

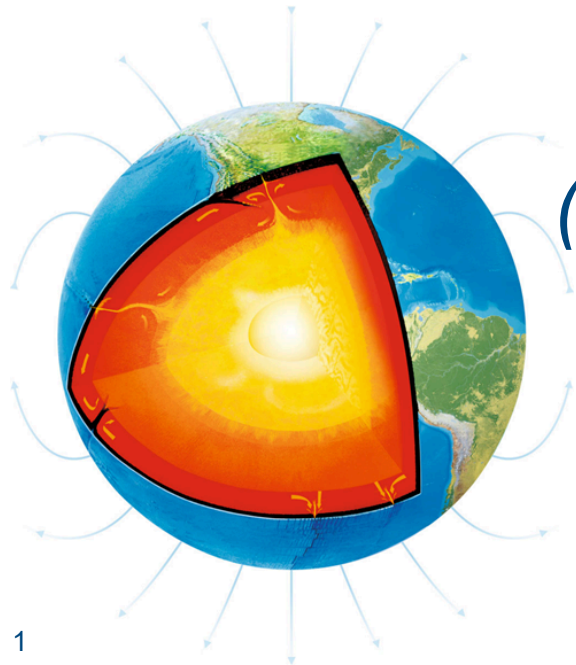
Einführung in die Geophysik

Teil 6: Geoelektrik

2. BSc Geophysik und Geoinformatik (BGIP)

Thomas Günther

(thomas.guenther@geophysik.tu-freiberg.de)



Previously on AnGy

1. ~~Gravimetrie (1.5)~~
2. ~~Geomagnetik (2.5)~~
3. Geoelektrik (2)
4. Induktive Elektromagnetik (1)
5. Georadar (1)
6. Seismik (3)

Belegaufgaben Gravimetrie

- Daten als CSV im OPAL, Abgabe auch (ipynb oder pdf)
- Arbeit in Gruppen möglich, aber jeder beschreibt selbst
- Lageskizze selbst anfertigen (Hand, Skizze, Plot)
- herunter gerüstetes Notebook als Starthilfe
 - Einlesen und Darstellen der Höhendaten
 - Einlesen und Plotten der gravimetrischen Messungen
 - Durchführung der Gang-, Freiluft- und Bouguer-Korrektur
 - Modellierung der Anomalie und Interpretation (Lagedaten!)

Magnetik-Praktikum 08./09.05.2025

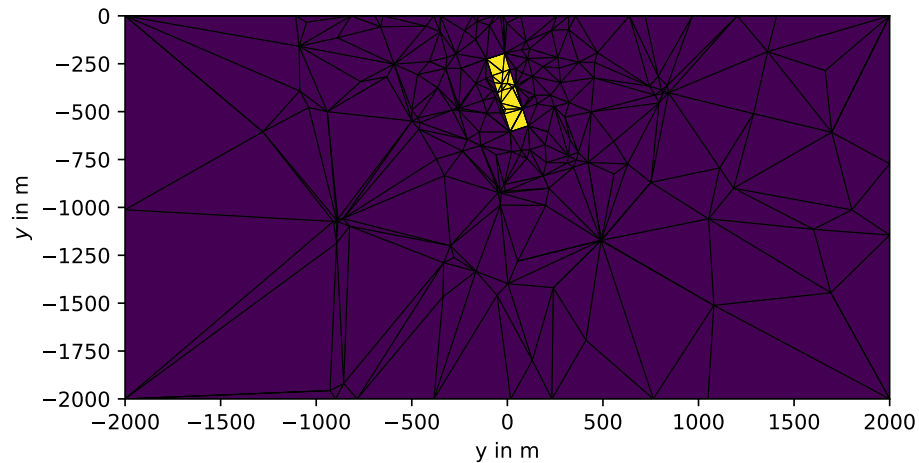
- Untersuchung einer “Verdachtsfläche”
- 2 Gruppen an zwei Tagen
- 8.5. (9:45-11:15 Uhr) und 9.5. (8:00-9:30 Uhr)
- Treffpunkt Institutsparkplatz
- Auswertung 23.5.2025, 8-9:30 Uhr
- Messgerät: KPM
- Vorüberlegungen: Profillänge, Punktabstand
- 13.05. Verschiebung der Vorlesung (wohin?)

Zusammenfassung Geomagnetik

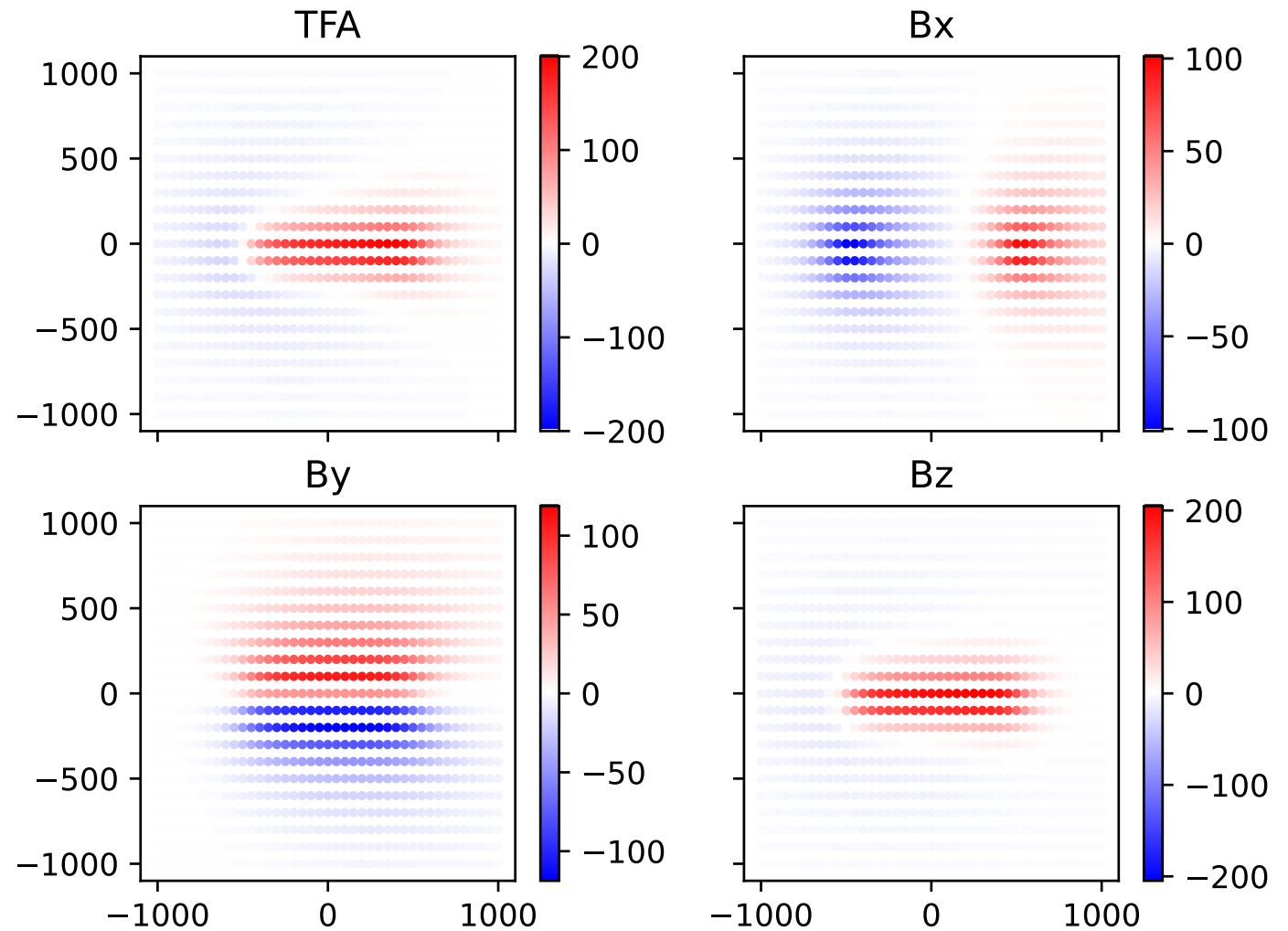
- relativ günstiges Verfahren
 - regionale Erkundung (airborne)
 - kleinskaliges Mapping (Archäologie, Metall)
- Magnetisierung (Vektor): induziert (Erdfeldrichtung) oder remanent
- Form von Anomalien bestimmt durch Inklinaton/Deklination
- Totalintensität (TFA/TMI) überlagert mit Erdfeld (+/-)
- Vertikalgradient betont Strukturen und kleine Anomalien

