

# Geo-elektrische Bodenuntersuchungen als Hilfsmittel der Archäologie : Test-Versuche in Avenicum

Autor(en): **Schwarz, G. Theodor**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte =  
Annuaire de la Société suisse de préhistoire = Anuario della  
Società svizzera di preistoria**

Band (Jahr): **47 (1958-1959)**

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-114604>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Geo-elektrische Bodenuntersuchungen als Hilfsmittel der Archäologie

*Im Comp.* Test-Versuche in Aventicum

Von G. Theodor Schwarz

Das Prinzip solcher Untersuchungen besteht darin, daß die *elektrische Leitfähigkeit* des Bodens gemessen wird, die je nach seiner Zusammensetzung verschieden ist. Felsen, Kies und Mauerwerk haben im allgemeinen einen hohen, Erde und Sande einen geringen elektrischen Widerstand, wobei freilich der Grad der Durchfeuchtung auch eine Rolle spielt. Für die Messung werden in gehörigem Abstand zwei Metallstäbe etwa 30–50 cm tief in den Boden getrieben und mit einer Stromquelle verbunden. Zwischen den Metallstäben («Elektroden») beginnt ein Strom zu fließen, das elektrische Feld breitet sich im Boden nach allen Richtungen aus, ein Teil entlang der Oberfläche, ein Teil dringt in die tieferen Schichten des Untergrundes ein. So ist es möglich, auch den elektrischen Widerstand von unter der Oberfläche verborgenen Objekten zu bestimmen. Man benötigt dafür ein weiteres Paar von Metallstäben, die mit einem empfindlichen Meßgerät verbunden und über der zu messenden Stelle in der Oberfläche eingesteckt werden. Das ist das Prinzip der sogenannten *Widerstandsmessung*. Andere, verwandte Verfahren arbeiten mit dem durch chemische Einflüsse erzeugten natürlichen Stromfluß im Boden, wieder andere mit Schwankungen im Magnetfeld der Erde, die ebenfalls Rückschlüsse auf die Struktur des Untergrundes zulassen. Allen diesen Verfahren kommt eine große wirtschaftliche Bedeutung zu, da sie auch zur Auffindung von Bodenschätzen (Erdöl, Erzlager usw.) dienen. In Ländern, die über solche Bodenschätze verfügen, wurden sie besonders entwickelt und zuerst für archäologische Zwecke eingesetzt, wie die folgende Zusammenstellung<sup>1</sup> zeigt:

*England*, seit 1946 (R. J. C. Atkinson u. a.): Widerstandsmessungen bei neolithischen Ausgrabungen in Dorchester/Oxford ermöglichten eine so genaue Lokalisierung, daß das Grabungsobjekt ohne vorgängige Suchgräben gleich angeschnitten werden konnte. Ebenfalls in der Nähe von Oxford wurden auf diese Weise die Außenmauern einer römischen Villa ermittelt, desgleichen römische Straßen, bei Cricklade (Wilshire) wurde in einer Aufschüttung aus der Völkerwanderungszeit eine Steinsetzung und bei Croyden (Surrey) die Begrenzung eines angelsächsischen Friedhofs festgestellt, wobei in allen diesen Fällen spätere Ausgrabungen eine Überprüfung der Meßergebnisse brachten. Vgl. R. J. C. Atkinson, *Méthodes électriques de prospection en archéologie*, in: *La découverte du passé*, ed. A. Laming, Paris 1952, p. 59–70 und 110, mit zahlreichen Abbildungen.

*Österreich*, seit 1953 (Dozent Dr. V. Fritsch, Wien, u. a.): Baugrunduntersuchung am Franz-Josefs-Kai in Wien – Nachweis von neolithischen Abbaustellen (Pingen) in Prein am Rax – Nachweis der Umfassungsmauer und des Tores des römischen Kastells bei

<sup>1</sup> Der Verfasser ist für Ergänzungen und die Mitteilung von Einzelheiten dankbar. Adresse: Gossetstraße 45, Wabern BE.

