

Projekt 2010

Untersuchung der Kehler Militäranlage (1882-1945) mit Geoelektrik

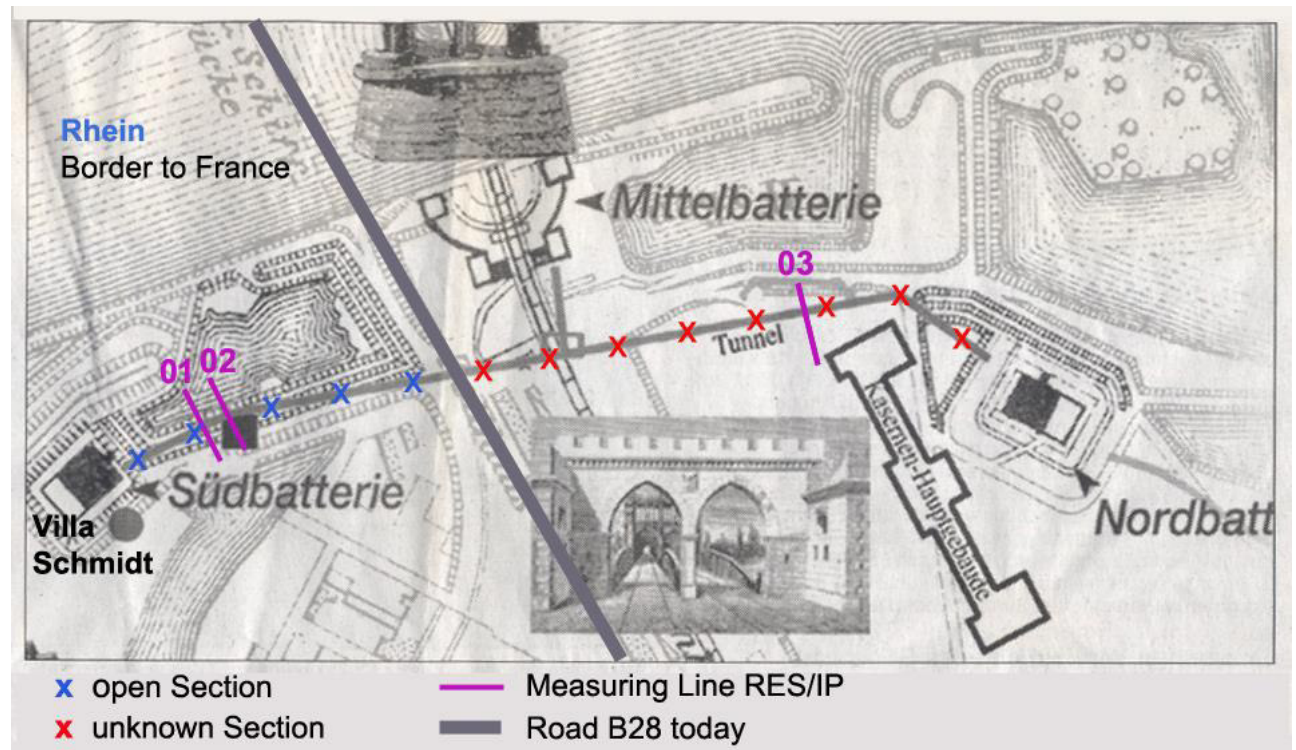
Unter der Stadt Kehl, in der sich unsere Schule befindet, erstreckt sich eine unterirdische Militäranlage, bestehend aus Bunkerräumen und einem etwa 700m langen unterirdischen Gang.

Die Anlage wurde 1861 gebaut und diente in den Weltkriegen dazu, Soldaten der Geschützbatterien entlang des Rheinuferes unsichtbar zu bewegen. Die Anlage diente zudem als Schutzort für Soldaten.

Projektphasen

1. Messen bekannter, heute noch zugänglicher Abschnitte der Untergrund-Anlage: Testmessungen mit Geoelektrischer Widerstandstomografie und Indizierter Polarisierung (RES/IP), um sicherzustellen, dass die unterirdischen Räume messbar sind und um die Mess-Anlage optimal zu kalibrieren (Profile 01 und 02).