Synthetische Störung: B-Felder

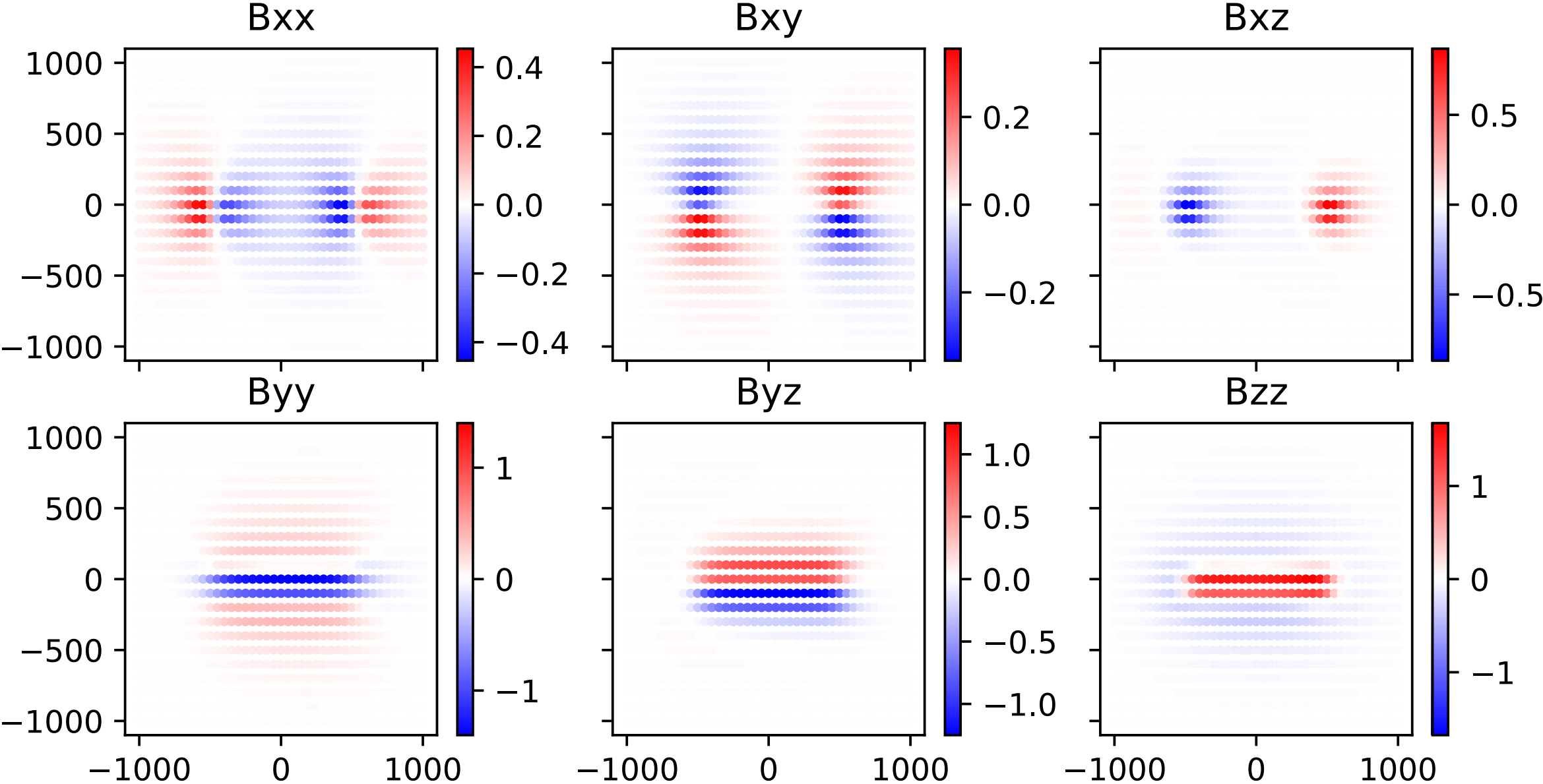
Steep fault model



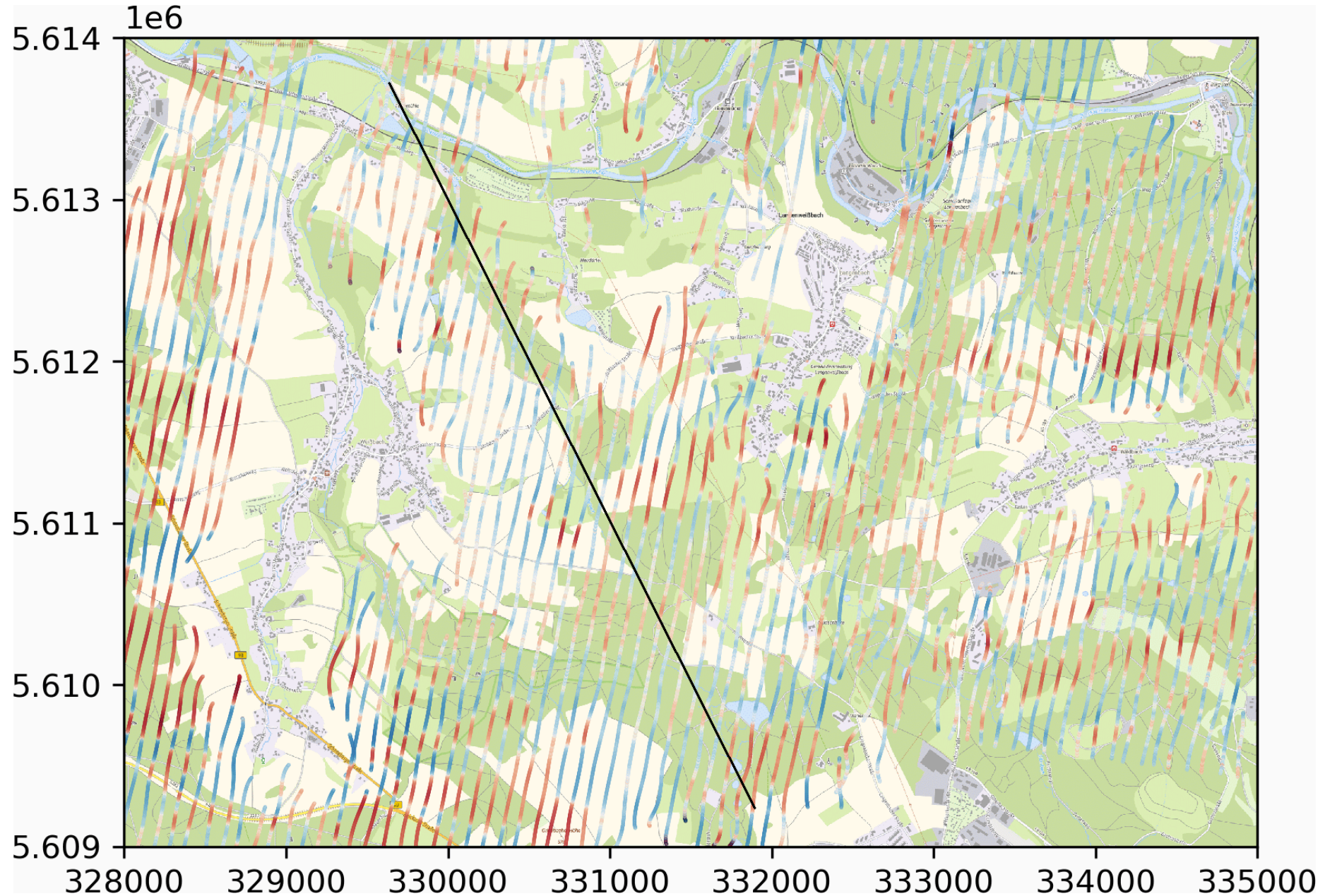
- $1000 \times 100 \times 400 \text{ m}^3$
- induced magnetization
- IGRF ($50 \mu\text{T}$, $I=66^\circ$, $D=2^\circ$)