Zwentendorf an der Donau, durch Ausgrabung bestätigt. Eine zusammenfassende Publikation durch Dozent Fritsch ist in Vorbereitung.

*Italien*, seit 1954 (?) (C. M. Lerici u. a.): Widerstandsmessungen bei Cerveteri, Rom und Gnathia, vorwiegend zur Feststellung etruskischer Grabkammern. Vgl. C. M. Lerici, *Prospezioni archeologiche*, *Rivista di Geofisica Applicata*, fasc. 1–2 (1955), p. 7. – E. Segre, *Breve campagna di ricerca geofisica ... su una necropoli etrusca*, Sep. aus: *Quaderni di Geofisica applicata* 1956. – S. Diceglie und F. Mosetti, *Applicazione dei metodi geo-elettrici alle esplorazioni archeologiche*, Sep. aus *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini* (*Rivista dell'Istituto Geografico Militare*) 16, 3 (1957), p. 367–381, mit Ill. und Bibliographie.

*Deutschland*, seit 1959 (Dr. Irvin Scollar): Widerstandsmessungen und Messung von Schwankungen im natürlichen Magnetfeld, vgl. «Frankfurter Allgemeine», Nr. 130 vom 9. Juni 1959, S. 9: Moderne «Wünschelruten» der Archäologen.

Die meines Wissens ersten geo-elektrischen Messungen für archäologische Zwecke in der Schweiz wurden, angeregt durch einen Vortrag von Dr. V. Fritsch aus Wien im Physikalischen Institut der Universität Bern, in Avenches VD in den Monaten April/Mai 1959 durchgeführt<sup>2</sup>. Wohl ist die Römerstadt Aventicum durch zahlreiche Teil- und Notgrabungen bekannt, aber nie systematisch durchforscht worden. Nicht einmal die Lage des Forums, der hauptsächlichsten Zugangsstraßen und das Straßennetz im Innern der Stadt sind mit Sicherheit festgestellt. Die bezüglichen Eintragungen in archäologischen Karten, meist aus unzuverlässigen Grabungsberichten übernommen, weisen Abweichungen von 5–20 m im Gelände auf. Offenbar müssen alle Hilfsmittel der Lokalisierung – Beobachtungen im Gelände, der Flurgrenzen, der Vegetation, Luftaufnahmen und Gelegenheitsfunde – herangezogen werden, und unsere Versuchsreihe sollte abklären, ob sich auch geo-elektrische Messungen für diese Aufgabe einsetzen ließen. Es kamen mehrere Verfahren mit Gleich- und Wechselstrom, verschiedene Elektrodenanordnungen (Konfigurationen) und fünf Apparaturen zur Anwendung, wobei ein am Institut für Geophysik der ETH ausgebildeter Experte, Dr. K. Vöggtli in Bern, die technische Durchführung der Versuche leitete und amtliche und private Stellen leihweise Instrumente zur Verfügung stellten. Es wurde – um diese technischen Einzelheiten gleich vorwegzunehmen – nach Möglichkeiten gesucht, das mühsame und zeitraubende Umstecken von vier Elektroden pro Ablesung zu vermeiden; dabei wurde eine neue Elektrodenanordnung entdeckt («Zirkelsonde»), wobei nur mehr *eine* Elektrode bewegt und nicht eingesteckt, sondern bloß auf den Boden aufgelegt wird, was natürlich eine bedeutende Vereinfachung gegenüber der herkömmlichen Arbeitsweise bedeutet. Gleichzeitig konnte die notwendige Apparatur so weit vereinfacht werden, daß die ge-