2. Messen des Tunnels, im heute unzugänglichen Bereich, nachdem dieser in den 1972 im Norden zugemauert wurde und im Süden durch den Bau der B28 lokal aufgefüllt wurde.



(Moll)

Mit einer selbstgebauten Steckbox werden bestimmte Elektroden auf der Messlinie angesteuert. Hunderte von Vierpunktmessungen werden durchgeführt, wobei zwischen jeder Einzelmessung die Bananenstecker umgesteckt werden müssen. Die Schüler wechseln sich ab bei dieser konzentrierten Arbeit und es gibt einen Kontrolleur, dass auch sicher kein Fehler passiert. Auf diese Weise gelingt es den Schülern binnen 3 Stunden den Datensatz eines geoelektrischen Tomografie-Automaten mit 50 Elektroden (Wenner Array, 392 Einzelmessungen) zu erzeugen. Die Datenqualität ist gleichwertig, da das verwendete Mono-Messgerät sehr genaue Daten liefert.



Messung_01: Geoelektrische Widerstandstomografie und Induzierte Polarisierung – Datennahme
Jérôme David, Sophie Mätz, Stefan Beck, Alper Altay (Moll)

Messlinie_01: Um zerstörungsfrei (ohne Bohrungen) auf dem Steinpflaster zu messen, kamen die Schüler auf eine neue Idee: Es wurden Plastikrohre aufgestellt, mit Katzenstreu und ein wenig Salzwasser gefüllt. Die Elektroden steckten darin. Der Übergangswiderstand zwischen Elektrode und Boden war geringer als durch das Umwickeln der Elektroden mit einem nassen Lappen, wie es bei wissenschaftlichen und industriellen Messkampagnen praktiziert wird.



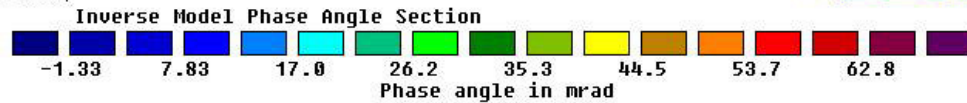
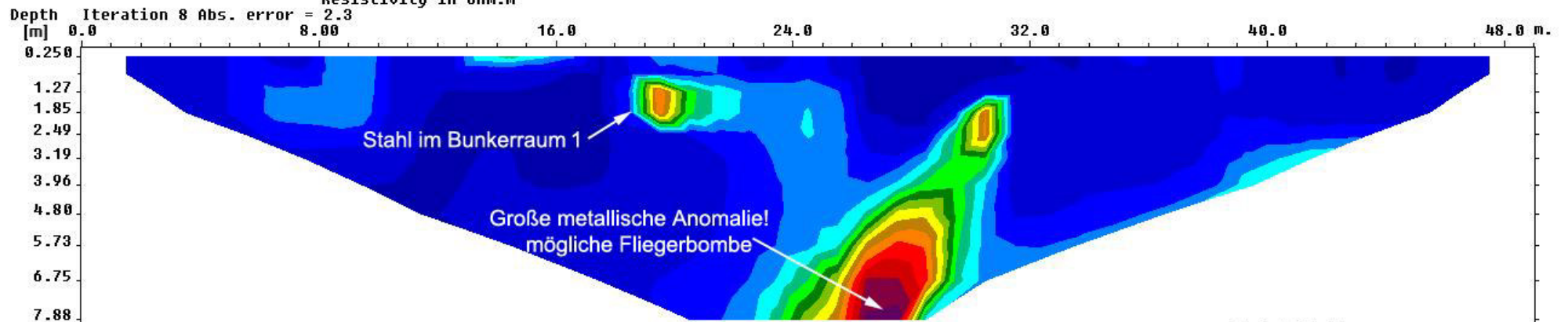
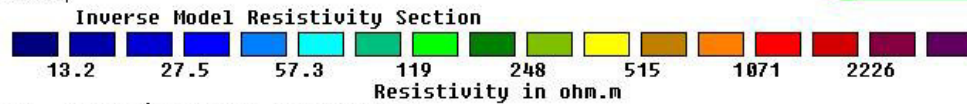
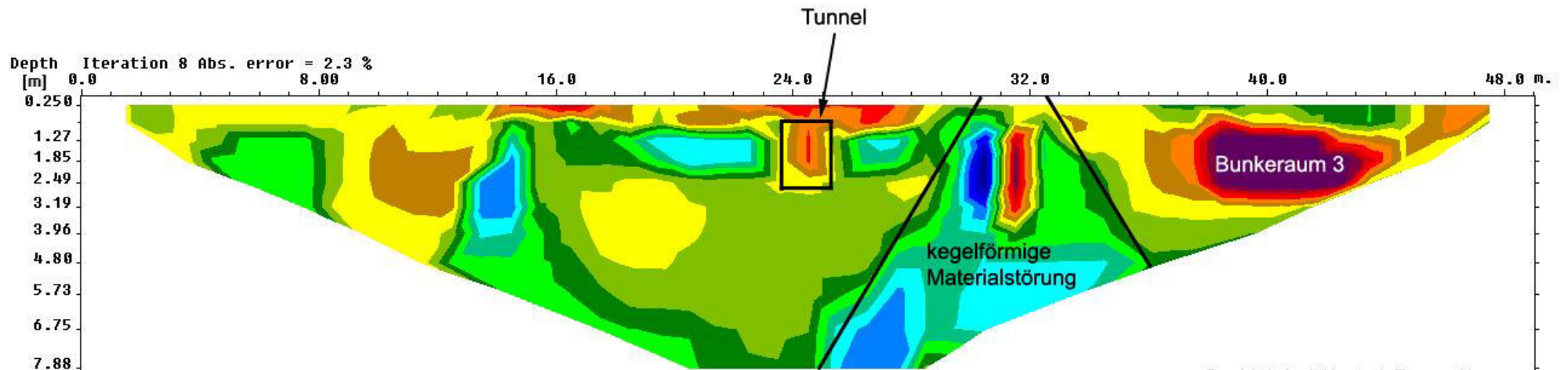
Messung_01: Elektrodenkette (Moll)