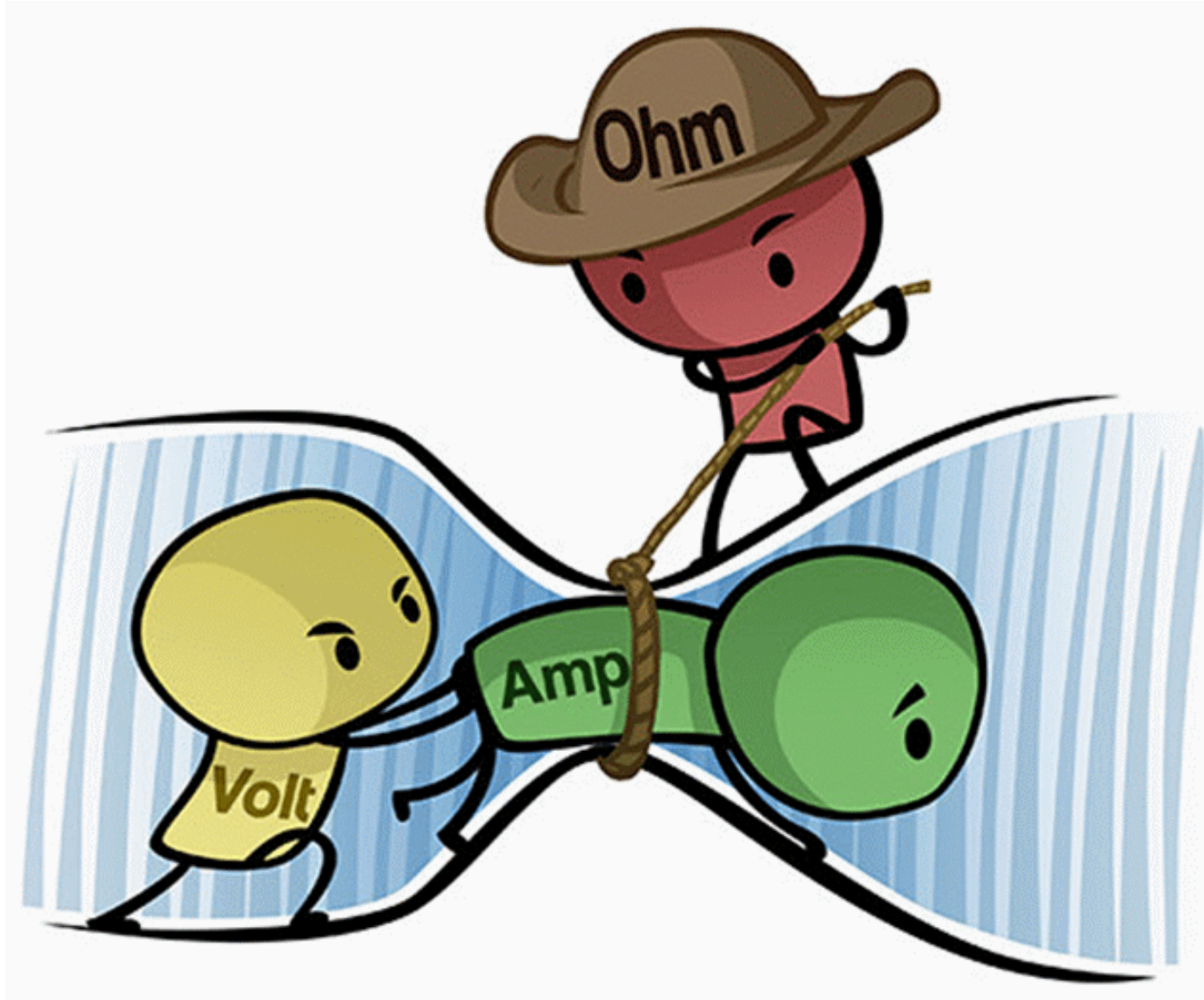
Synthetische Störung: Tensor



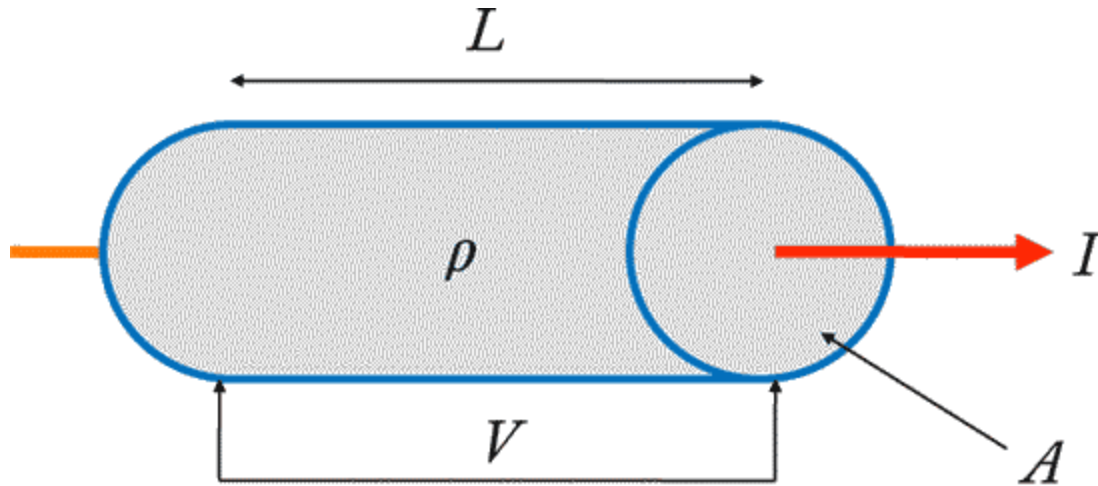
Erkundung Störungszone: Bzz



Geoelektrik



Elektrische Leitfähigkeit



Elektrischer Widerstand

- Länge L , Querschnitt A
- Spannung U [V], Stromstärke I [A]
- Ohmscher Widerstand $R=U/I$ [Ω]

- Stromdichte $j=I/A$ [A/m²]
- Elektr. Feld $E=U/L$ [V/m]

- **Ohmsches Gesetz**

$$j = \sigma E \text{ (Leitfähigkeit } \sigma)$$
$$\Rightarrow \rho = 1/\sigma = E/j \text{ } [\Omega\text{m}]$$

spezifischer Widerstand

$$\Rightarrow \rho = \frac{U/L}{I/A} = \frac{U}{I} \frac{A}{L} = R \cdot k$$

Konfigurations-Faktor k [m]

Spezifischer Widerstand von Materialien

Material	Minimum	Maximum in Ωm
Sand	50 (wassergesättigt)	$> 10^4$ (trocken)
Schluff	20	50
Geschiebemergel	30	70
Lößlehm	30	100
Ton (erdfeucht)	3	30
Ton (trocken)		> 1000
Torf, Humus, Schlick	15	25
Moorböden	10	150
Braunkohle	10	150
Erdöl	10^9	10^{12}
Sandstein	< 50 (klüftig, feucht)	$> 10^5$ (kompakt)
Kalkstein	100 (klüftig, feucht)	$> 10^5$ (kompakt)
Tonschiefer	50 (klüftig, feucht)	$> 10^5$ (kompakt)
Magmatite, Metamorphite	150 (verwittert, feucht)	$> 10^6$ (kompakt)
Schwarzschiefer	< 1	50
Steinsalz	30 (feucht)	$> 10^6$ (trocken)
Destilliertes Wasser		$> 10^3$
Schneefirn		$> 10^5$