<sup>2</sup> Neben dem im Text erwähnten Experten, Dr. K. Vöggtli, Bern, erhielt der Verfasser bei der Durchführung der Versuche Unterstützung von: Prof. Dr. F. Gassmann, Institut für Geophysik, ETH Zürich; Doz. Dr. V. Fritsch und Mitarbeiter, Versuchsanstalt für Geo-Elektrik und Blitzschutz, Wien; Forschungsanstalt der Generaldirektion PTT, Bern; Herr U. Schwarz, Assistent am Physikalischen Institut der Universität Bern; ferner eine Anzahl freiwillige Mitarbeiter bei der Durchführung der Messungen, denen allen hiermit herzlich gedankt sei. Die Versuche wurden im Einverständnis und mit Unterstützung der Gesellschaft Pro Aventico (Präsident: Prof. Dr. G. Redard, Bern) durchgeführt.

samte Ausrüstung in einer größeren Aktentasche Platz findet<sup>3</sup>. Hier ist nicht der Ort, bei diesen technischen Fragen zu verweilen; sie sollen an geeigneter Stelle besprochen werden. Zudem finden sich ausführliche Anleitungen für geo-elektrische Untersuchungen in den oben zitierten Publikationen von Atkinson (französisch) und Dicegli-Mosetti (italienisch), sowie in jedem Lehrbuch der Geophysik<sup>4</sup>. Wichtiger als diese technischen Einzelheiten erscheinen mir die in Avenches gewonnenen grundsätzlichen Erkenntnisse über die Anwendbarkeit geo-elektrischer Sondierungen für archäologische Ausgrabungen:

Als *Versuchsgelände* dienten die Thermen En Perruet in Avenches, wo durch Sondiergrabung im Winter 1957/58 eine große römische Badeanlage (ca. 70 × 100 m) mit Hauptgebäude, Nebengebäuden, Hof und angrenzenden Straßen festgestellt worden war. Das Gelände ist ebenes Grasland, der anstehende Boden setzt sich vornehmlich aus vom Grundwasser durchfeuchteten Sanden zusammen. Die römischen Mauern ragen stellenweise bis 30 cm unter die Oberfläche auf, andernorts sind sie bis in 2 m Tiefe durch frühere Raubgrabungen zerstört, so daß für Versuche alle denkbaren Kombinationen von Stärke, Tiefe und Erhaltungszustand römischen Mauerwerks zur Verfügung standen. Vorgängige Vermessung und Verpflockung des Geländes erlaubte eine sofortige Überprüfung der Meßergebnisse anhand bekannter römischer Mauern und Straßenzüge.

Die Anwendbarkeit geo-elektrischer Sondierungsverfahren ist im wesentlichen von fünf Faktoren abhängig, die untereinander in Wechselbeziehung stehen:

1. Ausmaße (Breite, auch Tiefe der Fundamentierung) des gesuchten Objektes.
2. Dicke der überlagernden Schichten (Tiefe unter Oberfläche).
3. Erhaltungszustand.
4. Elektrische Eigenschaften (Verhältnis von spezifischem Widerstand des Objektes zum spezifischen Widerstand der umgebenden Schichten).
5. Störung der Messungen durch vagabundierende Ströme (in der Nähe von Starkstromanlagen, Bahnen usw.) und starke Unebenheiten der Oberfläche (mit Dickicht oder Wald bewachsenes Gelände).

*Optimale Voraussetzungen* sind: Breites, unter einer dünnen Humusdecke verborgenes, gut erhaltenes Mauerwerk in gut leitenden Schichten (z. B. feuchter Sand, Erde usw.), in flachem, zugänglichem Wies- oder Ackerland. Aber auch eine mit lockerem Material angefüllte und die Feuchtigkeit entsprechend anziehende Grube oder das kompakte Kiesbett einer römischen Straße lassen sich ohne Schwierigkeit feststellen, eine schmale Mauer in großer Tiefe dagegen kaum.