Geoelektrische Messung mit IP

Einstein Gymnasium, Archäologie-AG, 16.04.2010

Team: Sophie Mätz, Jérôme David, Stefan Beck, Alper Altay, Philipp Moll

Militärtunnel, verifiziert durch Begehung,
Bunkerraum 3, hypothetisch,
Materialstörung aufgrund möglichem Blindgänger
einer Fliegerbombe aus dem 2. Weltkrieg



Geoelektrische Messung mit IP

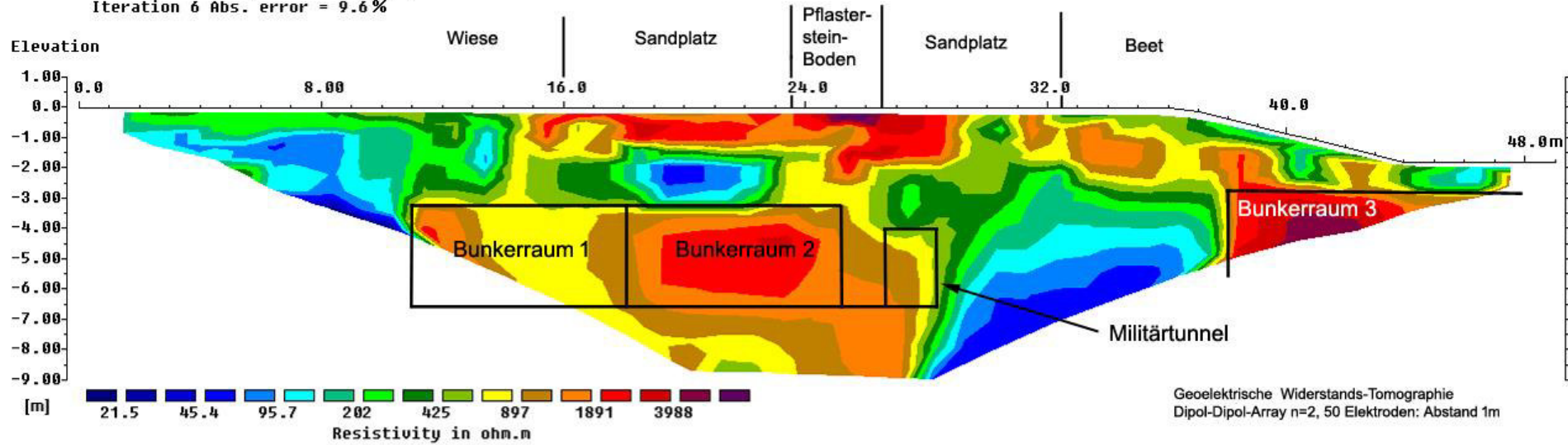
Einstein Gymnasium, Archäologie-AG, 24.04.2010