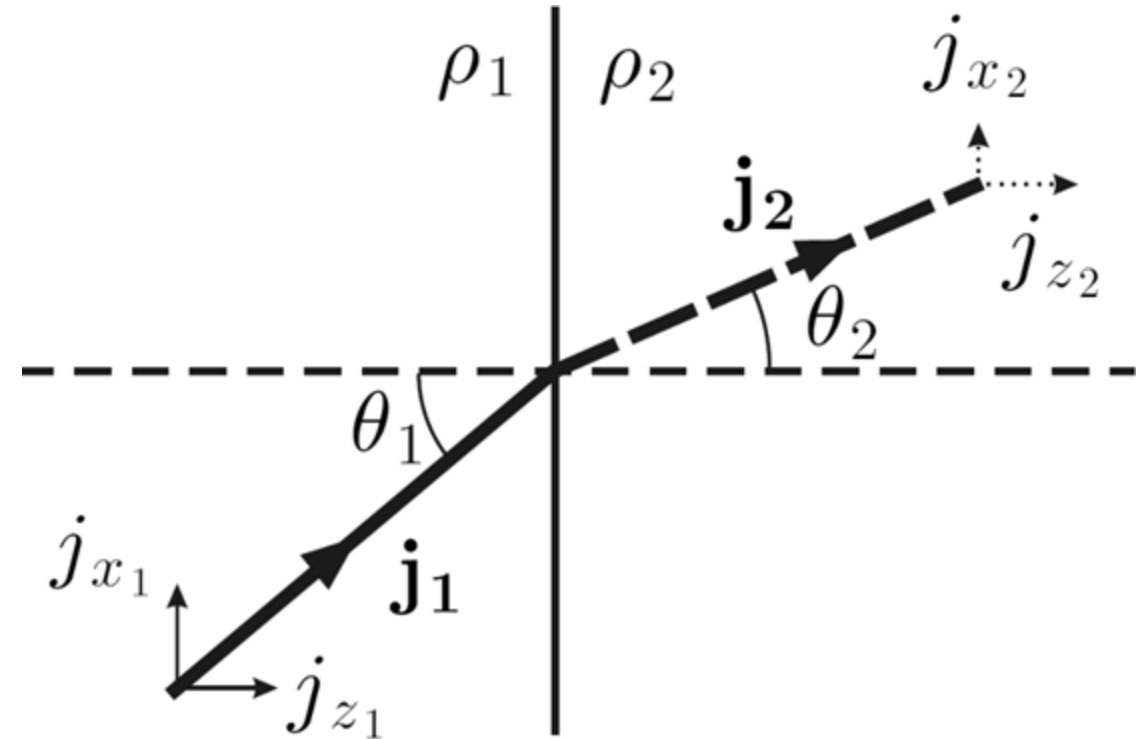
Kontinuitäts-Gleichung

Maxwell-Gleichungen stationär

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j}$$

$$\nabla \cdot \nabla \times \mathbf{H} = \nabla \cdot \mathbf{j} = 0$$

$$\Rightarrow \nabla \cdot (\sigma \mathbf{E}) = -\nabla \cdot (\sigma \nabla U) = 0$$



$$E_1 = E_2 \Rightarrow \rho_1 j_{x1} = \rho_2 j_{x2}$$
$$j_{z1} = j_{z2}$$

Lösung für homogenen Vollraum

$$-\nabla \cdot (\sigma \nabla U) = 0$$

Strom verteilt sich radial über Kugel-Oberfläche

$$j = I/A = I/(4\pi r^2)$$

$$U = rE = r\rho j = \rho I/(4\pi r)$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{U}{I} 4\pi r = R \cdot k \quad \text{mit} \quad k = 4\pi r$$

Lösung für homogenen Vollraum

$$-\nabla \cdot (\sigma \nabla U) = 0$$

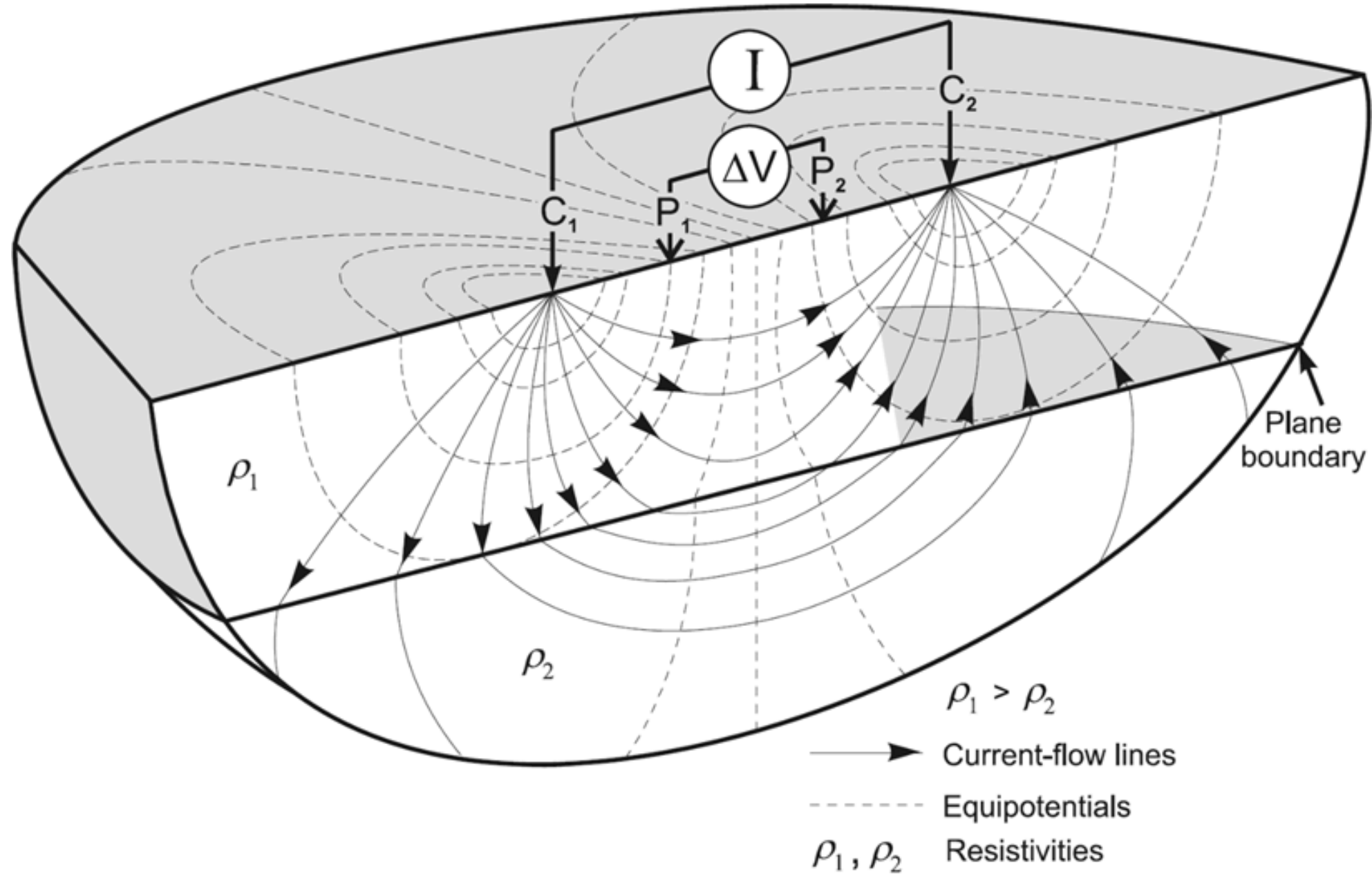
Strom verteilt sich radial über Halbkugel-Oberfläche

$$j = I/A = I/(2\pi r^2)$$

$$U = rE = r\rho j = \rho I/(2\pi r)$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{U}{I} 2\pi r = R \cdot k \quad \text{mit} \quad k = 2\pi r$$

Grundschemata



Konfigurations/Geometrie-Faktor

$$U_{AM} = \rho I \frac{1}{2\pi \overline{AM}}, U_{AN} = \rho I \frac{1}{2\pi \overline{AN}} \text{ etc.}$$

$$\Delta U = U_{AM} - U_{AN} - (U_{BM} - U_{BN})$$

$$\Delta U = \rho I \left(\frac{1}{2\pi \overline{AM}} - \frac{1}{2\pi \overline{AN}} - \frac{1}{2\pi \overline{BM}} + \frac{1}{2\pi \overline{BN}} \right)$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{\Delta U}{I} k \quad \text{mit} \quad k = \frac{2\pi}{\frac{1}{\overline{AM}} - \frac{1}{\overline{AN}} - \frac{1}{\overline{BM}} + \frac{1}{\overline{BN}}}$$

