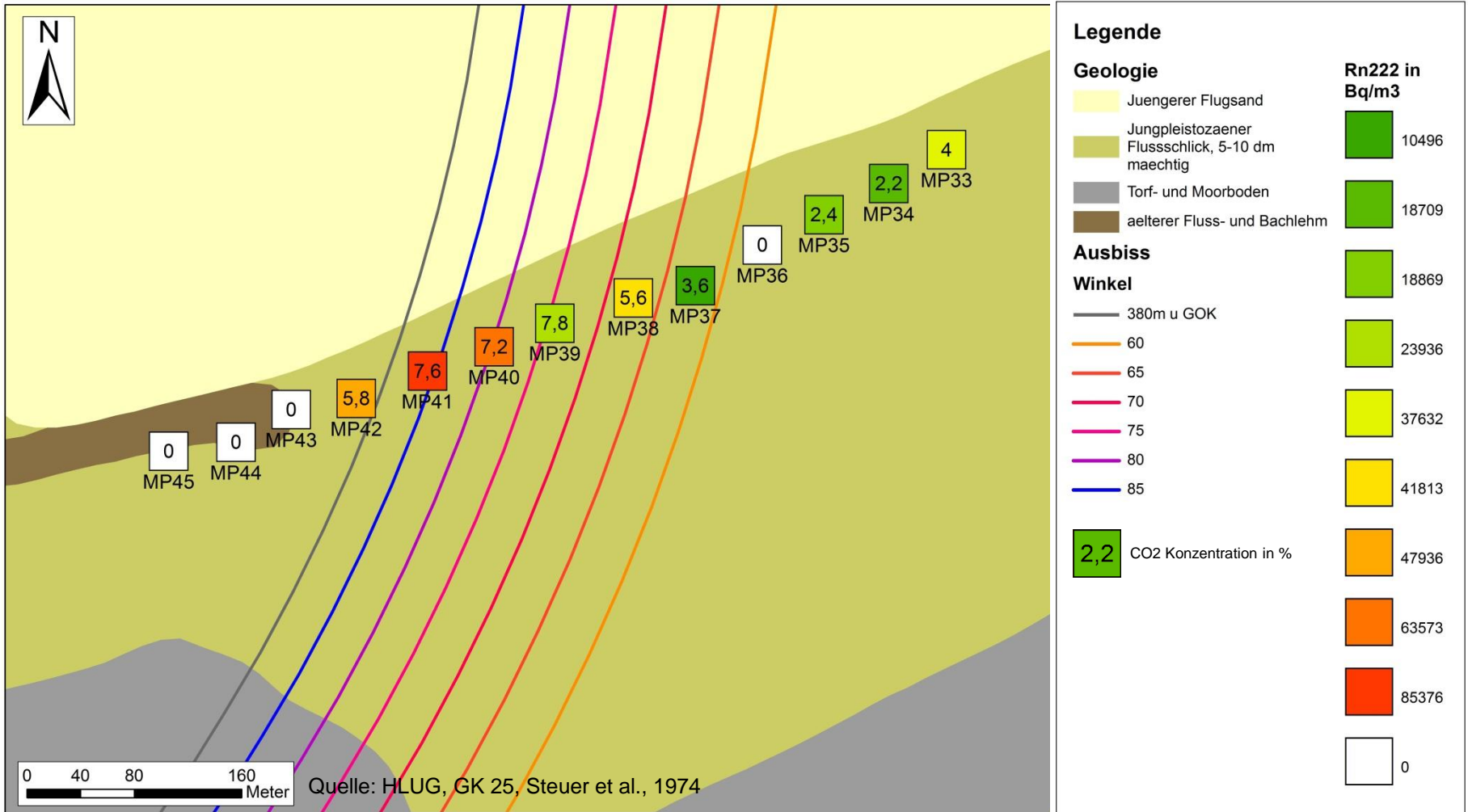
Profil 10



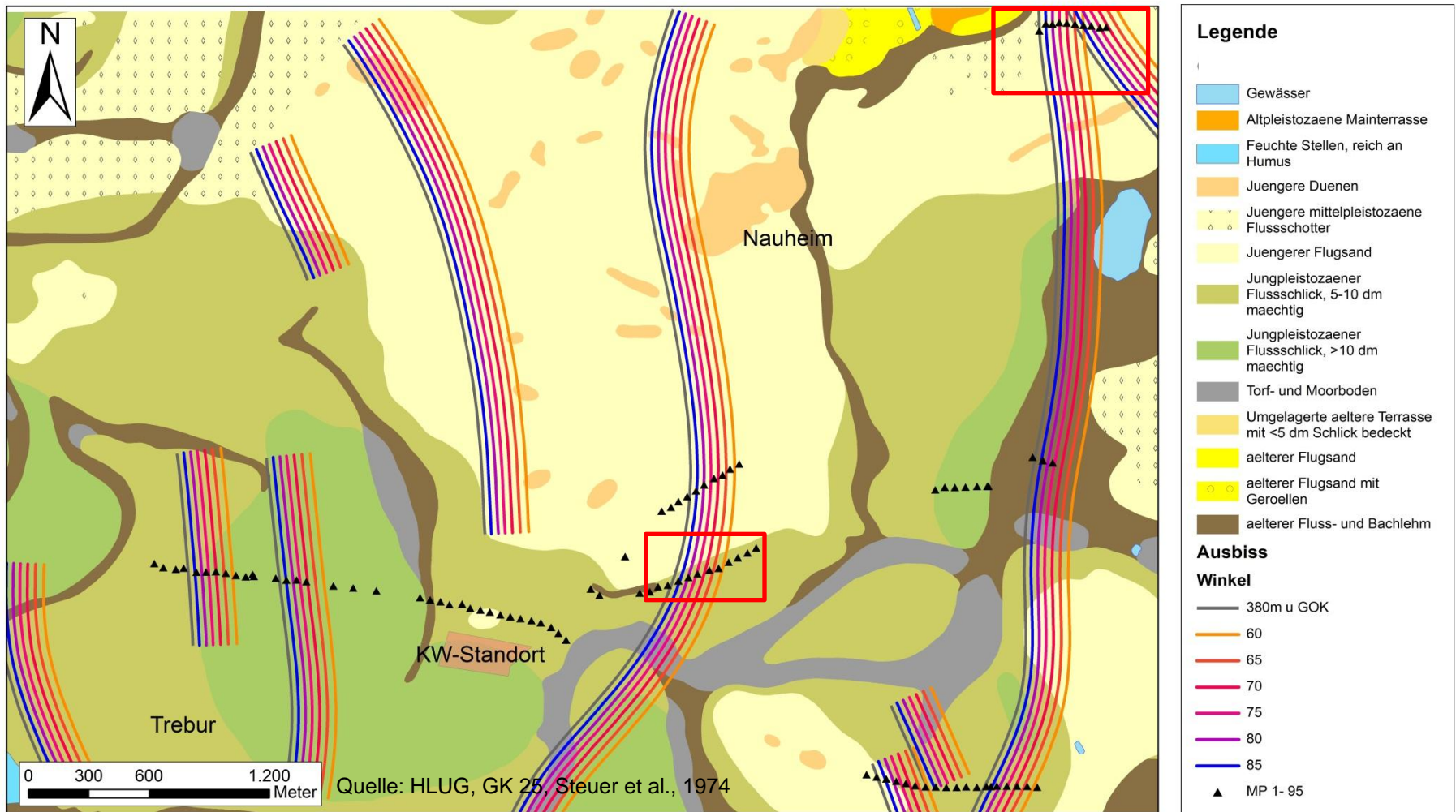
Profil 10



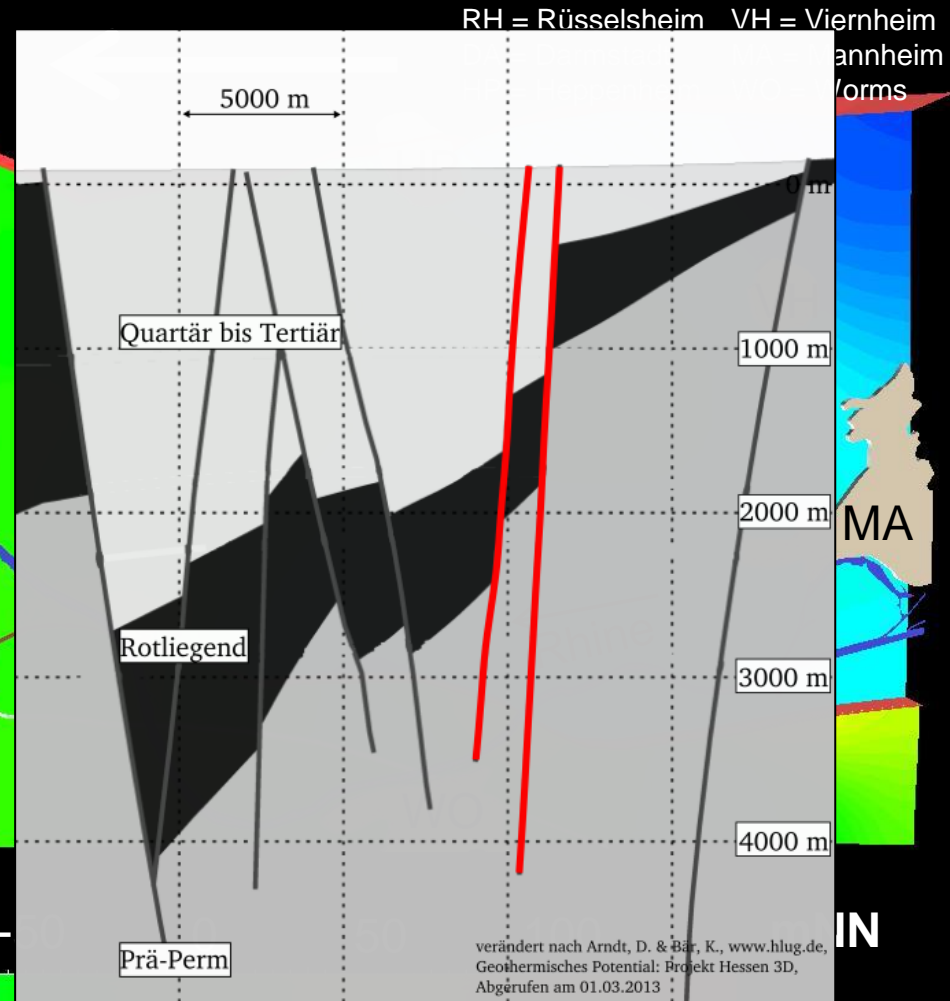
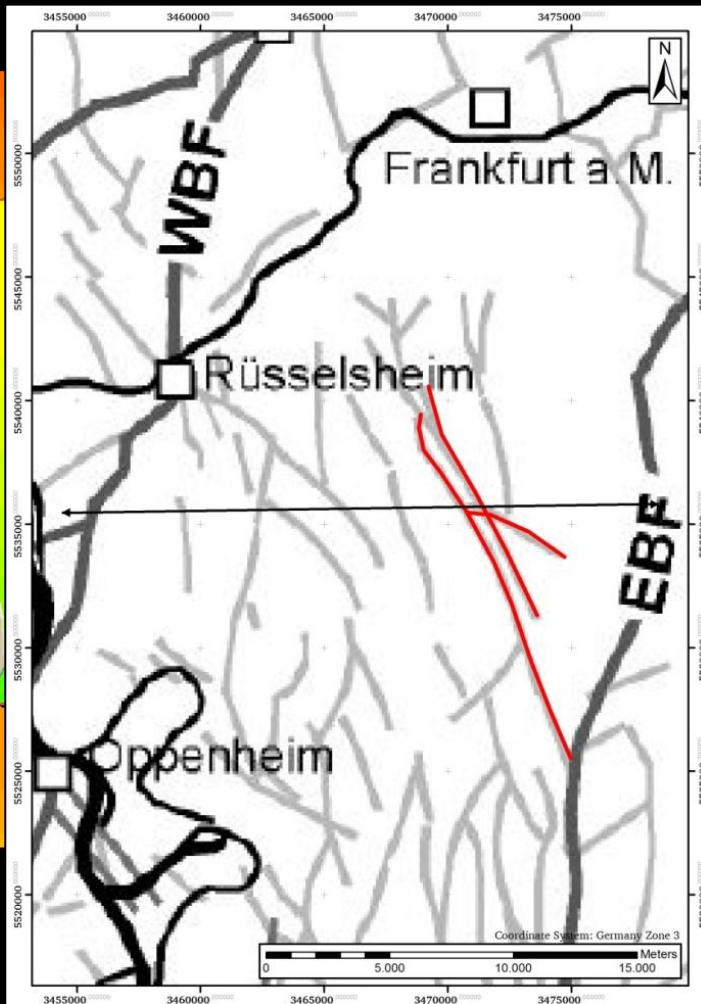
MP 33 – 45



Messpunkte



Bodenluftmessungen im Raum Darmstadt



Weitere Schritte darmstadtium



Weitere Schritte darmstadtium

- Ausbau der Station zu einer Multiparameter-Messeinrichtung
 - > Strong-Motion Detektor (HLUG)
 - > Radon-Dauerbeobachtung (HLUG)
 - > Extensometer (TU-DA)
 - > Satellitengestützte Regionalisierung (TU-DA)

- >> Integration darmstadtium u.a. in Erdbebendienst Hessen
- >> Unterstützung wiss. Arbeiten an TU-DA