Team: Johanna Eckstein, Stefan Beck, Jonathan Arnas, Philipp Moll

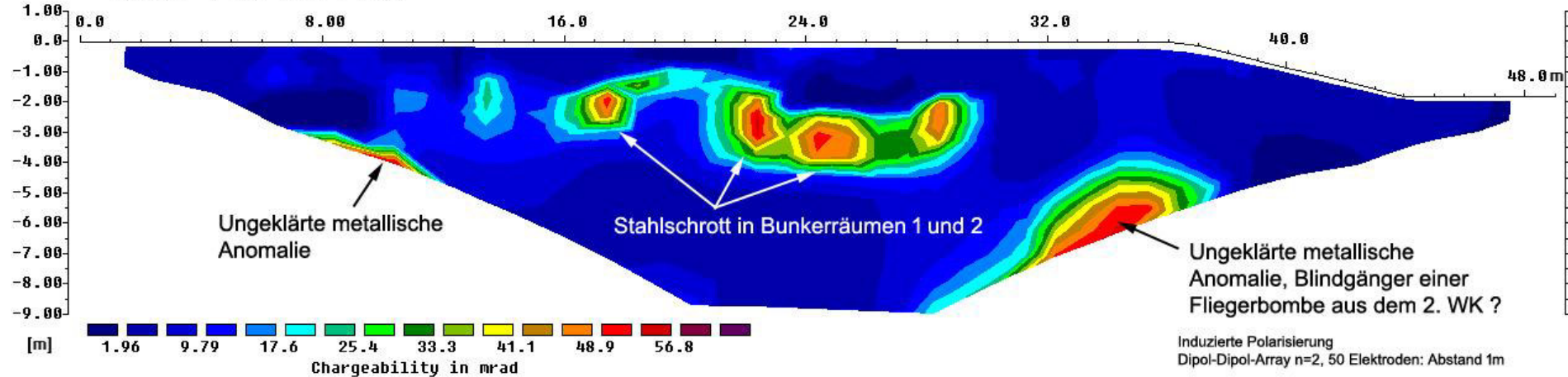
Bunkerräume 1 und 2 sowie Militärtunnel verifiziert durch Begehung
Bunkerraum 3 hypothetisch, ehemaliger Eingang wahrscheinlich bei 38,5m im Profil