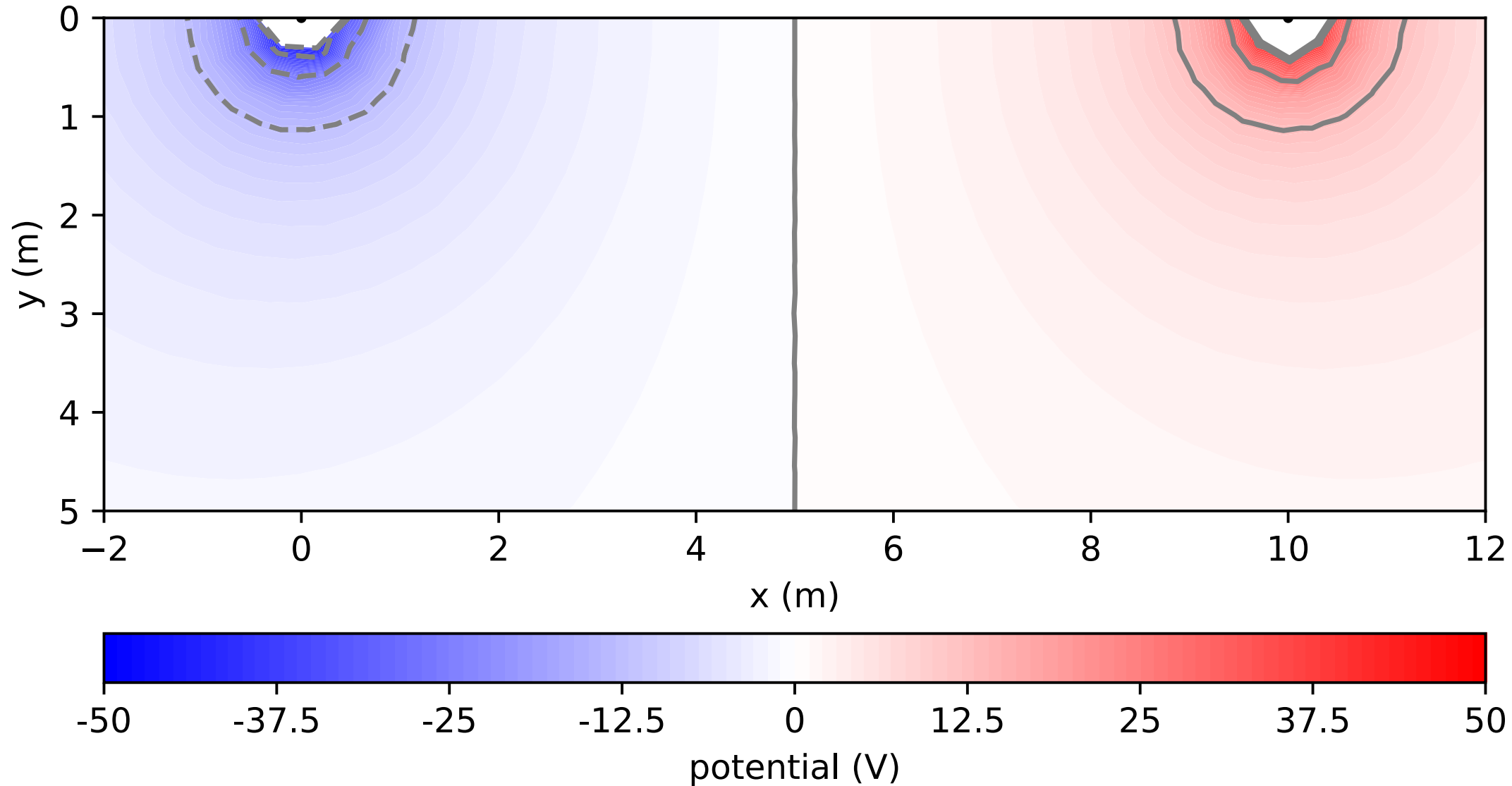
Anwendungsfälle

- Ingenieurgeophysik (Festgestein, Hohlräume, Bäume/Wurzeln)
- Hydrogeologie (Aquifer-Architektur, Kontaminationen)
- Salzwasser-Intrusion in Grundwasser-Aquifere
- Geologisch/tektonische Untersuchungen (Störungen)
- Archäologie (Fundamente, Hütten und Schlacken)
- Landwirtschaft (Feuchtigkeit und Tonanteil)
- Georisiken (Hangrutschungen, Verkarstung)
- Prozessmonitoring (Wasser- und Stoff-Transport)