Diese fünf Faktoren sind nicht nur bei der Anlage, sondern auch bei der *Interpretation* geo-elektrischer Untersuchungen zu berücksichtigen. Sind z. B. Tiefe und Ausmaße

<sup>3</sup> Bei der Apparatur handelt es sich um ein nach dem Prinzip der Röhrenvoltmeter mit Vorverstärker ausgerüstetes Mikroampèremeter, das ausschließlich mit Transistoren bestückt wurde. Sein hoher Innenwiderstand macht es möglich, bei der Messung den Übergangswiderstand der Elektroden zu vernachlässigen. Zur Erzeugung des elektrischen Feldes diente kommutierter Gleichstrom. Es wurde in der Regel eine unsymmetrische 4-Punkt-Elektroden-Anordnung verwendet.

<sup>4</sup> J. J. Jakosky, *Exploration Geophysics* 1950 (reprinted 1957) u. a.

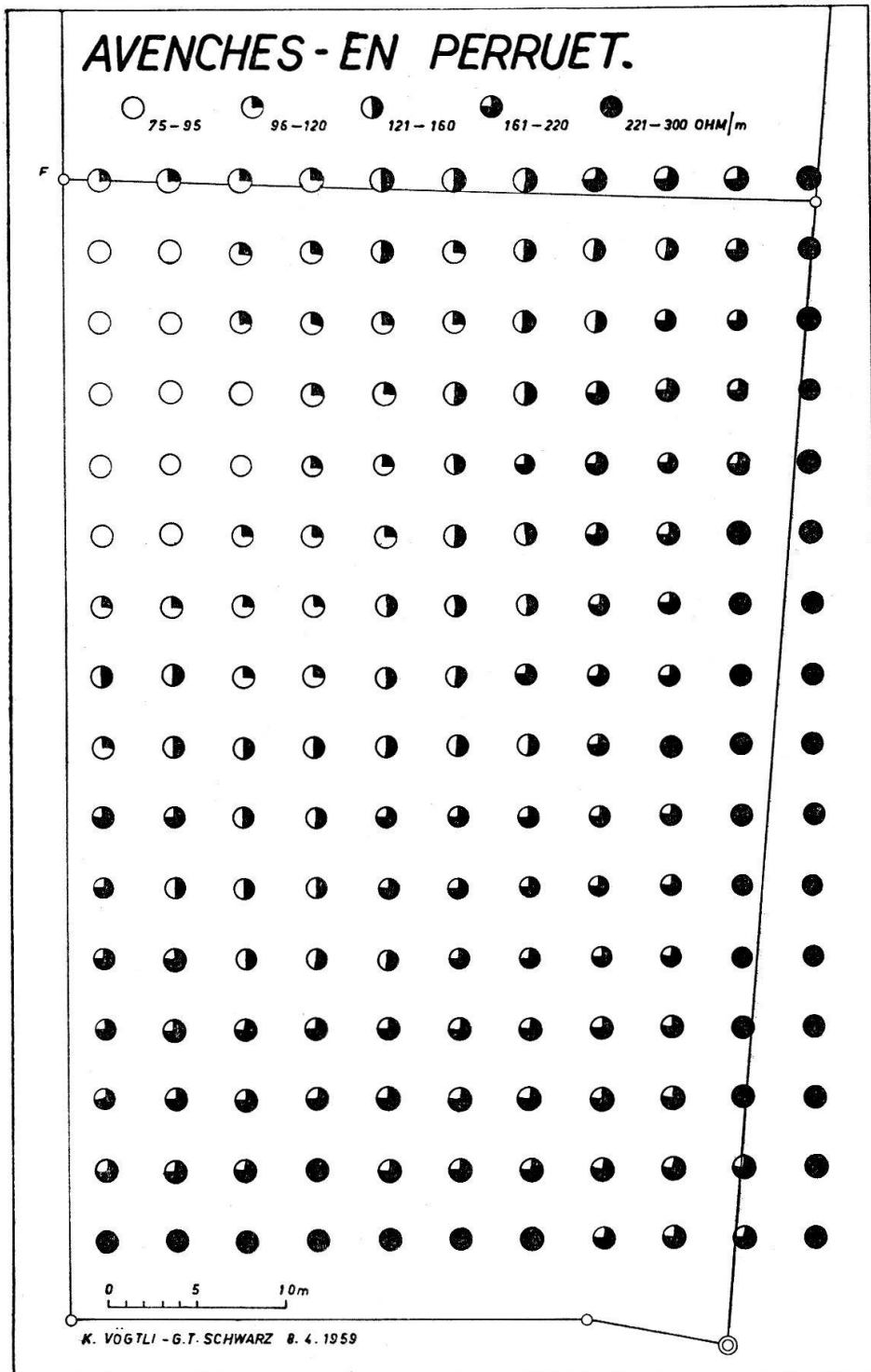


Abb. 1. Geo-elektrische Flächenaufnahme. Maßstab 1 : 500.

des gesuchten Objektes annähernd bekannt, kann auf seinen Erhaltungszustand geschlossen werden und umgekehrt. Grundsätzlich stehen *vier Arten* geo-elektrischer Sondierungen zur Auswahl:

1. *Tiefensondierung*, mit zunehmenden Elektrodenabständen, gibt Aufschluß über den allgemeinen Schichtaufbau wie die Tiefe des gewachsenen Bodens, Tiefe der Funda-



mentierung eines Gebäudes sowie über das Vorhandensein einer Kulturschicht an schwer zugänglichen Stellen (Verschüttung durch Bergsturz usw.). Die Tiefe der Fundamentierung wurde in Avenches bei den Außenmauern des Caldariums mit geringer Abweichung (5–10 %) mit 2,8 bzw. 2,2 m ermittelt. Für eine einzige Sondierung dieser Art sind 10–20 Ablesungen erforderlich, die Auswertung erfolgt durch graphische Darstellung und Vergleich mit theoretisch berechneten Kurven, was einige Sachkenntnis erfordert. Diese Art der Messung wird deshalb nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen; die Abfolge archäologischer Schichten im einzelnen muß nach wie vor ergraben werden.