Tunnel_02

Model resistivity with topography
Iteration 6 Abs. error = 9.6%



Model IP with topography
Iteration 4 Abs. error = 2.3%



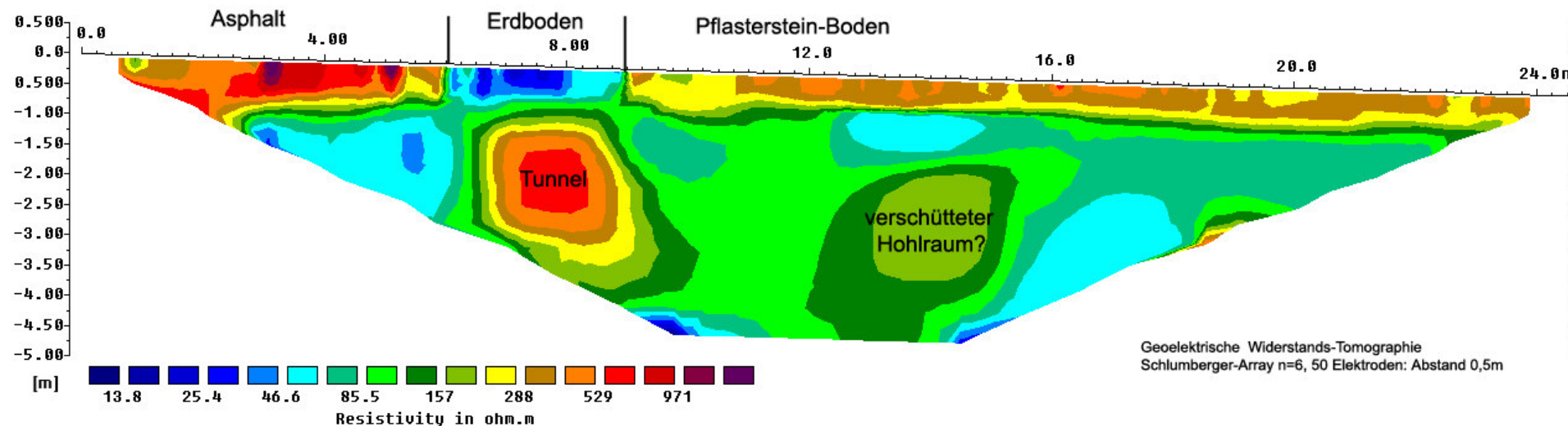
Geoelektrische Messung mit IP

Einstein Gymnasium, Archäologie-AG, 07.05.2010
Team: Sophie Mätz, Jerome David, Sven Reichenbach, Philipp Moll

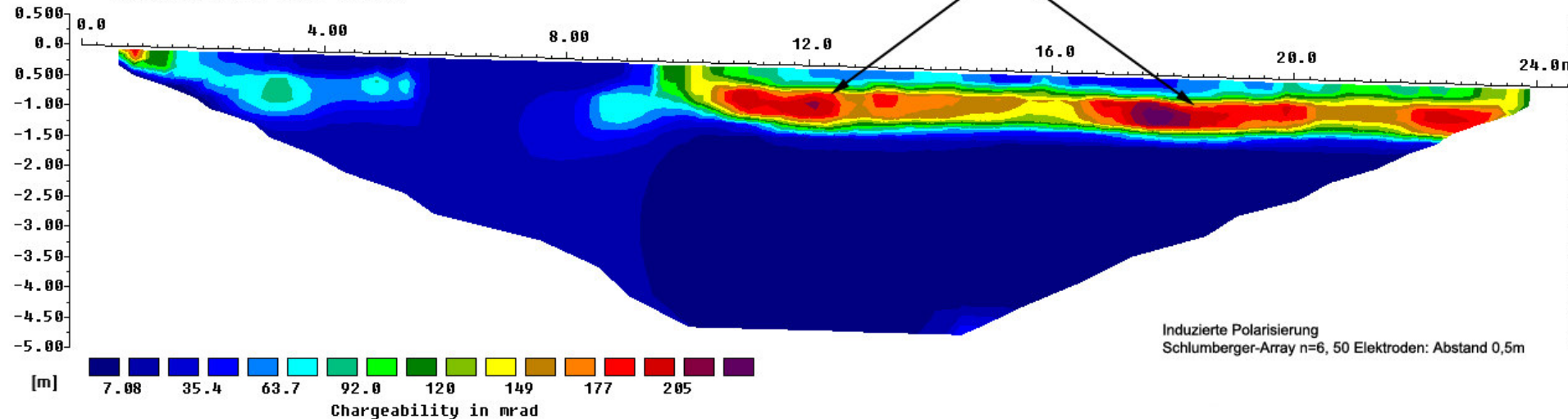
Lokalisation des Militärtunnels im unbekanntem Bereich

Tunnel_03

Elevation Model resistivity with topography
Iteration 3 Abs. error = 4.3%



Elevation Model IP with topography
Iteration 4 Abs. error = 3.6%





Bunkerräume und Tunnel heute (Moll)



Tunnel heute – begehbarer Abschnitt (Moll)



Nordende des Tunnels im Keller der Pionierkaserne – zugemauert seit 1970igern (Gras)



Anschnitt des Tunnels beim Bau der B28 in 2002 (Gras)

Mit Stromflussfeldern den Untergrund durchleuchten

Archäologie AG will die Lage und Beschaffenheit des Kehler Tunnels erforschen

Kehl (gro). Mit dem Kehler Untergrund beschäftigt sich in den nächsten Monaten die Archäologie-AG des Einstein-Gymnasiums. Seit einem Jahr haben sich elf Schüler mit ihrem Lehrer Philip Moll der Erforschung der Kehler Geschichte verschrieben. Eine Alemanensiedlung haben sie schon vermessen, nun widmen sie sich der neueren Kehler Geschichte.