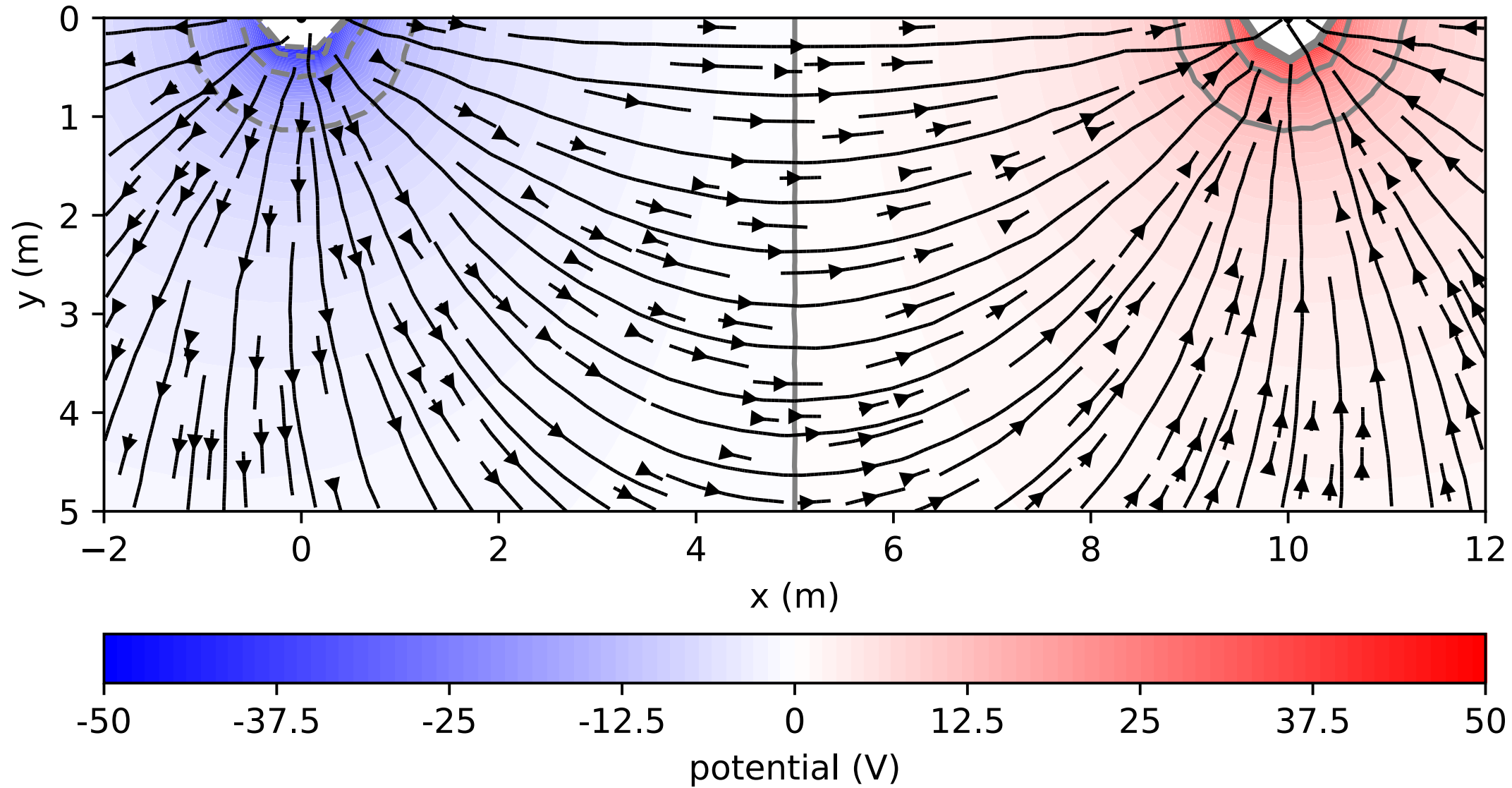
ERT Feldausbreitung

Einstieg siehe Notebook

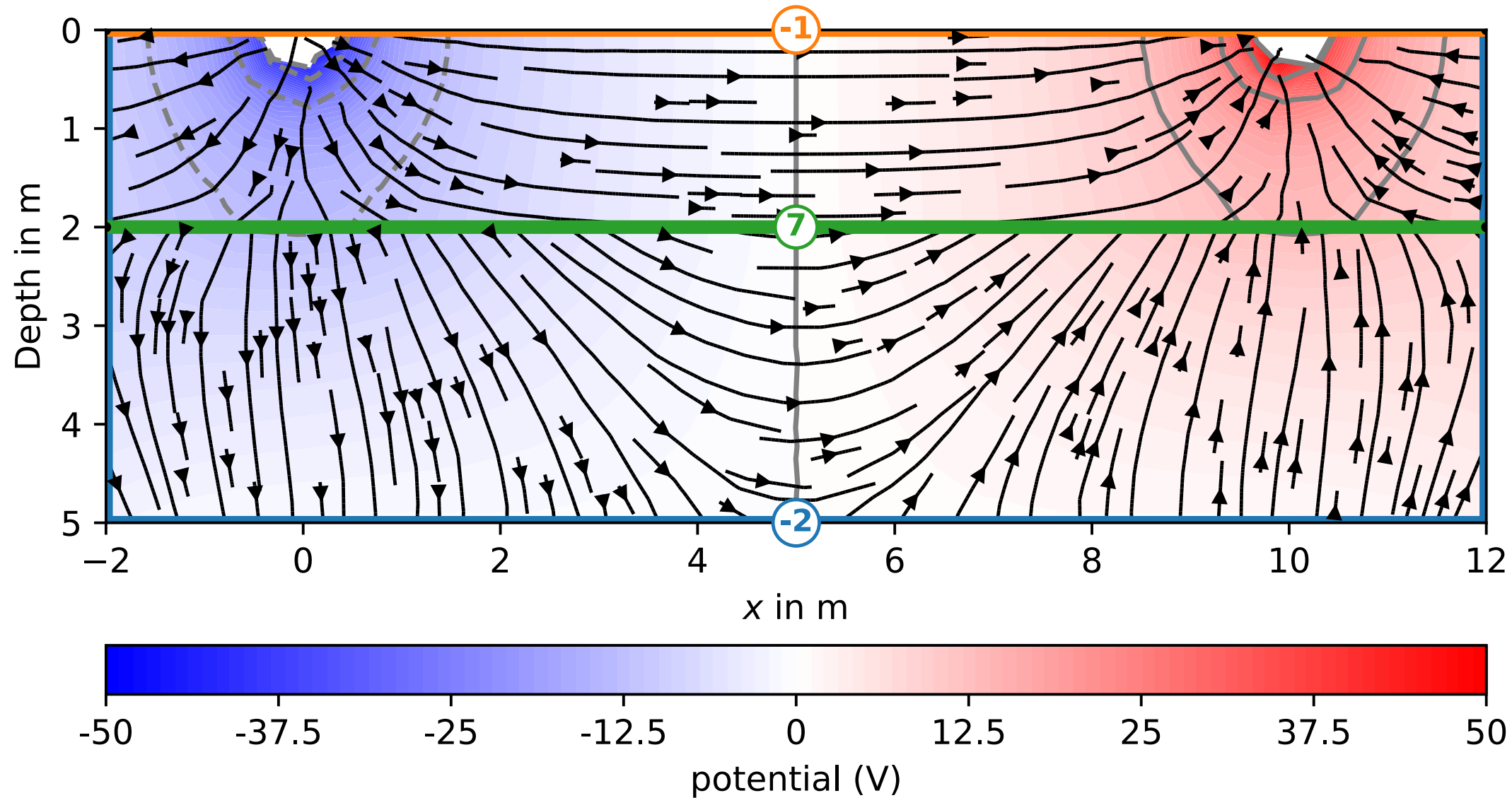
Homogener Untergrund: Potentialverteilung