2. *Flächenaufnahme.* Über das zu untersuchende Gebiet wird ein Netz von Meßpunkten gelegt, das zur Bestimmung der Umrisse eines größeren Objektes oder zu Rückschlüssen auf den Erhaltungszustand eines bereits angeschnittenen Objektes dienen kann. Vgl. Abb. 1, wo die ausgefüllten Kreise das Vorhandensein hohen elektrischen Widerstandes und damit von Mauerwerk im Boden bezeichnen, während die leeren Kreise links oben im Bild auf eine Störung durch Raubgrabung hinweisen.

3. *Profilaufnahmen.* Diese Art der Messung hat am meisten Aussicht auf Anwendung in der Planung und während der Durchführung einer archäologischen Ausgrabung. Entlang einer Profillinie wird in regelmäßigen Abständen der (scheinbare) spezifische Bodenwiderstand (in Ohm/m angegeben) gemessen, wie die zwei Beispiele in Abb. 2 zeigen. Unter den beiden Widerstandskurven ist im selben Maßstab, etwas überhöht, das Profil der durch Sondierung bekannten oder aus früheren Aufzeichnungen übernommenen Mauern abgetragen. *Kurve A* zeigt zwei deutliche Kuppen (Mauerkomplex «Kanal» und «Straße»), die erschlossenen schmalen Mauerzüge dazwischen treten dagegen kaum in Erscheinung, was einerseits mit ihrem schlechten Erhaltungszustand, andererseits mit ihrer, im Verhältnis zur Tiefe, geringen Dicke zusammenhängt. In *Kurve B* wirkte der Hypokaust des Caldariums als ein Block hohen Widerstandes, der zusätzlich zwischen Laufmeter 15 und 20 eine merkwürdige Kuppe enthält, die allem Anschein nach zu einem noch nicht ausgegrabenen Eingang des Saales gehört. Anschließend an das Caldarium zeichnen sich die Mauern des «Heizganges» deutlich ab (dickere Mauer – größere Spitze, dünnere Mauer – kleinere Spitze), desgleichen die breite Straße ganz rechts. Dazwischen liegt wieder unerforschtes Gebiet. Einer der auf Grund alter Aufzeichnungen vermuteten Mauerzüge wird durch eine deutliche Spitze bestätigt, der andere scheint um ca. 3 m verschoben. Der allgemeine Kurvenverlauf spiegelt die viel massivere Anlage der Hauptgebäude (Caldarium mit Hypokaust) gegenüber den Nebengebäuden wider, die Einbuchtung der Straße läßt eine weitere Störung vermuten. Wie schließlich die Abtragung der Mauerachsen zeigt, liegen sie nicht genau auf den Kurvenspitzen; die geringe Abweichung hängt mit der verwendeten Meßanordnung und dem Elektrodenabstand zusammen.