In Zusammenarbeit mit dem Historischen Verein Kehl wollen sie den Tunnel entlang des Rheins erforschen und vor allem mittels eines geophysikalischen Messverfahrens den Verlauf und Zustand des Bauwerks aus der Zeit des deutsch-französischen Krieges ermitteln.

Klaus Gras vom Historischen Verein ist gespannt auf die Ergebnisse: „Wir wissen vieles nur vage durch Zeitzeugenberichte. Es ist interessant zu erfahren, wie oft der Tunnel unterbrochen wurde und wo er auf der

anderen Seite der Europabrücke verläuft.“ Denn derzeit gibt es nur einen Zugang und nur ein kurzes Stück Tunnel, das man begehen kann. Knapp zwei Meter hoch und 1,50 Meter breit diente der Verbindungsgang in der ehemaligen Garnisonsstadt

Betonmauern unterbrochen, als die Europabrücke in den 50er Jahren gebaut wurde, wurde ein Teil zerstört.

Der zweite Teil des Tunnels endet beim „Wachhiesel“ an der Großherzog-Friedrich-Kaserne. „Wir wollen nicht nur theoretisch

arbeiten“, so Moll. „Wir wollen auch graben“, stimmen ihm die Schüler zu. Sie träumen davon, den Eingang an der Kaserne freizulegen und mehr von dem Tunnel der Öffentlichkeit und Forschung zugänglich zu machen. Das Equipment bringt Moll, der mit Freunden schon in Kanada nach Bodenschätzen suchte, mit. „Wir arbeiten mit einer Elektrodenkette. Durch Stromflussfelder können wir die Beschaffenheit des Untergrunds erkennen“, erklärt Moll. Am Ende steht eine zweidimensionale Karte von dem Tunnel, seinem Verlauf und den Unterbrechungen.

Auch theoretisch wird das Projekt aufgearbeitet. Der Historische Verein hat den Schülern Quellenmaterial überlassen, sie hoffen auch im Stadtarchiv Hilfe und Informationen zu finden. Unterstützt werden sie von Arne Beckmann, Geschichtslehrer am Einstein-Gymnasium. Die Ergebnisse bekommt der Historische Verein.



Wollen mehr über die Kehler Geschichte erfahren: Die Archäologie AG des Einstein-Gymnasiums. Foto: gro