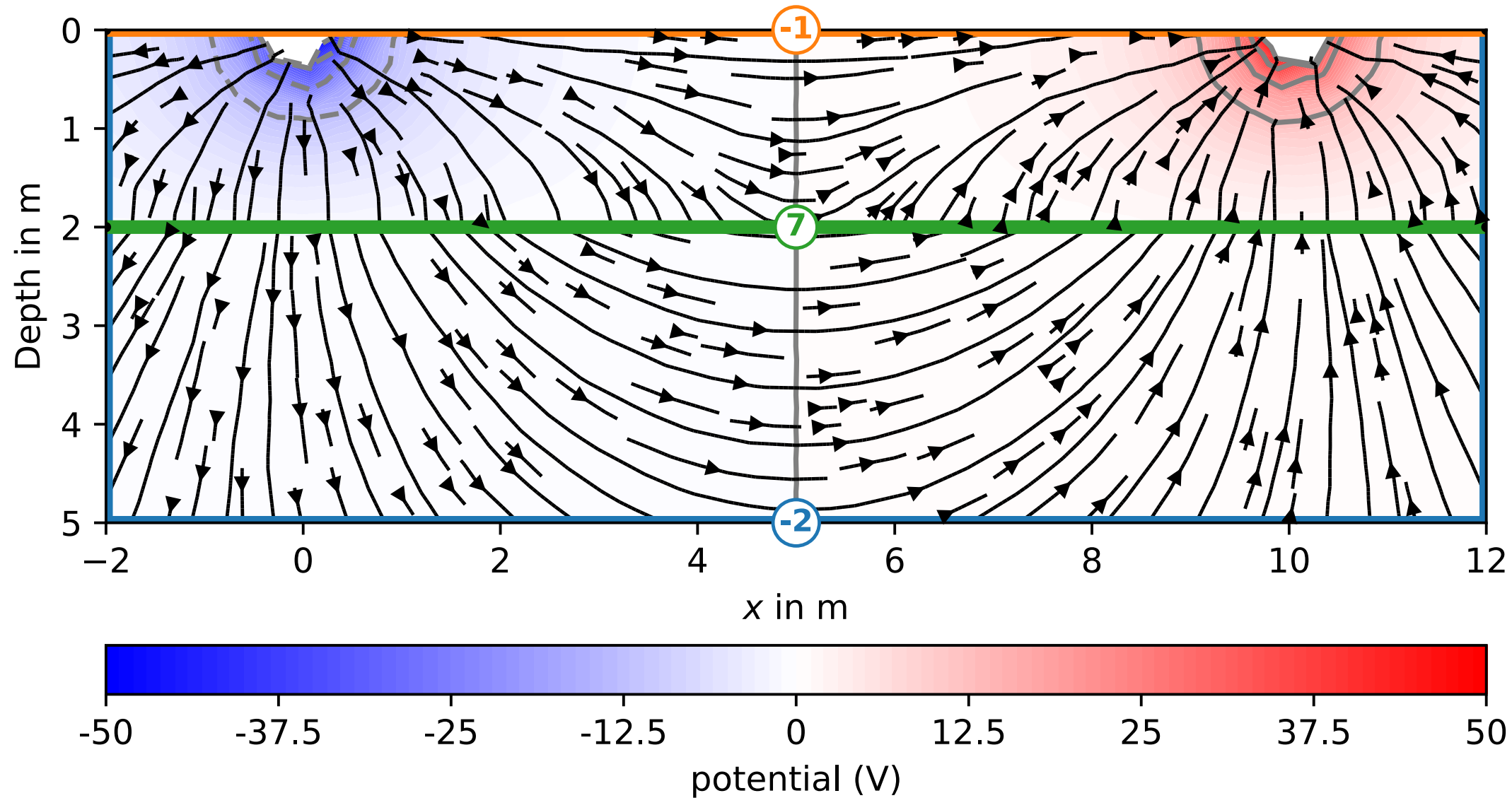
Homogener Untergrund: Stromlinien



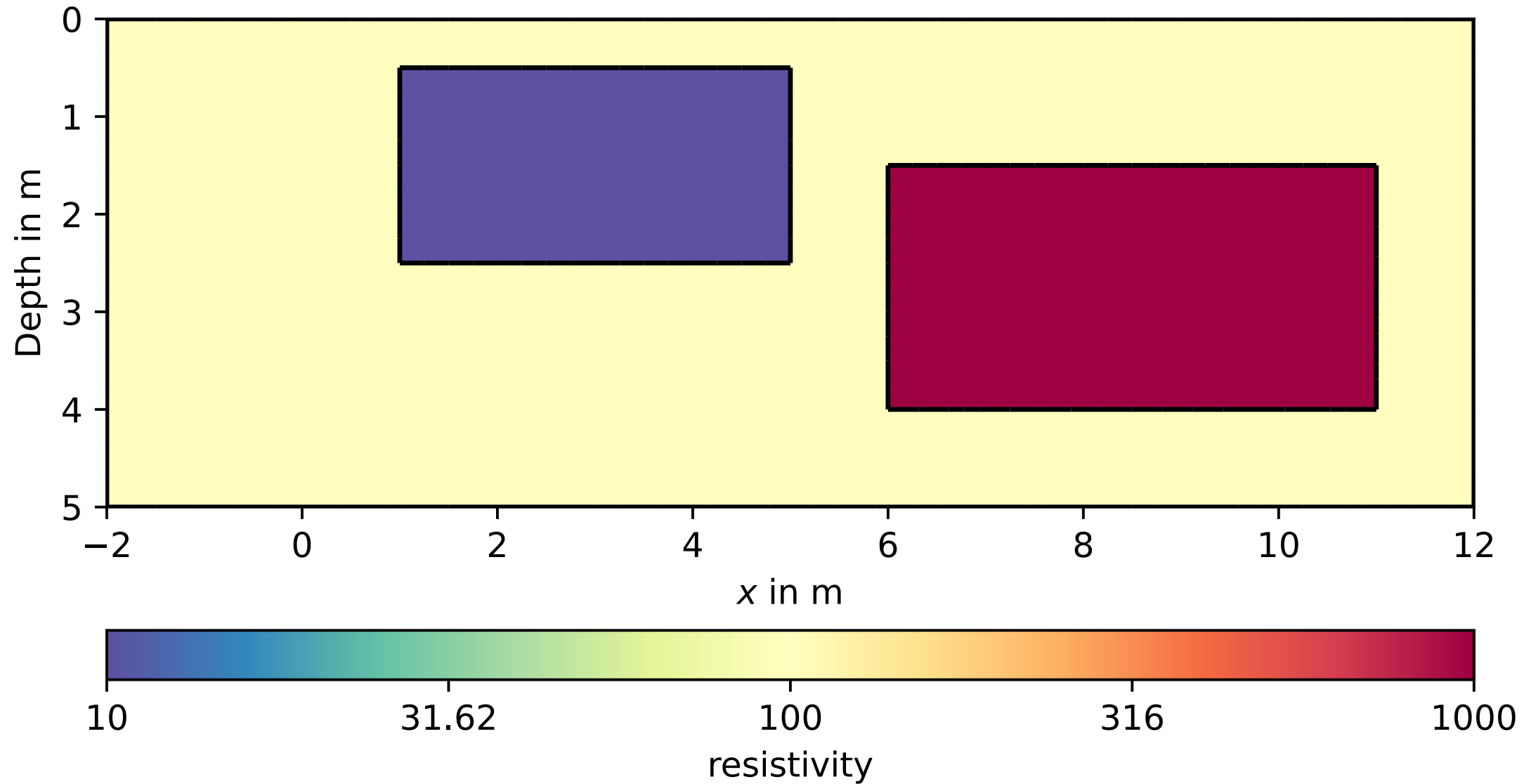
Schlechter Leiter: Stromlinien



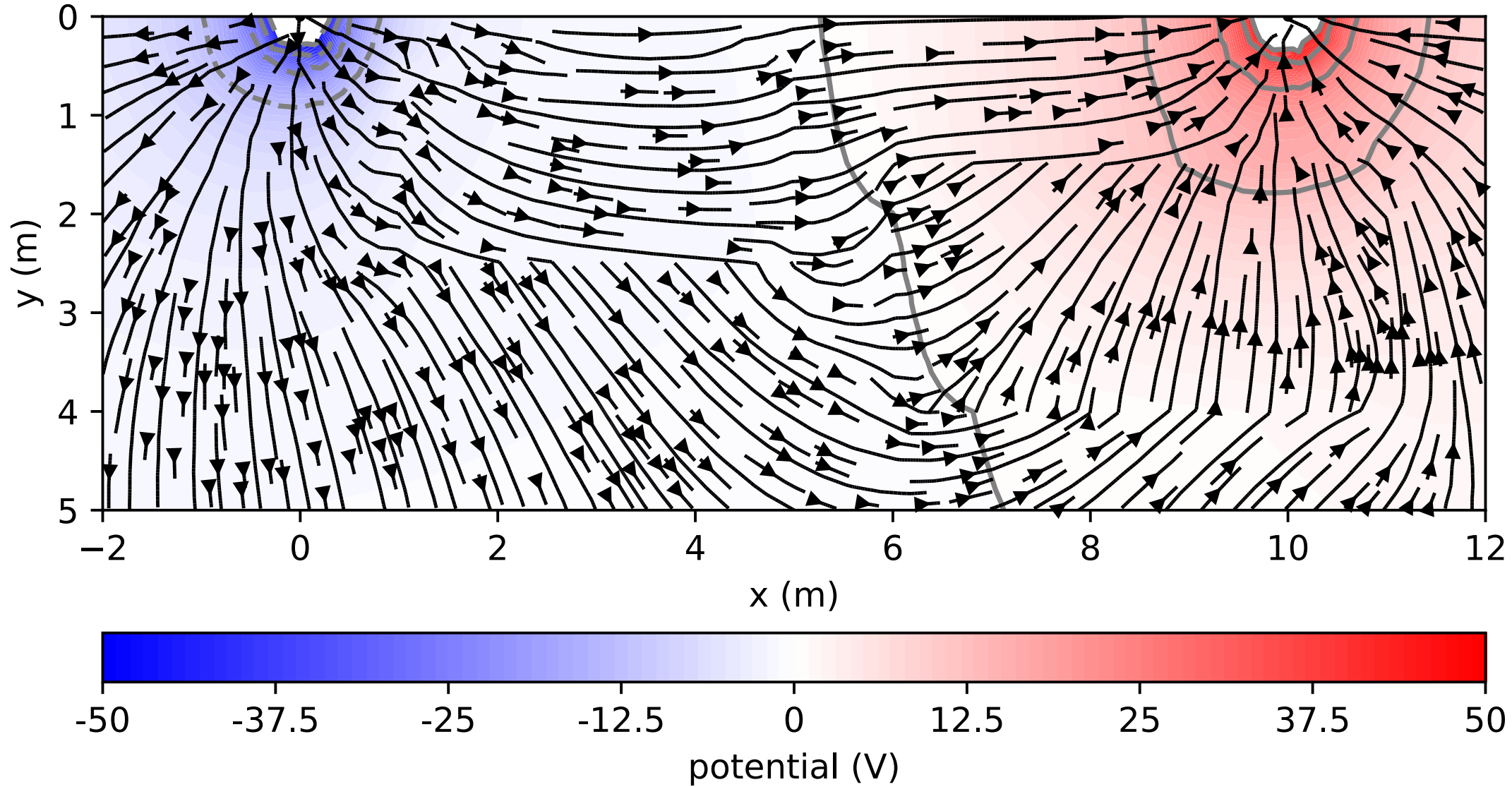
Guter Leiter: Stromlinien