4. *Detailuntersuchung mit der «Zirkelsonde».* Um diese für archäologische Zwecke besonders hinderliche Abweichung sowie den Einfluß angebaute Böden und Hypokaustanlagen auszuschalten, wurde eine neue Elektrodenanordnung, die «Zirkelsonde», entwickelt. Damit konnten z. B. die in Kurve B dargestellten Außenwände des Caldariums

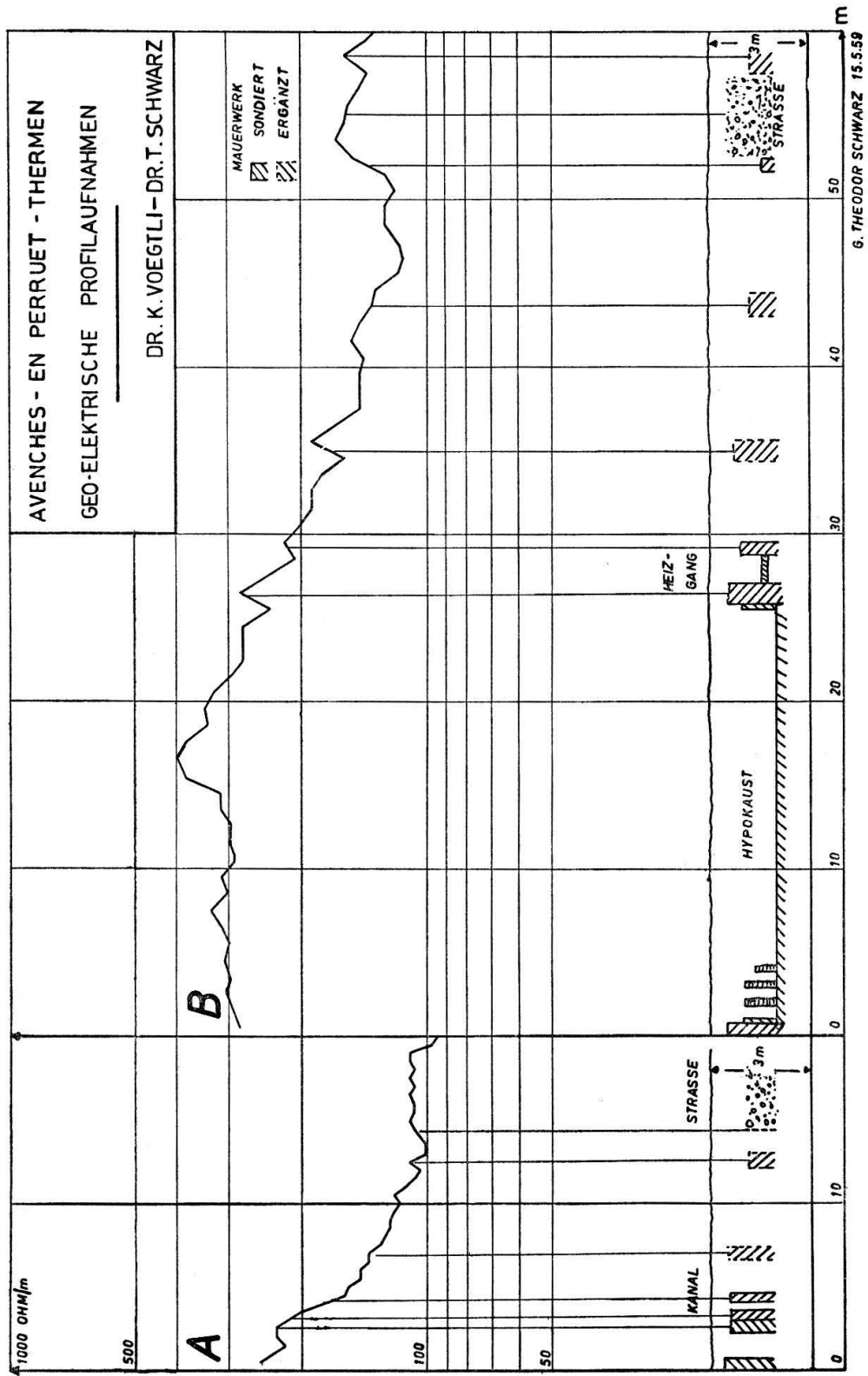


Abb. 2. Zwei geo-elektrische Profilaufnahmen. Maßstab 1 : 500.

deutlich vom anschließenden Hypokaust gesondert und auf 10 cm genau nach Lage und Dicke (1,30 m) bestimmt werden. Selbst in die Mauer eingefügte Verstärkungen und Pfeilerstellungen lassen sich damit feststellen. Denn das neue Verfahren erlaubt auch Rückschlüsse auf die geometrische Form (Begrenzungslinie) der im Boden verborgenen Körper. Es lassen sich so in einfachster Weise die durch allfällige Zufallseinflüsse (z. B. erratischer Block) entstandenen Unregelmäßigkeiten einer Profilkurve untersuchen und von den durch Mauern verursachten Spitzen unterscheiden. Ein weiterer Vorteil des neuen Verfahrens liegt darin, daß ein rein empirisches Verfolgen von Mauern im Gelände möglich ist, indem auftretende Widerstandsänderungen an Ort und