den Soldaten. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde er durch

tisch arbeiten“, so Moll. „Wir wollen auch graben“, stimmen

Geoelektrik

Verwendete Methoden

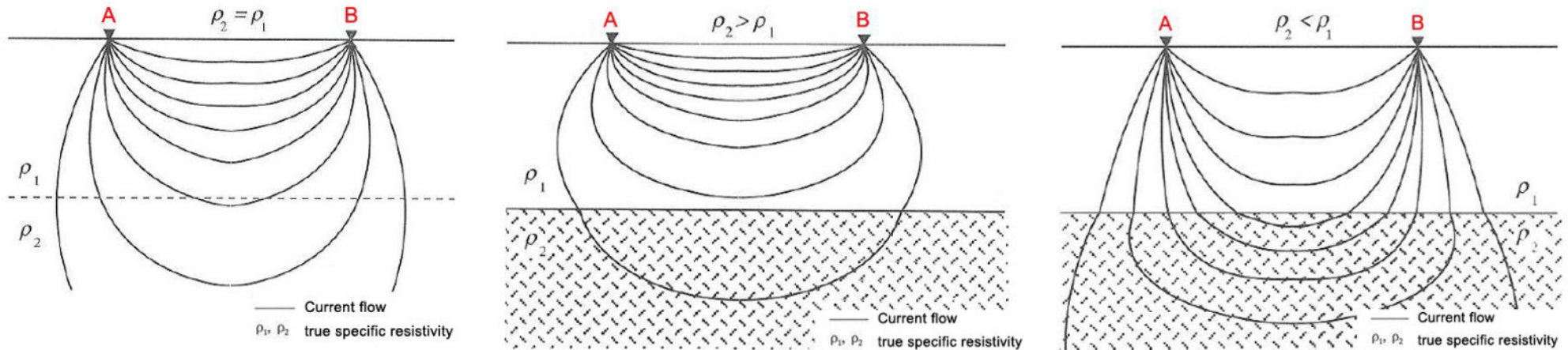
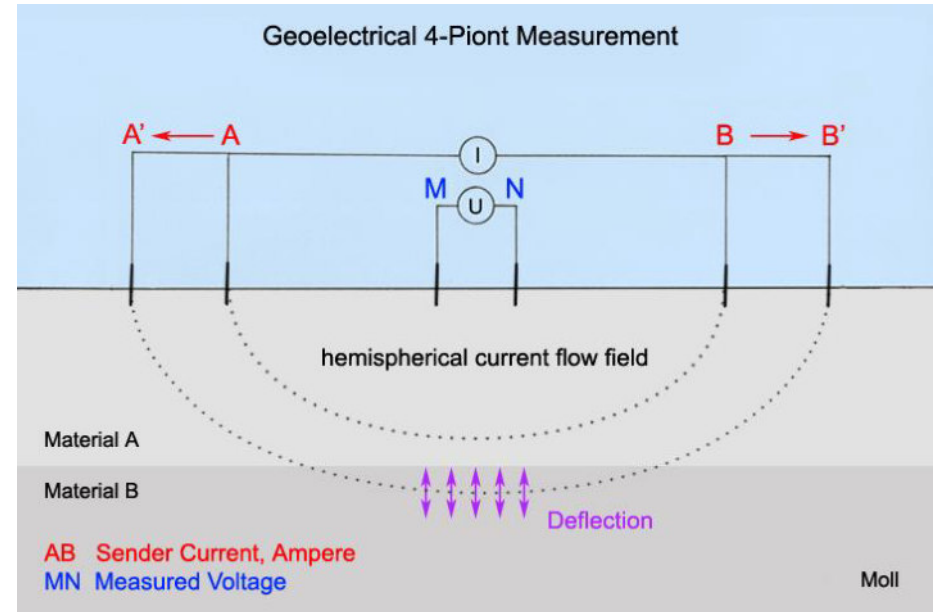
Geoelektrische Widerstandstomografie (ERT):

Die ERT bestimmt die räumliche Verteilung des elektrischen Widerstands im Untergrund, indem Strom injiziert und die resultierende Spannungsauslenkung gemessen wird. Unterschiede im Widerstand ermöglichen Rückschlüsse auf Lithologie, Porosität, Wassergehalt und strukturelle Störungen der Erdkruste.

Induzierte Polarisierung (IP):

Die IP misst die verzögerte Entladung des elektrischen Feldes und erfasst damit die Fähigkeit des Gesteins, elektrische Ladungen zu speichern. Dieses Verhalten ist typisch für tonhaltige oder sulfidführende Zonen und wird gezielt zur **Mineralexploration** und Charakterisierung feiner Gefügestrukturen eingesetzt.