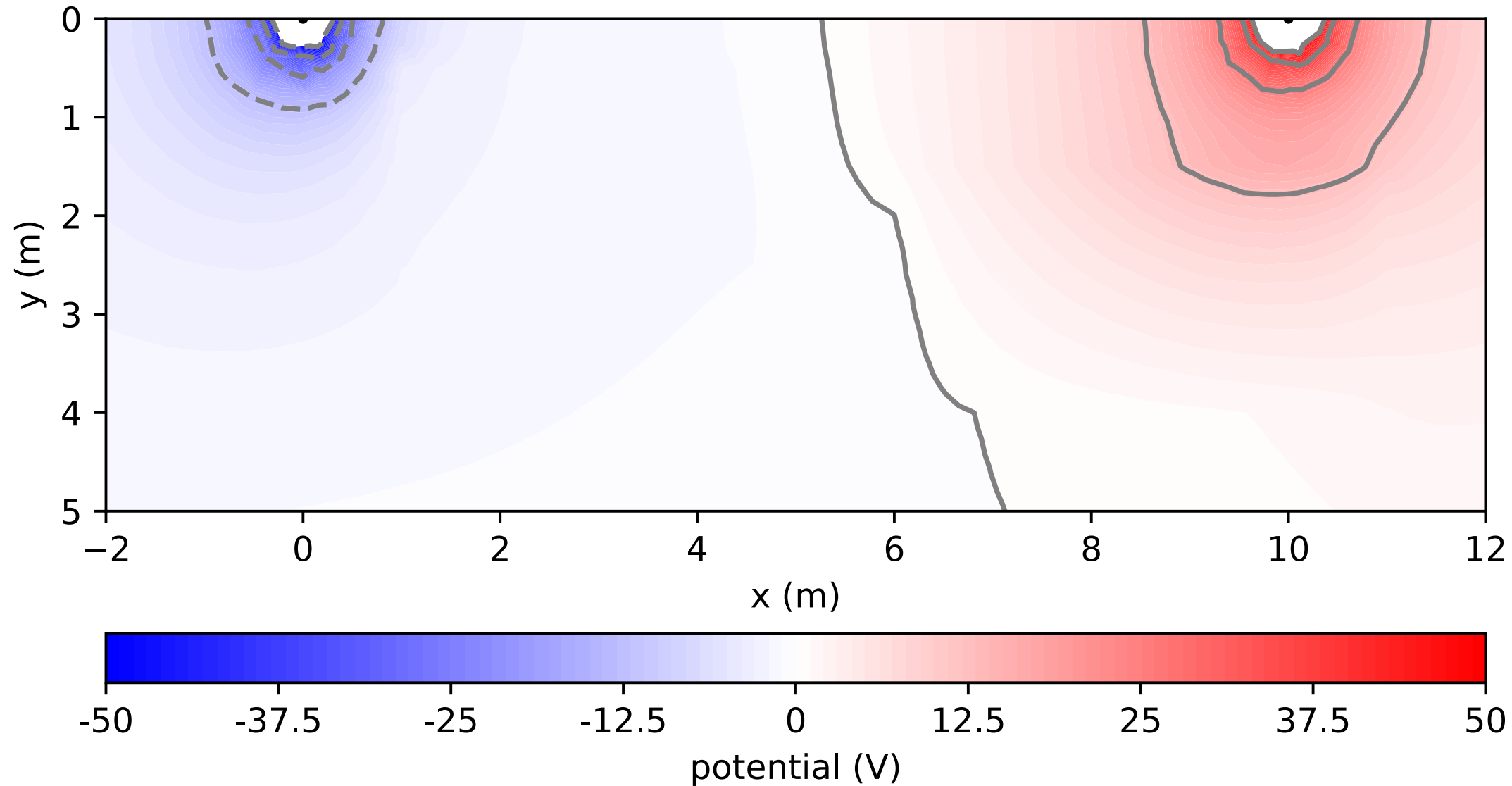
Inhomogener Untergrund



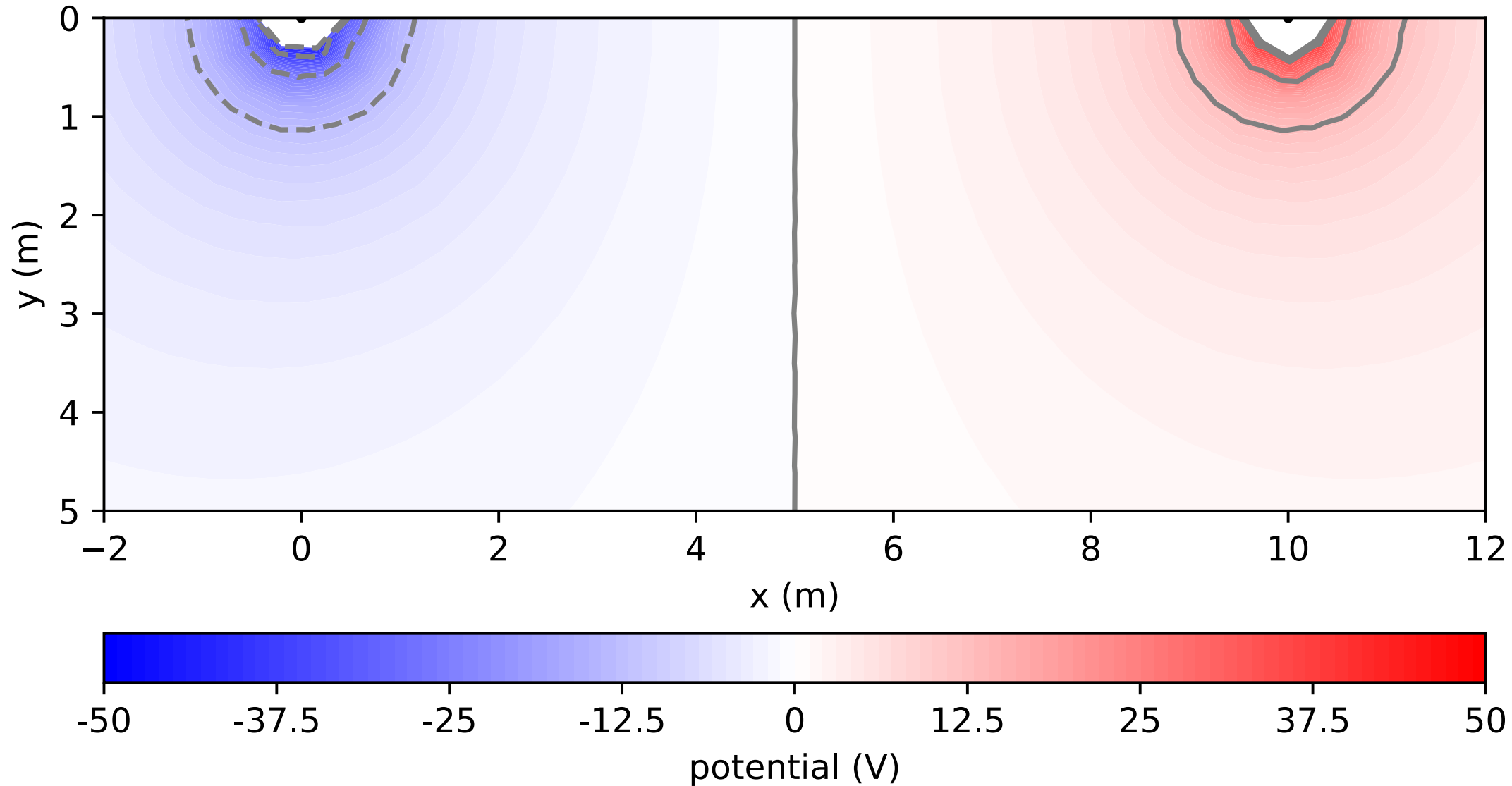
Inhomogener Untergrund: Stromlinien



Inhomogener Untergrund: Potentialverteilung



Homogener Untergrund: Potentialverteilung



Sensitivitätsverteilung