Stelle markiert werden. Im Gegensatz dazu muß die Auswertung bei den gebräuchlichen Verfahren mit dem Rechenschieber und graphischer Darstellung erfolgen. Schließlich lassen sich unter Umständen sogar feinere Unterschiede im Boden, wie mit Humus aufgefüllte Mauergruben oder die Grenzlinien alter Suchgräben, feststellen. Im Bulletin der Association Pro Aventico soll über die Fortsetzung dieser Versuche eingehend berichtet werden. Das Facit der ersten Erprobung geo-elektrischer Sondiervverfahren für archäologische Zwecke in Avenches läßt sich vorderhand in folgende These zusammenfassen:

Geo-elektrische Messungen stellen bei der Planung und Durchführung von Ausgrabungen ein nützliches Hilfsmittel neben anderen (Luftaufnahmen, Oberflächenfunde usw.) dar. Sie erlauben die genaue Lokalisierung oder aber die Abschätzung des Erhaltungszustandes (Abgrenzung von Störungen) von Ausgrabungsobjekten und helfen dadurch, kostspielige Suchgräben einzusparen. Ohne Zweifel werden die kommenden Jahre eine vermehrte Anwendung dieser Methode bringen. Der Verfasser bittet Fachkollegen, sich mit ihm für weitere Auskunft und für den Austausch von Erfahrungen direkt in Verbindung zu setzen.