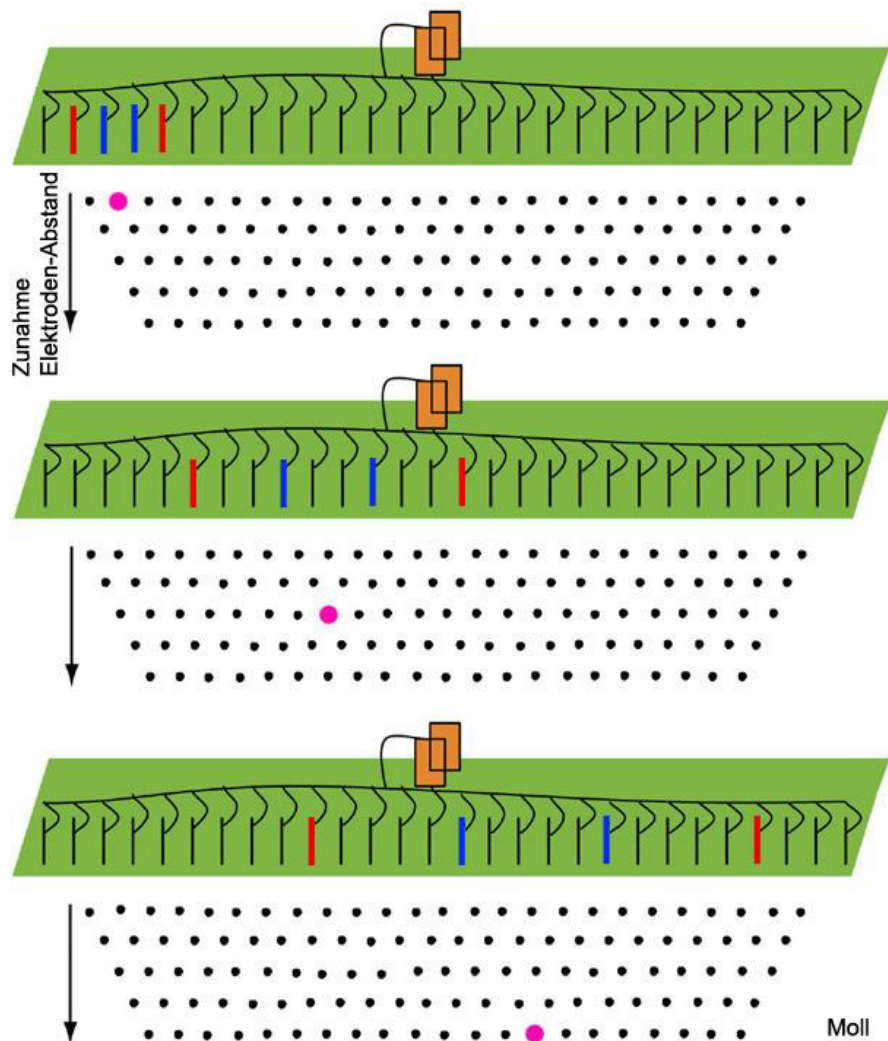
Beide Verfahren werden **synchron** gemessen und liefern ein komplementäres elektrogeophysikalisches Modell des Untergrunds.



Deformation geoelektrischer Stromfelder abhängig von Leitfähigkeitsänderungen im Boden¹

¹ Skript "Geophysik", Prof. Dr. A.Henk, Geologisches Institut der Universität Freiburg

2D Bodenwiderstands-Messung



Bei der **2D-Bodenwiderstandsmessung** werden die Vierpunktelektroden schrittweise horizontal verschoben und ihre Abstände vergrößert. Dadurch entsteht ein Datensatz, der sowohl horizontale als auch vertikale Veränderungen des Untergrundes erfasst. Mithilfe einer vorwärts modellierenden Software wird daraus ein zweidimensionales Widerstandsprofil des Untergrundes berechnet.

Die hierbei entstehenden, unterschiedlich großen hemisphärischen Stromflussfelder werden synchron genutzt, um Zonen variierender Aufladbarkeit (Induzierbarkeit) zu erfassen und daraus ein **2D-IP-Profil** zu berechnen.

Messgrößen und daraus errechnete Maßeinheiten fürs Profil

Bei der **Bodenwiderstandsmessung** werden Strom (I) und Spannung (U) gemessen. Daraus wird der **scheinbare spezifische Widerstand [Ohm m]** berechnet, da der Boden als inhomogener Leiterraum wirkt und die Messwerte gemittelte Leitfähigkeiten verschiedener Schichten darstellen.

Zusätzlich wird bei der **IP-Messung** die **Chargeability** erfasst – die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung in **Milliradian (mrad)**, die die verzögerte Entladung gespeicherter Ladung beschreibt.



Messanlage: *Eigenbau von Schülern:* Serielles Kabel 370m, 75 Edelstahlelektroden, Steckbox;
Leihgabe Fa. Lippmann: Messgerät 4-Punkt Light, max. Sendestrom 50 mAmp (Moll)

Copyright: EG Geosciences,
Einstein Gymnasium, Vogesenallee 24, 77694 Kehl
Leitung: Philipp Moll

Philipp Moll

